БИОРАЗНООБРАЗИЕ И СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА (РЕКА УСА И ПРИТОКИ)



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

INSTITUTE OF ECOLOGY OF THE VOLGA RIVER BASIN RAS–
BRANCH OF SAMARA FEDERAL RESEARCH CENTRE OF THE RAS

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF
THE RUSSIAN FEDERATION

BIODIVERSITY AND CURRENT ECOLOGICAL STATE OF SMALL RIVERS OF THE VOLGA BASIN (USA RIVER AND TRIBUTARIES)

2024

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА – ФИЛИАЛ
САМАРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА РАН

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА (Р. УСА И ПРИТОКИ)

2024

УДК 574.58 (282.247.431.2)
ББК 26.22
ISBN 978-5-6049262-3-9.

Биоразнообразие и современное экологическое состояние малых рек Волжского бассейна (р. Уса и притоки) / Под ред. С.В. Краснова, Т.Д. Зинченко. Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал ФГБУН Самарского федерального исследовательского центра РАН. – Тольятти. 2024. – 296 с.: табл., ил**.**

В книге обобщены результаты полевых исследований гидроэкосистемы бассейна р. Уса, одной из эталонных рек Самарской области, проведенных, в том числе, в рамках исследовательских проектов **по проекту РФФИ № 17-44-630197 р_а**. Приводятся обширные сведения о географическом положении и природных условиях; геологическом и тектоническом строении бассейна р. Уса, антропогенной нагрузке на водосборную площадь. Дается физико-географическое описание и общая экологическая характеристика бассейна р. Уса. Приведены данные по различным аспектам исследований флоры и растительности долины реки и территории бассейна. Анализируются многолетние данные таксономического состава, сезонных, пространственных и межгодовых структурно-функциональных особенностей планктонных и донных сообществ р. Уса и ее притоков в условиях антропогенного воздействия и климатических изменений. Исследованы основные закономерности пространственного изменения планктонных и донных сообществ вдоль градиента абиотических факторов в системе р. Уса – Усинский залив – Куйбышевское водохранилище. Приводятся материалы современного состояния ихтиофауны, амфибий и пресмыкающихся, гельминтофауны рыб бассейна реки.

Рассматриваются методические аспекты оценки таксономического богатства сообществ равнинных рек и различные статистические закономерности организации таксономической структуры сообществ. Приводится экологический паспорт р. Уса как интегральная оценка современного экологического состояния реки.

Книга предназначена для экологов, гидробиологов, специалистов в области охраны природы и заповедного дела, студентов гидробиологических и биологических специальностей высших учебных заведений.

Biodiversity and current ecological state of small rivers of the Volga basin (Usa river and tributaries) – Togliatti, Samara. 2024. – 296 p.

The book summarises the results of field studies of the hydro-ecosystem of the Usa river basin, one of the reference rivers of the Samara region, conducted, among others, within the framework of research projects **under the RFBR project No. 17-44-630197 r_a**. Extensive data on geographical position and natural conditions, geological and tectonic structure of the Usa river basin, anthropogenic pressure on the water catchment area are given. A physical and geographical description and general ecological characterisation of the Usa River basin are given. Data on various aspects of investigation on flora and vegetation of the river valley and the basin territory are given. Long-term data on taxonomic composition, seasonal, spatial and interannual structural and functional features of planktonic and bottom communities of the Usa River and its tributaries under conditions of anthropogenic impact and climatic changes are analysed. The main regularities of spatial changes of planktonic and bottom communities along the gradient of abiotic factors in the system of the Usa River – Usa River Bay – Kuibyshev Water Reservoir are investigated. Materials on the current state of the ichthyofauna, amphibians, reptiles and helminth fauna of fish of the river basin are resulted.

Methodological aspects of estimation of taxonomic richness of communities of plain rivers and various statistical regularities of organisation the taxonomic structure of communities are considered. An ecological passport of the Usa River as the integral assessment of the current ecological state of the river is presented.

The book is intended for ecologists, hydrobiologists, specialists in the field of nature protection and conservation, students of hydrobiological and biological specialities of higher educational institutions.

Коллектив авторов:

Т.Д. Зинченко, С.В. Краснов, Э.В. Абросимова, А.Г., Бакиев, С.Э. Болотов, С.В. Быкова, Р.А. Горелов, Л.В. Головатюк, О.Г. Горохова, А.А. Кленина, Е.С. Краснова, Р.С. Кузнецова, Е.М. Курина, А.К. Минеев, О.В. Минеева, В.П. Моров, А.А. Морова, Е.В. Промахова, М.В. Рубанова, С.А. Сенатор, М.В. Уманская, А.И. Файзулин, Н.Г. Шерышева, В.К. Шитиков

Ответственные редакторы:

Кандидат технических наук *С.В. Краснов*

Доктор биологических наук *Т.Д. Зинченко*

Технический редактор:

В.П.Моров

Рецензенты:

доктор биологических наук, проф. *Л.М. Кавеленова*

доктор биологических наук, проф. *И.В. Сергеева*

Печатается по решению ученого совета ИЭВБ РАН
(протокол № 3 от 09.04.2024 г.)

© Самарский федеральный исследовательский центр РАН

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение (*Зинченко Т.Д., Краснов С.В.*)..... 7
Глава 1
Общая характеристика бассейна реки Уса
1.1. Географическое положение и природные условия (*Сенатор С.А.*) 13
1.2. Географическая характеристика долины реки Уса (*Моров В.П.*)..... 16
1.3. Характеристика притоков реки Уса (*Моров В.П.*)..... 18
1.4. Гидрологические и морфометрические характеристики реки Уса (*Промахова Е.В.)*. 21
1.5. Геологическое и тектоническое строение бассейна реки Уса (*Моров В.П., Морова А.А.*)..... 26
1.6. Антропогенная нагрузка на водосборную площадь (*Кузнецова Р.С.*) 35
Глава 2
Экологическая характеристика состояния реки Уса и ее притоков
2.1. **Растительный покров бассейна реки Уса**
2.1.1. Флора и растительность (*Сенатор С.А.*)..... 40
2.2. **Биотическое разнообразие экосистемы равнинной реки**
2.2.1. Трофический статус равнинной реки Уса: бактериопланктон устьевого участка (*Уманская М.В., Краснова Е.С.*) 51
2.2.2. Бактериобентос в донных отложениях реки Уса и в Усинском заливе (*Шерышева Н.Г.*) 54
2.2.3. Фитопланктон реки Уса и некоторых притоков (*Горохова О.Г.*) 66
2.2.4. Свободноживущие инфузории (*Быкова С.В.*) 75
2.2.5. Особенности состава и распределения зоопланктона реки Уса (*Болотов С.Э.*) 92
2.2.6. Видовой состав и структура сообществ макрозообентоса (*Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В.*) 118
2.2.7. Оценка качества воды равнинной реки с использованием биотических индексов и метрик (*Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.*) 142
2.2.8. Чужеродные виды макрозообентоса устьевого участка реки Уса (*Курина Е.М.*) ... 145
2.2.9. Современное состояние ихтиофауны реки Уса и её притоков (*Минеев А.К.*) 150
2.2.10. Метазойные паразиты рыб реки Уса, ее притоков (Тишерек, Теренгулька) и Усинского залива (*Минеева О.В., Рубанова М.В.*) 158
2.2.11. Земноводные бассейна реки Уса: видовой состав, встречаемость, состояние популяций (*Файзулин А.И.*) 179
2.2.12. Пресмыкающиеся бассейна р. Уса (*Бакиев А.Г., Кленина А.А., Горелов Р.А.*) 184
Глава 3
Методы оценки видового богатства сообществ лотических систем
3.1. Многомерный статистический анализ гидросистем на примере донных сообществ равнинной реки Уса (*Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Абросимова Э.В.*) 191
3.2. Особенности пространственного распределения донных сообществ реки Уса (*Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Шитиков В.К.*) 203
Заключение (*Краснов С.В., Зинченко Т.Д.*) 210
Литература 212
Приложение 1. Экологический паспорт реки Уса (*Абросимова Э.В., Головатюк Л.В., Горохова О.Г., Зинченко Т.Д., Сенатор С.А., Уманская М.В., Болотов С.Э., Курина Е.М., Кузнецова Р.С., Минеев А.К., Михайлов Р.А.)*..... 233
Приложение 2. Фотоиллюстрации 285



Мельница на р. Уса у с. Львовка Шигонского района Куйбышевской области. Фото из архива СОИКМ им. П.В. Алабина, сентябрь 1952.

От берега к берегу
Ходит река,
Я слышу ее журчание.
В ней – те же луна, луга, облака,
То же мироздание.

Александр Яшин
https://stihi-russkih-poetov.ru/tags/reka

Реки сегодня имеют совершенно особый режим, непохожий на естественный. Иным в них становится и качество воды. Это связано не только с меняющимся климатом, но и с растущими темпами урбанизации.

https://www.meteovesti.ru/news/1698226101124-uchyonye-vyyasnili-chto-naibolee-opasno-dlya-stolichnyh-rek

ВВЕДЕНИЕ

Исследованию рек в Институте экологии Волжского бассейна РАН уделяется пристальное внимание на протяжении многих лет, начиная с 1980-х годов прошлого столетия; оно продолжается по системе мониторинга до настоящего времени. Это обусловлено тем, что проблемы устойчивого экологического и социально-экономического развития отдельных регионов страны на современном этапе тесно связаны с решением вопросов охраны и реабилитации водоемов и водотоков, в первую очередь, как источников пресной воды. Знания современной оценки экологического состояния рек крайне важны: об этом говорится в «Водном кодексе Российской Федерации» от 21.10.2013 № 282-ФЗ и в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» (Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступил в силу с 01.03.2024)), но сложность исследований заключается в том, что эти проблемы затрагивают практически все сферы жизни и требуют междисциплинарного подхода в различных сферах деятельности с использованием широкого спектра знаний в экологии и других отраслях науки (Особенности пресноводных.., 2011).

В настоящее время наблюдаемый подъем в области изучения экологического состояния водоемов и водотоков, что связано с необходимостью решения практических задач, касающихся защиты и сохранения экологических систем континентальных водоемов, в значительной степени обусловлен успехами развития действенной теории функционирования экологических систем. Однако реализация теоретических предпосылок функционирования при изучении проточных гидроэкосистем до настоящего времени затруднена в связи с отсутствием надежных сведений по экологии отдельных видов и групп животных, которые могут оказывать значительное влияние на функциональные характеристики надорганизменных систем (Алимов, 2000).

Необходимо постоянное накопление информации, создание баз данных, анализ и синтез информации, в процессе которых структурно-функциональные особенности биоценозов и их биоиндикационные качества приводятся в соответствие друг с другом. Поиск и использование информативных компонентов при оценке экологического состояния водотоков является весьма актуальной задачей.

В последние десятилетия состояние малых рек в результате резко возросшей антропогенной нагрузки на них оценивается как катастрофическое. Малые реки являются наилучшими индикаторами степени загрязнения окружающей среды, поскольку «представляют собой аккумулирующие составляющие гидрографической среды» (Максимова, Нестеров, 2014, с. 132). Значительно сократился сток малых рек. Велико число рек, прекративших существо-

вание в последнее время, многие оказываются на пороге исчезновения. Антропогенных факторов изменения химического состава воды малых рек – множество. Назовем наиболее существенные из них. Это непосредственное поступление в реки сточных вод от промышленных предприятий, в результате которого происходят коренные изменения состава воды и появляются специфические вещества, губительные для естественного природного фона; загрязнение удобрениями и ядохимикатами, поступающими с сельхозугодий, а также ливневыми и талыми водами урбанизированных территорий; особую тревогу вызывает проблема заиления рек. Сброс в реки бытового и промышленного мусора является крайне негативной проблемой. Этот мусор, разлагаясь, выделяет канцерогенные вещества – источники различных заболеваний. Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), в увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, в сокращении растворенного в воде кислорода воздуха, в появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей. Малые водотоки служат коллекторами всех видов загрязнения. Их донные отложения имеют способность накапливать и хранить сведения о состоянии и изменениях химических и динамических параметров водной среды. Они являются важным источником информации о прошлых климатических, геохимических, экологических условиях, существующих на водосборе и в самом водоеме, позволяют оценить современное экологическое состояние воздушной и водной сред (Нестеров и др., 2008). Отметим, что с ростом хозяйственной деятельности человека увеличивается антропогенная нагрузка на реки. В свою очередь, состояние реки меняет качество связанных с нею экосистем. Это создает потенциальную опасность не только для живых организмов, но и для самого человека.

Ландшафты бассейнов малых рек постоянно ускользают от внимания исследователей, несмотря на то, что они в совокупности определяют экологическую ситуацию региона в целом. В этой связи несомненно, что проблема малых рек – это проблема регулирования хозяйственной деятельности на всем водосборе.

В последнее десятилетие в России реализуется программа государственного мониторинга водных объектов, направленная на сбор и обобщение актуальной информации о состоянии рек, озер, водохранилищ. Полученные данные вносятся в единую автоматизированную информационную систему государственного мониторинга водных объектов – АИС ГМВО, доступную любому пользователю в формате веб-справочника. Основным массивом информации АИС ГМВО являются материалы наблюдений за гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими характеристиками водных объектов на станциях и постах, подведомственных Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Напомним, что концепция мониторинга водных объектов начала формироваться при подготовке Стокгольмской конференции ООН 1972 г. по проблемам окружающей среды. В российской науке она была развита Ю.А. Израэлем (Бедрицкий и др., 2020), утверждавшим, что мониторинг – это информационная система для обнаружения антропогенных изменений окружающей среды на фоне ее естественных колебаний. Воплощением этих идей на государственном уровне стало создание государственной службы наблюдений и контроля состояния окружающей среды, расширение государственного водного кадастра как первого опыта обобщения данных наблюдений за водными объектами, ведущихся с 1930-х годов. Была заложена сеть наблюдений за составом и загрязнением поверхностных вод, действующая по настоящее время. Напомним, что Государственный мониторинг водных объектов осуществляется в целях: своевременного выявления и прогнозирования негативного воздействия вод, а также развития негативных процессов, влияющих *на качество воды* в водных объектах и их состояние, разработки и реализации мер по предотвращению негативных последствий этих процессов (в ред. Федерального закона от 21.10.2013 № 282-ФЗ). Он включает в себя, в том числе, регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями состояния водных ресурсов, а также за режимом использования во-

доохранных зон, зон затопления, подтопления (в ред. Федерального закона от 21.10.2013 № 282-ФЗ). Государственный мониторинг водных объектов осуществляется в границах бассейновых округов с учетом особенностей режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностей (Водный кодекс… [электронный ресурс]) и др.

В случае дальнейшего развития сети мониторинга, методического совершенствования и унификации программы наблюдений анализ получаемых данных будет иметь большую научную и практическую значимость, позволяя значительно расширить представление о региональных особенностях и пространственно-временной изменчивости состояния, в том числе, и малых рек на территории России.

Вместе с тем, малые реки остаются наименее изученными и наиболее уязвимыми от внешних воздействий водными объектами Можно говорить о том, что проделанная коллективом ИЭВБ РАН работа по паспортизации двух рек бассейна Нижней Волги – рр. Чапаевка и Сок до настоящего времени так и осталась невостребованной практиками.

Широкое хозяйственное использование малых рек сопровождается возведением в руслах и на поймах множества гидротехнических сооружений. Предпочтение отдается экономическим интересам, и не учитываются экологические требования, предусмотренные действующим законодательством. В результате реализация проектов приводит к дальнейшему ухудшению качества вод, накоплению загрязняющих веществ, органических веществ в донных отложениях, а как следствие – потери биологических ресурсов малой реки.

Напомним, в последние десятилетия регистрируется прогрессирующее обмеление и исчезновение малых рек. В предыдущих изданиях (Биоиндикация экологического.., 2007; Особенности пресноводных.., 2011), посвященных изучению равнинных рек, были обобщены сведения по биоиндикационным исследованиям ряда малых рек Самарской области, выполненные большим коллективом авторов ряда академических и отраслевых институтов. Следует акцентировать внимание на том, что при исследовании рек осваиваются и познаются общие закономерности организации и эволюции гидроэкосистем (Богатов, 1994; Экологическое состояние бассейна.., 1997; Малые реки.., 1998; Экологические проблемы.., 2001; Ткачев, Булатов, 2002; Экологические проблемы.., 2003; Экологическое состояние.., 2003; Комулайнен, 2004; Завьялов, Крылов и др., 2005; Крылов, 2005; Экосистема малой.., 2007; Пресноводные экосистемы.., 2008; Особенности пресноводных.., 2011; Богатов, Федоровский, 2017 и др.).

Настоящее издание посвящено исследованию одной из равнинных рек Волжского бассейна – реке Уса и ее притокам, некоторые из которых остаются и до настоящего времени эталонными водными объектами, на примере которых можно выявить определенные закономерности функционирования равнинных рек, типичных для Европейской части России, что и определяет актуальность этого издания.

Река Уса является правым притоком Куйбышевского водохранилища с естественным режимом регулирования, низкой антропогенной нагрузкой и высокой гидродинамикой водных масс.

Представлены результаты комплексных исследований, проведенных в сезон 2017-2018 гг. по созданию экологического паспорта реки Уса (Самарская обл.) сотрудниками лабораторий Института экологии Волжского бассейна РАН (ИЭВБ РАН). Включены данные природно-географических исследований водоохраной зоны и территории водосборного бассейна: гидрографо-гидрологические, гидрохимические, гидробиологические, ландшафтно-экологические и санитарно-бактериологические показатели, интегральные экологические характеристики, рекомендации по восстановлению и сохранению водного объекта и др. В рамках разработанных ранее научно обоснованных методических рекомендаций по составлению паспортов для рек Самарской области в работе представлены основные положения, характеризующие экологический паспорт водоема и его значение как научно-технического документа. Экологический статус реки установлен на основании данных комплексной харак-

теристики техногенной нагрузки и суммировании результатов мониторинга по оценке качества участков реки (Гелашвили, Зинченко и др., 2007).

Река Уса берет начало на Волжско-Свияжском водоразделе недалеко от пос. Гремячий (53°26'32.2" с. ш., 48°09'26.5" в. д.) и впадает в Усинский залив Куйбышевского водохранилища у северо-западной оконечности Жигулевских гор. Длина реки – 76 км, водосборная площадь – 2240 км^2, максимальная глубина – 3 м, скорость течения – 0,7 м/с, прозрачность воды – от 40 до 60 см.

Состояние экосистемы реки определяется особенностями водосборной площади, масштабом хозяйственного, бытового и сельскохозяйственного использования.

Поводом для исследований этой реки, пожалуй, главным, является тот факт, что из равнинных рек Волжского бассейна она является наиболее чистой (Голубая книга.., 2007).

В настоящем издании приводятся сведения о географическом положении и природных условиях, геологическом и тектоническом строении бассейна р. Уса, антропогенной нагрузке на водосборную площадь реки и дана комплексная экологическая характеристика р. Уса и некоторых ее притоков. Исследования проводились на р. Уса и территории ее бассейна, включая малые реки Тишерек, Теренгулька, Муранка.

Достаточно большой раздел посвящен различным аспектам исследований флоры и растительности долины реки и территории бассейна, включая результаты исследований характеристик почв, растительного покрова с указанием флористических особенностей сосудистых растений, в том числе чужеродных видов на фоне выявленной аборигенной флоры исследуемой территории. Уделяется внимание и особо охраняемым природным территориям в бассейне р. Уса, представленным 12 памятниками природы и ихтиологическим заказником.

В работе большое внимание уделено изучению пространственной динамики состава, биоразнообразия, структурной и функциональной организации планктонных и донных сообществ реки и ее притоков. Приведены данные по видам–вселенцам устьевого участка реки. Фаунистический анализ лотических систем неотъемлем от рассмотрения проблемы, связанной с типологической классификации водотоков, подходы к решению которой нашли отражение в ряде работ, посвященных исследованию малых рек Волжского бассейна и многолетнему детальному изучению экологического состояния бассейна р. Уса (Особенности пресноводных.., 2011; Зинченко и др., 2017). С целью получения адекватных данных оценки качества воды в книге использованы расчетные показатели ряда общепринятых биотических идентификаторов и метрик, предлагаемых Европейской Рамочной Водной Директивой (Брюссель, Бельгия, 23 октября, 2000 г., Directive 2000/60/EC of the European Parliament.., 2000 [электронный ресурс]).

Приводятся материалы современного состояния ихтиофауны, амфибий и пресмыкающихся бассейна реки, паразитофауны рыб в реке и притоках.

Традиционно особое место в книге отводится методическим аспектам оценки видового богатства сообществ лотических систем. Рассмотрены показатели, оценивающие различные статистические закономерности пространственного распределения донных сообществ на примере равнинной реки, имеющей низкую антропогенную нагрузку. На основе конкретных данных гидробиологического мониторинга обсуждается эффективность различных индикаторов оценки качества воды на примере сообществ макрозообентоса. Анализируются причины недостаточной адекватности существующих методов применительно к водотокам, имеющим четко выраженный продольный градиент природных условий. Приводится оценка видового богатства и показателей разнообразия планктонных и донных сообществ; используется метод ординации участков речной экосистемы на основе выделения устойчивых ассоциаций видов макрозообентоса вдоль продольного градиента равнинной реки.

Исследования выполнены с целью оперативного контроля экокризисных ситуаций и раннего предупреждения об экологической опасности при оценке состояния водных объектов. При паспортизации реки ожидается экологический и, связанный с ним, экономический эффект, обусловленный выполнением рекомендаций, направленных на использование реки

как объекта рекреационного и рыбохозяйственного назначения. На примере проведенных исследований можно выявить определенные закономерности функционирования равнинных рек, типичных для европейской части России, что и определяет актуальность проведенных исследований.

Организация и проведение мониторинговых исследований позволили создать экологический паспорт р. Уса, выполненный коллективом сотрудников ИЭВБ РАН при поддержке Гранта РФФИ №17-44-63019 «Экосистемное разнообразие равнинных рек бассейна Средней Волги в современных условиях изменения климата и антропогенного воздействия».

Авторы привлекали данные официальной статистики и информацию государственных органов, уполномоченных вести деятельность по мониторингу и охране окружающей среды Самарской области. При создании паспорта были использованы официальные данные Нижне-Волжского бассейнового водного управления отдела водных ресурсов по Самарской области, ООО «Центр мониторинга водной и геологической среды» г. Самара, филиала ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Самарской области» в г. Тольятти.

Многие материалы являются оригинальными, полученными во время экспедиций в различные годы периода с 1987 по 2023 гг. сотрудниками Института экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти), Института биологии внутренних вод РАН им. И.Д. Папанина (пос. Борок), кафедры гидрологии суши Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (г. Москва), кафедры «Геология и физические процессы нефтегазового производства» Самарского государственного технического университета (г. Самара).

Исследования полностью или частично проводились в рамках Государственных заданий:

- Государственного задания ИЭВБ РАН – филиала СамНЦ РАН по теме «Изменение, устойчивость и сохранение биологического разнообразия под воздействием глобальных изменений климата и интенсивной антропогенной нагрузки на экосистемы Волжского бассейна» (№ госрегистрации 122032500063-0);
- Государственного задания ИЭВБ РАН по теме «Наземные позвоночные Среднего Поволжья и сопредельных территорий и их паразитические черви: экологические, фаунистические, биологические аспекты организации и функционирования сообществ на фоне природных и антропогенных изменений» (№ госрегистрации 1023062000002-6);
- Государственного задания ИБВВ РАН по теме «Разнообразие, биология и экология водных и околоводных беспозвоночных континентальных вод» (№ госрегистрации 124032500016-4);
- Государственного задания ГБС РАН по теме «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения» (№ госрегистрации 122042700002-6);
- Государственного задания ИПЭЭ РАН по теме «Экология и биоразнообразие водных сообществ» (№ госрегистрации 0089-2021-0006).

Отдельные разделы монографии были поддержаны Программами фундаментальных исследований и грантами:

- Программой фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (раздел «Динамика биоразнообразия и механизмы обеспечения устойчивости биосистем» № 07-04-96610);
- Программой фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (раздел «Особенности экологии и динамики чужеродных видов гидробионтов (зоопланктон, зообентос, рыбы, паразиты рыб) в водоемах Средней и Нижней Волги»);
- Программой фундаментальных исследований Президиума РАН «Основные направления фундаментальных исследований» (раздел 6.2. «Закономерности природной и антропогенной трансформации экосистем различного типа и уровня организации бассейна Средней и Нижней Волги») – распоряжение Президиума РАН № 10103-30 от 22.01.07;

• Программой фундаментальных исследований Президиума РАН «Основные направления фундаментальных исследований» (раздел 6.3. «Видовое и экосистемное биоразнообразие в бассейне Средней и Нижней Волги») – распоряжение Президиума РАН № 10103-30 от 22.01.07);

• Государственной научно-технической программой «Биоразнообразие» (грант 1.3.5. БР, № 88);

• Самарским губернским грантом в области науки и техники Министерства образования и науки Самарской области (2011 г.);

• Самарским губернским грантом в области науки и техники, утвержденным распоряжением Губернатора Самарской области от 30.06.2021 № 202-р. (грант № 38);

• Грантом РФФИ №17-44-63019 «Экосистемное разнообразие равнинных рек бассейна Средней Волги в современных условиях изменения климата и антропогенного воздействия».

Авторы выражают благодарность всем научным программам и коллегам, принимавшим участие в исследованиях.

Авторы с признательностью примут конструктивные замечания коллег.

С.В. Краснов, Т.Д. Зинченко

Глава 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ УСА

1.1. Географическое положение и природные условия[1]

Река Уса – один из малых правобережных притоков среднего течения р. Волга, протекающий по территории Самарской и Ульяновской областей. Берет начало на восточном склоне Приволжской возвышенности недалеко от пос. Гремячий в Балашейском лесничестве Рачейского лесхоза от двух истоков-родников, образующих ручьи Большая и Малая Уса (Сызранский р-н Самарской обл.). До затопления водами Куйбышевского водохранилища ее устье располагалось у подножья Молодецкого кургана в Жигулевских горах с отметкой уреза воды 24,4 м (Топографическая карта .., 1950) (рис. 1).



Рис. 1. Приустьевой участок и устье р. Уса до затопления Куйбышевским водохранилищем (Топографическая карта.., 1950; фрагмент). Дополнительно выделены незатопленные территории.

В настоящее время нижнее течение реки[2] представляет собой Усинский залив Куйбышевского водохранилища. Координаты истока – 53°26'32.2" с.ш., 48°09'26.5" в.д., устья (впадение в Усинский залив) – 53°19'39.2" с.ш., 48°45'24.5" в.д.

[1] Сенатор С.А.

[2] Выделение участков р. Уса в разделах книги отличается и обусловлено спецификой объектов изучения у авторов.

Река протекает с юга на север, северо-восток, восток и юго-восток по территории Сызранского, Шигонского, р-нов Самарской обл. и Тереньгульского р-на Ульяновской обл. Бассейн реки, помимо них, частично охватывает Кузоватовский и Сенгилеевский р-ны Ульяновской обл., а бассейн Усинского залива – также Ставропольский р-н Самарской обл.

Основные гидрографические и гидрологические характеристики р. Уса приведены в табл. 1. и в разделе 1.4.

Таблица 1. Основные гидрографические и гидрологические характеристики р. Уса
(по: Зинченко и др., 2019)

Параметры	Значения
Средний уклон водосбора, ‰	23
Средняя высота водосбора, м	184
Максимальная глубина, м	3-4
Расчлененность территории, км/км^2	0,57
Скорость течения, м/с	0,7
Средняя глубина на плесах, м	2-3
Средняя глубина на перекатах, м	0,1-0,5
Глубина в месте впадения в залив, м	1-2
Ширина реки, м: – в верховье – в месте впадения в залив – в устьевой части*	 0,9-2,5 20-50 до 110
Среднегодовой расход воды, м^3/с	6,2

Примечание: * до создания Куйбышевского водохранилища.

Уса имеет хорошо выработанную долину, описание которой приведено в главе 1.2. Средняя абсолютная высота водосбора 184 м, максимальная – 315 м. Пойма двусторонняя, ровная: левобережная – заболочена, пересечена протоками, старицами, покрыта кустарником; правобережная – открытая, частично занята приусадебными участками и застроена. В долине имеется множество родников.

Русло реки умеренно извилистое, слабодеформирующееся, зарастает водной растительностью. На расстоянии 23 км от устья наблюдается выход грунтовых вод. На расстоянии 22 км от устья река перекрыта земляной плотиной. В верхнем течении русло р. Уса имеет ширину 2-2,5 м, глубину 10-15 см. В месте впадения в залив ширина реки составляет 20-50 метров, глубина – 1-2 м (табл. 1).

На территории бассейна расположено большое количество родников: в Сызранском р-не Самарской обл. – 104, в Шигонском – 86. Дебиты составляют примерно 1 л/с (Голубая книга.., 2007).

Согласно схеме физико-географического районирования Среднего Поволжья (Физико-географическое.., 1964), бóльшая часть водосборного бассейна р. Уса относится к Свияго-Усинскому физико-географическому району и лишь устье Усинского залива лежит на территории Жигулевского района.

Рельеф. Поверхность водосборного бассейна представляет собой возвышенную равнину, расчлененную долинами рек, балками, оврагами. В пределах водоразделов отчетливо выражены две ступени рельефа. Высокое плато с абсолютными отметками 280-320 м сохранилось в виде останцов в центральных частях водоразделов. Низкое плато с отметками 180-240 м окаймляет со всех сторон высокое. Амплитуда высот превышает 300 м. Высокое и низкое плато сложены породами палеогена – песками, песчаниками, опоками. Четвертичные отложения представлены делювием на склонах долин и балок, а также аллювиальными образованиями в поймах рек и надпойменных террасах. Глубина эрозионного расчленения составляет примерно 100-120 м. Встречаются эоловые песчаные формы рельефа.

В долине выделяются четыре террасы: пойменная, две надпойменные и высокая древняя терраса. Пойма занимает дно долины и затапливается в половодье на высоту 3-5 м

над уровнем реки, образуя большое число стариц и проток. Сложена пойменная терраса аллювиальными песками с включением линз суглинков. По левому берегу пойма развита почти на всем протяжении реки; по правому берегу на отдельных участках пойма отсутствует.

На исследуемой территории проявляется почвенная и овражная эрозия, но рост оврагов происходит довольно медленно, густота овражной сети сравнительно небольшая. Расчлененность территории составляет 0,57 км/км^2 (Голубая книга..., 2007).

Климат континентальный. Годовая амплитуда колебаний температуры достигает 68º. Морозный период продолжается 5,5-6 месяцев (с ноября по апрель). Самые холодные месяцы – январь и февраль – имеют среднемесячную температуру –13 °С. Средняя температура июля составляет +19,5 °С. Безморозный период длится 140-145 дней, вегетационный период – 135. Сумма интенсивных температур составляет 2250 °С. Гидротермический коэффициент – 1,1.

Среднегодовое количество осадков колеблется от 284 до 610 мм, в среднем, по многолетним данным, оно составляет 388 мм. Постоянный снеговой покров появляется обычно в середине ноября и достигает наибольшей мощности (до 58 см) в середине марта. К 15-20 апреля снег полностью исчезает. В зимний период преобладают ветры южных румбов, а летом – северных и западных. Скорость ветра редко превышает 10–12 м (Давлетшин и др., 2017).

Почвенный покров слагается серыми лесными оподзоленными разностями. На верхнем плато преобладают светло-серые и серые лесные оподзоленные почвы, на нижнем – темно-серые слабооподзоленные и даже почвы черноземного типа. Механический состав почв, главным образом, песчаный. Материнские породы – пески, песчаники, опоки, а по долинам рек – аллювиальные пески и делювиальные суглинки.

Река Уса активно используется для хозяйственного, бытового и сельскохозяйственного водоснабжения. Распаханность территории составляет более 50% (Атлас земель.., 2002).

1.2. **Географическая характеристика долины реки Уса**[1]

Река Уса имеет хорошо выработанную долину шириной до 2,5-4 км. Склоны долины чаще пологие, супесчаные, рассечены оврагами, открытые. На большей части долины правый склон высокий: 30-90 м, местами снижается до 10-20 м; левый – более низкий: 10-30 м.

Ввиду разнообразия геологических условий на протяжении усинской долины сопоставление географических и геологических данных следует проводить не по долине в целом, а по отдельным ее отрезкам (Бочаров, 1958). Этот автор разделяет всю долину на четыре отрезка сопоставимой длины, сверху вниз по течению реки: елшанский (35 км), шигонский (35 км), муранский (35 км) и меридиональный (20 км). В настоящее время муранский отрезок значительно, а меридиональный – практически полностью затоплены Усинским заливом Куйбышевского водохранилища.

Каждый из отрезков формировался в своеобразной тектонической обстановке, что сказывается на их геоморфологических особенностях. Предполагается связь (вплоть до полной преемственности) отдельных участков современной долины с долинами палеорек эпохи миоцена–раннего плиоцена и прарек эпохи эоплейстоцена–неоплейстоцена (см. главу 1.5). Как результат, общий план, поперечный профиль, уклон долины значительно различаются на каждом из участков (рис. 2).

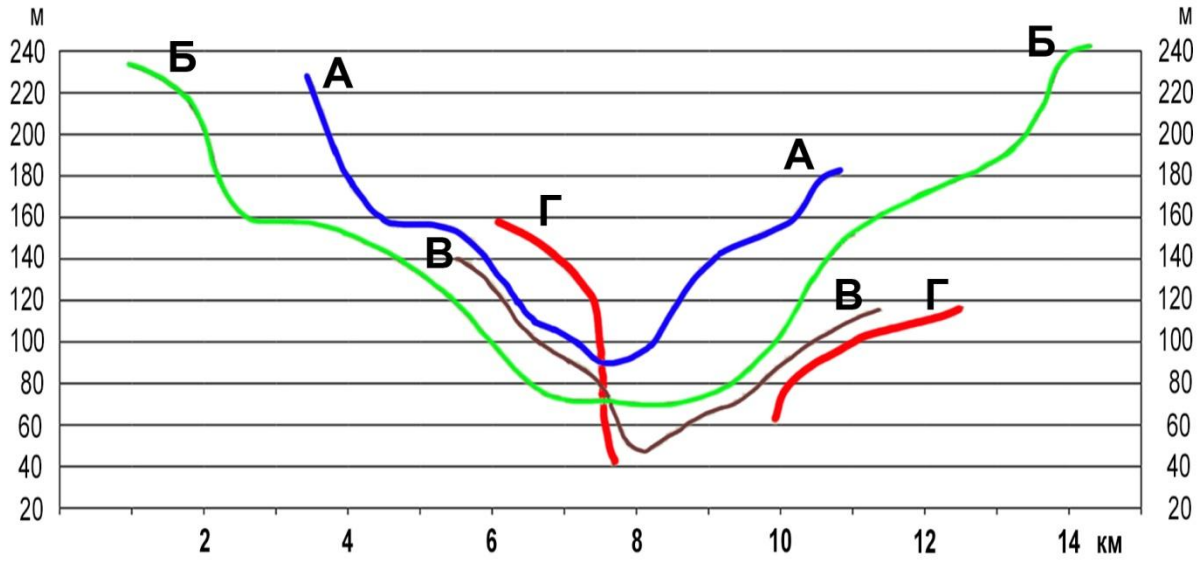


Рис. 2. Схематические поперечные профили долины р. Уса, сверху вниз по течению реки: А – елшанский, Б – шигонский, В – муранский, Г – меридиональный отрезки (Бочаров, 1958). Профиль показан в сторону от устья к истоку (правый склон долины на рисунке располагается слева).

Отвечающий верхнему течению реки (до границы Тереньгульского и Шигонского районов) **елшанский участок** долины в плане характеризуется значительной кривизной – от северного направления изгибаясь до восточного. В целом правый склон более крутой и на несколько десятков метров выше. Днище долины узкое (0,5 км), лишь на протяжении последних 5-6 км (ниже с. Гавриловка) оно воронкообразно расширяется до 2 км, под прямым углом выходя в более широкую и лучше выработанную долину притока Теренгулька. Относительное падение реки быстро уменьшается от 25 м/км на первых километрах до 1,33 м в начале нижнего уширения.

Шигонский участок соответствует среднему течению реки и простирается от слияния с долиной Теренгульки до с. Муранка в юго-восточном направлении, практически прямоли-

[1] Моров В.П.

нейно. Поперечный профиль характеризуется почти симметричными склонами высотой 150-180 м, довольно пологими. Днище плоское, шириной 2,5-3 км, сильно заболоченное, с изобилием речных рукавов и проток. Присутствуют четыре обширных (до 2 км от подошвы склона и 4 км вдоль долины) и ряд меньших конусов выноса, обуславливающих в пределах аллювия долины формирование значительных излучин реки. Относительное падение реки изменяется в пределах 0,93-0,64 м/км.

Два самых нижних по течению участка соответствуют нижнему течению реки по состоянию до создания Куйбышевского водохранилища. **Муранский участок** начинается от места выхода долины к Губинским высотам. Первые 10 км проложены в юго-восточном направлении, при этом правый склон срезает Губинские высоты, после чего долина Усы выходит в тектоническую долину широтного направления и далее представляет собой продолжение последней. Ниже слияния обеих долин правый борт усинской долины имеет близширотное направление и соответствует северному склону Переволокского перешейка – узкого водораздела Усы и Волги. Левобережье Усы образует полого спускающаяся Усольско-Комаровская равнина, сложенная с поверхности рыхлыми, в основном песчаными, отложениями. Профиль долины резко асимметричен из-за значительно большей крутизны правого склона. До заполнения водохранилища относительное падение реки на Муранском участке составляло 0,35 м/км.

От поворота усинской долины на северо-восток (~2 км северо-восточнее с. Переволоки) выделяется ее **меридиональный участок.** Он имеет 2 сужения – с 3 до около 1 км, нижнее из которых находится на выходе в волжскую долину. Вниз по течению р. Уса на участке возрастает высота склонов, особенно правого, который на значительном протяжении представляет собой отвесные обрывы. Таким образом, асимметричность профиля на меридиональном участке наиболее высока и достигает максимума у Усинского кургана. До заполнения водохранилища относительное падение реки на данном участке долины составляло ориентировочно 0,31 м/км.

Поскольку указанные геоморфологические различия между отрезками долины могли быть вызваны только неодинаковыми условиями их равития, т.е. различиями в геологическом строении и геологическом прошлом соответствующих участков территории, то следует считать, что долина Усы состоит из четырех генетически различных отрезков. При этом наиболее своеобразным, в соответствии с его планом и поперечным профилем, является Шигонский; присущие ему признаки не наблюдаются ни на одном из других участков долины (Бочаров, 1958).

1.3. **Характеристика притоков реки Уса**[1]

Река Уса имеет развитую сеть притоков на всем протяжении, при этом основная водосборная площадь лежит в левобережье. В настоящее время основными притоками Усы остаются реки Борла, Кока, Маза, Теренгулька и Камышинская; все они – левые. По отношению к самым нижним крупным притокам – Тишерек (правый) и Муранка (левый) – после образования Куйбышевского водохранилища сложилась следующая ситуация. При высоком уровне водохранилища они впадают непосредственно в сформировавшийся Усинский залив; эта ситуация отражена в Государственном водном реестре, где обе реки учтены именно как притоки Усинского залива Куйбышевского водохранилища (Государственный водный… [электронный ресурс]). Фактически же при сработке ниже НПУ (нормальный подпорный уровень, характеризующий полное заполнение водохранилища; для Куйбышевского составляет 53,0 м) р. Тишерек является полноценным притоком Усы, а в устье р. Муранка подпор водохранилища незначителен; подобная ситуация отражена, в том числе, на спутниковых снимках (рис. 3).



Рис. 3. Район устья Усы на космоснимке (Google Карты [электронный ресурс]). Автором нанесен контур береговой линия Усинского залива при НПУ, отмечено положение устьев основных притоков.

Гидрологический режим водных объектов территории является типичным для данной климатической зоны. Реки имеют смешанное питание и следующие фазы водного режима: весеннее половодье, летняя и зимняя межень, летние и осенние дождевые паводки. Весеннее половодье длится около одного месяца, объем стока в это время может изменяться от 35 до 95% годового. Летняя межень наступает в мае–июне и характеризуется малой водностью. Основное питание в этот период осуществляется за счет подземных вод (Реки [электронный ресурс]).

Основные гидрографические характеристики притоков р. Уса приведены в табл. 2.

[1] Моров В.П.

Таблица 2. Основные гидрографические характеристики притоков р. Уса

Приток	Приемник*	Положение	Расстояние от устья приемника*, км	Длина*, км	Водосборная площадь*, км^2	Абс. высота истока, м	Абс. высота устья, м	Численность населения в бассейне, тыс. чел.**
Притоки р. Уса I порядка								
р. Паяунь	р. Уса	левый	…	7,7	…	…	~138	0,1
р. Борла	р. Уса	левый	61	20	163	~220	103	1,2
р. Кока	р. Уса	левый	57	19	160	>164	94	1,1
р. Маза	р. Уса	левый	41	18	181	…	(75)	0,3
р. Теренгулька	р. Уса	левый	33	54	804	193	70	9,0
р. Камышинская	р. Уса	левый	26	16	168	~180	69	1,2
Притоки р. Уса/Усинского залива I порядка								
р. Тишерек	Усинский зал.	правый	49	38	495	~120	53	3,8
р. Муранка	Усинский зал.	левый	45	13	84,2	…	53	1,2
Притоки р. Уса и Усинского залива II порядка								
р. Балдашка (Бурса, Бирса)	р. Маза	левый	4,5	17	105	~155	86	0,3
р. Тукшумка	р. Теренгулька	левый	19	36	342	~290	89	1,3
р. Баромытка	р. Теренгулька	левый	30	13	105	~180	107	1,9
р. Мал. Тишерек	р. Тишерек	правый	12	15	127	~100	64	1,4
Притоки р. Уса III порядка								
р. Молвино	р. Тукшумка	правый	15	18	74,3	~180	119	0,4

Примечания: * по данным (Государственный водный… [электронный ресурс]), см. также пояснение в тексте главы; **составлено, исходя из материалов (Численность и размещение.., 2012; Населенные пункты… [электронный ресурс]).

Горный характер рельефа и глубокое и густое эрозионное расчленение Приволжской возвышенности обуславливают повышенную скорость течения большинства притоков Усы. Характер водотока в межень в целом контролируется геологическими факторами. Вершины оврагов в районе водоразделов, как правило, располагаются в зонах распространения хорошо проницаемых песчаных и кремниевых пород палеоценового возраста, поэтому эрозионные врезы там глубоки и зачастую безводны, а основные питающие родники расположены в нижележащей толще. Последняя, хотя и сложена в основном мелами и мергелями, но в ней имеются водоупорные глинистые прослои. Нижние участки долин главных притоков имеют развитый аллювий, глинистость которого зависит от ширины долин и, в общем, возрастает в сторону устьев.

Отдельные данные по основным рекам бассейна р. Уса приводятся ниже.

После слияния ручьев Большая и Малая Уса самым первым заметным притоком Усы является речка **Паяунь**, по водности приближающаяся к основной реке и впадающая в 2 км ниже с. Смолькино, напротив урочища Заячьи Уши. Протекает по Сызранскому району Самарской области, незначительный (0,2 км) приустьевый участок находится в Тереньгульском районе Ульяновской области. Водосборная площадь Паяуни включает, в том числе, значительную по площади частично заболоченную (бол. Большое) суффозионную котловину, расположенную в левобережье.

Р. **Борла** протекает по территории Кузоватовского и Тереньгульского районов Ульяновской области и впадает в Усу в 5 км выше с. Елшанка. Р. **Кока** впадает в Усу напротив с. Елшанка.

Р. **Маза** на всем протяжении не имеет населенных пунктов. На значительном участке верхнего течения постоянный сток отсутствует, а ее крупнейший приток р. **Балдашка** имеет бóльшую водосборную площадь и на современных электронных картах (Яндекс Карты, Google Карты [электронные ресурсы]) после слияния отражен как основная река. На выходе в долину Усы – нижнего течения Теренгульки река теряется в заболоченной низине, не имея выраженного устья.

Р. **Теренгулька** является наиболее крупным притоком Усы. Начинается северо-западнее с. Назайкино, устье находится напротив с. Суринск. Долина в верхнем и среднем течении асимметрична: левый склон крутой, высокий, сложен коренными породами. Долина имеет пойму и одну надпойменную террасу. Половодье бурное, непродолжительное в марте–апреле. Летом река мелеет, в истоках пересыхает. Глубина в устье 0,3-0,5 м, ширина 2-3 м.

Основной приток Теренгульки – р. **Тукшумка.** Исток Тукшумки пересыхающий, расположен к северу от с. Никольское Сенгилеевского района, ниже река протекает по территории Шигонского района Самарской и Теренгульского района Ульяновской области, устье находится в 2 км юго-всточнее села Языково. Река имеет 9 притоков. Глубина меньше 1 м, ширина 3 м. На старых советских картах (например, Сенченко, 1954) участок водотока после слияния рек считается Тукшумкой, а Теренгулька – притоком последней.

Река **Баромытка** берет свое начало в 3 км от с. Федькино. Ширина реки колеблется от 1,5 до 4,5 м, глубина от 0,2 м до 0,8 м, скорость течения 0,63 м/с. Расход реки в верхнем течении в месте впадения в нее справа реки Черная составляет 0,5 $м^3$/с, расход р. Черная – 0,3 $м^3$/с. Левый берег Баромытки более крутой, дно в основном песчаное.

Р. **Камышинская** начинается на западном склоне Новодевичьих гор в с. Кузькино, направляется на северо-запад по глубокому овр. Борочик, на выходе меняет направление под прямым углом и впадает в Усу у ж/д станции Бичевная.

Постоянный поток р. **Тишерек** начинается от пруда на западной окраине с. Троицкое Сызранского р-на. Река течет в юго-восточном направлении, затем на северо-восток параллельно Губинским высотам (которые соответствуют крутому крылу Жигулевского тектонического вала) и впадает в реку Уса (при полном заполнении водохранилища – в вершину Усинского залива) в непосредственной близости от современного устья р. Уса между сс. Усинское и Губино. Направление течение его основного притока – р. **Малый Тишерек,** начинающейся в сырой низине у с. Ивашевка и впадающей у с. Троекуровка – носит сходный характер; обе реки имеют в нижнем течении широкую унаследованную долину, выработанную крупной палеорекой еще в плиоцене.

Уклон р. Тишерек 2,1‰. Долина слабоволнистая, симметричная, изрезана оврагами и балками. Пойма реки заболочена (Ляховская, 2011). Берега глинистые, заросшие. В верховьях дно местами каменистое. Малый Тишерек в последние годы пересыхает.

Р. **Муранка** начинается одноименным оврагом и впадает в вершину залива в одноименном селе (Google Карты [электронные ресурсы]); при значительной сработке водохранилища в маловодные годы – в приустьевый участок р. Уса. Направление нижнего отрезка течения Муранки также контролируется Жигулевской дислокацией.

В целом, большинство притоков имеют сходный характер и являются типичными для гидрографической сети Приволжской возвышенности. Исключение составляют Тишерек и Муранка, частично приуроченные к унаследованным палеодолинам. Они же, будучи самыми нижними из крупных притоков, в устьевой части находятся в подпоре Куйбышевского водохранилища, но, в отличие от главной реки, его влияние на данные притоки в гидрологическом плане незначительно.

1.4. Гидрологические и морфометрические характеристики реки Уса[1]

Река Уса является правым притоком Волги, впадает в нее в начале Самарской Луки (Жигулевской излучины) на расстоянии 1489 км от устья. После создания Куйбышевского водохранилища в нижнем течении реки возник Усинский залив. Длина реки 76 км, площадь водосбора 2240 км^2, до заполнения водохранилища – 143 км и 3390 км^2 (Уса, 2015). В настоящее время устье расположено рядом с с. Усинское Сызранского района, где река впадает в Усинский залив на отметке 53 м, соответствующей нормальному подпорному уровню (НПУ) Куйбышевского водохранилища. Ширина реки вблизи устья вне зоны влияния подпора достигает 40-50 м.

На речном участке – выше устья р. Тишерек (см. пояснение в гл. 1.3) – в Усу впадает 31 приток, из них 5 длиной более 10 км: Камышинская, Теренгулька, Маза, Кока, Борла, суммарная протяженность которых 127 км (табл. 3) (Ресурсы.., 1966). Общая длина речной сети в бассейне Усы (на ее речном участке) составляет 460 км, таким образом, густота речной сети здесь равна 0,21 км/км^2, а с учетом рр. Тишерек и Муранка, впадающих в переходную зону нижнего участка р. Уса – Усинский залив – 0,19 км/км^2. Коэффициент извилистости (отношение длины реки к кратчайшему расстоянию между истоком и устьем) – 2,2. Средний уклон реки по данным (Ресурсы.., 1980) составляет 3,1 ‰.

Крупных озер на речном водосборе нет, но притоки Усы зарегулированы прудами и малыми водохранилищами. Самое крупное из них, площадью 0,38 км^2, расположено на р. Теренгулька, с земляной плотиной и бетонным водосбросом в 0,5 км ниже рабочего поселка Тереньга.

Озерность речного бассейна менее 1%, заболоченность 0%, лесистость 27%, доля урбанизированных территорий 2%, средняя высота водосбора 171 м (Основные.., 2015), распаханность водосбора в 1980-е годы достигала 70% (Ресурсы.., 1980).

Таблица 3. Гидрологическая изученность р. Уса и ее притоков (Ресурсы.., 1966)

Река	Куда впадает и с какого берега (пр – правого, лв – левого)	Расстояние от устья, км	Длина водотока, км	Площадь водосбора, км^2	Притоки длиной менее 10 км	
					Количество	Общая длина, км
Уса	Куйбышевское вдхр. (Усинский залив) (пр)	1489	76	2240	26	50
Борла	***Уса (лв)***	***61***	***20***	***163***	***5***	***10***
Кока	***то же (лв)***	***57***	***19***	***160***	***4***	***4***
Маза	***то же (лв)***	***41***	***18***	***181***	***-***	***-***
Балдашка (Бурса, Бирса)	Маза (лв)	4,5	17	105	-	-
Теренгулька *(в верховьях – овр. Чечера)*	***Уса (лв)***	***33***	***54***	***804***	***21***	***35***
Баромытка	Теренгулька (лв)	30	13	105	7	12
Тукшумка (овр. Крутой)	Теренгулька (лв)	19	36	342	20	48
Молвино	Тукшумка (пр)	15	18	74,3	2	2
Камышинская	***Уса (лв)***	***26***	***16***	***168***	***3***	***12***

Примечание: ***курсивом*** обозначены притоки Усы 1-го порядка длиной более 10 км.

На Усе проводятся наблюдения за гидрологическим режимом (табл. 4). Первый гидропост появился в с. Переволоки в 30-е годы XX века и просуществовал 1,5 года. В 1941 году

[1] Промахова Е.В.

в пос. Красный Миронов открыт второй пост, который действовал 15 лет, на его уровенный режим оказывали влияние мельничные плотины в 10 км выше и 6 км ниже поста. Оба пункта наблюдения попали в зону затопления Куйбышевского водохранилища, наполнение которого происходило до 1957 года. Следующий пост на реке, который действует в настоящее время, был открыт осенью 1960 года в с. Байдеряково, он расположен в 23 км выше современного устья Усы. За время работы гидропостов проводились наблюдения за уровнем и стоком воды, термическим и ледовым режимом, химическим составом воды (Ресурсы.., 1966).

Таблица 4. Гидрологические посты на р. Уса (Ресурсы.., 1966)

Название (местоположение) поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км^2	Период действия	
			открыт	закрыт
с. Байдеряково	23	1940	01.10.1960	действ.
пос. Красный Миронов	-	3040	02.06.1941	02.05.1956
с. Переволоки	-	3180	июль 1932	31.12.1933

Питание реки преимущественно снеговое, основная часть стока проходит во время весеннего половодья (рис. 4), межень устойчивая, в теплое время года прерываемая эпизодическими дождевыми паводками, в редкие зимы – паводками оттепелей. По данным (Ресурсы.., 1980), уровень воды во время половодья превышает меженный в среднем на 1,5 м. В последние десятилетия наблюдается снижение доли весеннего стока от общего годового на 15-20% (Основные.., 2015). Для Усы характерен повышенный меженный сток за счет устойчивого подземного питания в условиях приуроченности к Приволжской возвышенности с большой величиной эрозионного вреза, в результате чего на участках русла встречаются концентрированные выходы грунтовых вод, а доля меженного стока составляет 44%, при этом в зимний сезон проходит 15% стока за год (Основные.., 2015).

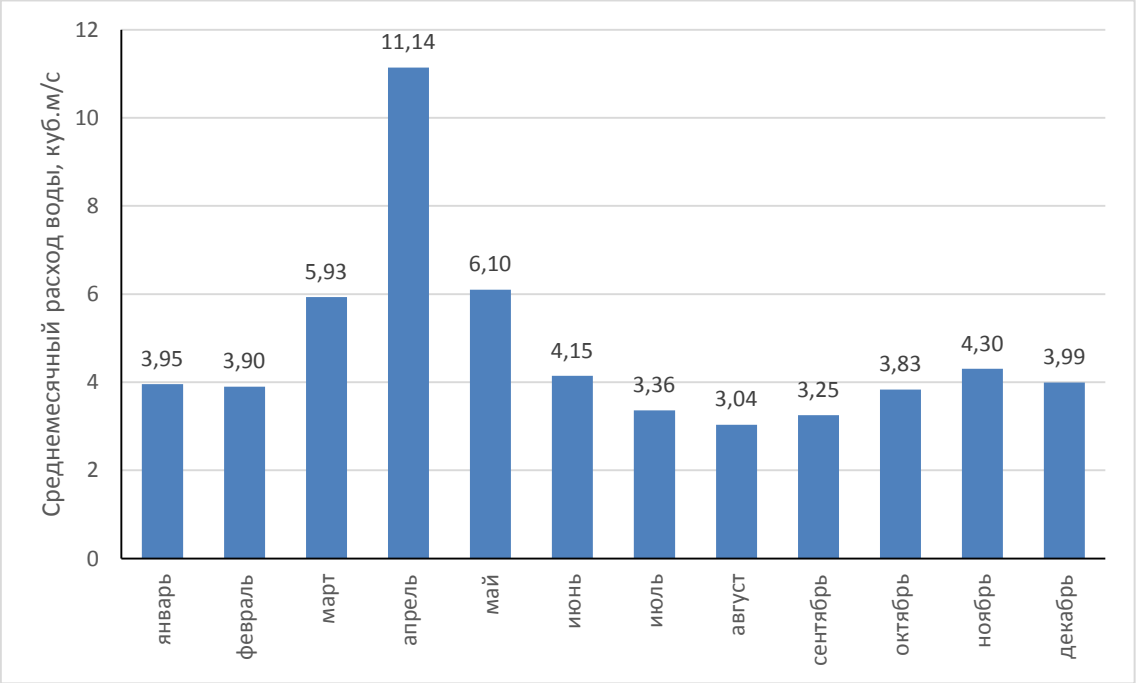


Рис. 4. Среднемесячные расходы воды на р. Уса (с. Байдеряково) за 2008-2021 гг. (Автоматизированная.., 2024).

По данным гидрологического поста в с. Байдеряково, с 1961 по 2010 гг. средний многолетний расход воды составил 6,20 м^3/с, соответственно, модуль стока – 3,20 л/(с·км^2), годовой сток воды – 196 млн. м^3 (табл. 5). Наиболее полноводным оказался 1995 г., когда сред-

негодовой расход достиг 11,4 м^3/с, а самым маловодным был 1972 г. со средним расходом воды 2,99 м^3/с. (Основные.., 2015).

Средний слой стока воды за год составляет 102 мм, из них более половины приходится на весенний период (57 мм), остальная часть на летне-осеннюю (30 мм) и зимнюю (15 мм) межени. Самый многоводный месяц – апрель, в течение которого проходит треть годового стока воды, следующий по водности – март, в который проходит 10% годового стока, в остальные месяцы доля стока менее 10% (Основные.., 2015). Начало половодья приходится на последнюю декаду марта, окончание – на последнюю декаду апреля (Ресурсы.., 1980).

Средний многолетний расход воды весеннего половодья за период 1961-2010 г. равен 111 м^3/с, что соответствует модулю стока весеннего половодья 57,2 л/(с·км^2). Средний многолетний слой стока весеннего половодья – 33,7 мм. Самое высокое половодье (420 м^3/с) наблюдалось в 1979 г., самое низкое (15,1 м^3/с) – в 2007 г. (Основные.., 2015). Наибольший дождевой паводок зафиксирован в 1983 году, когда максимальный расход воды достиг 29 м^3/с. Всего за период паводка, который длился с 17 по 20 июля, прошло 0,50 млн. м^3 воды, а слой стока составил 3,88 мм (Основные.., 2015).

Средний минимальный 30-суточный расход воды за летне-осенний период 1961-2010 гг. равен 3,49 м^3/с, за зимний период – 3,17 м^3/с, наименьший 30-суточный расход в теплую часть года наблюдался в 2009 и 2010 гг. и составил 1,45 м^3/с, а в зимний период в 1969 г. – 1,39 м^3/с (Основные.., 2015). Средний многолетний минимальный суточный расход воды за летне-осенний период – 2,90 м^3/с, за зимний период – 2,79 м^3/с; во время многоводного 1996 г. наибольший минимальный суточный расход в теплую часть года достиг 7,69 м^3/с, а для засушливого 2009 г. он снижался до 0,93 м^3/с. Для зимнего периода наибольший минимальный суточный расход воды составил 6,55 м^3/с в 1995 г., наименьший – 1,08 м^3/с в 1969 г. (Основные.., 2015).

Гидрологические характеристики р. Уса в сезонные периоды 1961-2010 гг. и в 2017-2018 гг. представлены в табл. 5-6.

Таблица 5. Характеристики стока воды р. Уса (с. Байдеряково) в 1961-2010 гг. и в 2017-2018 гг.

Характеристика	Значение		
	Средние многолетние в 1961-2010 гг. (Основные.., 2015)	2017 г.	2018 г.
Расход воды, м^3/с	6,20	6,26	6,20
Модуль стока воды, л/(с·км^2)	3,20	3,22	3,20
Объем годового стока воды, млн. м^3	196	197	195
Слой стока воды, мм	102	102	101
Расход воды весеннего половодья, м^3/с	111	42	74,8
Модуль стока весеннего половодья, л/(с·км^2)	57,2	21,6	38,5
Слой стока весеннего половодья, мм	33,7	12,7	22,7
Минимальный 30-суточный расход воды за летне-осенний период, м^3/с	3,49	4,59	3,83
Минимальный 30-суточный расход воды за зимний период, м^3/с	3,17	4,21	4,42
Минимальный суточный расход воды за летне-осенний период, м^3/с	2,90	4,1	3,42
Минимальный суточный расход воды за зимний период, м^3/с	2,79	3,89	4,25

Таблица 6. Характеристики стока воды р. Уса (с. Байдеряково) в 2017-2018 гг.

	весна		лето		осень		зима
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017/2018
среднесуточные	7,09	10,4	4,02	4,77	5,26	4,47	4,83
наибольшие	42	74,8	8,22	6,16	7,67	6,24	6,7
наименьшие	5,14	4,.33	4,23	3,42	4,1	3,43	4,37

Температура воды в реке достигает наибольших значений в июле со средней величиной, например, в период с 1961 по 1975 гг. в июле составила 18,6 °С (табл. 7), при этом максимум в 25,0 °С был зафиксирован 25.07.1971. Ледовые явления на реке появляются с середины ноября. Ледостав образуется в первой декаде декабря и длится до конца марта со средней его продолжительностью в 1961-1975 гг. 111 дней. В настоящее время весенний ледоход на реке сократился и длится в среднем 7 дней. Средняя наибольшая толщина ледяного покрова наблюдается в середине февраля и составляет 32 см, к первой декаде марта она снижается на 4 см. Максимальная толщина льда зафиксирована в феврале 1969 г.: 62 см (Ресурсы.., 1980).

Таблица 7. Годовой ход температуры воды в р. Уса (с. Байдеряково) в 1961-1975 гг. (Ресурсы.., 1980)

Средняя температура воды, °С	Декадная						Месячная						Декадная					
	III			IV			V	VI	VII	VIII	IX	X	XI			XII		
	1	2	3	1	2	3							1	2	3	1	2	3
			0,1	1,4	5,4	8,4	14,0	17,1	18,6	16,2	11,2	5,1	1,4	0,6	0,5	0,1	–	

По химическому составу воды р. Уса являются гидрокарбонатно-кальциевыми, при этом содержание гидрокарбонатных ионов является почти исключительным (более 39% экв.), содержание ионов кальция – более 33% экв. (табл. 8). Концентрация большинства химических соединений (фосфаты, кремний) достигает наибольших значений в межень (табл. 8, 9), особенно в зимнюю, когда питание реки происходит только за счет подземных вод; наименьшее содержание характерно для многоводных фазы водного режима, что связано с распресняющим эффектом талых и дождевых вод. Минерализация воды изменяется от 250 мг/л при прохождении половодья до 457 мг/л во время зимней межени. По общей жесткости вода в большую часть года является умеренно жесткой (3,42-4,80 мг-экв./л), а при прохождении пика половодья становится мягкой (2,5 мг-экв./л). Содержание биогенных элементов в отдельные годы увеличивается во время половодья в результате поверхностного смыва, что вызывает увеличение содержания нитратов (до 2,00 мг NO_3^-/л), нитритов (до 0,420 мг NO_2^-/л), железа (до 0,04 мг Fe/л), цветности (до 50 градусов), перманганатной (до 15,0 мг О/л) и бихроматной (до 24,0 мг О/л) окисляемости, при уменьшении прозрачности воды. Летом, в связи с процессами фотосинтеза, содержание нитритов и нитратов снижается (Ресурсы.., 1976).

Таблица 8. Содержание главных ионов и соединений азота в р. Уса (с. Байдеряково) в разные фазы водного режима (ФВР) (Ресурсы.., 1976)

ФВР	Расход воды, $м^3/с$	Дата отбора	Размерность	Содержание ионов								Сумма ионов, мг/л
				Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^++K^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	NO_2^-	
Зимняя межень	2,72	27.03.64	мг/л	83,0	8,0	25,2	297,9	38,3	4,6	0,00	0,000	457,0
			% экв.	35,6	5,7	8,7	42,0	6.9	1,1	…	…	
Пик половодья	51,6	01.04.65	мг/л	42,7	4,5	17,5	154,5	22,2	6,9	1,00	0,228	249,5
			% экв.	33,3	5,8	10,9	39,5	7,2	3,0	0,3	…	
Окончание спада половодья	26,2	28.04.64	мг/л	59,5	5,5	14,8	194,1	32,9	4,0	2,00	0,420	313,2
			% экв.	37,0	5,6	7,4	39,6	8,5	1,4	0,4	0,1	
Летняя межень	2,29	25.08.61	мг/л	82,3	8,3	18,0	292,8	29,2	3,5	0,00	0,000	434,1
			% экв.	37,3	6,2	6,5	43,6	5,5	0,9	…	…	

Таблица 9. Химический состав воды в р. Уса (с. Байдеряково) в разные фазы водного режима (ФВР) (Ресурсы.., 1976)

ФВР	Расход воды, $м^3/с$	Дата отбора	Прозрачность по стандартному шрифту, см	Фосфаты, мг Р/л	Кремний, мг Si/л	Железо общее, мг Fe/л	Жесткость, мг-экв./л		Цветность по Pt-Co шкале, град.	Окисляемость, мг О/л	
							общая	постоянная		перманганатная	бихроматная
Зимняя межень	2,72	27.03.64	>30	0,064	8,0	0,00	4,80	…	20	4,0	15,8
Пик половодья	51,6	01.04.65	<1	0,033	5,0	0,04	2,50	…	50	15,0	24,0
Окончание спада половодья	26,2	28.04.64	4	0,050	4,6	0,00	3,42	0,60	50	8,4	16,0
Летняя межень	2,29	25.08.61	>30	…	9,0	0,00	4,79	…	…	5,1	…

По данным за 1963-1975 гг., средняя годовая мутность составила 59 $г/м^3$, наибольших значений она достигает во время половодья и паводков, в меженный период ее значения ниже. В течение года число дней с мутностью больше 50 $г/м^3$ – 23 дня, больше 100 $г/м^3$ – 8 дней, больше 200 $г/м^3$ – 4 дня. Средняя наибольшая мутность составляет 370 $г/м^3$, максимальная мутность отмечена 06.04.1971 – 1000 $г/м^3$. Среднегодовой расход взвешенных наносов составляет 0,34 кг/с, среднемесячный максимум наблюдается в апреле – 3,2 кг/с, в остальные месяцы на 1 или 2 порядка ниже: в марте – 0,24 кг/с, в мае – 0,11 кг/с, в июле – 0,14 кг/с, в остальные месяцы он не превышает 0,1 кг/с. Наибольший среднесуточный расход наносов (65 кг/с) проходил во время половодья 07.04.1970. Среднегодовой сток наносов составляет 11 тыс. т, что соответствует ежегодному смыву с поверхности водосбора 5,6 $т/км^2$. Гранулометрический состав взвешенных наносов измерялся единожды на подъеме половодья 07.04.1973 (табл. 10), когда средний размер частиц составил 0,08 мм, что соответствует фракции крупной пыли (Ресурсы.., 1980).

Таблица 10. Гранулометрический состав взвешенных наносов в р. Уса (с. Байдеряково) во время подъема половодья 1973 г. (Ресурсы.., 1980)

Дата	Содержание частиц (в % по весу) диаметром, мм					
	1-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	< 0,01
07.04.1973	0,1	10,3	15,5	13,3	25,6	35,2

Русло реки в верховьях врезанное и адаптированное с относительно прямолинейными участками и вынужденными излучинами, а к нижнему течению и в местах впадения притоков становится широкопойменным с преобладанием меандрирующих участков.

1.5. Геологическое и тектоническое строение бассейна реки Уса[1]

Тектоническое строение

В тектоническом отношении территория бассейна р. Уса является сложной. В ее пределах выделяют 2 структурных этажа (архейский кристаллический фундамент и фанерозойский осадочный чехол) и до 6 структурных ярусов в составе последнего. Архейский этаж имеет блоковое строение, при этом важнейшей его особенностью является деление по крупнейшему, высокоамплитудному, заложенному еще в архее Жигулевскому глубинному разлому на два участка: приподнятый – Жигулевскую вершину Жигулевско-Пугачевского свода – и опущенный – Мелекесскую впадину (рис. 5). Наиболее глубокая (южная) часть последней носит название Ставропольской депрессии. Лишь верховья р. Борла заходят в зону Токмовского свода, отграниченного с востока региональным Борлинским глубинным разломом. На данной территории Жигулевский разлом имеет амплитуду до 650 м, восток-северо-восточное простирание, поэтому нижняя часть бассейна Усы (за линией Губино–Муранка) полностью относится к сводовой зоне. На Жигулевско-Пугачевском своде в бассейне р. Уса по поперечным разломам выделяются Первомайско-Печерский и Аскульский блоки. Поверхность фундамента залегает здесь с погружением к востоку: в сводовой зоне на абсолютных отметках –1500÷–1950 м, а в депрессионной на отметках –2150÷–2350 м.

Среднедевонский и верхнедевонско-нижнекарбоновый структурные ярусы (мощность 500-700 м) не выражены в более высоких горизонтах; территория практически полностью лежит за пределами систем тектонических прогибов данного интервала.

Наибольшее значение имеет тектоническое районирование по среднекарбоново-нижнепермскому структурному ярусу, соответствующее здесь таковому для архейского этажа. При этом для нижних горизонтов амплитуда структур еще несколько возрастает.

Роль среднепермско-нижнеюрского структурного яруса сводится к тектонической перестройке, в конце которой вкрест палеозойским структурам закладывается Ульяновско-Саратовский прогиб, захватывая северо-запад описываемой территории. Прогиб продолжает развиваться и в течение всего среднеюрско-палеогенового этапа. В конце этого этапа, в свою очередь, формируются унаследованные от палеозоя структуры, из которых особенно выделяется Жигулевский вал. Он протягивается узкой полосой, с крутым северным и пологим южным крыльями, вдоль южного края одноименного разлома. Вал осложнен цепочкой куполовидных, преимущественно сквозных, локальных структур, ориентированных параллельно северному крылу вала. Наиболее крупные из них: Троекуровская, Губинская, Карлово-Сытовская, Березовская (Давлетшин и др., 2017; Давлетшин, Косов, 2000).

Верхним является плиоцен-четвертичный структурный ярус, характеризующийся несогласным залеганием и несовпадением структурных планов с предшествующими образованиями. Особую роль здесь играют отложения в переуглубленной долине доплиоценового рельефа вдоль крутого крыла Жигулевского вала, за которую ответственна Северо-Жигулевская палеорека (Обедиентова, 1977).

Новейшая тектоника характеризуется восходящими движениями, амплитуды которых заметно выше в сводовых областях.

История геологического развития территории

В позднекаменноугольную эпоху рассматриваемая территория была занята бассейном с нормальным морским режимом, несколько ранее трансгрессировавшим с юго-востока на всю восточную половину Европейской России. В целом сравнительно мелководный и от-

[1] Моров В.П., Морова А.А.

носительно теплый, бассейн углублялся в зонах тектонических впадин, в т.ч. Ставропольской депрессии.

С началом пермского периода в условиях значительной тектонической перестройки море начинает регрессировать и осолоняться, а обнажающаяся на западе суша – размываться. Периодически устанавливается лагунный режим, а с конца сакмарского века до начала казанского – континентальный в условиях низкой равнины. В раннеказанское время установился режим закрытого моря с нормальной соленостью, узкого и отгороженного от океана с запада и с востока. Западнее с. Губино казанские отложения неизвестны, вероятно, здесь проходила береговая линия бассейна. С началом позднеказанского этапа водоем превратился в обширную лагуну, где в условиях аридного климата отлагались мощные сульфатные толщи гидрохимической свиты. В отдельных прослоях этого времени присутствует резко обедненная морская фауна.

Далее установился просуществовавший до среднеюрского времени длительный континентальный режим, приведший к значительной пенепленизации поверхности. Смена в конце этапа аридного климата на гумидный привела к взрывному усилению карстовых процессов на территории распространения сульфатных толщ и, как результат, к обилию карстовых брекчий обрушения и глыбового материала на основе последних.

Трансгрессия с юга в середине юры с опорой на Ульяновско-Саратовский прогиб охватила всю рассматриваемую территорию; морской режим просуществовал с незначительными перерывами здесь до середины мела, а в области прогиба – вплоть до начала эоцена.

В эоцене возобновилось поднятие территории. Высокое стояние сопровождалось, с одной стороны, образованием олигоценовой денудационной равнины на абсолютных отметках выше 280 м, а с другой стороны – возникновением переуглубленной палеодолины Северо-Жигулевской реки, протекавшей непосредственно вдоль Жигулевского вала на восток и впадавшей в Палео-Волгу за пределами описываемой территории. Такое положение просуществовало до акчагыльской трансгрессии; она охватила территорию лишь частично, затопив здесь почти исключительно палеодолину в виде узкого пролива, отрезавшего Самарскую луку от основного массива суши (Обедиентова, 1977).

В оставшееся время структурные преобразования территории были направлены в целом на повышение уровня рельефа. Усилились ранее начавшиеся карстовые процессы (Ступишин, 1967). Сформировалась современная долина р. Уса как результат следующих событий. С одной стороны, произошел перехват стока верхней части палеодолины рекой Сызранка и ее притоком р. Крымза, за счет прорыва ими водораздела по линии Жигулевской дислокации. Это обусловило значительное снижение водности речного потока по сравнению с Северо-Жигулевской рекой.

С другой стороны, в связи с тектоническим поднятием восточного края Приволжской возвышенности произошло перенаправление стока от северного края Жигулевского вала в Муранскую долину, соответствующую линейной депрессии между Жигулевским и параллельным ему Южно-Жигулевским валами (последнему отвечает, в т.ч., Переволокский перешеек), а выход из этой долины в волжскую был проложен по межкупольному тектоническому разрывному нарушению. С последним согласуется тот факт, что положение стратиграфических горизонтов палеозоя на левом борту усинской долины в «горле» – при выходе ее в волжскую – приподнято по отношению к таковым на г. Лепешка на несколько десятков метров.

Кроме того, по мнению Н.А. Бочарова, изучавшего условия формирования гидрографической сети на территории Усинского бассейна (1958), активизация Борлинских дислокаций (ограничивающих с севера Мелекесскую впадину) привела к перенаправлению потока Пра-Свияги с южного (в сторону Губинских высот) на северное. В результате этого нижняя часть долины этой реки была унаследована Усой и ныне продолжает существовать как Шигонская долина Усы, со значительно сниженной водностью речного потока.

Современное геологическое строение

Геологическое строение поверхности территории бассейна р. Уса относительно сложное, четко привязанное к тектоническим элементам. В полном объеме отложения представлены только в Мелекесской впадине, однако залегают там на глубине, выходя на дневную поверхность лишь начиная с терминальной части верхнего мела (маастрихтский ярус) (рис. 5-6). В свою очередь, на Жигулевско-Пугачевском своде они представлены со значительными перерывами.

Наиболее древние поверхностные отложения относятся к касимовскому ярусу верхнего отдела каменноугольной системы (карбона), единственное обнажение которого четко выделяется на местности в виде крохотного известнякового останца в песчаном левобережном обрыве устьевого сужения Усинского зал.

Остальная толща карбона на поверхности представлена гжельским ярусом, который выходит на поверхность в устье Усинского залива, слагая береговые скалы, и по Губинским высотам. Мощность его толщи, лежащей выше уровня Саратовского водохранилища, достигает 70 м на Усинском кургане и немногим меньше близ с. Губино. Верхнекаменноугольные отложения здесь представлены исключительно морскими карбонатными породами; в них переслаиваются плотные известняки и доломиты, неравномерно содержащие комплекс богатой фауны брахиопод, кораллов, гастропод, иглокожих, фораминифер (в первую очередь, фузулинид). Для всех разрезов очень характерны кремневые конкреции, залегающие узкими горизонтами.

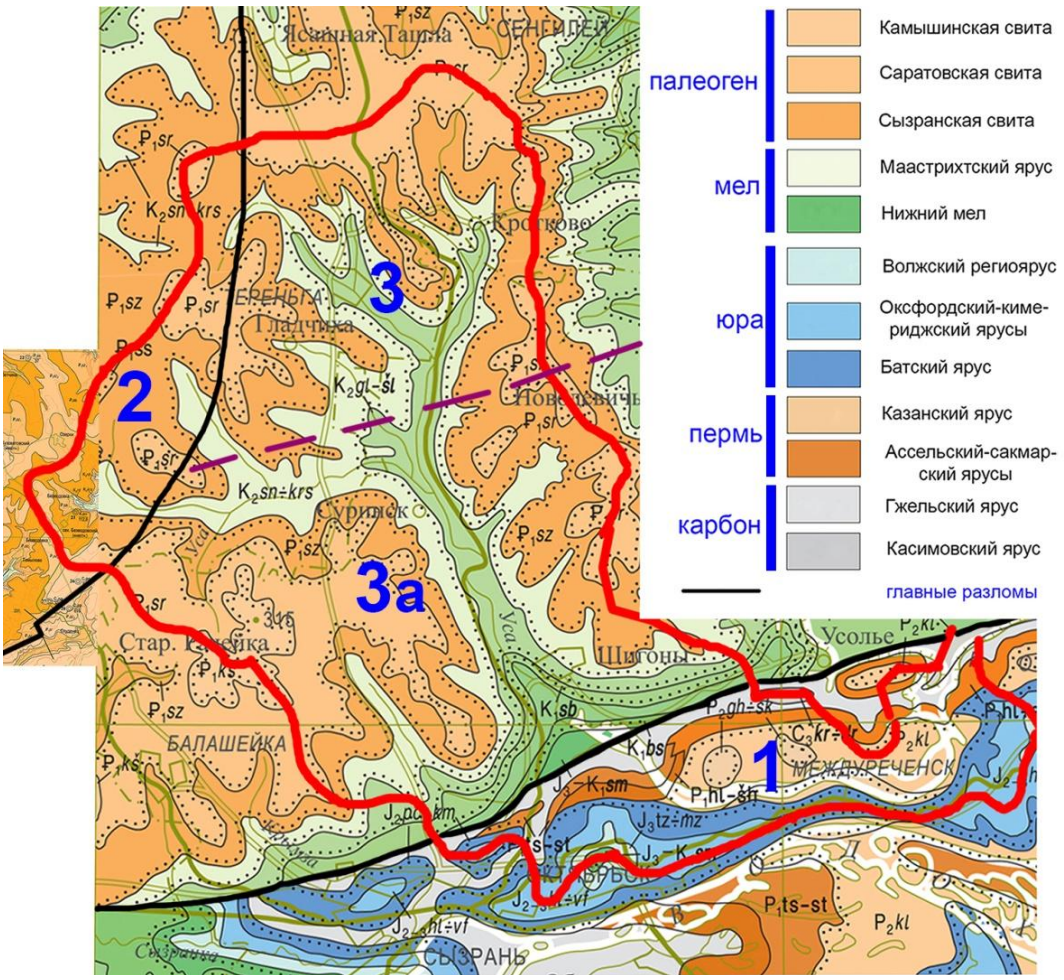


Рис. 5. Геологическая карта донеогеновых отложений бассейна р. Уса. Крупнейшие тектонические элементы: а) приподнятые: 1 – Жигулевско-Пугачевский свод, 2 – Токмовский свод; б) опущенные: 3 – Мелекесская впадина, 3а – Ставропольская депрессия (по: Давлетшин и др., 2017, с дополн. автора).

ЭОНО-ТЕМА	ЭРА-ТЕМА	СИСТЕМА	ОТДЕЛ	ЯРУС		Возраст нижней границы, млн. лет
				Жигулевско-Пугачевский свод	Ставропольская депрессия	
ФАНЕРОЗОЙСКАЯ	КАЙНОЗОЙСКАЯ	Четвертичная	Голоцен			0,0117
			Плейстоцен	Неоплейстоцен		0,774
				Эоплейстоцен		1,80
					Палеоплейстоцен (акчагыльский)	2,58
		Неогеновая	Плиоцен		Пьяченцский (акчагыльский)	3,600
					Занклский (киммерийский)	5,333
			Миоцен		?Мессинский (понтический)	7,246
						23,03
		Палеогеновая	Олигоцен			33,9
			Эоцен			56,0
			Палеоцен		Танетский	59,2
					Зеландский	61,6
					Датский	66,0
	МЕЗОЗОЙСКАЯ	Меловая	Верхний		Маастрихтский	72,1
					Кампанский	83,6
					Сантонский	86,3
					Коньякский	89,8
					Туронский	93,9
					Сеноманский	100,5
			Нижний		Альбский	113,0
					Аптский	125,0
					Барремский	129,4
				Готеривский		132,6
				Валанжинский		139,8
				Берриасский (рязанский)		145,0
		Юрская	Верхний	Титонский (волжский)		152,1
				Кимериджский		157,3
				Оксфордский		163,5
			Средний		Келловейский	166,1
				Батский		168,3
				?Байосский		170,3
				Ааленский		174,1
			Нижний			201,3
		Триасовая				251,90
	ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	Пермская	Верхний			264,28
			Средний	Уржумский		266,9
				Казанский		270,6
			Нижний	Уфимский		ок. 273
				Кунгурский		283,5
				Артинский		290,1
				Сакмарский		293,52
				Ассельский		298,9
		Каменноугольная	Верхний	Гжельский		303,7
				Касимовский		307,0
			Средний			323,2
			Нижний			358,9
		Девонская	Верхний			382,7
			Средний			387,7

Рис. 6. Стратиграфия фанерозоя бассейна р. Уса. Отложения, выделенные белым цветом, на описываемой территории отсутствуют. Глубокие отложения на схеме не детализированы. В скобках показаны региоярусы.

К востоку от пос. Новогубинск каменноугольные отложения перекрыты породами пермского возраста, относящимися к нижнему и среднему отделам. Нижнепермские отложения согласно налегают на верхнекаменноугольные, представлены в основном сильно разрушенными доломитами, нередко практически полностью превращенными в муку. Нижний – ассельский – ярус мощностью на востоке до 30 м сложен преимущественно доломитовой мукой, сакмарский имеет лучшую сохранность только ниже с. Муранка, где содержит определимые остатки гастропод (Mazaev, 2020).

Выше почти на этой же площади с несогласием залегает казанский ярус, также выходящий на поверхность только в области Жигулевско-Пугачевского свода. Ряд обнажений имеется по берегам в средней части Усинского залива. Суммарная мощность обоих горизонтов достигает 100 м, породы – в основном доломиты и гипсы – сильно дезинтегрированы; в большинстве случаев верхняя часть разреза имеет вид бесформенной мучнисто-обломочной массы, фаунистические остатки в которой многочисленны, но трудноопределимы (Ноинский, 1913; Давлетшин и др., 2017).

Отложения юрской системы в полной мере сохранились в Мелекесской впадине, а на поверхность выходят по всему Волго-Усинскому водоразделу. Для средней юры совместными исследованиями в 2022 г. ГИН РАН и Самарского палеонтологического общества, с нашим участием, на водоразделе достоверно установлен только батский ярус, признаков же присутствия ни байосского, ни келловейского не обнаружено. Бат представлен в нижней части светлыми алевритистыми глинами и белыми мелкозернистыми хорошо отсортированными кварцевыми песками, выше – мощной (до 40 м) толщей зеленовато-серых глин. В песчаниках иногда заключены конкреции, в отдельных случаях (у пос. Междуреченск) срастающиеся в сплошную плиту. Отложения этого времени прибрежно-морские, слабо охарактеризованные ископаемыми остатками.

Относительно верхней юры: оксфордский ярус сохранился от размыва на высоких частях водораздела, сложен светло-серыми глинами мощностью около 30 м с характерной фауной двустворчатых моллюсков *Gryphaea dilatata*. В наиболее высоких частях водораздела (у с. Валы и г. Октябрьск) имеются останцы кимериджского яруса и волжского регияруса юры, также изученные специалистами ГИН РАН при нашем участии (Рогов, 2021; Рогов и др., 2021); у Октябрьска их венчает единственный небольшой останец нижнемеловых отложений, вверх по готерив включительно (Ноинский, 1913).

Маастрихтский ярус верхнего мела имеет сплошное распространение в Мелекесской впадине, однако обнажения встречаются редко – например, у сс. Ивашевка и Гавриловка. Представлены писчим мелом с богатой фауной.

Палеоцен бассейна р. Уса занимает основную площадь в пределах Мелекесской впадины, обнажаясь повсюду на возвышенных участках. Стратиграфия палеоцена на территории Среднего Поволжья является предметом острых дискуссий, ревизия ее не закончена. Нижнесызранская подсвита (до 70 м) в настоящее время по палеомагнитным данным сопоставляется с датским ярусом, верхнесызранская (до 20 м) – с зеландским. Представлены обе переслаиванием кремниевых пород (опоки, диатомиты, трепелы), песчаников с морской фауной, состав которой определяется главным образом фациальными условиями. Залегающая выше саратовская свита (танетский ярус) сложена мощной толщей кварцевых песков прибрежно-морского генезиса мощностью до 80 м, с линзами сливных песчаников, нередко слагающих бронирующий пласт. В верхнем течении р. Уса она перекрывается камышинской свитой (до 40 м), близкой по литологии к сызранской, но недостаточно фаунистически охарактеризованной на описываемой территории; последнее дает повод ряду микропалеонтологов к смешению этих свит (Афанасьева, Зорина, 2008).

На значительной части бассейна Усы (среднее течение и притоки) установлено фациальное замещение объема всех или отдельных свит палеоцена на сосновскую толщу, представленную почти исключительно мелко- и тонкозернистыми песками (рис. 7). Согласно классическим представлениям, она имеет дельтовый генезис, в последнее время относитель-

но ее происхождения превалирует гипотеза перераспределения за счет временных флюидных потоков (т. наз. «песчаных интрузий») в условиях морского дна (Афанасьева и др., 2023). Нами на разрезах сосновской толщи наблюдались и образования эолового происхождения.

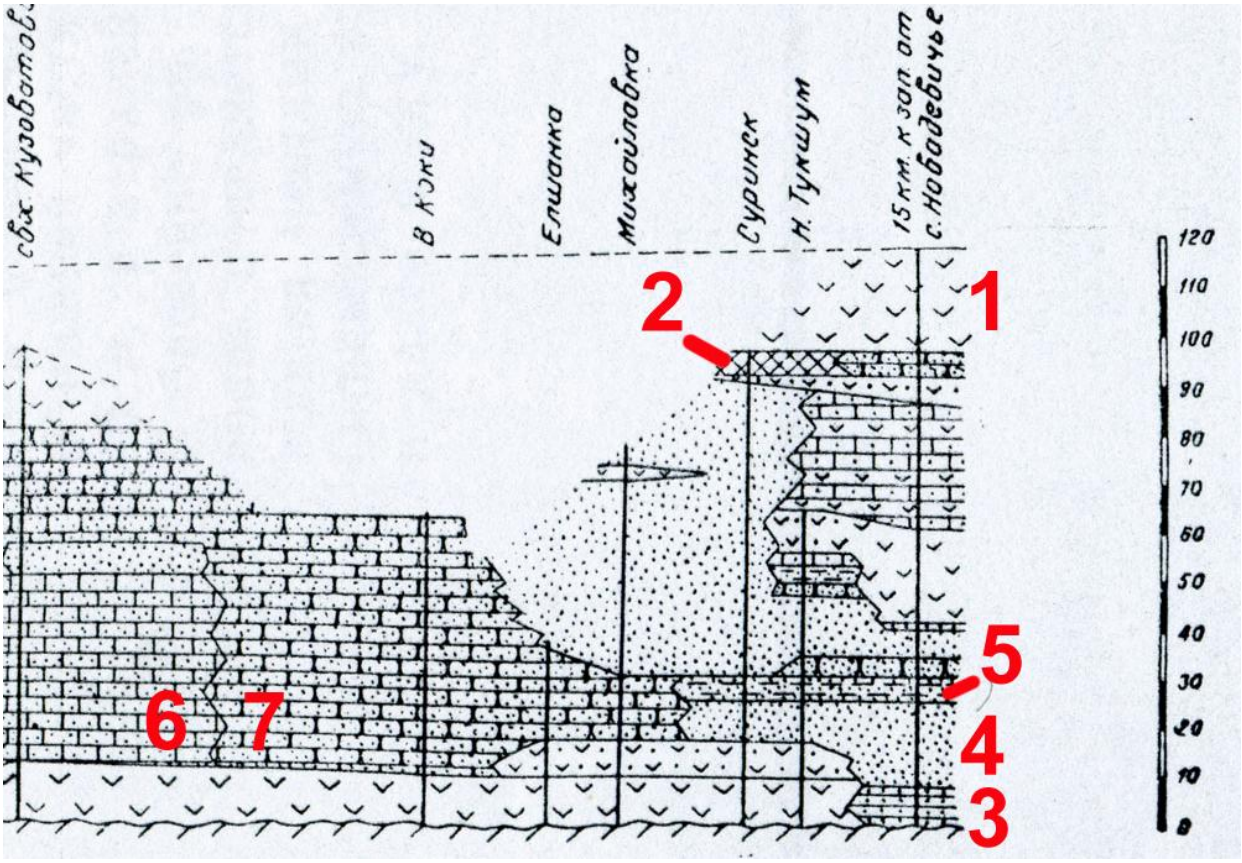


Рис. 7. Положение сосновской толщи (песчаные фации) в субширотном разрезе по линии Кузоватово – Новодевичье: 1 – опоки, 2 – диатомиты, 3 – глины песчаные, 4 – пески кварцевые, 5 – пески глинистые, 6 – песчаники кварцевые, 7 – песчаники опоковидные и глинистые (по: Геология.., 1964, с дополн. автора).

Акчагыльский региоярус (плиоцен + палеоплейстоцен, частично), озерные и морские отложения которого выполняют глубокую палеодолину, протягиваясь непрерывной полосой вдоль крутого крыла Жигулевской дислокации, на рассматриваемой территории не расчленен по причине плохой изученности. Представлен темными слюдистыми глинами. Мощность их в скважине у с. Усинское составляет 165 м.

Неоплейстоценовые отложения в современной долине р. Уса относятся к красноярской свите, что по возрасту соответствует аллювию третьей надпойменной террасы р. Волга (среднее звено неоплейстоцена, московский горизонт) (Государственная.., 2021). Слагающие породы – мелкозернистые кварцевые пески и светло-желтые суглинки мощностью около 15 м. Там же распространены относящиеся к верхнему звену разнозернистые кварцевые пески низкой (I+II) террасы, примерно такой же мощности. Элювиальные отложения залегают на вершинах и плато, а делювиальные – плащеобразно на склонах водоразделов и речных долин. Литологический состав делювия тесно связан с петрографическим составом коренных пород. В состав элювия входит разнообразный обломочный материал. Делювий на пологих склонах представлен чаще всего лессовидными и тяжелыми суглинками.

Аллювиальные отложения голоцена слагают пойменные террасы Тишерека и других притоков Усы. В основании поймы залегает гравий с галечником и дресвой местных пород (песчаников, мергелей, писчего мела и др.). Выше по разрезу залегают пески, суглинки, супеси. При движении от устьев к верховьям речек аллювий становится менее сортированным, мощность его уменьшается от 8-9 до 1-2 м (Давлетшин и др., 2017).

Гидрогеология

По принятому в настоящее время (Информационный.., 2022) гидрогеологическому районированию территория бассейна р. Уса находится в пределах двух артезианских бассейнов (АБ) II порядка, относящихся к Восточно-Русскому сложному АБ пластовых вод I порядка Восточно-Европейской системы бассейнов пластовых вод: Волго-Сурского на северо-западе и Приволжско-Хоперского на юго-востоке. Граница между ними на описываемой территории привязана к линии Жигулевского разлома (показана на рис. 5).

Образованный в нижнем течении р. Уса залив Куйбышевского вдхр. оказывает влияние на оба АБ. Так, для Волго-Сурского АБ в зоне подпора Куйбышевского вдхр. уровни подземных вод первого от поверхности водоносного неоген-четвертичного горизонта в 2021 г. залегали в пределах приречных участков (у уреза водохранилища) на средних глубинах 4,16 м. Влияние весеннего паводка у уреза водохранилища проявилось в подъеме уровня подземных вод с начала апреля до середины мая 2021 г. на 3,70 м. Наблюдаются значительные колебания по годам (рис. 8) (Информационный.., 2022).

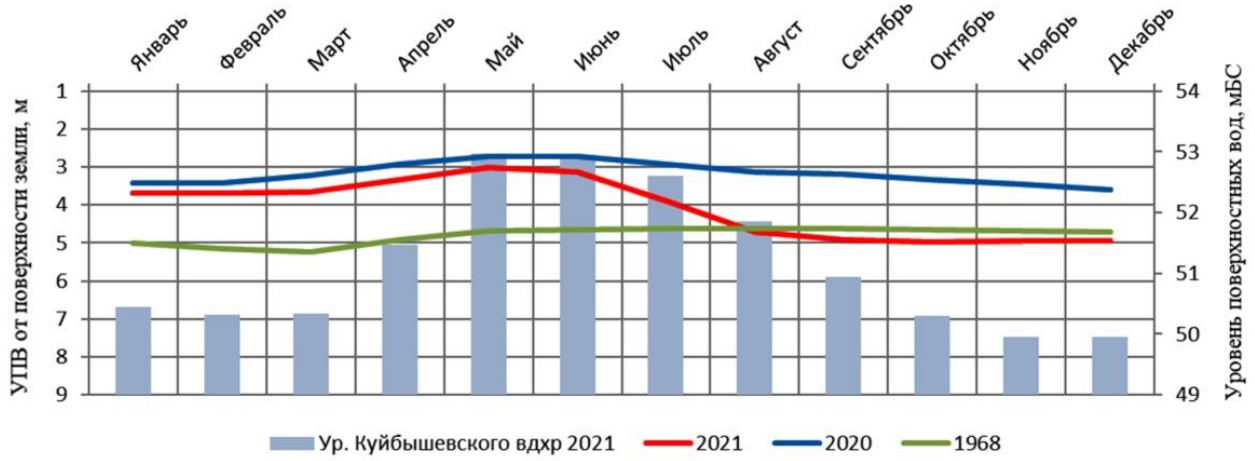


Рис 8. График изменения уровня подземных вод водоносного верхнеплиоценово-среднечетвертичного аллювиального комплекса Волго-Сурского АБ в зоне влияния Куйбышевского водохранилища (Информационный.., 2022).

В бассейне р. Уса выделяется целый ряд водоносных комплексов. Их характер для отложений мезокайнозоя четко привязан к особенностям геологического строения.

Водоносный аллювиальный четвертичный комплекс приурочен к долинам рек и наиболее крупным балкам и оврагам, прослеживаясь в виде узких полос шириной от 0,2 км (по малым рекам) до 4-6 км (по р. Уса и низовьям р. Тишерек). Водовмещающие породы – пески, супеси и суглинки, мощностью обычно 15-25 м. Воды безнапорные. В подошве комплекса залегают разновозрастные (до каменноугольных включительно) песчано-глинистые и карбонатные отложения; проницаемые «окна» обеспечивают гидравлическую связь с водами нижележащих горизонтов. Питание комплекса – за счет инфильтрации атмосферных осадков и перетока вод (с юго-восточного направления) из смежных подразделений. Воды пресные (0,2-1,1 г/л) гидрокарбонатные, умеренно жесткие (3-6 мг-экв.). Водообильность высокая.

Водоносный акчагыльский комплекс приурочен к отложениям, выполняющим палеодолину вдоль северного крыла Жигулевского вала. Водовмещающими породами являются мелко- и тонкозернистые пески, разделенные прослоями глин на три невыдержанных по площади водоносных горизонта на глубине от 5 до 70 м. Питание осуществляется главным образом за счет перетока из смежных водоносных горизонтов (от мела до карбона), вскрытых палеодолиной, в результате чего образуется очень сложная и недостаточно изученная гидродинамическая система. Состав вод близок к таковому четвертичного комплекса.

Водоносный палеоценовый терригенный комплекс развит в Мелекесской впадине. Отложения комплекса расчленены глубокими эрозионными врезами долин рек и их притоков. Подошва его располагается на абсолютных отметках 90-160 м. Водоносный горизонт имеет в целом переливной характер; на локальных водоупорах, сложенных плитами сливных песчаников, формируются маломощные (до 8 м) обводненные толщи. Воды гидрокарбонатные кальциевые и натриевые с минерализацией 0,1-0,2 г/л, очень мягкие (0,6-0,8 мг-экв.).

Водоносный верхнемеловой карбонатно-терригенный комплекс также развит в Мелекесской впадине. Весь комплекс представляет собой мощную толщу карбонатных пород с прослоями глин. Водовмещающими породами являются мел, окремнелые и рыхлые мергели, водоупорным ложем – плотные глины нижнего мела (альб). Суммарная мощность толщи от 25 до 120-140 м. Водообильность довольно высокая. Воды гидрокарбонатные кальциевые пресные (0,2-1,0 г/л), умеренно жесткие (3-6 мг-экв.).

Нижнемеловой относительно водоупорный комплекс имеет сплошное распространение в Мелекесской впадине, где альбские глины являются региональным водоупором. Нижележащие водоносные комплексы в этой зоне не имеют разгрузки на поверхность, залегая ниже абсолютной отметки –250 м. На Жигулевско-Пугачевском своде, напротив, основную роль несут комплексы юрских и каменноугольных толщ.

Волжско-валанжинский терригенный комплекс имеет на своде незначительное распространение. **Оксфорд-кимериджский терригенный горизонт** распространен на возвышенных участках Волго-Усинского водораздела, выступая там в качестве водоупора для поверхностных вод.

Слабоводоносный батский терригенный горизонт распространен на большей части Волго-Усинского водораздела. Водовмещающими являются мелкозернистые пески мощностью до 19 м. Нижний водоупор представлен алевритистыми глинами, часто отсутствующими; в последнем случае горизонт залегает на проницаемых карбонатных породах палеозоя. Воды гидрокарбонатные кальциевые и натриевые, пресные (0,4-0,6 г/л), по большей части жесткие (общая жесткость 6,4-9,5 мг-экв).

Водоносный казанский карбонатный горизонт распространен на своде к востоку от Печерских Выселок. Водовмещающие породы – трещиноватые доломиты и известняки (вскрытая мощность до 26 м). Водоупором служат плотные разности этих же пород или сульфаты сакмарских толщ. Воды гидрокарбонатные натриевые с минерализацией 0,6 г/л, жесткие (9 мг-экв.) (Давлетшин и др., 2017).

Верхнекаменноугольно–нижнепермский карбонатный комплекс на сводовой части бассейна р. Уса образует единую водоносную систему. Устойчивого водоупора между составляющими горизонтами не прослеживается. В целом водообильность комплекса очень велика, однако в случае значительного превышения над уровнем рек верхняя часть толщи гидрогеологически безводна (Пластовые.., 1963). Воды пресные (сухой остаток 0,4-1,0 г/л), гидрокарбонатные кальциевые, жесткие (9-50 мг-экв.). С увеличением глубины минерализация вод растет; в приразломной зоне породы раздроблены и обладают повышенной водопроводимостью, способствующей перетоку высокоминерализованных вод из более глубоких горизонтов (Давлетшин и др., 2017). Эти воды принадлежат к крепким хлоридным натриевым рассолам, с повышенным содержанием брома и йода. У с. Усолье, в непосредственной близости от описываемой территории, существовали изливы таких вод, ныне затопленные Куйбышевским водохранилищем.

Особенности положения и строения бассейна р. Уса

При сопоставлении Усинского бассейна с бассейнами соседних, сравнимых по размерам, рек можно выявить как общие черты, так и специфические особенности. Наибольшее сходство имеется с бассейном р. Сызранка, где также выделяются сводовая и впадинная тектонические зоны. На севере впадинные смежные части бассейнов обеих рек и верховий

р. Свияга имеют значительное сходство между собой. Все это обусловлено общим геологическим происхождением, параллельностью геологических процессов и, как следствие, значительным возрастным, фациальным (например, связанным с распространением сосновской свиты), литологическим и геоморфологическим сходством каждой из этих частей.

К общим чертам верховий бассейнов указанных рек можно отнести распространение на значительных площадях в зоне Ульяновско-Сызранского прогиба кремниевых пород, сложенных преимущественно опал-кристобалитом (трепелы, диатомиты, опоки). Кремнезем этой минеральной фазы имеет относительно высокую склонность к миграции, что неминуемо должно приводить к повышенной его мобилизации и переносу водами речной сети. Вопрос требует дальнейшего изучения.

Среди природных геохимических аномалий стоит выделить следующую. В карбонатах гжельского и раннеказанского возраста по Жигулевскому валу выявлены радиоактивные аномалии, связанные с уранопроявлениями. В наибольшей мере они выражены на смежной территории в бассейне р. Сызранка, где оконтурено месторождение радоновых вод, но менее масштабные аномалии известны и в бассейне Усы. Более того, имеется предположение и о наличии подобных аномалий в неогеновых палеоврезах, где потенциально может быть проявлен эпигенетический инфильтрационный процесс и образованные им урановорудные объекты (Государственная.., 2021).

Наиболее явной особенностью бассейна Усы является значительный по площади затопления залив Куйбышевского водохранилища, захвативший всю сводовую часть долины реки и внедрившийся в зону Волго-Сурского АБ. Воды водохранилища оказывают сильное влияние на сформированную в геологическое время гидродинамическую систему. Так, на Переволокском перешейке разгрузка подземных вод происходит в долину Волги (Давлетшин, Косов, 2000). В условиях чрезвычайной закарстованности казанских отложений, слагающих данную местность на уровне рек, неизбежно значительное усиление этого перетока.

Наконец, весьма специфической особенностью течения р. Уса является отсутствие унаследованности речной долины. В то время как большинство долин Среднего Поволжья в той или иной степени привязаны к тектоническим структурам, для современной долины Усы такая связь отсутствует. Если рассматривать бассейн в целом, то палеодолине соответствуют только р. Муранка и нижнее течение р. Тишерек. По-видимому, основную роль в изменении речного стока во второй половине раннего неоплейстоцена здесь сыграло формирование линейной депрессии между основным Жигулевским и небольшим Южно-Жигулевским валами, которая прослеживается по меридиональному участку Усинского залива.

1.6. Антропогенная нагрузка на водосборную площадь[1]

Хозяйственная деятельность человека оказывает негативное влияние на качество воды малых и средних рек. Особенно остро это проблема стоит в регионах с высокой плотностью населения. Несмотря на достаточно высокую способность к самоочищению, малые реки весьма чувствительны к антропогенной нагрузке и реагируют на нее негативными изменениями, которые проявляются в ухудшении качества воды. Одним из основных факторов, формирующих качество воды малых и средних рек, является отведение сточных вод предприятиями и коммунальными хозяйствами. Из сбрасываемых сточных вод большую часть составляют загрязненные воды, и лишь незначительные объемы – нормативно очищенные воды, и это имеет особое значение в силу того, что малые реки имеют небольшие расходы и объемы воды. Немаловажным фактором, влияющим на качество воды, являются так называемые «диффузные» или «рассредоточенные» источники загрязнения природных вод. В основном к таковым относятся стоки с сельскохозяйственных полей, сельских населенных пунктов и садово-огородных участков, которые, как правило, имеют неорганизованный характер.

Река Уса протекает по территории Самарской и Ульяновской областей и находится под воздействием точечных источников; в основном это коммунальные хозяйства, сбрасывающие со сточными водами токсические загрязнители. Рассредоточенные источники, такие, как поверхностный сток с сельскохозяйственных полей, животноводство, неорганизованные стоки сельских поселений и от рекреационной деятельности являются поставщиками биогенных элементов, в значительной степени обуславливающих потенциальную возможность эвтрофирования водотока. По сравнению с другими реками Самарской области, ранее исследованными (Выхристюк, Цыкало, 2007; Особенности пресноводных... 2011), влияние точечных источников загрязнения на р. Уса не выражено по данным за 2017 г. (табл. 11), хотя в последние годы, в связи с развитием внутреннего туризма, следует ожидать повышения рекреационной нагрузки на бассейн реки.

Таблица 11. Сброс сточных вод (СВ) и загрязняющих веществ (ЗВ) в некоторые реки Самарской области

Река	СВ, млн. м³/год	ЗВ, т/год
Кривуша*	40,60	8744,5
Чапаевка*	9,85	12206,3
Сок*	2,85	972,5
Уса	0,18	5,6

Примечание: * По данным на 2006 год.

Основными источниками техногенного загрязнения р. Уса являются сточные воды предприятий коммунальных хозяйств городских и сельских поселений Самарской и Ульяновской областей. Общий объем сточных вод, сброшенных в реку за 2017 г., составил 176,24 тыс. м³/год (табл. 12), из них загрязненных (требующих очистки) – 159,44 тыс. м³/год и 16,8 тыс. м³/год нормативно-очищенных вод, которые отводились на орошение земледельческих полей.

Таблица 12. Сброс сточных вод в р. Уса за 2017 г. (по данным госстатотчетности предприятий по форме 2-ТП (водхоз) Самарской и Ульяновской областей)

Регион	Вид сточных вод		Общий объем сброса, тыс. м³/год
	Загрязненные	Нормативно-очищенные	
Самарская область	16,54	–	16,54
Ульяновская область	142,9	16,8	159,7

[1] Кузнецова Р.С.

По данным Самарского отдела водных ресурсов Нижне-Волжского бассейнового водного управления, объем загрязняющих веществ, поступающих со стоками жилищно-коммунальных хозяйств в р. Уса, составил 5,58 т/год. Приоритетными компонентами, поступающими в реку со сточными водами, являются сульфаты и хлориды (табл. 13). Ульяновский отдел водных ресурсов использует такие типы приемников сточных вод, как накопители, рельеф местности, земледельческие поля и др., поэтому не указывает загрязняющие компоненты при предоставлении отчетности по форме 2-ТП (водхоз).

Таблица 13. Загрязняющие вещества, сбрасываемые со сточными водами в р. Уса за 2017 г. (по данным отдела водных ресурсов Самарской области госстатотчетности предприятий по форме 2-ТП (водхоз))

Загрязняющие вещества	Масса загрязняющего вещества в сточных водах, т
Сухой остаток	4,23
Сульфат-анион (сульфаты) (SO_4^{2-})	0,73
Хлориды (Cl^-)	0,23
Нитрат-анион (NO_3^-)	0,20
Взвешенные вещества	0,13
БПК полный	0,05
Азот аммонийный	0,00
Нитрит-анион (NO_2^-)	0,00
ОП-10,СПАВ, смесь моно- и диалкилфеноловых эфиров полиэтиленгликоля	0,00
Железо (Fe^{2+}, Fe^{3+}) (все растворимые в воде формы)	0,00
Нефть и нефтепродукты	0,00
Всего:	5,58

Согласно классификации водотоков и методики комплексной оценки антропогенной нагрузки на малые реки, разработанной на кафедре гидрологии суши в МГУ В.А. Скорняковым (1999), произведен расчет антропогенной нагрузки на р. Уса. Методика базируется на системе балльной оценки (табл. 14), оценивающей интенсивность возможного поступления загрязняющих веществ со сточными водами от точечных сбросов техногенного происхождения, а также от разнообразных рассредоточенных антропогенных источников.

Таблица 14. Определение категории реки по степени антропогенной нагрузки

Сумма баллов	Категория реки по степени нагрузки	Интенсивность антропогенной нагрузки	Сумма баллов	Степень нагрузки	Характеристика интенсивности антропогенной нагрузки
<5	I	Очень слабая	15-20	IV	Значительная
5-10	II	Слабая	20-30	V	Большая
10-15	III	Умеренная	>30	VI	Чрезвычайно большая

Для определения нагрузки от точечных источников произведен расчет двух показателей (S_G и S_V), характеризующих степень техногенного влияния сточных вод на качество воды в реке.

Показатель S_G характеризует условную массу ЗВ сточных вод, поступающих в реку; показатель (S_V) – условный объем сточных вод, приходящихся на кубометр речного стока:

$$S_G = Gc.в./TQcp, г/м^3,$$

$$S_V = (Vc.в./TQcp)\cdot 10^3, л/м^3, где$$

Gc.в. – условная (приведенная) масса ЗВ, т/год;

Vc.в. – условный объем сточных вод (млн. $м^3$);

Qcp – средний годовой расход воды в реке, $м^3/с$;

$T = 31{,}536\cdot 10^6$ с.

Рассчитанная нагрузка от условной массы загрязняющих веществ на р. Уса составила S_G = 0,03 г/м³ (2 балла) и S_V = 0,9 л/м^3 (1 балл) (табл. 15).

Таблица 15. Балльная оценка условной массы загрязняющих веществ и условного объема сточных вод

S_G, г/м³	S_V, л/м^3	Баллы	S_G, г/м³	S_V, л/м^3	Баллы
<0,01	<1	1	10-50	100-250	6
0,01-0,1	1-10	2	50-100	250-500	7
0,1-0,5	10-25	3	100-500	500-750	8
0,5-1	25-50	4	500-1000	750-1000	9
1-10	50-100	5	>1000	>1000	10

Наибольшую сложность при расчете антропогенной нагрузки вызывает расчет влияния от рассредоточенных источников. Следуя упомянутой методике, мы можем рассчитать влияние плотности населения, проживающего в муниципальных субъектах, расположенных в бассейне реки, распаханности сельскохозяйственных земель, внесенных в них удобрений и количества голов животноводческого скота (табл. 16).

Таблица 16. Оценка различных видов рассредоточенного антропогенного воздействия на малые реки

Плотность населения		Количество удобрений	Распаханность, %				
чел./км²	баллы		<20	20-40	40-60	60-80	>80
<10	1	Небольшое	0,5	0,8	1	2	3
10-50	2	Значительное	0,8	1	2	3	4
50-100	3	Большое	1	2	3	4	5
100-500	4	**Животноводство**					
500-1·10³	5	гол./км²			баллы		
1·10³-2·10³	6	<10			1		
2·10³-4·10³	7	10-20			2		
4·10³-6·10³	8	20-30			3		
6·10³-1·10^4	9	30-50			4		
>10^4	10	>50			5		

Территория бассейна р. Уса располагается в Шигонском и Сызранском районах Самарской области и Тереньгульском, Сенгилеевском и Кузоватовском районах Ульяновской области. Все расчеты производились по данным территориальных органов Федеральной службы государственной статистики по Самарской ([электронный ресурс а]) и Ульяновской ([электронный ресурс б]) областям на 2017 г. Средние значения показателей, условно отражающих антропогенную нагрузку, по пяти муниципальным районам, в пределах которых располагается бассейн р. Уса, составили: плотность населения – 11 чел./км²; распаханность полей – 21,4%, вносимые в них удобрения – 12 кг/га и плотность сельскохозяйственных животных – 14 гол./км². Данные по каждому из муниципальных районов представлены в таблице 17.

Таблица 17. Показатели рассредоточенных источников антропогенной нагрузки

Район	Плотность населения	Животновод-ство	Распаханность	Количество удобрений
	чел./км²	гол./км²	%	кг/га
Шигонский	10	10	26	17
Сызранский	13	7	23	11
Тереньгульский	9	29	15	15
Сенгилеевский	15	6	20	6
Кузоватовский	9	19	23	11

По неоднородности качества воды и по типу антропогенного воздействия на р. Уса можно выделить три участка (рис. 9):

1) Участок верхнего течения – от истока реки до впадения р. Кока в районе с. Елшанка, слабо подверженный антропогенному воздействию;

2) Участок среднего течения – ниже с. Елшанка до впадения р. Теренгулька, испытывающий воздействие сточных вод от коммунальных хозяйств с. Белогорское и пгт. Теренгулька;

3) Участок нижнего течения – ниже впадения р. Теренгулька до устья реки (впадения в Усинский залив), находящийся под влиянием вод, стекающих с расположенных выше участков реки, и сточных вод коммунального хозяйства Шигонского района, а также водных масс Усинского залива.

Для каждого участка реки по данным табл. 17 рассчитан средний показатель прилегающих районов к данному участку и по нему определен соответствующий балл (табл. 16). На верхнее течение реки нагрузку оказывают Сызранский район Самарской области, Кузоватовский и Тереньгульский районы Ульяновской области, на среднее течение – Тереньгульский и Сенгилеевский районы Ульяновской области и Шигонский район Самарской области, на нижнее течение – Сызранский и Шигонский районы Самарской области.

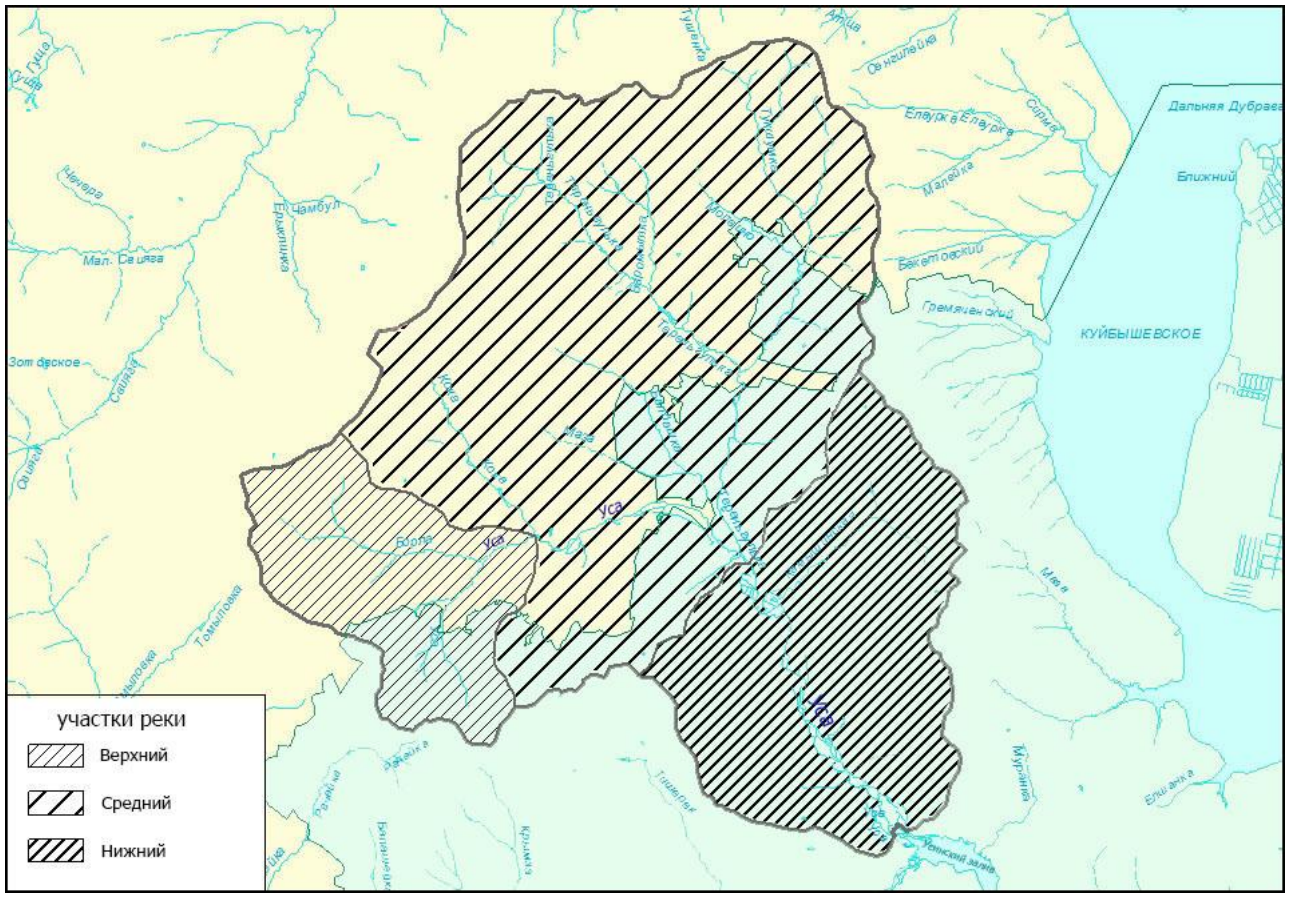


Рис. 9. Участки р. Уса по степени антропогенной нагрузки.

Оценочный показатель по количеству вносимых удобрений определялся относительно среднего веса 43 кг/га, который был принят, опираясь на методику расчета доз удобрений (Шеуджен и др., 2010), вносимых на сельскохозяйственные поля при земледелии в черноземных областях. Суммы баллов антропогенной нагрузки по точечным и рассредоточенным источникам загрязнения для каждого участка реки представлены в табл. 18.

Таблица 18. Антропогенная нагрузка на разные участки р. Уса с учетом суммы баллов

Участок реки	S_G		S_V		Плотность населения		Распаханность		Животноводство		Сумма баллов
	г/м³	балл	л/м³	балл	чел./км²	балл	%	балл	гол./км²	балл	
Верхний	0	0	0	0	10	2	20	0,8	18	2	4,8
Средний	0	0	0,1	1	11	2	20	0,8	15	2	5,8
Нижний	0,03	2	0,8	1	12	2	25	0,8	14	2	7,8

Примечание: S_G – условная масса ЗВ сточных вод, поступающих в реку; S_V – условный объем сточных вод, приходящихся на кубометр речного стока.

Согласно методике В.А. Скорнякова (табл. 14), по сумме полученных баллов река Уса относится к категории водотоков, испытывающих слабую антропогенную нагрузку (табл. 19).

Таблица 19. Изменение интенсивности антропогенной нагрузки по длине р. Уса

Участок реки	Сумма баллов	Категория реки по степени нагрузки	Характеристика интенсивности нагрузки
Верхнее течение	4,8	I	Очень слабая
Среднее течение	5,8	II	Слабая
Нижнее течение	7,8	II	Слабая

Таким образом, проведенные расчеты свидетельствуют о том, что в верховье река испытывает слабую антропогенную нагрузку при отсутствии значительных точечных источников, влияющие на качество воды. Вместе с тем, следует учитывать тот факт, что предоставляемые отделом водных ресурсов Нижне-Волжского бассейнового управления по Ульяновской области данные свидетельствуют о наличии только сельскохозяйственных источников загрязнения, тогда как загрязняющие вещества, сбрасываемые в реку от разного типа приемников сточных вод, не входят в состав отчетности по форме 2-ТП (водхоз). Приходится констатировать, что *расчетные данные* свидетельствуют о том, что среднее и нижнее течение реки характеризуются слабой интенсивностью нагрузки (см. табл. 19). Проведенные комплексные исследования экологического состояния реки Уса на всем ее протяжении сотрудниками ИЭВБ РАН характеризуют реальное состояние экосистемы реки и качество воды (см. разделы главы 2).

Глава 2

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ РЕКИ УСА И ЕЕ ПРИТОКОВ

2.1. Растительный покров бассейна р. Уса

2.1.1. Флора и растительность[1]

Согласно ботанико-географическому районированию (Растительность европейской.., 1980), бассейн р. Уса лежит на границе двух крупных подразделений растительного покрова – Европейской широколиственнолесной области (Восточноевропейская провинция, Среднерусская подпровинция) и Евразиатской степной области (Восточноевропейская лесостепная провинция, Среднерусская [Верхнедонская] подпровинция). В схеме флористического районирования Среднего Поволжья (Сенатор, 2016б) бассейн р. Уса является частью Свияго-Усинского района. Описание флоры и растительности на исследуемой территории было проведено в 2017 г. (Сенатор и др., 2018; Сенатор, 2019).

Растительность. Растительность исследуемой территории представлена лесостепными комплексами сосновых, сосново-широколиственных и широколиственных лесов, остепненных разнотравных лугов и луговых степей. Отличительной чертой является значительная облесенность территории, которая в среднем составляет 25%. Вместе с тем, большая часть водосбора занята сельскохозяйственными землями на месте сосновых, сосново-широколиственных лесов и луговых степей.

Наибольшее распространение здесь получили сосновые леса и, прежде всего, сосновые леса-зеленомошники (*Pineta hylocomiosa*) и сосновые леса лишайниковые (*Pineta cladinosa*). Оба типа сосновых лесов занесены в Зеленую книгу Самарской области (2006).

Сосновые леса-зеленомошники располагаются, как правило, на песчаных слабогумусированных скрытоподзолистых почвах в условиях близкого залегания к поверхности грунтовых вод. Они представлены ассоциациями сосняк-брусничник (*Pinetum vacciniusum*), сосняк-черничник (*Pinetum myrtillosum*), сосняк брусничник-черничник (*Pinetum vacciniuso-myrtillosum*), сосняк грушанковый (*Pinetum pyroliosum*) и сосняк плевроциевый (*Pinetum pleuroziosum*).

Сосновые леса лишайниковые встречаются на песчаных скрытоподзолистых почвах и представлены ассоциацией сосняк лишайниковый остепненный (*Pinetum cladinosum substepposum*).

Сосновые леса травяные (*Pineta herbosa*) распространены по территории бассейна достаточно широко. Среди них выделяется ассоциация сосняки ландышевые (*Pinetum convallariosum*), располагающаяся на склонах и водоразделах на песчано-каменистых почвах и занимающая большие площади. Так же широко распространены сосновые леса травяные, которые не имеют строгой приуроченности к определенным условиям местообитания и встречаются крупными массивами, но чаще – островными участками среди других ассоциаций сосновых лесов. Наиболее распространенной ассоциацией сосновых лесов травяных является сосняк ракитнико-вейниковый (*Pinetum cytisoso-calamagrostidosum*), однако чаще наблюдаются ракитниковые заросли на месте вырубок. Другой ассоциацией сосновых лесов травяных является сосняк орляковый (*Pinetum pteridosum*), встречающийся на выровненных пространствах с песчаными и легкосупесчаными почвами.

Сосняки остепненные (*Pineta substepposa*) характерны для возвышенных элементов рельефа с более сухими почвами. Встречаются редко и обычно представлены небольшими островками. Среди них – сосняк узколистно-мятликовый (*Pinetum poeosum angustifolia*).

[1] Сенатор С.А.

Небольшими участками по окраинам болот встречаются сосновые леса-долгомошники (*Pinetum polytrichosum*).

В.В. Благовещенский (2005) для возвышенных участков с каменистым субстратом, располагающихся на сливных песчаниках палеогенового возраста, предлагает выделять особый тип леса – сосняки горные палеогеновые (*Pineta montana*).

Сосново-широколиственные леса (*Pineta nemorosa*) встречаются в довольно разнообразных условиях рельефа (за исключением южных склонов и заболоченных местообитаний) в основном на серых лесных супесчаных и суглинистых почвах. Представлены ассоциациями сосново-дубовый лес остепненный (*Pinetum querceto-substepposum*), сосново-дубовый лес мятликово-полевицевый (*Pinetum querceto-poeto-agrostidosum*), сосново-липовый лес волосистоосоковый (*Pinetum tilieto-caricosum pilosae*), сосново-липовый лес волосистоосоково-снытевый (*Pinetum tilieto-caricoso-aegopodiosum*), сосново-липовый лес волосистоосоково-коротконожковый (*Pinetum tilieto-caricoso-brachypodiosum*), сосново-липовый лес ландышевый (*Pinetum tilieto-convallariosum*), сосновый лес сложный (*Pinetum compositum*).

Такие ассоциации сосново-широколиственных лесов, как сосняк дубово-коротконожковый (*Querceto-Pinetum brachypodiosum*), сосняк дубово-разнотравный (*Querceto-Pinetum herbosum*), сосняк липово-ландышевый (*Tilieto-Pinetum convallariosum*), сосняк березово-разнотравный (*Betuleto-Pinetum herbosum*), сосняк березово-осоковый (*Betuleto-Pinetum caricosum*), сосняк березово-орляковый (*Betuleto-Pinetum pteridosum*), занесены в Зеленую книгу Самарской области (2006).

Среди широколиственных лесов дубовые леса являются преобладающими. Они приурочены преимущественно к темно-серым лесным почвам, суглинистым по механическому составу. Наиболее распространенной ассоциацией дубовых лесов являются дубовые леса травяные (*Querceta herbosa*), свойственные, главным образом, выровненным плато водоразделов и пологим склонам – например, дубняк коротконожковый (*Quercetum brachypodiosum*). Другая группа ассоциаций – дубовые леса сложные (*Querceta composita*) – менее распространена. Сюда относится, например, ассоциация дубняк ландышевый (*Quercetum convallariosum*). Дубовые леса остепненные (*Querceta sustepposa*) встречаются достаточно часто и характерны, главным образом, для склонов южных экспозиций с серыми лесными супесчаными почвами, иногда щебневатыми. Характерными ассоциациями остепненных дубрав являются: дубняк узколистномятликовый (*Quercetum poeosum angustifoliae*), дубняк береговокострецовый (*Quercetum bromopsiosum ripariae*), дубняк стоповидноосоковый (*Quercetum caricosum pediformae*), дубняк пристепной кустарниковый (*Quercetum fruticosum substepposae*).

Липовые леса по занимаемой площади уступают дубнякам. Почти всюду липа имеет порослевое происхождение. Самая распространенная ассоциация липовых лесов – липняк волосистоосоковый (*Tilietum caricosum pilosae*), типичный для выровненных или слабоволнистых плато возвышенных водоразделов. На пологих склонах водоразделов встречается липняк ландышево-волосистоосоковый (*Tilietum convallarioso-caricosum pilosae*) на серых лесных почвах.

Мелколиственные леса распространены достаточно широко и местами занимают большие площади. Всегда имеют вторичное происхождение. Представлены осиновыми и березовыми лесами.

По берегам р. Уса и ее притоков встречаются сообщества, образованные *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Кроме ольхи, в древесном ярусе здесь встречаются *Padus avium* Mill., *Betula pubescens* Ehrh., *Salix cinerea* L.; в подлеске – *Humulus lupulus* L., *Rubus caesius* L. Для травяного покрова характерно присутствие гигро- и мезофильных видов (*Agrostis gigantea* Roth, *A. stolonifera* L., *Convallaria majalis* L., *Galium boreale* L., *G. rubioides* L., *Urtica dioica* L.). В нижнем течении р. Уса распространение получили тополевые (*Populus nigra* L.) леса.

В бассейне р. Уса встречаются преимущественно луговые степи, приуроченные к овражным склонам и приопушечным местам. Наибольшее распространение луговые степи по-

лучили в долине р. Тишерек. Ассоциациями луговых степей являются наземниковейниково-узколистномятликовая (*Calamagrostetum epigeios poeosum angustifoliae*), береговокострецово-лабазниковая (*Bromopsietum ripariae filipendulosum vulgaris*), кострецово-злаково-разнотравная (*Bromopsietum ripariae graminoso-herbosum*).

На выровненных участках и пологих склонах встречаются участки песчаных степей, среди которых преобладают ассоциации с доминированием полыни Маршала (*Artemisietum marschallianae herbosum*). Другие ассоциации песчаных степей – *Stipetum pennatae herbosum, Stipetum pennatae potentillosum arenariae, Stipetum pennatae phleuosum phleoides*. Между селами Троекуровка и Усинское на слаборазвитых черноземах карбонатного типа, щебнистых, супесчаных, встречаются сообщества со *Stipa korshinskyi* Roshev., представленные ассоциациями разнотравно-коржинскоковыльной и разнотравно-овсецово-коржинскоковыльной (Раков, 1991). Вероятно, это самые западные местонахождения ковыля Коржинского, в связи с чем эти сообщества нуждаются к занесению в новое издание Зеленой книги Самарской области.

Крайне редко на исследуемой территории можно встретить участки каменистых степей (преимущественно в долине р. Тишерек), приуроченные к щебнистым маломощным почвам и обнажениям пород.

Долина р. Тишерек интересна также высокой представленностью галофитных сообществ, что является нетипичным явлением для пойменной растительности Самарской области (Голуб, Лысенко, 1999). Наиболее засоленные экотопы здесь занимает ассоциация *Atriplex prostrata – Salicornia perennans*, наиболее увлажненные экотопы – *Rumex stenophyllus – Hippuris vulgaris*. Также здесь встречаются бескильницево-триполиевые (*Tripolium pannonicum – Puccinelia distans*) и триостренниково-млечниковые (*Glaux maritima – Triglochin maritimum*) сообщества, занесенные в Зеленую книгу Самарской области (2006).

Участки остепненных лугов встречаются преимущественно по днищам и склонам оврагов, на водоразделах – по лесным полянам, опушкам и вырубкам и приурочены к выщелоченным черноземам или серым оподзоленным почвам. Большое распространение получили остепненные луга корневищнозлаковые, представленные ассоциациями разнотравно-безостокострецовой разнотравно-среднепырейной, разнотравно-узколистномятликовой, разнотравно-наземновейниковой.

Реже встречаются ассоциации остепненных лугов разнотравных узколистноковыльно-разнотравная, среднепырейно-разнотравная, безостокострецово-разнотравная, наземновейниково-разнотравная.

Крайне редко (Муранский бор) встречается разнотравно-перистоковыльная ассоциация (*Stipa pennata – Herbae stepposae*).

Настоящие мезофитные луга приурочены к аллювиально-черноземовидным почвам в долинах р. Уса и ее притоков и представлены ассоциациями узколистномятликово-разнотравной, безостокострецово-разнотравной, наземновейниково-разнотравной, ползучепырейно-разнотравной, лисохвостно-разнотравной, злаково-разнотравной.

В долине р. Уса встречаются пойменные болота, а в Рачейском лесном массиве – водораздельные. Первые представляют собой злаково-осоковые и гипново-осоковые неморальные болота, вторые – кустарничково-травяно-сфагновые мезотрофные бореальные (Сенатор, 2016а).

Водная растительность представлена формациями *Potamogeton compresus* L., *P. crispus* L. и *P. natans* L., *Lemna minor* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum verticillatum* L., *Nuphar lutea* (L.) Sm., *Nymphaea candida* J. et C. Presl. Сообщества *Nuphar lutea, Nymphaea candida, Potamogeton lucens* и *P. perfoliatus* занесены в Зеленую книгу Самарской области (2006).

Флора. В бассейне р. Уса отмечено 577 видов сосудистых растений, в том числе 115 чужеродных видов и 54 вида, встречающихся только в культуре. Выявленное видовое

богатство составляет около 29,5% от общего видового богатства Среднего Поволжья (Сенатор, 2014). Аборигенная флора исследуемой территории насчитывает 408 видов.

В табл. 20 представлена ведущая часть семейственных спектров флоры Среднего Поволжья и бассейна р. Уса.

Таблица 20. Ведущие по числу видов семейства аборигенной флоры Среднего Поволжья

Среднее Поволжье, абс. / %	**Бассейн р. Уса**, абс. / %
Asteraceae – 193/12,4	Asteraceae – 59 / 14,5
Poaceae – 129/8,3	Poaceae – 46 / 11,2
Cyperaceae – 89/5,7	Fabaceae – 32 / 7,8
Fabaceae – 88/5,6	Lamiaceae – 24 / 5,9
Rosaceae – 79/5,1	Apiaceae – 23 / 5,6
Caryophyllaceae – по 68/4,4	Rosaceae – 22 / 5,4
Scrophulariaceae – 68/4,4	Caryophyllaceae – 19 / 4,6
Brassicaceae – 60/3,9	Scrophulariaceae – 15 / 3,7
Lamiaceae – 53/3,4	Brassicaceae – 10/2,5
Ranunulaceae – 53/3,4	Cyperaceae – 10/2,5

Хотя первые десять семейств для бассейна р. Уса и Среднего Поволжья в целом совпадают, их расположение в спектре и относительная доля участия различаются. Это связано с тем, что во время экспедиционных работ были обследованы не все имеющиеся биотопы. Внимание прежде всего было уделено прибрежно-водным, луговым, степным и рудеральным сообществам.

Традиционно флору сосудистых растений анализируют с точки зрения участия в ней растений разных жизненных форм. Количественные данные биоморфологического анализа обычно рассматриваются как индикаторы эколого-ценотических и климатических условий (Демидова, Прилепский, 2014). Во флоре бассейна р. Уса представлены растения следующих жизненных форм:

1. Древесные и полудревесные растения (кустарники – 19 видов, деревья – 16, полукустарнички – 7).

2. Травянистые поликарпики (коротко- и длиннокорневищные – 140 видов, стержнекорневые – 73, плотно- и рыхлокустовые – 31, корнеотпрысковые и ползучекорневищные – по 9 в каждой группе, кистекорневые – 8, столонообразующие – 7, клубнеобразующие – 5, турионообразующие – 4, луковичные и лианоидные – по 2).

3. Травянистые монокарпики (многолетние и двулетние – 40 видов, однолетние – 36).

Таким образом, в спектре жизненных форм преобладают коротко- и длиннокорневищные, стержнекорневые, плотно- и рыхлокустовые поликарпические растения.

Степень увлажнения – важный фактор, определяющий видовое богатство растений той или иной территории. Показателем влагообеспеченности территории является соотношение групп растений (экоморф) по отношению к характеру увлажнения.

В спектре экоморф аборигенной флоры бассейна р. Уса резко преобладают мезофиты – 143 вида (35,0% от их общего числа). Существенную роль также играет переходная группа ксеромезофитов, объединяющая растения с широкой экологической амплитудой – 69 видов (17,0%). В группе растений, приспособленных к избыточному характеру увлажнения, преобладают гигрофиты – 60 видов (14,7%), тогда как гигромезофитов и мезогигрофитов почти одинаковое число (23 и 22 вида соответственно, 5,6%, 5,4%), а гидрогигрофиты представлены всего двумя видами (0,5%). Типично водных растений – гидрофитов – зарегистрировано 24 вида (5,9%). На долю растений сухих местообитаний, способных переносить значительный недостаток влаги, как почвенной, так и атмосферной, приходится гораздо меньшее уча-

стие. Так, среди мезоксерофитов насчитывается 41 вид (10,0%), среди ксерофитов – 24 (5,9%).

Такое соотношение экоморф позволяет охарактеризовать среду обитания растений в изученных местообитаниях бассейна р. Уса как средневлажную с тенденцией к повышенной увлажненности.

Состав флоры в значительной степени обусловлен наличием на территории определенного количества экологических ниш и своеобразием экологических отношений слагающих флору видов к условиям территории (Камелин, 1973).

Виды аборигенной флоры распределяются по 16 эколого-ценотическим группам: прибрежно-водная – 71 вид (17,4%), лугово-степная – 39 (9,6%), сорная – 42 (10,3%), степная – 41 (10,0%), лесная – 35 (8,6%), луговая и опушечно-луговая – по 34 вида (8,3% каждой группе), опушечно-лесная – 22 (5,4%), сорно-луговая – 21 (5,1%), галофитно-луговая – 18 (4,4%), петрофитно-степная – 14 (3,4%), водная – 11 (2,7%), болотная и сорно-степная – по 10 видов (по 2,5%), псаммофитно-степная – 4 (1,0%), опушечно-степная – 2 (0,5%).

Наиболее существенную роль во флоре играют растения луговых сообществ – их насчитывается 125 видов (30,6%), что обусловлено наличием местообитаний с подходящим режимом увлажнения в достаточно широкой долине р. Уса. Среди растений луговых сообществ особо выделяется галофитно-луговая группа, представители которой индицируют участки с засоленными почвами, встречающимися по берегам р. Тишерек и в средней части долины р. Уса. Велико участие прибрежно-водных и водных растений – 82 вид (20,1%), что обусловлено первостепенным вниманием к соответствующим биотопом во время полевых исследований. На долю видов сорной группы (сорные, сорно-луговые и сорно-степные) приходится 17,9% (73 вида), что объясняется значительной сельскохозяйственной освоенность территории. Несколько меньшее участие проявляют степные (61 вид, 14,9%) и лесные (57 видов, 14,0%) растения. Доля болотных растений (10 видов, 2,5%) незначительна.

На территории бассейна р. Уса зарегистрировано 79 видов сосудистых растений, занесенных в Красные книги Самарской (2017) и Ульяновской (2015) областей. Большая часть из них связана со степными и каменисто-степными экотопами – *Alyssum lenense* Adams., *Astragalus sulcatus* L., *A. tenuifolius* L., *A. zingeri* Korsh., *Clausia aprica* Korn.-Trotzky, *Ephedra distachya* L., *Globularia punctata* Lapeyr., *Hedysarum gmelinii* Ledeb., *H. grandiflorum* Pall., *Iris pumila* L., *Linum perenne* L., *Polygala sibirica L.*, *Scabiosa isetensis* L., *Stipa korshinskyi* Roshev., *Syrenia cana* (Pall. et Mitt.) Neilr., *Thymus dubjanskyi* Klokov et Des.-Shost., *Th. zheguliensis* Klokov et Des.-Shost. и др.

К лесным массивам и, прежде всего, Муранскому и Рачейскому, приурочены бореально-неморальные виды из родов *Lycopodium*, *Pyrola*, *Vaccinium*, представители семейства орхидные (*Dacthylorhiza fuchsii* (Druce) Soó, *D. maculata* (L.) Soó, *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Besser, *E. palustris* (L.) Crantz, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich.), *Drymochloa sylvatica* (Pollich) Holub, *Laser trilobum* (L.) Borkh., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt и др.

По песчаным экотопам распространены *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Dianthus volgicus* Juz., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Scirpoides holoschoenus* (L.) Sojak, по засоленным – *Plantago cornuti* Gouan., *P. salsa* Pall., *Triglochin maritimum* L.

По берегам водоемов и водотоков произрастают *Cicuta virosa* L. и *Ostericum palustre* Besser, на заболоченных территориях встречаются *Carex ericetorum* Pollich, *C. limosa* L., *Comarum palustre* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Salix lapponum* L., *S. rosmarinifolia* L. Из водных видов, находящихся под региональной охраной – *Nymphaea candida* J. et C. Presl.

3 вида занесены в Красную книгу Российской Федерации (Приказ.., 2023) – *Fritillaria ruthenica* Wikst., *Iris aphylla* L., *Stipa pulcherrima* K. Koch.

Особую ценность растительному покрову придает наличие на исследуемой территории эндемичных видов. Эндемиками Волжского бассейна, зарегистрированными на территории водосбора р. Уса, являются *Dianthus volgicus* Juz., *Gypsophila volgensis* Krasnova, *Stipa praecapillata* Alechin, *Thymus dubjanskyi* Klokov et Des.-Shost. и *Th. zheguliensis* Klokov et

Des.-Shost., субэндмичные виды – *Astragalus tenuifolius* L., *A. zingeri* Korsh., *Centaurea carbonata* Klokov, *Crataegus volgensis* Pojark., *Delphinium cuneatum* Steven ex DC., *Koeleria sclerophylla* P.A. Smirn., *Onosma volgensis* Dobrocz. (Васюков и др., 2015).

Антропогенная трансформация растительного покрова бассейна р. Уса

Растительный покров бассейна р. Уса сильно преобразован в результате хозяйственной деятельности человека. Об этом можно судить по степени трансформации природных ландшафтов, участии сегетально-рудеральных (сорных) видов в сложении растительного покрова. Сообщества с участием сегетальных и рудеральных растений получили широкое распространение и приурочены, прежде всего, к населенным пунктам, транспортным коммуникациям, местам рекреации и прочим хозяйственно освоенным землям.

На территории бассейна р. Уса зарегистрировано 139 видов-апофитов, т.е. аборигенных видов, полностью или частично переселившихся на антропогенные местообитания, и 115 чужеродных видов растений.

Видовое богатство чужеродной флоры на исследуемой территории составляет 24,9% от такового, известного для Среднего Поволжья (Сенатор, Васюков, 2019). Семейственно-видовой спектр чужеродной флоры бассейна р. Уса возглавляют семейства Asteraceae (21 вид; 18,2%), Brassicaceae (14; 12,1%), Poaceae (11; 9,5%), Rosaceae (7; 6,0%), Fabaceae (6; 5,2%).

Самыми распространенными чужеродными видами растений являются *Acer negundo* L. (зарегистрирован в 16 описаниях), *Conyza canadensis* (L.) Cronq. (15), *Cynoglossum officinale* L. (14), *Mulgedium tataricum* (L.) DC. (13), *Dracocephalum thymiflorum* L., *Lactuca serriola* L., *Sisymbrium loeselii* L. (каждый встречен в 12 описаниях), *Lepidium densiflorum* Schrad., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. (в 11), *Jacobaea vulgaris* Gaertn., *Lepidium ruderale* L., *Ulmus pumila* L., *Setaria viridis* (L.) P. Beauv., *Sonchus arvensis* L. (в 10).

Наибольшая доля чужеродных растений зарегистрирована в населенных пунктах Междуреченск (30,4%) и Муранка (30,7%) (Шигонский р-н Самарской обл.); в пойменных ольшаниках такие виды составляют от 18,8% (окр. с. Шигоны, Самарская обл.) до 4,5% (окр. с. Назайкино, Тереньгульский р-н Ульяновской обл.), в луговых сообществах – от 16,2% (окр. с. Троекуровка, Сызранский р-н Самарской обл.) до 7,3-7,2% (между селами Суринск и Верхне-Суринск, Шигонский р-н Самарской обл., и в окр. с. Языково, Тереньгульский р-н Ульяновской обл., соответственно). В степных сообществах доля чужеродных видов не превышает 10% (между селами Троекуровка и Радужный, Сызранский р-н Самарской обл.).

Среди чужеродных видов особо выделяются инвазионные растения, чье распространение имеет серьезные экологические, экономические и социальные последствия. Ниже перечислены виды согласно категориям инвазионного статуса (Senator et al., 2017).

Наиболее опасными для экосистем бассейна р. Уса являются инвазионные виды растений, внедрившиеся в естественные местообитания и вытесняющие местные виды (I категория):

Acer negundo L. Встречается, зачастую в массе, в лесных (по опушкам и полянам), пойменных и антропогенных местообитаниях.

Bidens frondosa L. Прибрежно-водные, часто в массе, сбитые сырые, иногда антропогенные местообитания.

Echinocystis lobata (Michx.) Torr. et A. Gray. Образует обширные заросли вдоль берегов водоемов в полосе прибрежных кустарников, иногда встречается по сорным местообитаниям.

Elaeagnus angustifolia L. Пойменные местообитания, а также нарушенные участки (балки, склоны оврагов), обочины дорог, пустыри, залежи.

Elodea canadensis Michx. Слабопроточные и непроточные водоемы.

Parthenocissus inserta (A. Kern.) Fritsch. Осветленные сосновые леса и лесопосадки, вдоль заборов.

Phragmites altissimus (Benth.) Mabille. Водоемы и их берега, канавы, реже – зарастающие карьеры и обочины дорог.

Ulmus pumila L. Активно расселяется по обочинам дорог, зарастающим карьерам и другим антропогенным местообитаниям.

Xanthium albinum (Widder) H. Scholz et Sukopp. Широко распространен по песчаным берегам рек, пустырям и обочинам дорог.

Другую группу чужеродных растений представляют виды, активно натурализующиеся в естественных и полуестественных местообитаниях (II категория):

Atriplex tatarica L. Встречается в массе по антропогенным местообитаниям, вдоль дорог проникает в лесопарки.

Caragana arborescens Lam. Вне мест культивирования встречается по вырубкам и опушкам.

Conyza canadensis (L.) Cronquist. Антропогенные местообитания, в том числе обочины дорог, пустыри, залежи, выгоны, вырубки.

Epilobium adenocaulon Hausskn. Берега водоемов и болот, в том числе пересыхающих, сырые лесные опушки, придорожные канавы.

Fraxinus lanceolata Borkh. Встречается в основном близ мест культивирования, однако в настоящее время начал проникать в поймы рек.

Fraxinus pennsylvanica Marshall. Населенные пункты, лесополосы, обочины дорог, пустыри, поймы рек.

Lepidium densiflorum Schrad. Антропогенные местообитания, иногда встречается на аллювиальных отложениях по берегам рек.

Lonicera tatarica L. Вне мест культуры отмечается на пустырях, обочинах дорог.

Oenothera biennis L. Населенные пункты, вдоль дорог, песчаные степи, разреженные сосновые леса.

Oenothera rubricaulis Klebahn. Встречается преимущественно по обочинам дорог, на залежах, реже на пустырях.

Phalacroloma septentrionale (Fernald et Wiegand) Tzvelev. В настоящее время вид начал проникать в разновозрастные сосновые насаждения в черте населенных пунктов.

Populus balsamifera L. Вне мест культивирования встречается преимущественно по обочинам дорог, в населенных пунктах и по берегам водохранилищ.

Sambucus racemosa L. Встречается в разреженных, преимущественно сосновых и сосново-широколиственных, лесах, в сосновых посадках. В лесах, на лесных опушках и склонах нередко встречается близкий вид – *Sambucus sibirica* Nakai со схожим инвазионным потенциалом.

Еще одну группу инвазионных растений представляют виды, натурализующиеся и активно расселяющиеся по антропогенным местообитаниям и встречающиеся в населенных пунктах, вдоль дорог, на пустырях, гарях, вырубках, сбитых лугах (категория III) – *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia trifida* L., *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Artemisia sieversiana* Ehrh. ex Willd., *Bassia sieversiana* (Pall.) W.A. Weber, *Cardaria draba* (L.) Desv., *Cuscuta campestris* Yunck., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Galinsoga parviflora* Cav., *Hordeum jubatum* L., *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt.

Особо охраняемые природные территории в бассейне р. Уса

Система особо охраняемых природных территорий в бассейне р. Уса начала складываться сразу же после принятия в 1960 г. Закона РСФСР «Об охране природы» и в настоящее время представлена одним национальным парком, 12 памятниками природы и одним ихтиологическим заказником.. Бóльшая часть особо охраняемых природных территорий (11 из 14) находится на территории Самарской обл. (рис. 10).

Ниже представлены сведения об особо охраняемых природных территориях, расположенных в бассейне р. Уса (включая бассейн Усинского зал.). Материалами для составления раздела послужили опубликованные источники (Физико-географическое.., 1964; Ресурсы.., 1966; Захаров, 1971; Голубая книга.., 2007; Государственный… [электронный ресурс]; Кузнецова и др., 2017). Нумерация соответствует рис. 10.

Ульяновская область

1. «Скрипинские Кучуры», памятник природы регионального значения. Ульяновская область, Елшанское лесничество, лесные кварталы 105, 106, южнее д. Скрипино. Основан 16.06.1987 г., площадь 204 га.

Природоохранная ценность: обнажения останцов палеогеновых сливных песчаников, места произрастания видов, занесенных в Красные книги Ульяновской области (2015) и Российской Федерации (Приказ Министерства.., 2023): *Polypodium vulgare* L., *Dianthus volgicus* Juz., *Iris aphylla* L., *Fritillaria ruthenica* Wikstr., *Stipa pennata* L. и др., хорошо сохранившиеся старовозрастные сосняки и участки луговых степей.

2. «Родник Ильинский», памятник природы регионального значения. Ульяновская область, Тереньгульский район. Основан 24.02.2000 г., площадь 0,2 га.

Природоохранная ценность: источник чистой воды.

3. Тереньгульский ихтиологический заказник. Ульяновская область, Тереньгульский район, между с. Федькино и с. Байдулино (р. Баромытка), а также лесной квартал 44 Тереньгульского лесхоза. Основан 29.11.1994 г., площадь 117 га.

Природоохранная ценность: сохранение и воспроизводство форели ручьевой (*Salmo trutta fario*) – почти исчезнувшего в Ульяновской области вида.

Самарская область

Национальный парк «Самарская Лука». Самарская область, Волжский, Ставропольский, Сызранский районы, городские округа Жигулевск и Самара. Основан 28.04.1984, площадь 131,9 тыс. га. Вместе с Жигулевским заповедником им. И.И. Спрыгина входит в состав Средне-Волжского комплексного биосферного резервата.

Природоохранная ценность: природные комплексы уникальных и эталонных природных участков и объектов. Территория обитания редких видов мировой фауны (*Aquila clanga, Aquila heliaca, Haliaeetus albicilla)* и редких для России и Европы (*Haematopus ostralegus, Otus scops, Bubo bubo, Lyrurus tetrix, Neomys fodiens, Lutra vulgaris* и др.). Не менее 30% позвоночных животных обитают здесь на границе своих ареалов. На территории национального парка произрастает 102 эндемичных вида растений, в том числе узколокальные эндемики (*Cerastium zhiguliense* Saksonov, *Euphorbia* × *zhiguliensis* (Prokh.) Prokh., *Gypsophila zhegulensis* Krasnova, *Helianthemum zheguliense* Juz. ex Tzvelev, *Thymus zheguliensis* Klokov et Des.-Shost. и др.), а также 60 реликтовых видов (*Juniperus sabina* L., *Knautia tatarica* (L.) Szabó, *Schivereckia hyperborea* (L.) Berkut. и др.). Ценными с точки зрения сохранения биоразнообразия являются сообщества реликтовых нагорных сосняков, каменистых степей и дубрав.

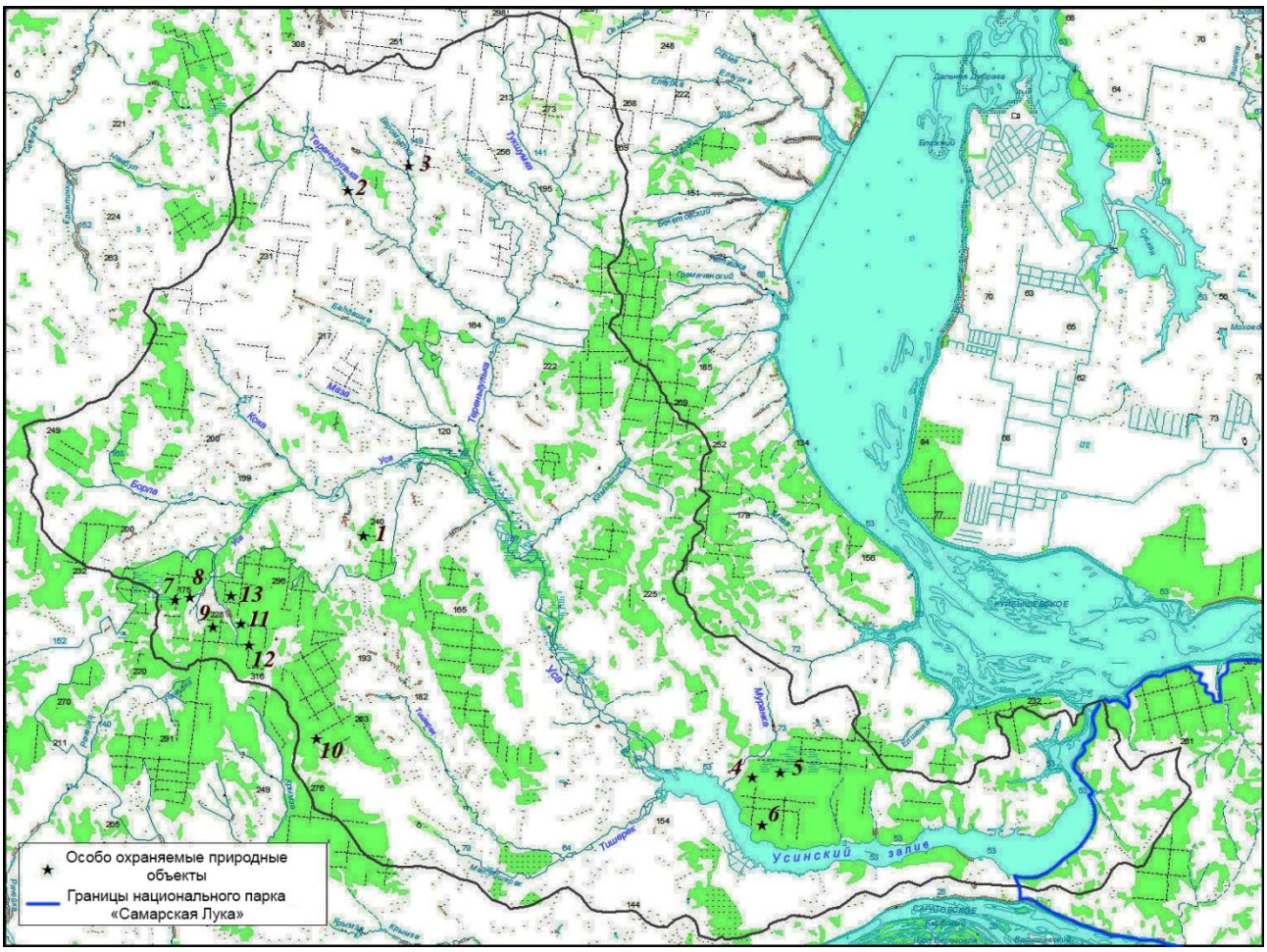


Рис. 10. Особо охраняемые природные территории бассейна р. Уса: *1* – «Скрипинские Кучуры»; *2* – «Родник Ильинский»; *3* – Тереньгульский ихтиологический заказник; *4* – «Муранские брусничники»; *5* – «Муранские озера»; *6* – «Муранский бор»; *7* – «Рачейская тайга»; *8* – «Семь ключей»; *9* – «Рачейские скалы»; *10* – «Каменные деревья»; *11* – «Гремячий»; *12* – «Истоки реки Усы»; *13* – «Малоусинские нагорные сосняки и дубравы».

4. «Муранские брусничники», памятник природы регионального значения. Самарская область, Шигонский район, в 12 км восточнее с. Шигоны, лесные кварталы 36, 37, 47, 48, 57-59, 67-69, 77-81, 87-95, 102, 103 Львовского участкового лесничества. Образован 19.04.1983 г., площадь 2003,82 га.

Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Dianthus vilgicus* Juz., *Carex ericetorum* Poll., *Drosera rotundifolia* L., *Vaccinium myrtillus* L. и др.

5. «Муранские озера», памятник природы регионального значения. Самарская область, Шигонский район, в 12 км восточнее с. Шигоны, лесные кварталы 38, 39, 48-50, 59-62, 70-72, 80, 81 Львовского участкового лесничества. Образован 19.04.1983 г., площадь 1224,10 га.

Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Campanula latifolia* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Oxyccocus palustris* Pers. и др.

6. «Муранский бор», памятник природы регионального значения. Самарская область, Шигонский район, в 12 км восточнее с. Шигоны, лесные кварталы 82, 83, 91, 96-99, 100, 102-109, 112-115, 126 Львовского участкового лесничества. Образован 25.09.1967 г., площадь 1907,93 га.

Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Pyrola rotundifolia* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Platanthera bifolia* (L.) Rich. *Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avrorin и др.).

7. «Рачейская тайга», памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 2 км западнее с. Смолькино, лесные кварталы 15, 23, 25, 34-36, 43-45 Рачейского участкового лесничества. Основан 14.06.1989 г., площадь 969,32 га.

Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендованы к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красные книги Самарской области (2017) и Российской Федерации (Приказ Министерства.., 2023): *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Listera ovata* (L.) R. Br., *Neottiantha cucullata* (L.) Schlechter и др.

8. «Семь ключей», памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 1 км западнее с. Смолькино, лесные кварталы 16, 26, 37, 47 Рачейского участкового лесничества. Основан 19.04.1983 г., площадь 494,03 га.

Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендованы к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Carex bohemica* Schrad., *Scirpoides holochenus* (L.) Sojak, *Epipactis palustris* (L.) Crantz., *Dactyloriza fuchsii* (Druce) Soo и др.

9. «Рачейские скалы», памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 1 км восточнее с. Смолькино, лесные кварталы 54, 61, 62 Рачейского участкового лесничества. Основан 19.04.1983 г., площадь 114,63 га.

Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Daphne mezereum* L., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Stipa pennata* L., *Pyrola rotundifolia* L. и др.

10. «Каменные деревья», памятник природы регионального значения, состоит из двух участков. В бассейне реки Уса находится один участок: Самарская область, Сызранский район, в 3 км северо-восточнее с. Трубетчино, лесные кварталы 42, 45, 48, 52, 64 Троицкого участкового лесничества и квартал 5 Сызранского участкового лесничества. Основан 19.04.1983 г., площадь 362,32 га (второй участок, расположенный северо-западнее с. Трубетчино в лесных кварталах 29, 82, 86-87, 91 Балашейского участкового лесничества на площади 190 га, находится в бассейне р. Сызранка).

Природоохранная ценность: ископаемые окаменевшие стволы древесных растений палеогенового возраста.

11. «Гремячий», памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 3 км юго-западнее пос. Гремячий, лесные кварталы 47, 56, 62-64, 69-71 Рачейского участкового лесничества. Основан 19.04.1983 г., площадь 445,97 га.

Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm, *Botrichium lunaria* (L.) Sw., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *G. robertianum* (Hoffm.) Newm. и др.

12. «Истоки реки Усы», памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 4 км южнее пос. Гремячий, лесные кварталы 4-6 Балашейского участкового лесничества и квартал 78 Рачейского участкового лесничества. Основан 14.06.1989 г., площадь 225,61 га.

Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Gentiana pneumonante* L., *Laser trilobum* (L.) Borkh, *Matteucia struthiopteris* (L.) Tod., *Trientalis europaea* L. и др.

13. «Малоусинские нагорные сосняки и дубравы», памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, севернее пос. Гремячий, лесные кварталы 28, 38, 47 Рачейского участкового лесничества. Основан 14.06.1989 г., площадь 279,22 га.

Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красные книги Самарской области (2017) и Российской Федерации (Приказ Министерства.., 2023): *Bupleurum falcatum* L., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *Moneses uniflora* (L.) A. Gray, *Fritillaria ruthenica* Wikstr. и др.

2.2. Биотическое разнообразие экосистемы равнинной реки

2.2.1. Трофический статус равнинной реки Уса: бактериопланктон устьевого участка[1]

Бактериопланктон является постоянным и существенным компонентом водных экосистем (Raven, 1998), а его показатели объективно отражают трофический статус водоемов и позволяют оценивать их экологическое состояние.

Материал и методика

Исследования бактериопланктона устьевого участка Усинского залива проводили в летне-осенние периоды с июля 2010 по июнь 2023 гг. В июле 2021 г. дополнительно были отобраны пробы на нескольких станциях на речном участке и в средней части Усинского залива. В июле 2011, августе 2014 и сентябре 2015 гг. для анализа были отобраны пробы из поверхностного и придонного горизонтов, во все остальные периоды отбирали интегральные пробы. Отобранные пробы фиксировали стерильным раствором формалина до конечной концентрации 4%. Для учета бактериопланктона пробы воды концентрировали фильтрованием через мембранные нитроцеллюлозные фильтры с диаметром пор 0,2 мкм.

Общую численность бактериопланктона определяли методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флуорохрома DAPI (Porter, Feig, 1980). Препараты просматривали при увеличении ×1000 на микроскопе Leica DM 5500 B, микрофотографии анализировали с помощью программы анализа изображений UTHSCSA Image Tools 3.00. Удельную массу клеток принимали равной единице, общую биомассу рассчитывали по (Кузнецов, Дубинина, 1989). Биомассу выражали в единицах органического углерода и рассчитывали, исходя из данных по содержанию углерода в клетках бактерий (Копылов, Косолапов, 2008). Класс качества воды по бактериологическим показателям оценивали в соответствии с классификацией (Организация и проведение.., 1992).

Бактериопланктон Усинского залива

В период наблюдений в устьевой части Усинского залива общая численность гетеротрофного бактериопланктона (ОЧБ) и его биомасса варьировали в довольно широких пределах ((1,61-7,44)×10^6 кл./мл и 39,0-249,5 мкг С/л, соответственно). В среднем, ОЧБ была равна 4,22±2,03×10^6 кл./мл; а общая биомасса (ОББ) составляла 112,2±71,6 мкг С/л. В период с 2010 до 2017 гг. общая численность гетеротрофного бактериопланктона немонотонно снижалась, а в 2021-2022 гг. зафиксировано ее существенное увеличение. Надо отметить, что в мае 2023 г. было зарегистрировано снижение ОЧБ, возможно, связанное с датой отбора (конец весны); в июне 2023 г. численность бактерий вновь увеличилась, что соответствует выявленной тенденции роста ОЧБ в летний период. Наибольшая ОЧБ за весь период наблюдений была зарегистрирована в августе 2022 г. (рис. 11). Изменения ОББ не вполне соответствовали характеру изменений общей численности и в большей степени зависели от среднего размера бактериальных клеток. Средний объем бактериальных клеток Усинского залива составил 0,123±0,06 мкм^3.

В июле 2021 г. были исследованы изменения численности и биомассы бактериопланктона сверху вниз по течению р. Уса, начиная от ее речного участка и заканчивая устьем залива. На речных станциях ОЧБ составляла в среднем 4,05×10^6 кл./мл, а биомасса – 133 мкг С/л. В средней части залива ОЧБ и биомасса существенно увеличивались и достигали наибольших значений (8,41×10^6 кл./мл и 281 мкг С/л); к устью оба показателя несколько снижались (до 6,29×10^6 кл./мл и 195 мкг С/л, соответственно). Выявленная гетерогенность

[1] Уманская М.В., Краснова Е.С.

бактериопланктона может быть связана с различным гидрологическим режимом, физико-химическими условиями и уровнем развития и составом планктонных гидробионтов (фито- и зоопланктона).

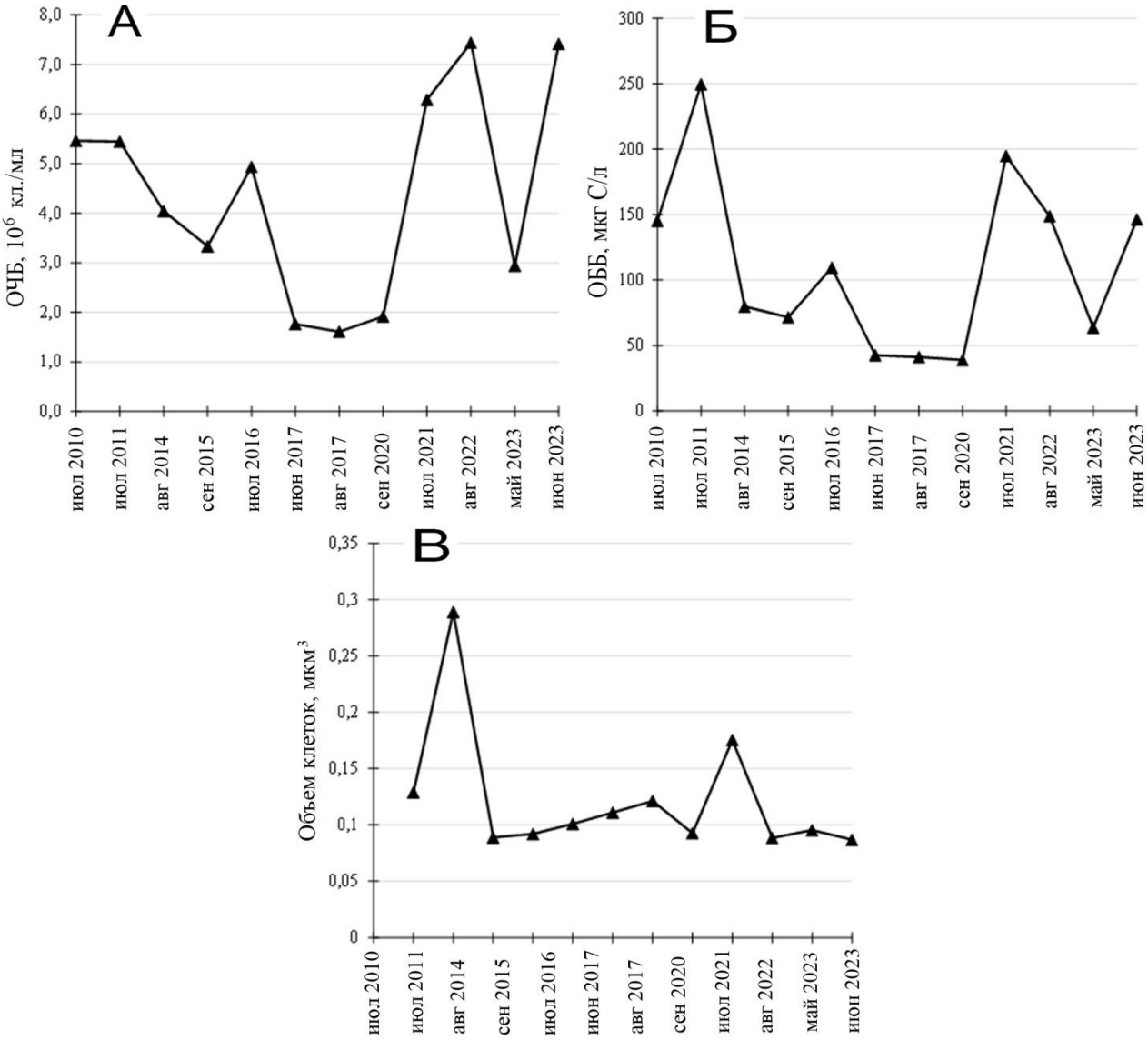


Рис. 11. Многолетние изменения: А – численности (ОЧБ), Б – биомассы (ОББ), В – среднего объема клеток гетеротрофного бактериопланктона в устьевом участке Усинского залива (2010-2023 гг.).

В составе бактериопланктона Усинского залива в исследованный период преобладали одиночные свободноплавающие гетеротрофные бактерии. Доля агрегированного бактериопланктона была весьма низкой в течение всего периода наблюдений. В основном он был представлен клетками, ассоциированными с частицами детрита и, значительно реже, с клетками или колониями фитопланктона. Он полностью отсутствовал в сентябре 2020 г. Максимальная численность агрегированного бактериопланктона была зафиксирована в августе 2022 г. (13,2% от ОЧБ). Многоклеточные нити были обнаружены только в пробах 2010, 2011, 2016 и 2021 гг., причем их вклад в общую численность и биомассу был незначительным и не превышал 0,5%. Надо отметить, что именно в эти периоды в Усинском заливе наблюдалось цветение цианобактерий. Одиночные нитевидные клетки постоянно присутствовали в пробах в период наблюдений и являлись неотъемлемой составляющей гетеротрофного бактериопланктона, несмотря на их малую численность.

В среднем в течение всего периода наблюдений в составе бактериопланктона преобладали кокки и коккобациллы, но соотношение основных морфологических групп бактерий изменялось в зависимости от месяца отбора проб и уровня развития цианобактерий (рис. 12). Весной, до начала массового развития цианобактерий (май) основной вклад в общую численность бактериопланктона вносили палочковидные клетки, также, по сравнению с другими месяцами, была значительно увеличена доля нитевидных клеток. В начальный период «цветения» цианобактерий (июнь), в его терминальной фазе и после завершения (август–сентябрь), около половины ОЧБ составляли кокки (52±11%). Во время массового цветения (июль) вновь возрастал вклад палочковидных клеток (до 72% ОЧБ в отдельных пробах, составляя в среднем 41±26%). Доля коккобацилл была относительно стабильной и в среднем составляла 35±9%, в ее колебаниях не выявлено сезонных или межгодовых закономерностей. Общая численность гетеротрофного бактериопланктона и его биомасса в реке Уса и в Усинском заливе Куйбышевского водохранилища варьировали в довольно широких пределах ((1,6-8,5)×10^6 кл./мл и 39-291 мкг С/л, соответственно). В период с 2010 до 2017 гг. ОЧБ немонотонно снижалась, а начиная с 2021 г. зафиксировано ее существенное увеличение летом.

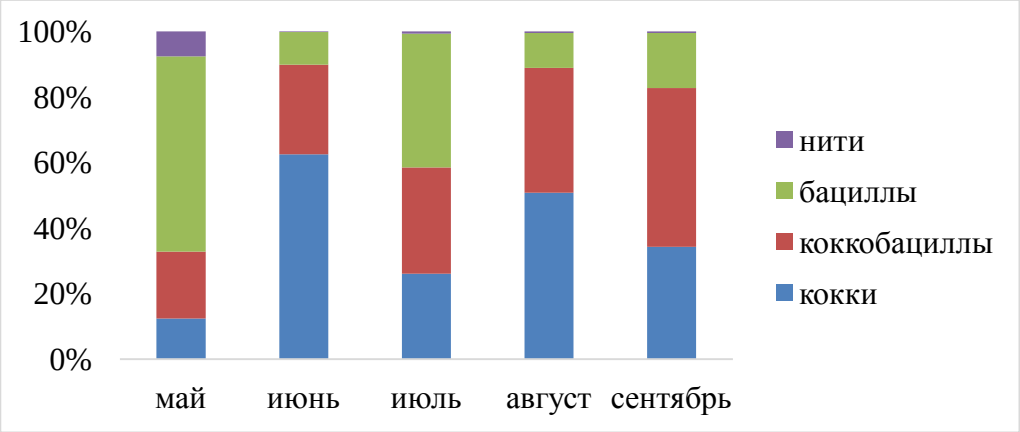


Рис. 12. Сезонные изменения морфологической структуры гетеротрофного бактериопланктона на примере устьевого участка Усинского залива (по усредненным данным за весь период наблюдений с учетом месяца отбора проб).
По оси Y – вклад отдельных морфологических групп клеток в общую численность.

Надо отметить, что в устьевой части залива по величине ОЧБ в июле и августе 2017 г., в сентябре 2020 г. и в мае 2023 г. вода относилась к III классу качества, а в июле 2010 г., июле 2011 г., июне 2021 г., августе 2022 г. и в июне 2023 г. – к V классу. В среднем в период исследования качество воды в р. Уса и Усинском заливе по величине ОЧБ соответствовало IV классу (загрязненные). Анализ полученных данных показал, что численность и биомасса-бактериопланктона изменяются в зависимости от сложной комбинации экологических факторов, для выделения которых необходимо проведение сезонных мониторинговых исследований. При этом интенсивность развития и видовой состав цианобактерий в планктоне являются основным фактором, определяющим размерно-морфологическую структуру бактериопланктона р. Уса и Усинского залива.

2.2.2. Бактериобентос в донных отложениях реки Уса и в Усинском заливе[1]

Бактериобентос представляет собой группу микроорганизмов, обитающих в донных отложениях водных экосистем. Основная функция бактериобентоса – деструкция органического вещества, трансформация биогенных элементов, участие в круговороте вещества в водных экосистемах. Результаты проведенных ранее исследований показывают огромный метаболический потенциал бентосных бактерий и их ведущую роль в минерализации органического вещества в волжских водохранилищах (Дзюбан, 2010; Kopylov at al, 2019).

Жизнедеятельность микроорганизмов является важным фактором в формировании качества воды и донных отложений. Особого внимания требует анализ бактериального загрязнения как фактора, характеризующего бактериологическую безопасность водоемов. В настоящее время активно применяются методы биодиагностики качества вод. Для оценки экосистемы в целом перспективны донные бактериальные сообщества, так как в донных отложениях накапливается и трансформируется большая часть загрязняющих веществ. Бактериобентос обладает быстрой реакцией вследствие коротких жизненных циклов, быстро и четко реагирует на любые изменения среды обитания (Батанина, 2008). Оценка качества донных отложений по микробиологическим показателям является важным дополнением к биомониторингу водных объектов. Для определения экологического состояния водоемов используют специфические эколого-трофические группы бактерий. Сапрофитные бактерии являются индикатором загрязнения водоемов легкоокисляемым органическим веществом и отражают гигиеническую и патогенную ситуацию в водном объекте (Батанина, 2008; Полтева, 2009). Сапрофиты в большей степени приурочены к прибрежным рекреационным зонам, их численность снижается вдоль поперечного профиля водоема от берега к глубоководным илам (Шерышева, 2021). Маслянокислые бактерии (бродильщики) являются массовыми обитателями донных отложений, осуществляющими анаэробную деструкцию широкого спектра углеводов, некоторые из них участвуют в распаде белков, указывая на наличие протеиновой компоненты в органическом комплексе грунтов. Сульфатредуцирующие бактерии участвуют в анаэробном процессе сульфатредукции, их массовое развитие может служить причиной сероводородного загрязнения водного объекта. Гетеротрофные бактерии используют широкий и разнообразный спектр пищевых субстратов, содержащихся в небольших концентрациях в среде.

Река Уса представляет особый интерес для изучения бактериобентоса ввиду особенности гидрологического режима, распределения и трансформации донных отложений в системе река – Усинский залив – Куйбышевское водохранилище.

Материалы и методы

Отбор проб донных отложений в р. Уса и в Усинском заливе производили в июне 2023 г. Исследовано 11 станций, расположенных вдоль течения реки: три станции на речном участке в районе населенных пунктов: с. Малячкино (ст. 5е, фото 1), с. Шигоны (ст. 7, фото 2, 3), с. Усинское (ст. 7а, фото 4); шесть станций в Усинском заливе: с. Печерские Выселки (ст. 9, фото 5), узость ниже пос. Кр. Миронов (ст. 9а, фото 6), узость выше пос. Междуреченск (10а), расширение ниже пос. Междуреченск (10б), расширение устья залива у горы Плешка (12а), устье залива выше ЛЭП (12б) и две станции в Куйбышевском водохранилище в районе устья Усинского залива (ст.12в, ст.12г) (рис. 13).

Многолетние исследования донных отложений и бактериобентоса проведены в Усинском заливе в 2010-2023 гг. в составе комплексных экспедиций ИЭВБ РАН в районе станции 12а – в расширении перед устьем (рис. 13).

[1] Шерышева Н.Г.



Рис. 13. Схема отбора проб донных отложений в реке Уса и Усинском заливе в 2010-2023 гг.: ст. 5е – с. Малячкино, ст. 7 – с. Шигоны, ст. 7а – с. Усинское, ст. 9 – с. Печерские Выселки, ст. 9а – узость ниже пос. Кр. Миронов, ст. 10а – узость выше пос. Междуреченск, ст. 10б – расширение ниже пос. Междуреченск, ст. 12а – расширение устья Усинского залива у г. Плешка, ст. 12б – устье залива выше ЛЭП, ст. 12в, 12г – Приплотинный плес Куйбышевского вдхр.

Грунтовую съемку производили с поверхностных горизонтов (1-5 см) микробентометром С-1 и дночерпателем Экмана-Берджи. При отборе проб непосредственно в грунтовой колонке измеряли температуру, активную реакцию среды (pH) и редокс-потенциал (Eh) портативным прибором pH-метр N5123. Для оценки окислительно-восстановительных условий в илах с учетом активной реакции среды (pH) применяли расчетный показатель, выраженный в rH_2 (определяемый как Eh/29 + 2pH) (Кузнецов, Дубинина, 1989). Согласно (Романенко, 1985) анаэробным условиям соответствует интервал $0 < rH_2 < 12\text{-}13$, микроаэробным – $12\text{-}13 < rH_2 < 18\text{-}20$, аэробным – $rH_2 > 20$.

В лабораторных условиях в илах определяли естественную влажность, содержание органического вещества по потерям при прокаливании – ППП (Аринушкина, 1970), содержание гумусового вещества (Колешко, 1981). Гранулометрический анализ грунтов проводили влажным просеиванием через сита и методом осаждения (Законнов и др., 2018; Кузяхметов и др., 2004). Выделяли следующие размерные фракции механического состава: крупный песок >1 мм, средний и мелкий песок 1,0-0,1 мм, алеврит 0,1-0,01 мм, пелит <0,01 мм (Законнов и др., 2018). Тип донных отложений идентифицировали по: (Зайков, 1960; Законнов и др., 2018) на основе гранулометрического состава.

Определение общей численности и биомассы бактерий проводили методом флуоресцентной микроскопии с использованием красителя флуоресцеинизотиоцианата (Гальченко, 2001). Подсчет и измерение размеров бактериальных клеток проводили на микроскопе Leica DM5500B при увеличении ×1000 в 20-ти полях зрения. Морфологию бактерий учитывали по соотношению длины и ширины клеток: кокки (<1,2), коккобациллы (1,2-1,8), палочки (1,8-10), нити (>10) (Нетрусов и др., 2005). Было промерено более 500 клеток. Сапрофитные бактерии учитывали методом глубинного посева на агаризованную среду РПА (Дзержинская, 2008). Подсчет колоний проводили после 10-дневного культивирования при комнатной температуре, численность колоний выражали в КОЕ/мл. Численность маслянокислых бактерий (бродильщиков) и сульфатредуцирующих бактерий определяли методом предельных разведений на жидких питательных средах (Дзюбан, 1993; Дзержинская, 2008) с применени-

ем техники анаэробного культивирования (Потехина и др., 2000). Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Excel-2010.

Оценку экологического состояния Усинского залива проводили по шкале экологических модификаций (Дзюбан и др., 2005) с использованием следующих микробиологических показателей: общей численности бактерий, количества сапрофитных бактерий, численности анаэробных маслянокислых бактерий (бродильщиков), сульфатредуцирующих бактерий, а также процентного соотношения количества сапрофитов (СБ) к общей численности бактерий (ОЧБ) – СБ/ОЧБ (табл. 21). Показатель СБ/ОЧБ был обозначен нами как экологический индекс – ЭИ, %.



Фото 1. Ст. 5е – с. Малячкино.



Фото 2. Ст. 7 – с. Шигоны.



Фото 3. Ст. 7 – с. Шигоны.



Фото 4. Ст. 7а – с. Усинское.



Фото 5. Ст. 9 – с. Печерские Выселки.



Фото 6. Ст. 9а – узость ниже пос. Кр. Миронов.

На основе анализа исследований авторов по оценке сапробности, трофности и экологического состояния водоемов (Марголина, 1989; Дзюбан, 2003; Дзюбан, 2005; Батанина, 2008; Полтева, 2009; Kopylov et al., 2019) нами было проведено сопоставление шкалы экологических модификаций (Дзюбан и др., 2005) с трофическим статусом водоемов (табл. 21).

Таблица 21. Микробиологические показатели, экологическое состояние и трофический статус водоемов (Дзюбан и др., 2005)

Численность бактериобентоса				ЭИ, % (СБ/ОЧБ)	Экологическое состояние водоема	Трофический статус водоема
ОЧБ, кл./мл	СБ, КОЕ/мл	ББ, кл./мл	СРБ, кл./мл			
10^7-10^9	10^3-10^4	$<10^3$	$<10^2$	< 0,01	Норма	Олиготрофный
10^8-10^9	10^4-10^5	10^3-10^5	10^2-10^3	0,01-0,1	Состояние риска	Мезотрофный
10^9-10^{10}	10^5-10^6	10^5-10^6	10^3-10^5	0,1-1,0	Предкризисное состояние	Евтрофный
10^8-10^{11}	$<10^4$-10^7	10^6-10^7	10^6-10^7	0,1->1	Кризис	Гипертрофный

Примечание: ОЧБ – общая численность бактерий, СБ – сапрофитные бактерии, ББ – бродильщики, СРБ – сульфатредуцирующие бактерии.

Донные отложения и бактериобентос реки Уса и Усинского залива

Донные отложения на разных участках р. Уса представлены разновидностями двух основных типов – песков и илов, среди которых развиваются средне- и мелкозернистые пески, заиленные пески, алевритовые илы, серые илы. На ряде станций в заиленных песках и в илах обнаружена ракуша, представленная в основном дрейссеной, друзы которой наиболее обильны в серых илах Усинского залива (табл. 22). Фото 7-12 дают общее представление о структуре донных осадков. При микроскопическом анализе илов обнаруживались мелкий детрит, остатки створок зоопланктона, единичные олигохеты, мелкие полуразложившиеся растительные остатки, цианобактерии, нитевидные растительные фрагменты.



Фото 7. Ст. 5е. Крупный и средний песок.



Фото 8. Ст. 7. Средний песок.



Фото 9. Ст. 7а. Мелкий песок.



Фото 10. Ст. 9. Мелкий заиленный песок.



Фото 11. Ст. 12а. Серый алевритовый ил + ракуша.



Фото 12. Ст. 12в. Серый ил с соединениями окисленного железа.

Глубина реки на русловых участках составляла 1,0-2,8 м, в зоне подпора – 9-12 м, наибольшие глубины отмечены в расширении и устьевой зоне Усинского залива – 12-22 м (табл. 22). Температура в грунтах русла увеличивалась вдоль водотока от мелководных станций речного участка до глубоководного устья от 13,8 ºС до 20,0 ºС.

Таблица 22. Тип и водно-физические показатели донных отложений р. Уса и Усинского залива в июне 2023 г.

Станции	Тип донных отложений	H, м	T, ºC	W, %	pH	rH_2	∑: 0,1-<0,01, %
5е	Крупный и средний песок	1,0	13,8	21,05	8,2	23	4,4
7	Средний песок	1,0	14,2	21,81	6,8	18	10,2
7а	Мелкий песок	1,0	15,0	42,79	6,7	15	35,5
9	Мелкий заиленный песок + ракуша	2,8	18,0	41,17	6,6	16	13,8
9а	Алевритовый ил с гидроксидами железа	7,0	18,0	84,44	6,8	16	62,9
10а	Илистый мелкий (алевритовый) песок + ракуша	9,0	20,0	46,29	6,8	17	18,5
10б	Серый алевритовый ил + много ракуши	12,0	18,0	78,23	7,1	13	67,2
12а	Серый ил + ракуша меньше	12,0	18,0	75,77	7,3	14	83,5
12б	Серый ил с гидроксидами железа	22,0	19,0	72,00	7,2	16	82,8
12в	Серый ил с гидроксидами железа	16,0	20,0	70,35	7,2	16	83,3
12г	Серый ил + много ракуши	23,0	19,0	71,29	6,5	15	84,6

Примечание: H – глубина, T – температура, W – влажность, rH_2 – показатель окислительно-восстановительного потенциала; ∑ – сумма тонкодисперсных фракций механического состава грунтов (алевритовых и пелитовых частиц).

Содержание влаги в грунтах находится в функциональной связи с дисперсностью грунтов (Выхристюк, Варламова, 2003). В песчанистых отложениях среднего течения реки Уса влажность составляла 21-43%. В алевритовых илах с увеличением содержания тонкодисперсных частиц величина влажности увеличивалась до 46-76% (табл. 22, рис. 14). Наиболее обводненными были серые илы в нижнем течении и в устье реки, где естественная влажность достигала максимальных значений (70-78%). При этом процентное содержание тонкодисперсных частиц (алевритовых и пелитовых) увеличивалось вдоль течения реки от 4-36% в песках и 19-67% в алевритовых илах до 83-84% в серых тонких глубоководных илах.

Выявлены устойчивые закономерности увеличения с глубиной влажности и содержания тонкодисперсных частиц механического состава грунтов вдоль продольного профиля реки от верхних участков к устью залива (рис. 14). При этом установлены достоверные корреляционные связи между влажностью и содержанием тонкодисперсных фракций (r=0,91 при p<0,5). Полученные тренды свидетельствует о закономерном взаимодействии абиотических факторов как единой системы донных отложений водотока.

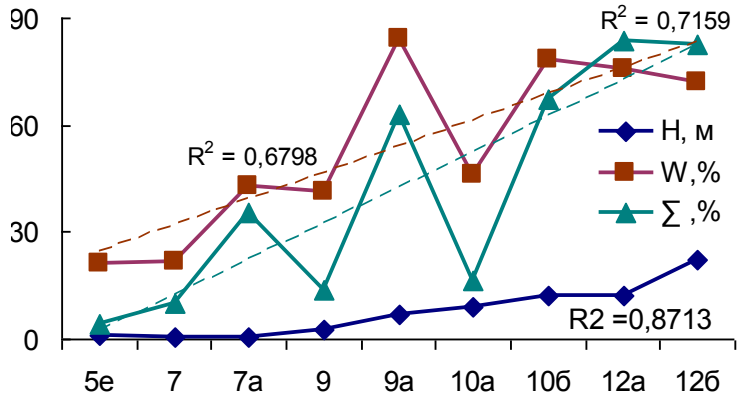


Рис. 14. Тренды глубин (H), влажности (W) и содержания тонкодисперсных частиц (∑ – сумма алевритовых и пелитовых частиц размерами 0,1 - <0,01 мм) в донных отложениях реки Уса и в Усинском заливе.

В песках на ст. 5е (с. Малячкино) обнаружены максимальные значения редокс-потенциала rH_2 = 23 (табл. 22), что показывает на аэробные условия донного биотопа. На всех других станциях (ст. 7 – ст. 12г, см. табл. 22) значения редокс-потенциала изменялись от 13 до 18, что характеризует окислительно-восстановительные условия в грунтах реки и залива как микроаэробные. В целом, значения редокс-потенциала от речной части реки к устью залива снижаются, что свидетельствует об активизации жизнедеятельности анаэробной микрофлоры в глубоководных илах. Активная реакция среды pH в донных отложениях изменялась от 6,5 до 8,2. Следует отметить, что песчанистые отложения на ст. Малячкино отличаются аэробными условиями и максимальными значениями pH, что может быть обусловлено реакцией донных отложений на активные продукционные процессы, происходящие в водной толще водотока.

Гранулометрический состав донных отложений. Особенностью гранулометрического состава донных отложений реки на исследованных станциях является отсутствие фракции крупного песка (>1 мм), за исключением незначительного его количества – 0,95% в районе верхней станции Малячкино. Вниз по течению реки происходит трансформация механического состава донных отложений, проявляющаяся в увеличении тонкодисперсных и снижении песчанистых фракций. Выстраивается четкая закономерность вдоль профиля реки вниз по течению: средний песок – мелкий песок – заиленные пески – алевритовые илы – тонкодисперсные серые илы (рис. 15, А). Так, содержание среднего и мелкого песка снижается от 95% до 15%, содержание алевритовых частиц увеличивается от 3% до 68%, пелитовых – от 1,5% до 37%, что обусловлено влиянием комплекса гидродинамических характеристик водных масс в системе река – залив (Рахуба, Шерышева, 2023).

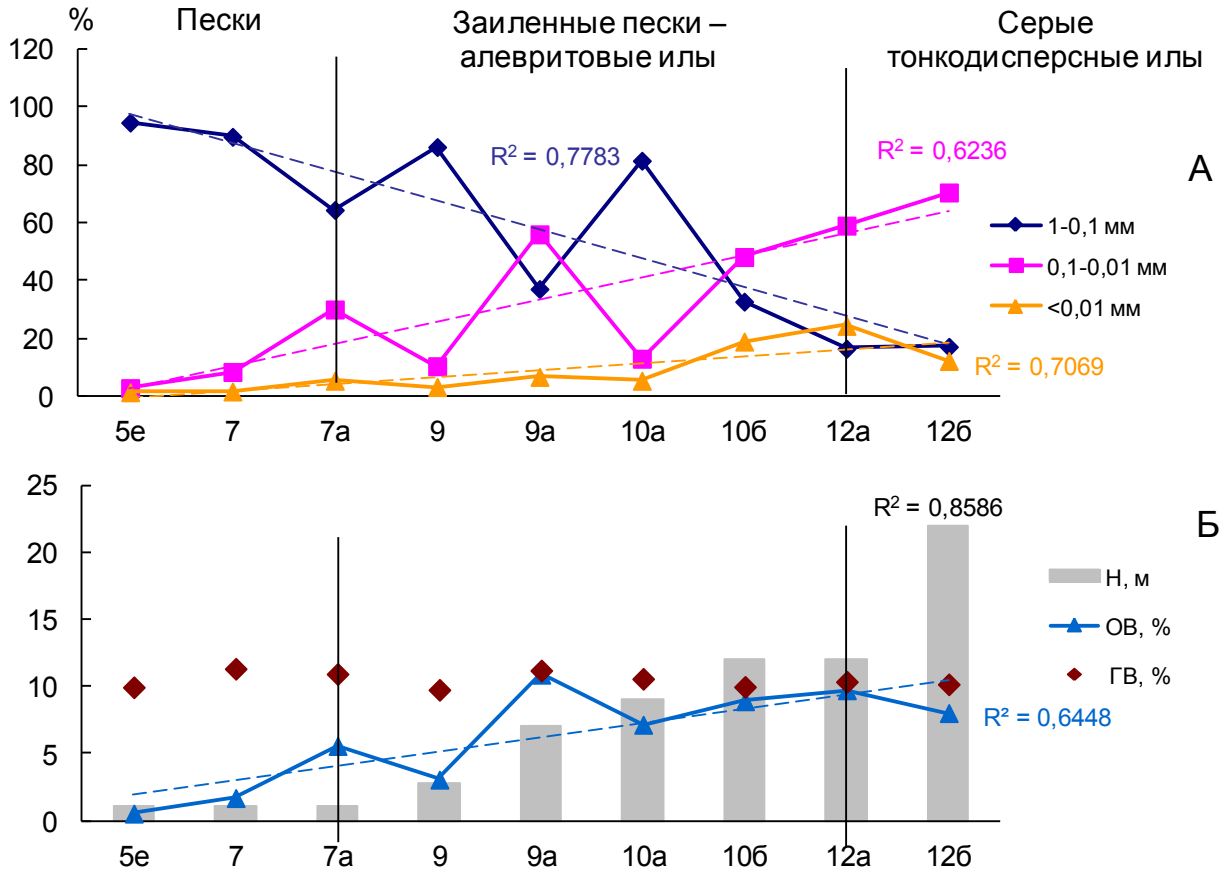


Рис. 15. Гранулометрический состав донных отложений (А), содержание органического и гумусового вещества (Б) в продольном профиле в р. Уса и Усинского залива в июне 2023 г. Размер частиц: >1 мм – крупный песок, 1,0-0,1 мм – средний и мелкий песок, 0,1-0,01 мм – алеврит, <0,01 мм – пелит.
Н – глубина, ОВ – органическое вещество, ГВ – гумусовое вещество.

Содержание органического вещества (ОВ) увеличивается вдоль продольного профиля реки от 0,5% в песках на мелководьях до 11% в глубоководных илах (рис. 15, Б). Изменения величин ОВ повторяют динамику тонкодисперсных фракций грунтов, что обусловлено свойством мелкодисперсных фракций адсорбировать на своей поверхности органическое вещество и другие питательные вещества, жизненно необходимые для развития бактериобентоса.

Обусловленность взаимосвязей физико-химических факторов донных отложений подтверждается полученными достоверными корреляциями между содержанием органического вещества и составом тонкодисперсных фракций ($r=0,93$ при $p<0,05$), а также между глубиной и содержанием органического вещества ($r=0,66$ при $p<0,05$), глубиной и вкладом тонкодисперсных фракций ($r=0,84$ при $p<0,05$).

Районирование русла р. Уса. На основе комплекса факторов – гранулометрического состава, глубины, содержания органического вещества, морфологии русла – было проведено районирование системы река Уса – Усинский залив по типам грунтов на разных участках (рис. 15, А):

1. Пески – узкий русловой участок реки, где распространены средне- и мелкозернистые пески.
2. Гетерогенные пески и илы – участок в узости Усинского залива после впадения притоков с заиленными песками, мелкопесчанистыми и алевритовыми илами.
3. Серые илы – участок, охватывающий расширение и устье Усинского залива, где формируются тонкодисперсные глубоководные илы.

На первом участке (от ст. 5е с. Малячкино до ст. 7а с. Усинское, т.е., до впадения водотока в залив), для которого характерны мелководья и узкое русло реки, залегают пески. В структуре песков происходит последовательное уменьшение крупности частиц вдоль русла реки: исчезновение крупного песка, увеличение среднего и мелкого песка. Доля песчанистой фракции в механическом составе грунта уменьшается от 95% до 64%, при увеличении доли алевритовой фракции, создавая постепенный переход от песков к гетерогенным грунтам.

Второй участок с гетерогенными грунтами распространяется от ст. Усинское вдоль течения реки к расширению Усинского залива. Происходит заиление песков, которое становится более интенсивным к ст. 10б. Река характеризуется здесь увеличением глубин и расширением русла. В механическом составе грунта доля песчанистой фракции уменьшается до 33%. Регистрируется увеличение доли алевритовых частиц с 10% до 48%, сопровождающееся накоплением мельчайшей пелитовой фракции от 3% до 19%.

На третьем участке, который включает расширение акватории Усинского залива и его устье с большими глубинами и шириной водного зеркала, формируются тонкодисперсные серые илы, в механическом составе которых алевритовые частицы становятся доминирующими (46-70%), а доля пелитовых частиц – максимальной (12-37%).

Бактериобентос. Общая численность бактериобентоса в р. Уса и в Усинском заливе (ст. 5е – 12б) изменялась от $3,74\times10^9$ кл./мл сырого грунта до $9,1\times10^9$ кл./мл. Наибольшее значение численности бактерий регистрировалась на ст. 9а (рис. 16), что может быть обусловлено двумя факторами: локальным накоплением в грунте органического вещества, содержание которого здесь достигает наибольшей величины – 10,88%, и высоким содержанием алевритово-пелитовых частиц в грунте – 62,85% (табл. 23).

В целом, пространственное распределение бактериобентоса в Усинской речной системе характеризуется постепенным увеличением своей численности вдоль продольной оси к устью и отражает закономерные изменения условий среды и структуры донных отложений. Динамика численности сопровождается снижением редокс-потенциала (рис. 16), что свидетельствует о развитии в илах микроаэробных условий в результате активизации деструкционных микробиологических процессов.

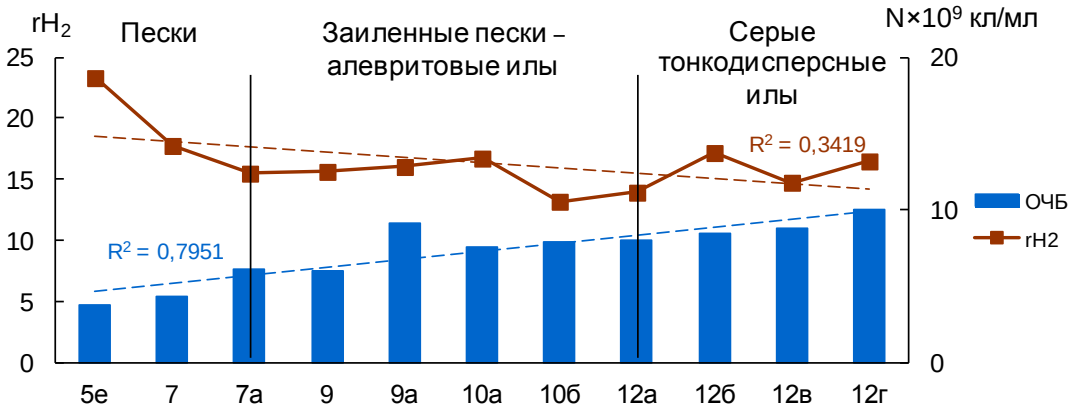


Рис. 16. Общая численность бактериобентоса (ОЧБ, N×10^9 кл./мл) и редокс-потенциал rH_2 в донных отложениях р. Уса, Усинского залива и Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища в июне 2023 г.

Среднестатистические показатели численности бактерий (средняя ± доверительный интервал) наглядно демонстрируют закономерность распределения бактериобентоса по районированным участкам вдоль русла реки в зависимости от типа донных отложений – повышение численности бактерий с увеличением дисперсности грунтов (рис. 17).

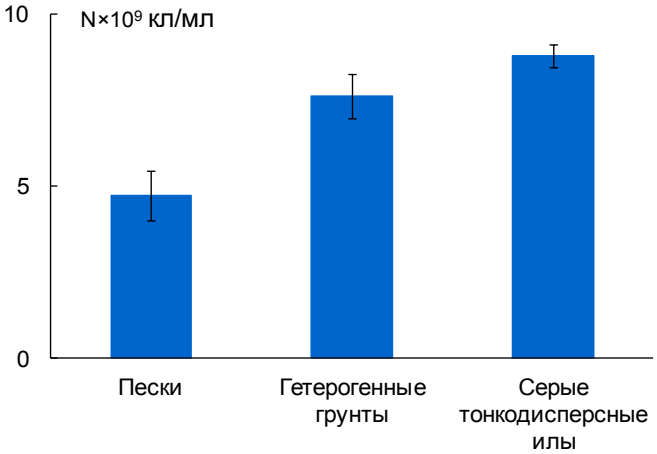


Рис. 17. Средняя численность бактерий (± доверительный интервал) в разнотипых донных отложениях р. Уса и Усинского залива.

Так, в соответствии с проведенным районированием, на мелководном участке в песчанистых отложениях регистрировалось наименьшее среднее значение численности бактерий – 4,74±0,71×10^9 кл./мл. На участке гетерогенных грунтов (заиленных песков и алевритовых илов) средняя численность бактерий увеличилась до 7,63±0,63×10^9 кл./мл. Наибольшая величина численности бактериобентоса характерна для серых тонкодисперсных илов устьевой зоны залива – 7,63±0,63×10^9 кл./мл.

Общая численность бактерий в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища составляла на ст. 12в 8,78×10^9 кл./мл, на ст. 12г – 9,61×10^9 кл./мл (рис. 16). Увеличение численности бактериобентоса в плесе ниже впадения реки Уса обусловлено влиянием Усинского залива: изменением гидродинамических условий, привнесением органического и биогенного вещества, постоянным осаждением взвешенных частиц с адсорбированными на них бактериями, поступающими со стоком реки.

Полученные закономерности пространственного распределения бактерий в системе донных отложениях р. Уса подтверждаются проведенными ранее исследованиями в Куйбышевском водохранилище и в Приплотинном плесе (Шерышева, 2021; Sherysheva, 2021).

Многолетние исследования донных отложений и бактериобентоса в Усинском заливе (2010 – 2023 гг.)

В 2010-2023 гг. в Усинском заливе глубины в летние месяцы составляли 19-25 м, температурный режим варьировал от 17 °С до 25,5 °С, активная реакция среды pH регистрировалась в пределах 6,8-7,6, содержание влаги в грунтах изменялось от 66% до 90%, увеличиваясь с глубиной.

По многолетним данным донные отложения Усинского залива представлены в основном серыми илами, имеющими однородную тонкодисперсную структуру. В разные годы в составе илов встречались ракуша, друзы дрейссены, тонкий водорослевый наилок, серо-коричневый наилок высотой до 6-8 см.

Дифференциация гранулометрического состава грунтов в распределении по донному ложу определяется рядом факторов: морфологическим строением, гидрологическим и гидродинамическим режимом водоема, материнскими породами, деструкционными и седиментационными процессами. Результаты многолетнего исследования гранулометрического состава донных отложений Усинского залива представлены на рис. 18, А.

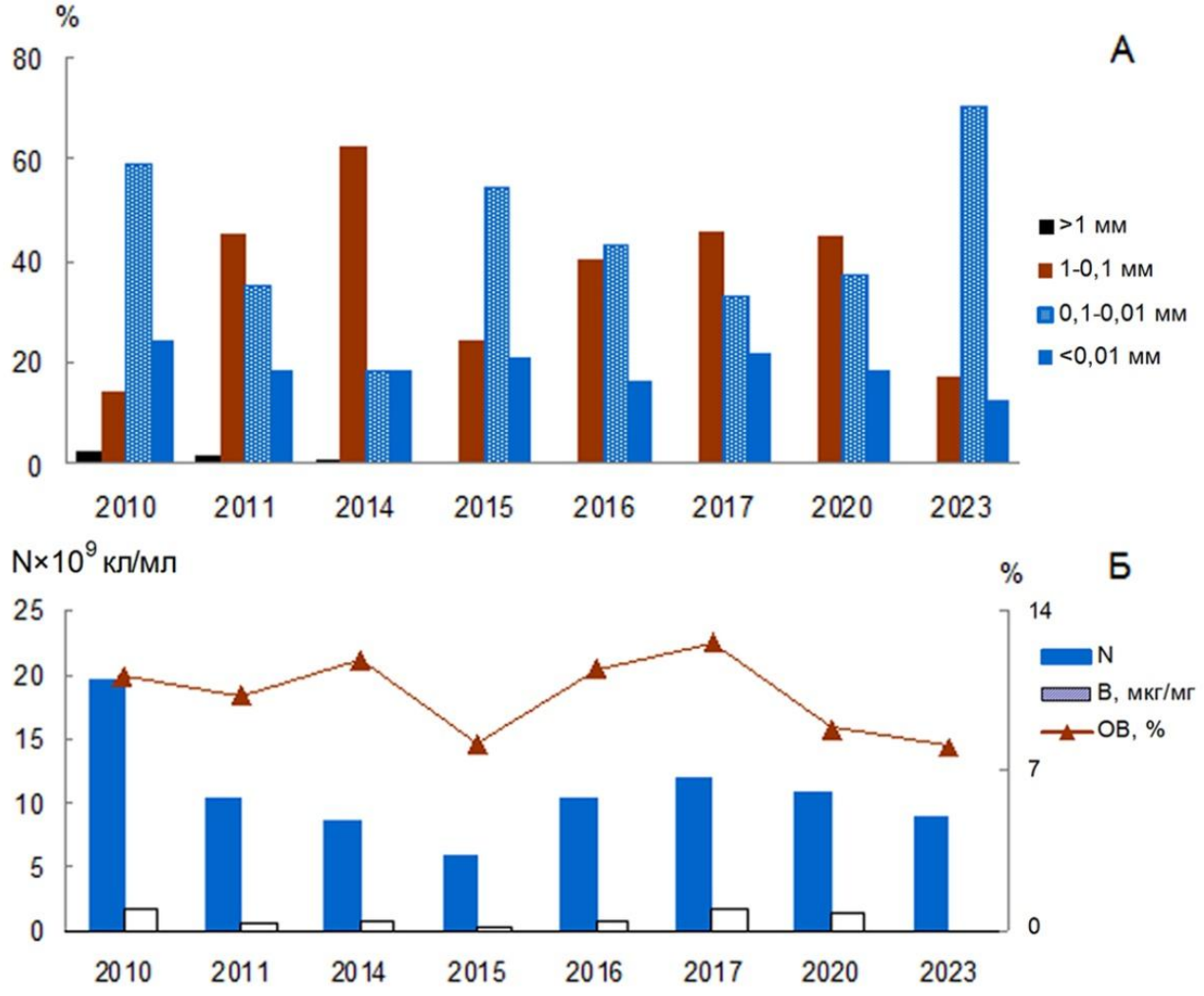


Рис. 18. Многолетняя динамика в донных отложениях Усинского залива: А – гранулометрического состава (>1 мм – крупный песок, 1-0,1 мм – средний и мелкий песок, 0,1-0,01 мм – алеврит, <0,01 мм – пелит); Б – содержания органического вещества (ОВ), общей численности (N) и биомассы (В) бактерий.

Своеобразной особенностью гранулометрического состава отложений залива является низкое содержание – не более 2% – или отсутствие частиц крупностью более 1 мм (крупнозернистых песков). Среднее многолетнее значение доли крупного песка составило 0,59±0,31 (средняя ± доверительный интервал).

Основную роль в структуре донных отложений играют тонкодисперсные пелитовые и алевритовые частицы как аккумуляторы органического и биогенного вещества – источников питания для бактерий. Суммарное количество тонкодисперсных частиц в течение многолетнего периода изменялось от 53% до 84%, в среднем – 62,63±5,75%, при этом пелитовая фракция составляла 18,85±1,26%. Фракция мелкого песка занимала значительную долю – 36,79±5,78%, но не являлась доминирующей в механической структуре грунтов.

В 2010 г., в год аномальной жары, регистрировалось максимальное содержание алевритовых и пелитовых фракций – 83,75%, что свидетельствует об активном процессе илонакопления. Мы предполагаем, что повышение температуры в илах (Номоконова, 2012) способствовало активизации микробиологических деструкционных процессов, в результате которых происходило разложение седиментационного материала микроорганизмами. Другой причиной активного илонакопления может служить резкое снижение турбулентности водных масс бассейна в маловодный летний период 2010 г.

Бактериобентос. В 2010-2023 гг. общая численность бактериобентоса в Усинском заливе варьировала от $5,88\times10^9$ до $19,25\times10^9$ кл./мл сырого ила, биомасса – от 0,47 до 1,78 мкг/г (рис. 18, Б). Среднестатистические многолетние значения численности и биомассы составили $10,74\pm1,38\times10^9$ кл./мл и 1,02±0,2 мкг/г соответственно. Динамика количественных показателей бактерий носит волнообразный характер, что говорит о быстрой реакции донного бактериального сообщества на изменение внешних условий среды обитания. Минимальные значения численности и биомассы регистрировались летом 2015 г., в условиях минимального обеспечения бактерий органическим веществом (рис. 18, Б). Максимального развития бактериобентос ($N=19,52\times10^9$ кл/мл, B=1,78 мкг/г) достигал в аномально жаркое лето 2010 г., в условиях, оптимально благоприятных для его развития температур и обеспечения органическим веществом. Динамика численности и биомассы бактерий в целом повторяет изменение содержания органического вещества в илах (рис. 18, Б). Полученные нами корреляции показывают тенденцию влиянии содержания органического вещества на количественное развитие бактериобентоса в системе р. Уса – Усинский залив ($r=0,45$ и $r=0,46$ при $p<0,5$).

Морфологическая и размерная структура бактерибентоса изучалась в 2010-2020 гг. Морфология клеток определяется физическими принципами, одним из которых является доступ к питательным веществам. Форма клетки увеличивает отношение ее поверхности к объему в условиях с низким содержанием питательных веществ (Young, 2006). Поэтому палочковидные бактерии более приспособлены к менее «питательным» биотопам, тогда как кокки более приспособлены к обитанию на биотопах загрязненного прибрежья.

Морфологическая структура бактериобентоса характеризовалась преобладанием палочек (за исключением 2010 г.), очень низкой численностью кокков и единичными нитевидными клетками (рис. 19). Средние значения доли морфологических форм бактерий в их общей численности ранжировались в следующем порядке: палочки – 72,72±5,53%, коккобациллы – 24,59±5,09%, кокки – 2,53±0,73%, нити – 0,16±0,07%.

В 2010 г., в отличие от последующих лет, коккобациллы достигли своего максимального развития – 47,7 %, что в общей численности бактерий составило сопоставимую долю с палочковидными клетками – 47,3% (рис. 19). Это свидетельствует об устойчивости коккобацилл к неблагоприятным условиям, связанным с аномально жаркими летом и повышением температуры воды в Куйбышевском водохранилище. Так, температура воды в июле 2010 г. колебалась в пределах 23-30 °С, а в Приплотинном плесе она составила 27-28 °С (Номоконова, 2012). Для сравнения, уровень температуры воды в водохранилище в 2015, 2016, и 2020 гг. составлял 22,5-23,0 °С, а в 2017 г. – снизился до минимального значения 20,0 °С (Селезнева и др., 2023). Высокие температуры и маловодность в 2010 г. способствовали активиза-

ции массового развития цианобактерий и, следовательно, усилению продукционно-деструкционных процессов. В Куйбышевском водохранилище в 2010 г. в водной толще минерализовалось максимальное количество органического вещества (Номоконова, Паутова, 2012), что в значительной степени было вызвано отмиранием цианобактерий. Следовательно, усиливались седиментационные процессы, в результате которых донные отложения обогащались углеводсодержащим органическим веществом, которое является легкодоступной пищей, в первую очередь для кокков и коккобацилл (Young, 2006). Напротив, в 2017 г. регистрировалась минимальная численность коккобацилл – 4,0% при абсолютном доминировании палочек – 94,5%, что, очевидно, обусловлено понижением температуры воды.

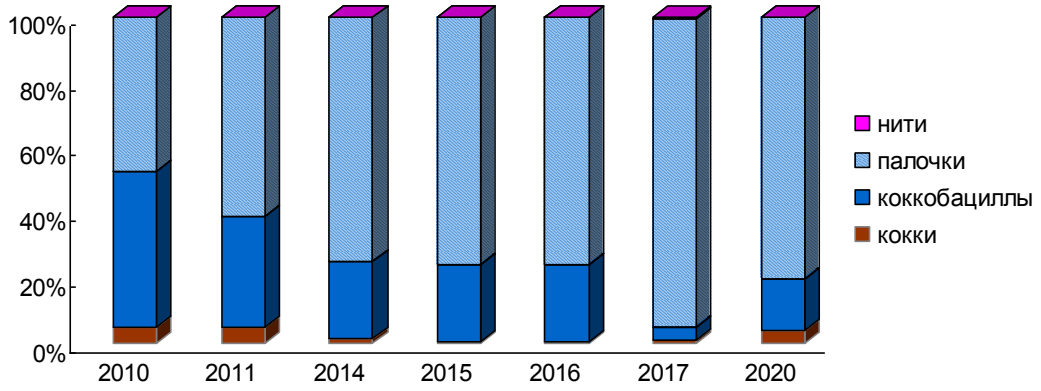


Рис. 19. Морфологическая структура бактериобентоса Усинского залива в 2010-2020 гг.

Изменения размеров бактериальных клеток менее вариабельны по сравнению с морфологическим составом. Динамика размерной структуры бактериобентоса в 2010-2020 гг. характеризовалась однообразием. Так, в течение десятилетнего периода преобладали клетки только двух размерных классов – 0,2-0,5 мкм и 0,5-1мкм, доля которых в общей численности бактерий составила 30,37% и 69,63% соответственно.

Таким образом, температурный режим способствует перестройке морфологической структуры бактериобентоса и не оказывает значительного влияния на его размерный состав.

Экологическое состояние Усинского залива в 2017 г.

Оценка экологического состояния Усинского залива и его трофического статуса была проведена нами с применением наиболее значимых микробиологических показателей: N – общей численности бактерий, СБ – численности сапрофитных бактерий, ГБ – численности гетеротрофных бактерий, ББ – численности анаэробных бродильщиков и СРБ – анаэробных сульфатредуцирующих бактерий, а также с помощью ЭИ – экологического индекса (табл. 23).

Общая численность бактерий (N) характеризует экологическое состояние донных отложений и водоема в целом. В соответствии с оценочной шкалой модификаций (табл. 21) экологическое состояние Усинского залива по данному показателю соответствует градации «состояние риска – предкризисное состояние», занимая промежуточное положение между мезотрофным и эвтрофным статусом.

По количеству сапрофитных и гетеротрофных бактерий Усинский залив соответствует состоянию экологического риска и мезотрофному статусу (табл. 21, 23). Численность анаэробных бродильщиков и сульфатредукторов в донных отложениях также указывает на состояние экологического риска и на мезотрофный статус залива (табл. 21, 23).

Таблица 23. Оценка экологического состояния и трофического статуса Усинского залива по показателям бактериобентоса (2017 г.)

N, $\times 10^9$ кл./мл	СБ, $\times 10^4$ КОЕ/мл	ГБ, $\times 10^3$ КОЕ/мл	ББ, $\times 10^3$ кл./мл	СРБ, $\times 10^3$ кл./мл	ЭИ, %	Экологическое состояние	Трофность
10,41	42	654	25	0,6	0,004	Норма – состояние риска	Мезотрофное – эвтрофное

Примечание: N – общая численность бактерий, СБ – сапрофитные бактерии, ГБ – гетеротрофные бактерии, ББ – бродильщики, СРБ – сульфатредуцирующие бактерии, ЭИ – экологический индекс.

Следует отметить, что экологический индекс – ЭИ, % (табл. 21, 23), рассчитанный ранее по показателям бактериобентоса, установленным для водоемов верхней Волги А.Н. Дзюбаном и др. (2003, 2005), равен 0,004, что в соответствии со шкалой экологических модификаций составляет менее 0,01 и определяет экологическое состояние залива как норму, а трофический статус залива – как олиготрофный.

Полученные нами данные согласуются с результатами исследований в современный период. К примеру, по накоплению микроэлементов, согласно коэффициенту донной аккумуляции (КДА – отношение величины концентрации вещества в грунтах к его содержанию в воде), состояние донных отложений изменяется от «относительно удовлетворительной экологической ситуации» до «чрезвычайной экологической ситуации» (Зинченко и др., 2019, с. 171-172). Так, величина КДА для меди и цинка находится в пределах $1{,}8\times10^3$-$6{,}5\times10^3$ и $1{,}4\times10^3$-$4{,}5\times10^3$ соответственно, что свидетельствует об «относительно удовлетворительной экологической ситуации» в грунтах по этому химическому показателю. По величине накопления железа ($4{,}4\times10^4$-$7{,}9\times10^4$) состояние осадков относится к классу «чрезвычайной экологической ситуации».

Таким образом, с учетом комплексного анализа показателей бактериобентоса экологическое состояние Усинского залива определяется как «состояние экологического риска», а трофический статус – мезотрофный.

2.2.3. Фитопланктон реки Уса и некоторых притоков[1]

Представлено современное состояние альгоценозов р. Уса и ее притоков в условиях пространственной экологической неоднородности участков реки.

Материал и методика

Исследования структурно-функциональных особенностей фитопланктона р. Уса и ее притоков первого порядка (рр. Теренгулька, Тишерек, Муранка) проведены в июле 2015, 2017-2018 и 2021 гг. (Gorokhova, Zinchenko, 2019; Горохова, 2023). Всего собрано 58 альгологических проб. Станции отбора проб показаны на рис. 13.

Сбор и обработка альгологических проб и определение содержания хлорофилла «а» в воде проведены в соответствии с методами, принятыми при гидробиологических исследованиях (SCOR-UNESCO, 1966; Методика изучения.., 1975). Для характеристики альгоценозов использовали показатели: численность (млн. кл./л), биомасса (мг/л), удельное видовое богатство (число видов в пробе), частота встречаемости вида (количество проб, в которых вид отмечен в процентах от общего числа проб), видовое разнообразие, оцененное по индексу Шеннона (H_N), концентрация хлорофилла «а» в сестоне (мкг/л). К массовым (субдоминантам и доминантам) отнесены виды, формирующие соответственно 5-10% и более 10% суммарной численности или биомассы фитопланктона. Степень сходства видового состава оценена по коэффициенту Серенсена. Кластеризация данных для построения дендрограмм (в программе Statistica) проведена путем сравнения полных списков видов, а для выявления особенностей локальных альгофлор – сравнением состава массовых форм участков рек. Оценка связи показателей фитопланктона с абиотическими параметрами проведена с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Фитопланктон реки Уса и ее притоков

Характеристика состава и распределения альгофлоры. Видовой состав альгофлоры рек разнообразен: к настоящему времени в фитопланктоне р. Уса и ее притоков зарегистрировано 294 вида и внутривидовых таксона из 8 отделов. По числу видов в реопланктоне преобладают Bacillariophyta (43-56% состава) и Chlorophyta (26-47%); по сравнению с реками, в лимнопланктоне Усинского залива в альгофлоре разнообразнее Chlorophyta (рис. 20).
Таксономический состав фитопланктона во всех реках формируется в основном диатомовыми и зелеными водорослями (рис. 20). К этим же отделам относятся и ведущие порядки: Raphales, Chlorococcales и Chlamydomonadales, объединяющие 57% альгофлоры, а также ведущие семейства, среди которых Nitzschiaceae, Scenedesmaceae, Naviculaceae, Chlamydomonadaceae и др. Однако по мере снижения систематического ранга отмечаются различия в составе таксонов. Так, в родовом спектре к представителям диатомовых и зеленых водорослей относятся 25 и 13% видов соответственно. Видовые спектры наиболее разнообразны: сравнение полных списков видов рек показало невысокую степень сходства их состава. В р. Уса и ее притоках оно было на уровне 15–33%, с заметным отличием флоры водорослей Усинского залива (рис. 21, А). Отмечены изменения состава альгофлоры, связанные с особенностями устьевого участка. Например, в зоне смешения и трансформации вод рек Муранка и Тишерек, а также самой Усы в месте ее перехода в залив экотонный эффект выражен в увеличении разнообразия и количества водорослей – планктонных Cyanoprokaryota, а также зеленых водорослей порядка Chlorococcales, доминирующих в Усинском заливе.

[1] Горохова О.Г.

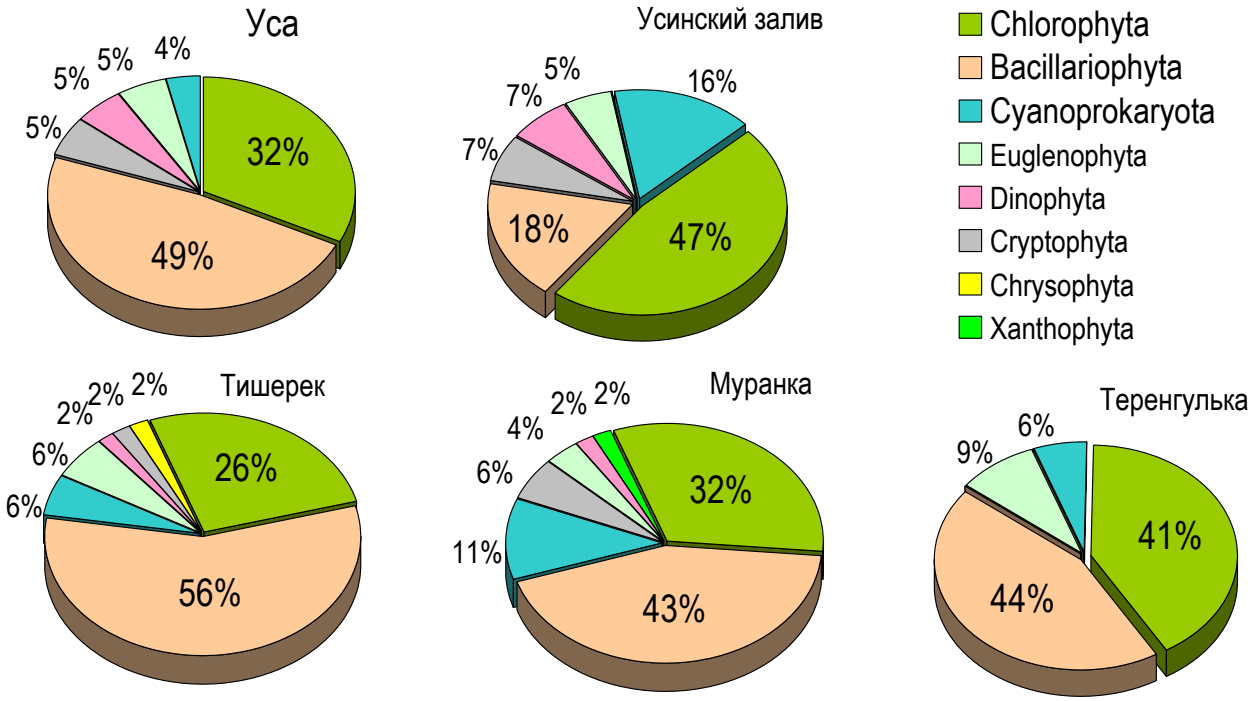


Рис. 20. Состав отделов водорослей в альгофлоре планктона.

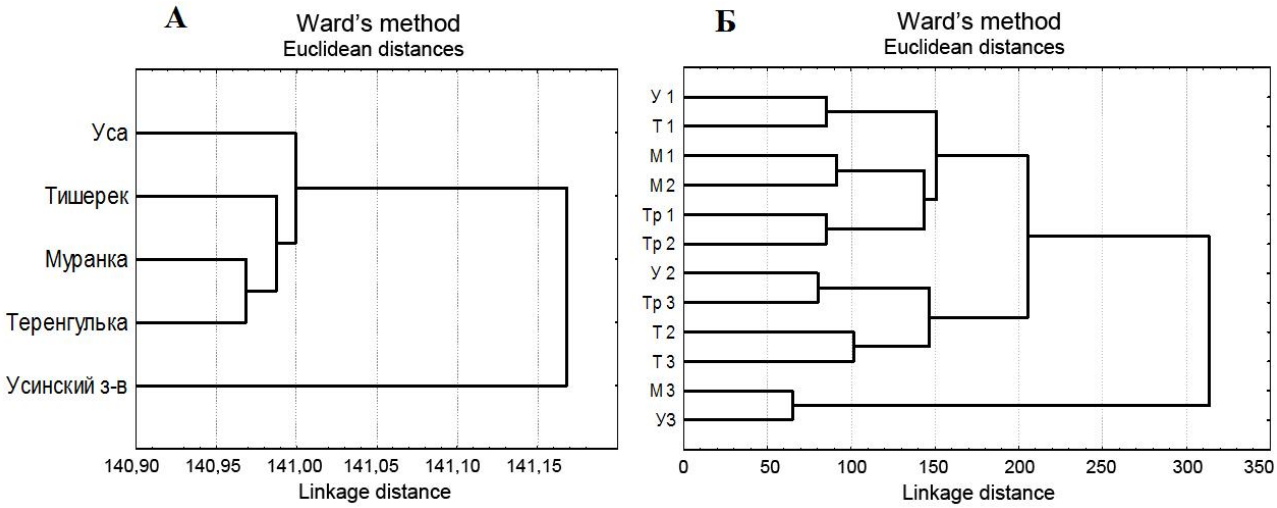


Рис. 21. Дендрограммы флористического сходства фитопланктона рек (А) и сходства локальных альгофлор участков рек (Б).
Обозначения: У – Уса, Т – Тишерек, М – Муранка, Тр – Теренгулька; УЗ – Усинский залив; участки течения: 1 – верхнее, 2 – среднее, 3 – нижнее.

Кластеризация данных на основе сравнения состава групп массовых видов каждого из участков рек (рис. 21, Б) выявила особенности локальных альгофлор. Как видно, второй способ группировки отразил относительное сходство гидрологических условий участков рек (верхнего, среднего и нижнего течения), что обусловило таксономическую общность их планктоценозов в разных реках. Кроме того, такой способ кластеризации продемонстрировал гетерогенность экологических условий по длине реки, приводящую к наличию локальных группировок водорослей, таксономический состав которых несходен с вышележащими участками. К отдельному кластеру можно отнести видовой состав альгоценозов в зоне трансформации водных масс Усинского залива и устьевого участка р. Муранка (рис. 21, Б), наиболее зависимого от влияния подпора со стороны залива. Видовой состав водорослей

планктона р. Уса и ее притоков характеризуется чрезвычайной мозаичностью распределения по длине водотока: общность между двумя соседними участками реки нередко составляет менее 10-15%.

Частота встречаемости отдельных видов в альгоценозах рек низкая: доля видов отмеченных только на одной из станций составляет от 68% (р. Тишерек) до 82% (р. Теренгулька).

Постоянными компонентами речной флоры, общими для всех исследованных рек, были широко распространенные виды диатомовых водорослей: *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Melosira varians* Ag., *Fragilaria capucina* Desmaz., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr., *Navicula tripunctata* (O.F. Müll.) Bory, *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm., *N. palea* (Kütz.) W. Sm., а также зеленых – *Chlamydomonas globosa* Snow, *Ch. monadina* Stein, *Pandorina morum* (O.F. Müll.) Bory, *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.- Legn. Частота встречаемости этих видов – более чем в 50% проб.

К видам, встречающимся эпизодически и единично, относятся: *Rhabdogloea scenedesmoides* (Nyg.) Kom. et Anagn., *Oscillatoria trichoides* Szaf., *Romeria elegans* (Wołosz.) Geitl., *Anabaena oscillarioides* Bory ex Born., *Pseudokephyrion poculum* Conr., *Epithemia goeppertiana* Hilse, *Stauroneis smithii* Grun., *Achnanthes subatomoides* (Hust.) L.-Bert. & Archi., *Juraniella javorkae* Hortob.

Таким образом, структуру альгофлоры на уровне различных таксономических категорий формируют в основном Bacillariophyta и Chlorophyta. Ведущая роль этих групп водорослей отмечена в целом ряде рек бассейна верхней и средней Волги и рассматривается исследователями как характерная черта альгофлоры водотоков и водоемов европейской территории России (Охапкин, 1998; Охапкин, Горохова, и др., 2010; Старцева, Охапкин и др., 2012).

В эколого-географическом отношении фитопланктон рек состоит из широко распространенных пресноводных форм. По отношению к pH воды большинство видов (67%) индифференты, 30% флоры представлено алкалифилами. К планктонным относится 57% видов; значимую роль в альгофлоре играют обитатели бентоса и обрастаний (24 и 10% таксонов). Характерно увеличение разнообразия планктонных форм вниз по течению и уменьшение числа бентосных и эпифитных видов. В реках, имеющих подпор в устье, увеличение доли планктеров в альгофлоре нижнего течения наиболее выражено. В составе индикаторов органического загрязнения преобладают β-мезосапробы (47%).

Количественная структура альгоценозов планктона. Распределение численности, биомассы и показателей разнообразия, как и видовой состав, характеризуются неоднородностью (рис. 22-23). При определении численности водорослей Bacillariophyta и Chlorophyta в зоне смешения речных вод с водами Усинского залива в планктоне увеличивалось количество Cyanoprokaryota; по биомассе в реках преобладали в основном Bacillariophyta (рис. 22-23). Диапазон численности в альгоценозах рек составил 0,02-5,2 млн. кл./л, биомассы – 0,01-1,8 мг/л; содержание хлорофилла «а» – 0,01-3,1 мкг/л; в Усинском заливе эти показатели были значительными: 6,1-14,8 млн. кл./л, 2,0-5,9 мг/л, 2,0-4,9 мкг/л соответственно. Как видно, низкие количественные показатели характерны для участков верхнего течения, а наиболее высокие отмечены в низовьях рек, испытывающих подпор водами водохранилища. Численность и биомасса водорослей Усинского залива была выше, чем в реках, за счет преобладания в альгоценозах Cyanoprokaryota (рис. 22-23), что отражает существенное изменение динамики водных масс. Возрастание ценотической роли цианопрокариот, как ответ экосистемы рек на лимнизацию стока при зарегулировании и эвтрофикации, характерно для фитопланктона водотоков волжского бассейна (Охапкин, 1998, 2000; Корнева, 2015).

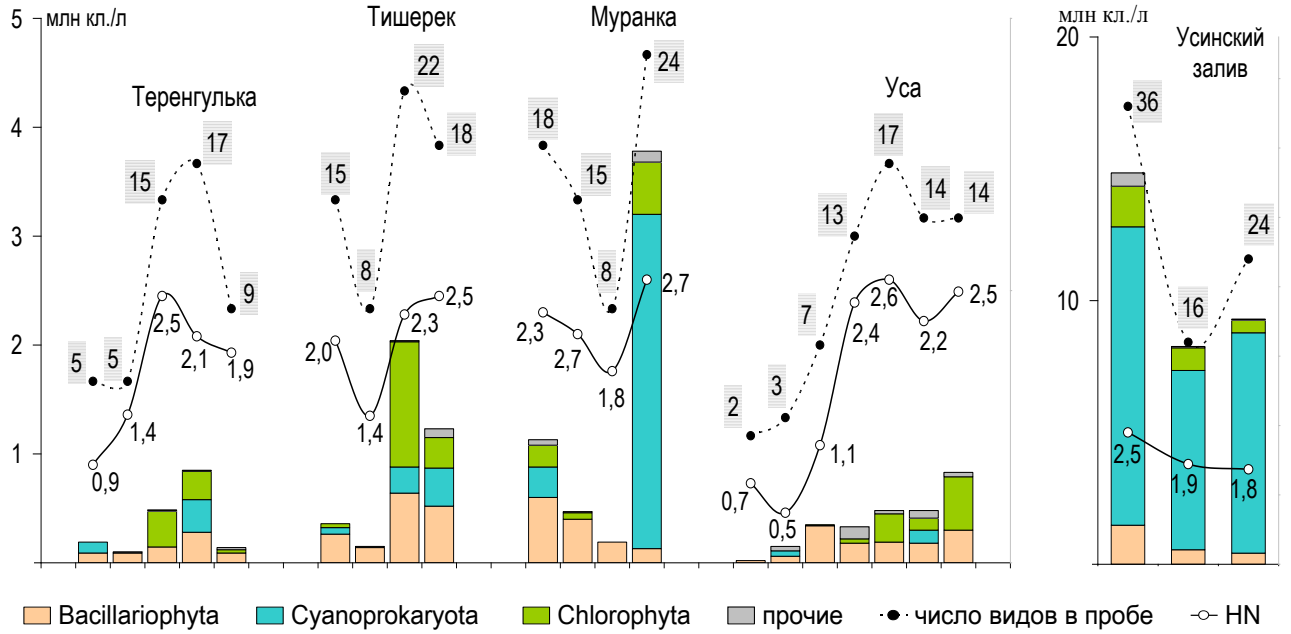


Рис. 22. Изменения численности основных групп водорослей, числа видов и индекса видового разнообразия по длине рек в 2017 г.

Трофический статус. Несмотря на высокое содержание биогенных веществ, уровень биомассы и концентрации хлорофилла «а», отражающих трофическое состояние водного объекта, в р. Уса и притоках невелики. В верховьях и в среднем течении рек они соответствуют олиготрофии, в устьевых участках – олиго-мезотрофии, в Усинском заливе – в основном мезотрофии (рис. 23). Анализ зависимости показателей фитопланктона от содержания биогенных веществ не выявил их взаимосвязи. Это свидетельствует о действии факторов, ограничивающих развитие водорослей: для исследованных рек характерны участки с низкой освещенностью русла под пологом леса, высокой мутностью, скоростями течения более 0,2-0,3 м/с.

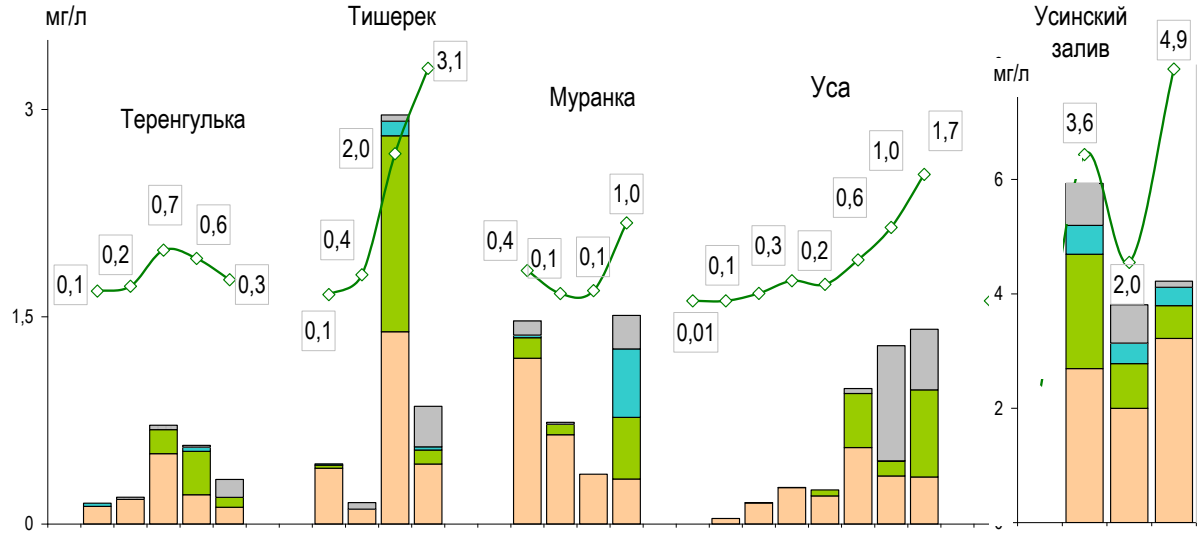


Рис. 23. Изменения биомассы основных групп водорослей и содержания хлорофилла «а» (мкг/л) по длине рек в 2017 г.

Для рек волжского бассейна показано влияние на продуктивность и биомассу альгоценозов не только трофического фактора, но и морфометрических характеристик и гидрологического режима водотока (Охапкин, 1998, 2000). В подтверждение вышесказанному, для планктона реки Уса и ее притоков получена достоверная отрицательная корреляция между

скоростью течения и такими показателями, как: концентрация хлорофилла «а», удельное число видов, биомасса и численность (соответственно r = –0,68, r = –0,64, r = –0,61; r = –0,59, $P \leq 0,05$), что указывает на существенную роль гидрологических факторов для формирования альгоценозов. В то же время, наблюдать отклик фитопланктона на изменение содержания биогенов в целом позволяет сравнение данных разных лет наблюдений. Так, при росте биогенной нагрузки в 2017 г. по сравнению с 2015 г. (когда в р. Уса содержание $N_{мин}$ и $P_{мин}$ было в 2 раза ниже), нами отмечено увеличение численности фитопланктона в 2 раза, биомассы – в 3 раза. Для Усинского залива, по данным последних лет наблюдений, характерен гораздо более высокий уровень развития фитопланктона, сопровождаемый «цветением» воды в июле–сентябре. Особенностью 2017 г., связанной с климатическими условиями, было более позднее наступление массового развития водорослей в планктоне залива (Горохова, 2016).

Разнообразие альгоценозов. Индекс видового разнообразия Шеннона изменялся в альгоценозах рек от 0,5 до 2,7 бит/экз., в Усинском заливе – от 1,8 до 2,5 бит/экз. (рис. 22). Для участков верхнего течения, где сообщества потамопланктона не сформированы, характерно низкое удельное число видов (2-7) и минимальные значения индекса (0,5-0,9 бит/экз.). На участках среднего и нижнего течения рост индекса отражает изменение структуры сообществ водорослей. Например, наиболее высокое видовое разнообразие наблюдаются в альгоценозах в зоне смешения вод верхней части Усинского залива и устьев рр. Муранка и Тишерек в зоне его подпора. Здесь происходит формирование экотонных сообществ с высоким видовым богатством (удельное число видов – 36 и 18-24 соответственно), а также разнообразием и показателями обилия. Кроме того, усложнение структуры сообществ характерно для участков рек с антропогенным влиянием у населенных пунктов, что связано с увеличением разнообразия и количества видов-индикаторов сапробности.

Характеристика участков рек по структуре альгоценозов. Анализ таксономических и структурных особенностей альгоценозов позволяет применить их для выделения характерных участков исследованных рек. Так, в истоке р. Уса, на фоне крайне низкого количества и почти исключительно диатомового состава водорослей (рис. 22-23), в воде встречаются преимущественно их бентосные формы родов *Navicula* Bory, *Nitzschia* Hassall. Далее по течению наблюдается некоторое увеличение разнообразия и количества водорослей при неоднородном видовом составе в исследованных реках. Преобладают диатомовые класса Pennatophyceae: *S. ulna*, виды рода *Fragilaria*, на некоторых участках – единичные виды обрастаний, выносимые в планктон (*Cymbella* Agard., *Achnanthes* Bory), а также бентосно-планктонный вид *M. varians*. На участках течения с запрудами отмечено развитие лимнофильных видов.

В среднем течении рек наряду с формами бентоса увеличивается численность обитателей обрастаний (*Gomphonema* Ehr., *Cymbella* и *Cocconeis placentula* Ehr.) на погруженной водной растительности. В то же время особенностью среднего течения является постепенное изменение соотношения прикрепленных и планктонных форм водорослей – в толще воды количественно начинают преобладать мероплактонные виды: *Melosira varians*, *Fragilaria capucina* et var., *F. brevistriata* Grun., *F. pinnata* Ehr., а также *Aulacoseira granulata*, *A. subarctica*. Для среднего течения рек характерно гораздо большее биотопическое разнообразие, что обусловливает ценотические особенности фитопланктона на каждой из станций. Например, исключительно беден планктон на участках рек с глинистым грунтом, высокой мутностью воды, низкой освещенностью, скоростями течения более 0,1 м/с. Развитие водной растительности способствует обогащению состава планктона видами обрастаний. На каменистых и песчаных субстратах, независимо от скорости течения, развивается ценоз макрофитобентоса из нитчатых и слоевищных форм родов *Cladophora* Kütz., *Monostroma* Thuret (Chlorophyta), *Vaucheria* De Candolle (Xanthophyta), на них, в свою очередь, формируются диатомовые обрастания разнообразного состава, представители которых поступают в планктон. В местах с замедленным течением или участках рек ниже населенных пунктов отмечено увеличение разнообразия и количества миксотрофных фитофлагеллят – показателей органи-

ческого загрязнения из порядков Volvocales, Chlamydomonadales, а также Euglenales и Cryptomonadales.

Специфика состава фитопланктона нижнего течения рек определяется гидрологическими характеристиками и типом устья. В целом, низовья всех рек характеризуются заметным увеличением разнообразия и количества водорослей, при этом бентосные и эпифитные виды уже не образуют в планктоне заметной численности или совсем выпадают, а типично планктонные формы определяют облик альгоценозов. Это связано с уменьшением скоростей течения, увеличением глубин, а также и влиянием подпора, привносящим в реки виды, свойственные водохранилищу и заливу. Например, в планктоне нижнего участка р. Муранка хорошо выражено усиление ценотической роли водорослей Усинского залива: цианопрокариот *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. & Kom., *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Breb., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs., а также планктонных зеленых водорослей порядка Chlorococcales из родов *Scenedesmus* Meyen, *Monoraphidium* Kom.-Legn. и др. Особенностью низовьев рек, в отличие от вышележащих участков с неустановившимся составом доминантов диатомовых класса Pennatophyceae, является и то, что бóльшее ценотическое значение в планктоне начинают приобретать диатомовые класса Centrophyceae (родов *Aulacoseira*, *Stephanodiscus* Ehr., *Cyclotella* (Kütz.) Bréb.), а также зеленые водоросли порядка Chlorococcales, а не фитофлагелляты этого отдела. Следует отметить, что структурные особенности альгоценозов нижнего течения исследованных рек в целом аналогичны чертам сформировавшегося потамопланктона многих равнинных водотоков волжского бассейна (Охапкин, 1998, 2000).

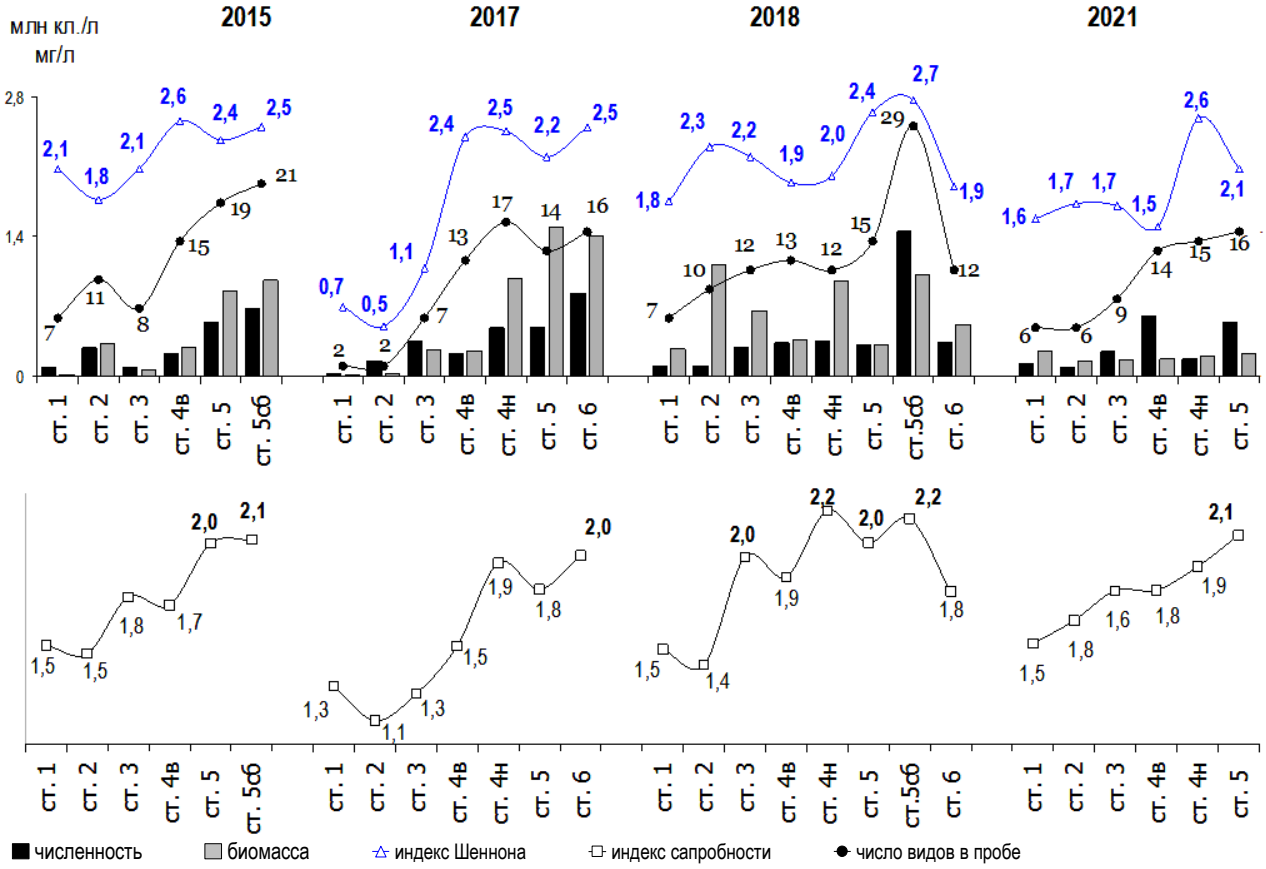


Рис. 24. Изменение численности и биомассы фитопланктона р. Уса, индексов видового разнообразия и сапробности в альгоценозах в 2015, 2017, 2018, 2021 гг. Соотнесение нумерации станций с населенными пунктами следующее: ст. 1 – исток у пос. Гремячий; ст. 2 – с. Елшанка; ст. 3 – с. Гавриловка; ст. 4в – выше с. Суринск, ст. 4н – ниже с. Суринск; ст. 5 – с. Шигоны, ст. 5сб – с. Шигоны (участок сброса сточных вод); ст. 6 – с. Пионерское.

Структурные особенности альгоценозов р. Уса. Для оценки экологического состояния реки Уса по показателям фитопланктона проведен сравнительный анализ количественных и структурных характеристик альгоценозов. Он показал, что изменения величин летней биомассы (рис. 24) в разные годы на одних и тех же станциях не имеют выраженной направленности и связаны с размерной структурой сообществ водорослей. Несколько более заметны межгодовые соответствия изменений таких показателей, как: численность, индексы сапробности и видового разнообразия в альгоценозах – их величины в целом возрастают вниз по течению (рис. 24). Это особенно выражено на станции 4н – ниже с. Суринск и впадения в р. Уса ее притока (р. Теренгулька), а также на станциях 5 и 5сб – в районе с. Шигоны. Наличие запруженных участков, населенных пунктов, впадение притоков часто способствует эвтрофированию и росту содержания органических веществ в воде. В свою очередь, на изменение условий реагирует структура альгоценозов и величина индексов сапробности.

Биоиндикационная значимость таксономических и структурных показателей альгоценозов р. Уса при оценке точечного источника антропогенного воздействия

Изменения среды обитания можно проследить по вызванным ими структурно-функциональным преобразованиям сообществ водных организмов, в том числе водорослей, поэтому оценить значимость показателей альгоценозов рек для характеристики экологических условий было одной из задач наших исследований. Изучение воздействия локальной антропогенной нагрузки было проведено в районе выпуска очищенных сточных вод муниципального предприятия «УК ЖКХ» с. Шигоны (рис. 13) в 2017 и 2018 гг. Именно в эти годы были проведены наши исследования р. Уса с наиболее полным гидрохимическим анализом воды одновременно с отбором гидробиологических проб (Зинченко и др., 2019).

Фитопланктон реки на участке от с. Суринск до пос. Пионерский. По данным гидрохимического анализа 2017-2018 гг., экологическое состояние участка реки Уса от места впадения ее притока Теренгульки до Усинского залива оценено как «относительно удовлетворительное» (Зинченко и др., 2019; Gorokhova, Zinchenko, 2019). На участке сброса вод очистных сооружений в районе с. Шигоны и ниже по течению существенного изменения концентрации определяемых веществ отмечено не было. Содержание лабильной фракции органического вещества ($БПК_5$) не превышало нормативов, установленных для природных вод рыбохозяйственного назначения, концентрации кислорода не падали ниже нормативных и находились в диапазоне 7,7–7,9 мг/дм^3, что соответствует 75–83% насыщения. В то же время, в опубликованном «Экологическом паспорте реки Уса» (Зинченко и др., 2019) рекомендован контроль за очистными сооружениями райцентра Шигоны, необходимость которого обусловлена ростом строительства коттеджей, жилых домов, турбаз и физическим износом самих очистных.

В фитопланктоне на участке от с. Суринск до пос. Пионерский таксономический состав и структуру определяли Bacillariophyta и Chlorophyta, представители этих же отделов имели ведущее ценотическое значение, что характерно для р. Уса. Диапазон численности составил 0,17-1,45 млн. кл./л, биомассы – 0,17-1,01 мг/л. По численности преобладали планктонные виды водорослей, среди доминантов по биомассе немало факультативно-планктонных форм. Структура альгоценозов характеризуется относительно высоким разнообразием и выравненностью (см. рис. 23, индекс Шеннона), вклад каждого из преобладающих видов в суммарную численность или биомассу не превышал 30%.

Показателен состав видов, развивающихся в планктоне на этом участке. На всех станциях в качестве доминирующих отмечены диатомовые – *Stephanodiscus hantzschii*, *Fragilaria capucina*, *Melosira varians*, а также зеленые водоросли – виды родов *Scenedesmus* и *Chlamydomonas*. Менее регулярны в составе доминантов *Aulacoseira granulata*, *Stephanodiscus minutulus* (Kütz.) Cl. & Möller и другие мелкоразмерные виды класса Centrophyceae (диатомовые); из зеленых водорослей – *Pandorina morum*, *Actinastrum*

hantzschii Lagerh., виды рода *Monoraphidium*. Большинство из этих видов широко распространены в мезотрофно-эвтрофных водах и характерны для планктона равнинных рек и водохранилищ Волги. Наряду с вышеперечисленными видами, на участке в районе с. Шигоны и ниже очистных сооружений доминирующий комплекс водорослей отличается присутствием цианопрокариот (*Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. & Cronb., *Oscillatoria limosa* Ag.), криптофитовых (*Chroomonas acuta* Uterm.) и эвгленовых (родов *Euglena* и *Trachelomonas*).

Такие виды, как *Stephanodiscus hantzschii, S. minutulus, Oscillatoria limosa* и *Chroomonas acuta*, являются показателями повышенной степени органического загрязнения. На это же указывает появление в планктоне видов рода *Euglena* (*E. caudata* Hubner) и некоторых хламидомонад (*Chlamydomonas reinhardtii* Dang., *C. simplex* Pasch.). Кроме того, ниже участка очистных в альгоценозах отмечено разнообразие видов рода *Nitzschia* (*N. palea*, *N. acicularis*, *N. capitellata* Hustedt и др.). Для некоторых видов этого рода исследователи отмечают устойчивость к загрязнению, а для *Nitzschia palea* показана способность очищать сточные воды от аммиака, нитратов, фосфора (Pittman et al., 2011; Al-Hassany et al., 2021).

Помимо доминирующих видов, показательно соотношение в планктоне числа видов-индикаторов различной степени сапробности. Так на участке реки ниже очистных сооружений (рис. 25, В, ст. Шигоны-сб) отмечена максимальная доля (41%) индикаторов повышенной степени сапробности: *β-α-*, *α-* и *α-β*-мезосапробов, *ρ-α*-мезосапробов. Несмотря на то, что эти виды не относятся к массовым, их разнообразие на участке ниже по течению очистных сооружений свидетельствует об увеличении содержания органических веществ.

Кроме видового состава, изменяются и количественные показатели альгоценозов. На рис. 22 показана динамика их средних значений за годы исследований; как видно, на станции в районе очистных их величины максимальны (рис. 25, А).

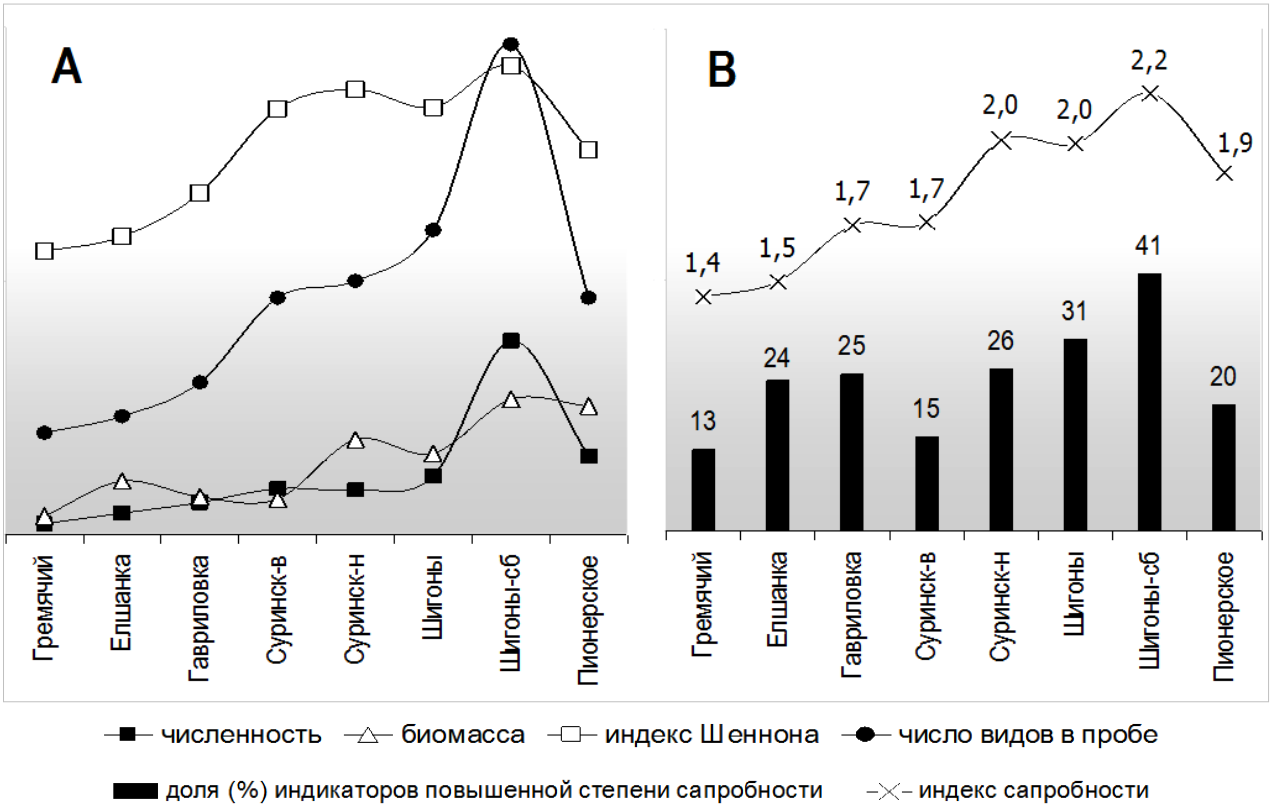


Рис. 25. Динамика средних за период исследований величин численности, биомассы, числа видов и индекса Шеннона (А), а также индекса сапробности и доли числа индикаторов повышенной степени сапробности (В).

При оценке размерной структуры альгоценозов реки по соотношению численности и биомассы фитопланктона (N/B) отмечено, что наиболее высокие значения также соответствуют станции в районе сброса сточных вод. Это свидетельствует об уменьшении размерности клеток водорослей, что рассматривается исследователями как признак повышения уровня трофии вод и преимуществу наиболее физиологически активных «мелких» видов (Методика изучения.., 1975; Михеева, 1992).

Все эти особенности таксономической и количественной структуры сообществ фитопланктона следует считать ответом на эвтрофирующее влияние крупного населенного пункта и выпуска стоков очистных сооружений.

Таким образом, по данным исследований 2015-2021 гг., в фитопланктоне р. Уса и ее притоков зарегистрировано 294 вида и внутривидовых таксонов из 8 систематических отделов. По числу видов в реках преобладают Bacillariophyta (43-56% состава) и Chlorophyta (26-47%); в планктоне Усинского залива в альгофлоре разнообразнее Chlorophyta. Эти же отделы формируют количественную структуру альгоценозов рек, тогда как для Усинского залива характерно летнее преобладание Cyanoprokaryota. Диапазон численности в фитопланктоне рек составил 0,02-5,2 млн. кл./л, биомассы – 0,01-1,8 мг/л; содержание хлорофилла «а» – 0,01-3,1 мкг/л; в Усинском заливе эти показатели выше: 6,1-14,8 млн. кл./л, 2,0-5,9 мг/л, 2,0-4,9 мкг/л соответственно.

Экологическая неоднородность водотока обусловливает значительную динамику таксономического состава и количественной структуры планктонных сообществ, о чем свидетельствуют низкая частота встречаемости видов, слабая флористическая общность и различия состава доминирующих видов участков рек. При гетерогенности распределения наблюдается увеличение видового разнообразия, численности, биомассы и концентрации хлорофилла «а» от истока к устью рек.

Ценотическая структура фитопланктона исследованных рек зависит от гидрологических факторов и биотопического разнообразия водотоков. Таксономические и структурные показатели альгоценозов р. Уса на участке точечного источника антропогенного воздействия информативно отражают изменение экологического состояния водотока. Это выражается в увеличении индекса сапробности и разнообразии видов, показателей повышенной степени органического загрязнения, а также в увеличении роли мелкоклеточных видов в сообществе фитопланктона, что характерно для участков реки при увеличении уровня трофности.

2.2.4. Свободноживущие инфузории[1]

При оценке экологического состояния водоемов и водотоков в качестве основных биотических компонентов рассматриваются, как правило, бактериопланктон, фито-, метазоопланктон, зообентос, мейобентос и другие индикаторные показатели (Биоиндикация.., 2007; Особенности пресноводных.., 2011). Вместе с тем, инфузории, наиболее детально изученные в бассейне Волги, где они представлены 210 видами, из которых 102 вида являются индикаторами различных сапробных зон водной среды (Жариков, 1994), весьма ценны для сравнительной оценки состояния водных масс бассейна реки Уса.

В разделе нами приводятся данные исследований разнообразия, пространственного изменения структуры сообщества инфузорий в водных массах р. Уса и Усинского залива, образованного в результате подпора реки водами Куйбышевского водохранилища примерно на 70 км вверх по течению реки и выделенного, по состоянию водных масс, в отдельный район или плес (Дзюбан, 1960; Фитопланктон Нижней.., 2003; Выхристюк, Варламова, 2003; Куйбышевское водохранилище.., 2008). Целенаправленные исследования инфузорий Усинского залива немногочисленны: в 2012 и 2020 гг. инфузорий устьевой части Усинского залива исследовали при оценке состояния Куйбышевского водохранилища, а в 2021 г. планктонных инфузорий изучали в составе одноклеточного планктона в речной части залива до впадения в Куйбышевское водохранилище. Проведенные исследования охватывали разные биологические сезоны и периоды, связанные с развитием других компонентов одноклеточного планктона, например, с массовым «цветением» цианопрокариот. При выполнении работ дается оценка пространственного изменения структуры сообщества инфузорий в водных массах системы река–залив–водохранилище и эколого-сапробиологического состояния водоема.

Материал и методы

В разделе представлены исследования инфузорий в 2012, 2020 и 2021 гг. Изучение инфузорий в Усинском заливе в 2012 г. проводили в рамках комплексной экспедиции ИЭВБ РАН с 15 по 18 августа (период массового «цветения» цианопрокариот) от пос. Кр. Миронов до устья р. Уса; в Куйбышевском водохранилище – на станции ниже места впадения реки в водохранилище (см. рис. 13). Отбор интегральных проб осуществляли батометром Дьяченко по трансектам: правый берег – русло – левый берег с горизонтов через каждые 2 м от поверхности до глубины 10 м, и далее – отбор через каждые 5 метров после глубины 10 м до дна. В прибрежье пробы отбирали, как правило, в зарослевых экотопах (формируемых осокой, рогозом, камышом, зарослями ивы и т.д.) с глубинами менее 1,2 м.

В 2020 г. отбор проб инфузорий планктона осуществляли осенью (6 октября) из поверхностных горизонтов на 6 станциях Усинского залива (от станции Междуреченска до устья Усы). В этот же период исследовалось и пространственное распределение инфузорий по акватории Приплотинного плеса (рис. 28).

В 2021 г. пробы отбирали 30 июня и 5 июля 2021 г. (период начала «цветения») на шести станциях, равномерно расположенных вдоль р. Уса («река»: Гаврилкино, Малячкино, Шигоны), Усинского залива («залив»: Кр. Миронов, Междуреченск, Устье залива) и на двух станциях Приплотинного плеса водохранилища (выше и ниже места впадения р. Уса). Для анализа были отобраны интегральные пробы из верхней фотической зоны до глубины 10 м, с интервалом 1 м на глубоководных станциях и из поверхностного слоя воды (0-0,5 м) на станциях речного участка с глубиной менее 1 м.

Физико-химические показатели определяли одновременно с отбором проб портативными приборами Эксперт-001, кондуктометр CD-4302. Количественный учет инфузорий

[1] Быкова С.В.

проводили на сулемовых препаратах после предварительного концентрирования пробы самотеком через мембранные фильтры. Объем проб – 250 мл. Видовое определение осуществляли как на препаратах, так и в живом виде.

Физико-химические показатели летом и в периоды продолжительности «цветения» воды цианопрокариотами приведены в табл. 24. Как видно, степень развития цианобактерий характеризуется заметным повышением активной реакции среды (9,4-10,0) и закономерными сезонными изменениями температуры, pH и прозрачности воды (табл. 24).

Таблица 24. Некоторые физико-химические показатели р. Уса, Усинского залива и Куйбышевского водохранилища (2012, 2020, 2021 гг.)

Экотоп	Показатель	Глубина, м	Прозрачность, м	Температура, °С	*pH*	O_2, мг/л	Электропроводность, µSm/см
2012 г. (лето, интенсивное «цветение»)							
Усинский залив, русло (5)*	среднее	14,2	-	24,3	9,8	8,34	-
	мин.-макс.	8,0-23,0	-	23,9-25,2	-	6,80-9,93	-
Усинский залив, берег (8)	среднее	0,91	-	24,3	9,77	7,79	-
	мин.-макс.		-	23,6-24,5	9,4-10,0	6,42-9,3	-
Водохранилище (1)		30,0	-	23,1	8,8	6,60	-
2020 г. (осень)							
Усинский залив (6)	среднее	10,33	2,42	15,8	8,44	-	-
	мин.-макс.	7,0-16	2,10-2,70	15,7-15,8	8,38-8,53	-	-
Водохранилище (2)	среднее	18	3	15,6	8,41	-	-
	мин.-макс.	14-20	2,80-3,20	15,5-15,8	8,30-8,47	-	-
2021 г. (лето, начало «цветения»)							
Река Уса (3)	среднее	<1	0,6	20,2	8,31	6,9	506
	мин.-макс.			20-20,6	8,09-8,51		449-569
Усинский залив (3)	среднее	8,3	0,6	25,6	8,91	8,23	329
	мин.-макс.	3,3-15,1	0,45-0,8	24,3-28,2	8,31-9,22	6,7-10,0	316-340
Водохранилище (2)	среднее.	16,3	1,55	24,3	8,55	7,18	330
	мин.-макс.	15,1-17,4	0,8-2,3	21,6-28,8	7,83-9,84	5,89-8,48	317-340

Примечание: * в скобках указано количество станций

Видовое разнообразие. Всего за разные периоды исследования было выявлено около 90 видов свободноживущих инфузорий. По системе E. Small and D. Lynn (2000), они относятся к 8 классам, 19 отрядам, 40 семействам и 58 родам (табл. 25). В разные периоды отбора проб число зарегистрированных видов варьировало от 37 до 50. Минимальное видовое богатство наблюдалось в период максимума «цветения» (август 2012 г.). Бóльшим числом крупных таксонов представлен видовой состав инфузорий Усинского залива в период начала «цветения» в июле 2021 г. – 8 классов, а минимальным – 5 классов в осенний период 2020 г. Вместе с тем, видовое разнообразие инфузорий на уровне крупных таксонов выше именно в осенний период (индекс разнообразия Шеннона *Hn* 1,85 бит/экз.). Существенное различие в распределении видов по крупным таксонам обусловлено, в первую очередь, сезонными особенностями: осенью по числу видов и по численности преобладают представители класса Spirotrichea, а в период летнего «цветения» в основном, за небольшим исключением – представители кл. Oligohymenophorea (табл. 25). В то же время в период массового развития цианопрокариот лидирующие позиции по числу видов также имеют представители класса Spirotrichea. Функциональная роль представителей одного и того же класса летом 2012 г. и осенью 2020 г различна. Так, летом 86% численность инфузорий данного класса была сформирована представителями отрядов Choreotrichida и Sporadotrichida, а осенью – около 89% численности составляли представители отрядов Tintinnida и Strombidiida.

Таблица 25. Таксономическая структура сообществ инфузорий по числу видов и численности

Класс	Число видов (%)				Численность (%)			
	2012 г.	2020 г.	2021 г.		2012 г.	2020 г.	2021 г.	
			река	залив			река	залив
	лето	осень	лето		лето	осень	лето	
Heterotrichea	2,8	0	0	2,4	0,1	0	0	0
Spirotrichea	**25,0**	**34,0**	7,1	21,4	27,9	**44,8**	3,3	18,1
Litostomatea	22,2	30,0	14,3	19,0	7,4	9,4	6,7	6,0
Phyllopharyngea	11,1	6,0	7,1	4,8	1,6	0,8	3,3	0,6
Nassophorea	0	0	0	2,4	0	0	0	0,2
Colpodea	0	0	7,1	2,4	0	0	6,7	1,1
Prostomatea	16,7	12,0	21,4	19,0	9,7	18,0	6,7	4,4
Oligohymenophorea	22,2	18,0	**42,9**	**28,6**	**53,2**	27,0	**73,3**	**69,6**

Примечание. Жирным шрифтом выделены максимальные величины.

Доминирующий комплекс видов представлен в табл. 26-28. В период «цветения» основным средообразующим фактором для многих планктонных протистов и микрозоопланктона являются водоросли, что во многом способствует формированию специфических черт других компонентов планктона. Так, особенностью сообщества инфузорий Усинского залива в период «цветения» можно считать развитие в массовом количестве перитрих п/кл. Peritrichia (51% численности и 66% биомассы): одиночных (роды *Vorticella, Vaginicola*), ассоциированных с планктонными водорослями, и колониального свободноплавающего *Epistylis procumbens* Zacharias, 1897 (табл. 26-28).

Таблица 26. Состав, численность (*N*, экз./л) и биомасса (*B*, мкг/л) структурообразующих (доминантов и субдоминантов, >1%) видов сообщества инфузорий в Усинском заливе в августе 2012 г. (разгар «цветения»)

Виды	*N*, экз./л		Виды	*B*, мкг/л	
	абс.	%		абс.	%
Vorticella spp. (20-40 мкм)*	168,9	25,9	*Vorticella* spp. (>60 мкм)	15,90	42,6
Vorticella spp. (>60 мкм)	105,8	16,2	*Rimostrombidium lacustris*	5,24	14,0
Rimostrombidium lacustris (Foissner, Skogstad & Pratt, 1988) Petz & Foissner, 1992	73,2	11,2	*Epistylis procumbens*	4,72	12,6
			Vorticella sp. (40-60 мкм)	2,34	6,3
Coleps hirtus (Müller, 1786) Nitzsch, 1827	39,7	6,1	*Vorticella* spp. (20-40 мкм)	1,40	3,7
Halteria grandinella (Müller, 1773)	38,8	5,9	*Didinium chlorelligerum*	1,06	2,8
Rimostrombidium spp.	37,8	5,8	*Frontonia atra* Ehrenberg, 1833	0,93	2,5
Vorticella sp. (40-60 мкм)	28,9	4,4	*Frontonia* sp.	0,93	2,5
Epistylis procumbens Zacharias, 1897	19,4	3,0	*Stentor* sp.	0,81	2,2
Didinium chlorelligerum Kahl, 1935	16,0	2,5	*Enchelys simplex* Kahl, 1926	0,81	2,2
Limnostrombidium viride (Stein, 1867) Krainer, 1995	14,5	2,2	Неидентифицированный вид	0,46	1,2
Неидентифицированный вид	13,5	2,1	*Limnostrombidium viride*	0,45	1,2
Urotricha spp.	10,8	1,6	*Amphileptus pleurosigma* (Stokes, 1884) Foissner 1984	0,42	1,1
Chilodonella uncinata (Ehrenberg, 1838) Strand, 1928	9,2	1,4			
Vaginicola crystallina Ehrenberg, 1830	8,9	1,4			
Balanion planctonicum Foissner et al., 1994	8,0	1,2			

Примечание. * Идентификация инфузорий р. *Vorticella* в фиксированном состоянии затруднена, поэтому все выявленные представители р. *Vorticella* отнесены к четко различающимся размерным фракциям, соответствующим различной видовой принадлежности.

Таблица 27. Состав и количественные показатели структурообразующих видов сообщества инфузорий в Усинском заливе в октябре 2020 г.

Виды	*N*, экз./л		Виды	*B*, мкг/л	
	абс.	%		абс.	%
Tintinnopsis cylindrata Kofoid & Campbell, 1892	241	27,3	*Pelagodileptus trachelioides*	12,33	37,6
Histiobalantium bodamicum Krainer et Muller, 1995	218	24,7	*Stokesia vernalis* Wenrich, 1929	4,42	13,5
Coleps hirtus viridis Ehrenberg, 1831	116	13,1	*Histiobalantium bodamicum*	3,51	10,7
Tintinnidium fluviatile (Stein, 1863) Kent, 1881	43	4,9	*Paradileptus conicus*	2,12	6,5
Limnostrombidium pelagicum (Kahl, 1932) Krainer, 1995	31	3,5	*Urotricha venatrix*	2,1	6,4
			Rimostrombidium lacustris	1,65	5
Tintinnidium fluviatile f. *minima* Mamaeva, 1979	22	2,5	*Coleps hirtus viridis*	1,5	4,6
Paradileptus conicus Wenrich, 1929	16	1,9	*Tintinnopsis cylindrata*	0,77	2,3
Urotricha pelagica Kahl,1935	14	1,6	*Enchelys simplex* Kahl, 1926	0,57	1,7
Pelagodileptus trachelioides (Zacharias, 1894) Foissner, Berger & Schaumburg, 1999	13	1,5	*Limnostrombidium pelagicum*	0,51	1,6
			Tintinnidium fluviatile	0,51	1,5
Rimostrombidium lacustris (Foissner, Skogstad & Pratt, 1988) Petz & Foissner, 1992	13	1,5	*Urotricha pelagica*	0,33	1
Askenasia volvox (Eichwald, 1852) Blochmann, 1895	14	1,5			
Rimostrombidium hyalinum (Mirabdullaev, 1985) Petz & Foissner, 1992	13	1,5			
Urotricha spp. (*U. farcta* Claparède & Lachmann, 1859 + *U. furcata* Schewiakoff, 1893)	11	1,2			
Halteria grandinella (Müller, 1773) Dujardin, 1841	10	1,2			
Urotricha venatrix Kahl, 1935	9	1			
Monodinium chlorelligerum Krainer, 1995	9	1			

Исследование колониального вида выявило устойчивый тренд уменьшения количества колоний *E. procumbens* и их вклада в общую численность и биомассу от верховьев залива к устью в разгар «цветения». На первых трех трансектах (Кр. Миронов, Голубая Гавань, Междуреченск) колонии встречались на различных исследованных участках реки: правый берег, русло, левый берег. В Усинском заливе вид отмечен только в русловой части и далее в водохранилище. Морфометрические и функциональные характеристики вида представлены в табл. 29. Наиболее крупные колонии были зарегистрированы на правом берегу и в русловой части залива. Для сравнения: в период начала «цветения» (июнь 2021 г.) колонии *E. procumbens* были значительно крупнее (табл. 29) и встречались на этом же участке Усинского залива, с уменьшением числа колоний к устью. Возможно, уменьшение такого показателя, как количество зооидов в колонии, в разгар «цветения» является результатом «ограничивающего» влияния длительности процесса. Тем не менее, и в период «цветения» вид способен формировать до 20% общей биомассы сообщества инфузорий.

На речном участке р. Уса доминирующий комплекс видов формируется за счет сидячих на детрите *Vorticella* sp. (вероятно, *Vorticella* cf. *convalaria)* и скутикоцилиаты *Glaucoma* sp. (табл. 28). В целом, в летний период инфузории из подкласса Scuticociliatia играют значимую роль в формировании общей численности (до 45%) на речном участке. Другой вид скутикоцилиат *Cinetochilum margaritaceum* вносит значимый вклад в численность инфузорий в Усинском заливе в период начала процесса «цветения» (табл. 28). Переходный характер сообщества инфузорий Усинского залива в 2021 г. наглядно демонстрирует диаграмма Венна (рис. 26). Полярные сообщества реки и водохранилища не имеют общих видов, в то время как сообщество залива «перекрывается» как с сообществом водохранилища (16 общих видов), так и с сообществом инфузорий реки (6 общих видов).

Таблица 28. Состав и количественные показатели структурообразующих видов сообщества инфузорий на речном участке р. Уса и в заливе в июне-июле 2021 г. (начало летнего «цветения»)

Виды	N, экз./л		Виды	B, мкг/л	
	абс.	%		абс.	%
Речной участок					
Vorticella spp. (30-40 мкм)	9,3	19,4	*Vorticella* spp. (30-40 мкм)	0,24	36,2
Glaucoma scintillans Ehrenberg, 1830	8,0	16,7	*Epistylis* sp. 1 (эпизой)	0,16	23,9
Dexiotricha sp.	4,0	8,3	*Glaucoma scintillans*	0,07	10,6
Epistylis sp. 1 (эпизой)	4,0	8,3	*Dexiotricha* sp.	0,03	4,6
Calyptotricha lanuginosa (Penard, 1922) Wilbert & Foissner, 1980	2,7	5,6	*Tritigmostoma cucullulus*	0,03	4,5
			Epistylis sp. 2	0,02	3,0
Cyclidium spp.	2,7	5,6	*Amphileptus* sp.	0,02	2,9
Cyrtolophosis mucicola Stokes, 1885	2,7	5,6	*Lagynophrya* spp.	0,02	2,7
Cinetochilum margaritaceum (Ehrenberg, 1831) Perty, 1849	1,3	2,8	*Urotricha* spp. (25-40 мкм)	0,02	2,6
			Calyptotricha lanuginosa	0,01	2,2
Urotricha spp. (25-40 мкм)	1,3	2,8			
Urotricha spp. (<25мкм)	1,3	2,8			
Ctedoctema acanthocrypta Stokes, 1884	1,3	2,8			
Amphileptus sp.	1,3	2,8			
Lagynophrya sp.	1,3	2,8			
Tritigmostoma cucullulus (Müller, 1786) Jankowski, 1967	1,3	2,8			
Усинский залив					
Vorticella spp. (20-30 мкм)	613,3	34,6	*Epistylis procumbens*	29,45	54,7
Cinetochilum margaritaceum	285,3	16,1	*Rimostrombidium lacustris*	7,45	13,8
Haplocaulus sp.	108,0	6,1	*Vorticella* spp. (20-30 мкм)	4,44	8,2
Rimostrombidium spp.	73,3	4,1	*Vorticella* spp. (>40 мкм)	3,30	6,1
Halteria grandinella (Müller, 1773)	64,0	3,6	*Cinetochilum margaritaceum*	1,23	2,3
Rimostrombidium lacustris	60,0	3,4	*Linostomella vorticella* (Ehrenberg, 1834)	1,20	2,2
Halteria sp.	56,0	3,2			
Epistylis procumbens Zacharias, 1897	54,7	3,1	*Vorticella* spp. (30-40 мкм)	0,65	1,2
Tintinnopsis cylindrata Kofoid & Campbell, 1892	48,0	2,7	*Haplocaulus* sp.	0,65	1,2
Vorticella spp. (40-60 мкм) (cf. *campanula* Ehrenberg, 1831)	46,7	2,6	*Halteria* sp.	0,64	1,2
Spathidium viride Penard 1922	45,3	2,6			
Urotricha spp. (*furcata* + *farcta*)	30,7	1,7			
Cyclidium spp.	28,0	1,6			
Acaryophrya sp.	28,0	1,6			
Vorticella spp. (cf. *convallaria* (Linnaeus, 1758))	25,3	1,4			
Coleps hirtus viridis Ehrenberg, 1831	20,0	1,1			
Cyrtolophosis mucicola Stokes, 1885	18,7	1,1			

Таблица 29. Особенности развития *Epistylis procumbens* Zacharias, 1897 на участках акватории Усинского залива (Андреева и др., 2021)

Участки	Среднее число колоний	Среднее число зооидов в колонии	Средняя масса колонии, мкг	Вклад (N/B), %
Начало «цветения» (2021 г.)				
Залив	55	21	0,536	3,0/47,5
Водохранилище	10	13,2	0,336	1,3/8,7
Разгар «цветения» (2012 г.)				
Залив, русло (5)	24	9,7	0,263	2,6/20,2
Залив, правый берег (3)	14,7	12,4	0,334	2,1/7,8
Залив, левый берег (3)	29,3	6,4	0,172	0,7/2,3
Водохранилище	0	0	-	-

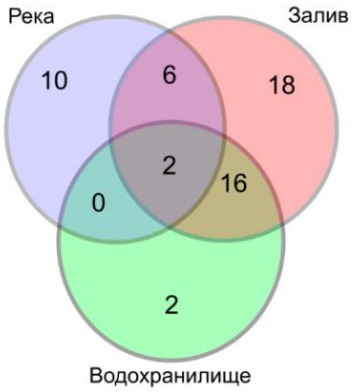


Рис. 26. Диаграмма Венна распределения общих и специфических видов инфузорий в разных местообитаниях (Уманская и др., 2023).

Ассоциированность видов в сообществе инфузорий планктона в системе «река–залив–водохранилище». На основе совместной встречаемости и взаимной приуроченности или, напротив, несовместимости видов была предпринята попытка выделить ценотические комплексы (рис. 27, а). Ассоциированность видов, особенно в Усинском заливе и водохранилище невелика: выделенные комплексы «нечетки» и плавно переходят друг в друга. Так, выделяются комплексы видов начала залива (I), его центральной части (II), устьевой зоны (III) и виды, характерные как для залива, так и для водохранилища (IV). Обособленно стоят виды переходной зоны река-залив (V) и собственно речных видов, число которых незначительно. Различия показателей обилия речных видов статистически незначимы, что не позволяет говорить о сформированном «речном» комплексе видов.

Кластеризация проб по станциям полностью подтвердила вышесказанное (рис. 27, б) и разделила их сообщества на «водохранилищный» кластер «Rs.1 – Rs.2 – By.3», в который входит устьевой участок «By.3», кластер непосредственно залива «By.1– By.2», сохраняющий сильную связь с устьевой зоной, и речной кластер («rv.2 – rv.3»).

Выполненная кластеризация видов по пробам (рис. 27,б) на основе их ассоциированности разделила виды на «не полностью разделяемые» ценотические комплексы залива и водохранилища. Так, устьевой участок реки «By. 3» совпал с кластером водохранилища «Rs.1 – Rs.2 – By.3», речным кластером (станции Малячкино и Шигоны, «rv.2 – rv.3») и обособленной станцией выше по течению (станция Гаврилкино, «rv.1»).

Серьезная перестройка всего сообщества инфузорий и, в частности, состава их доминантов происходит осенью: по численности преобладают *Tintinnopsis cylindrata, Histiobalantium bodamicum, Coleps hirtus viridis*, а по биомассе – крупные *Pelagodileptus trachelioides* и *Stokesia vernalis* (табл. 27). Видовой состав инфузорий осенью даже несколько богаче (табл. 27). Надо отметить, что осенний отбор проб позволил выявить новый для приплотинного участка Куйбышевского водохранилища вид *H. bodamicum*, который в Приплотинном плесе и в Усинском заливе вошел в состав доминантов.

Количественное развитие сообществ инфузорий в р. Уса летом и осенью сравнимо (табл. 30): за период исследований численность инфузорий в заливе варьировала от 124 тыс. экз./м^3 до 2604 тыс. экз./м^3, биомасса – от 6,4 до 104,9 мг/м^3. На речном участке количественные показатели минимальны: численность составляет 32-72 тыс. экз./м^3, биомасса – 0,29-1,32 мг/м^3. Значимость вклада инфузорий в численность микрозоопланктона (коловратки, инфузории, раковинные амебы, велигеры и т.д.) в осенний период наглядно демонстрирует рис. 28. Инфузории формировали от 57% до 89% численности микрозоопланктона. Вклад биомассы инфузорий в суммарную биомассу одноклеточного планктона (гетеротрофные бактерии, цианобактерии, эукариотический фитопланктон) в период начала «цветения» в 2021 г. относительно незначителен и составил от 0,05% на речном участке до 0,13% в Усинском заливе и 1,1% в водохранилище (Уманская и др., 2023).

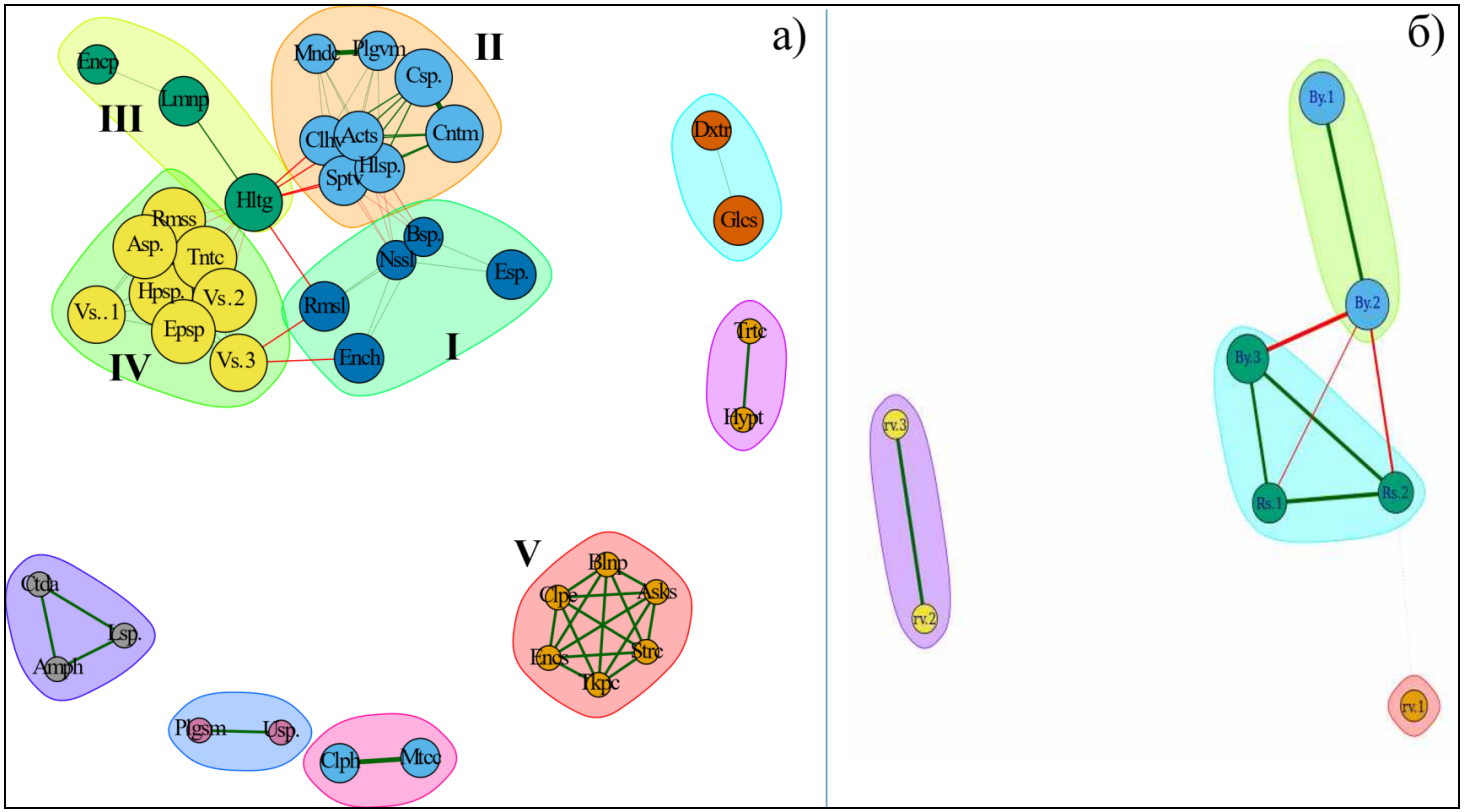


Рис. 27. Графы ценотических комплексов видов инфузорий в системе «река-залив-водохранилище» р. Уса (а) и группировки станций отбора проб (б) Species… [электронный ресурс]. Толщина ребра – сила связи, размер маркера – частота встречаемости видов. Для построения использовали гипергеометрическое распределение: пороговое значение вероятности принималось равным 0,05; алгоритм построения графа – «Fruchterman-Reingold» (а) и «Kamada – Kawai» (б); алгоритм кластеризации вершин графа – «Affinity propagation». Вычисления выполнены в среде статистического анализа R 3.6 с использованием пакетов igraph и lmPerm (Курина и др., 2023; Kotov et al., 2022; Селезнев, Шитиков [электронный ресурс]).

Обозначения: а) I-V – комплексы, см. пояснение в тексте; сокращения видов: **I:** Ench – Encheliidae, Esp – *Epistylis* sp., Rmsl – *Rimostrombidium lacustris*, Nssl – *Nassula* sp., Bsp. – *Bursaridium* sp.; **II:** Mndc – *Monodinium chlorelligerum*, Plgvm – *Pelagovorticella mayerii*, Csp – *Cyclidium* spp., Cntm – *Cinetochilum margaritaceum*, Acts – *Actinobolina smalli*, Hlsp. – *Halteria* sp., Clhv – *Coleps hirtus viridis*, Sptv – *Spathidium viride*; **III:** Encp – *Enchelys* pupa, Lmnp – *Limnostrombidium pelagicum*, Hltg – *Halteria grandinella*; **IV:** Asp. – *Acaryophrya* sp., Rmss – *Rimostrombidium* spp., Tntc – *Tintinnopsis cylindrata*, Hpsp. – Epsp – Epistylis sp., Vs.1 – Vorticella spp. (>40 мкм), Vs.2 – Vorticella spp. (20-30 мкм) Vs.3 – *Vorticella* sp. (<25 мкм); **V:** Blnp – *Balanion planctonicum*, Asks – *Askenasia* sp., Strc – *Strobilidium caudatum*, Tkpc – *Tokophrya cyclopum*, Clpe – *Coleps elongata*; Amph – *Amphileptus* sp., Ctda – *Ctedoctema acanthocrypta*, Plgsm – *Pelagostrombidium mirabile*, Usp. – *Uronema* sp., Clph – *Coleps hirtus*, Mtcc – *Metacineta cuspidata*, Trtc – *Tritigmostoma cucullulus*, Hypt – *Hypotricha*, Dxtr – *Dexiotricha* sp., Glcs – *Glaucoma scintillans*; б) rv.1, rv.2, rv.3 – станции речного участка; By.1, By.2, By.3 – станции Усинского залива; Rs.1, Rs.2 – станции водохранилища выше и ниже впадения Усы.

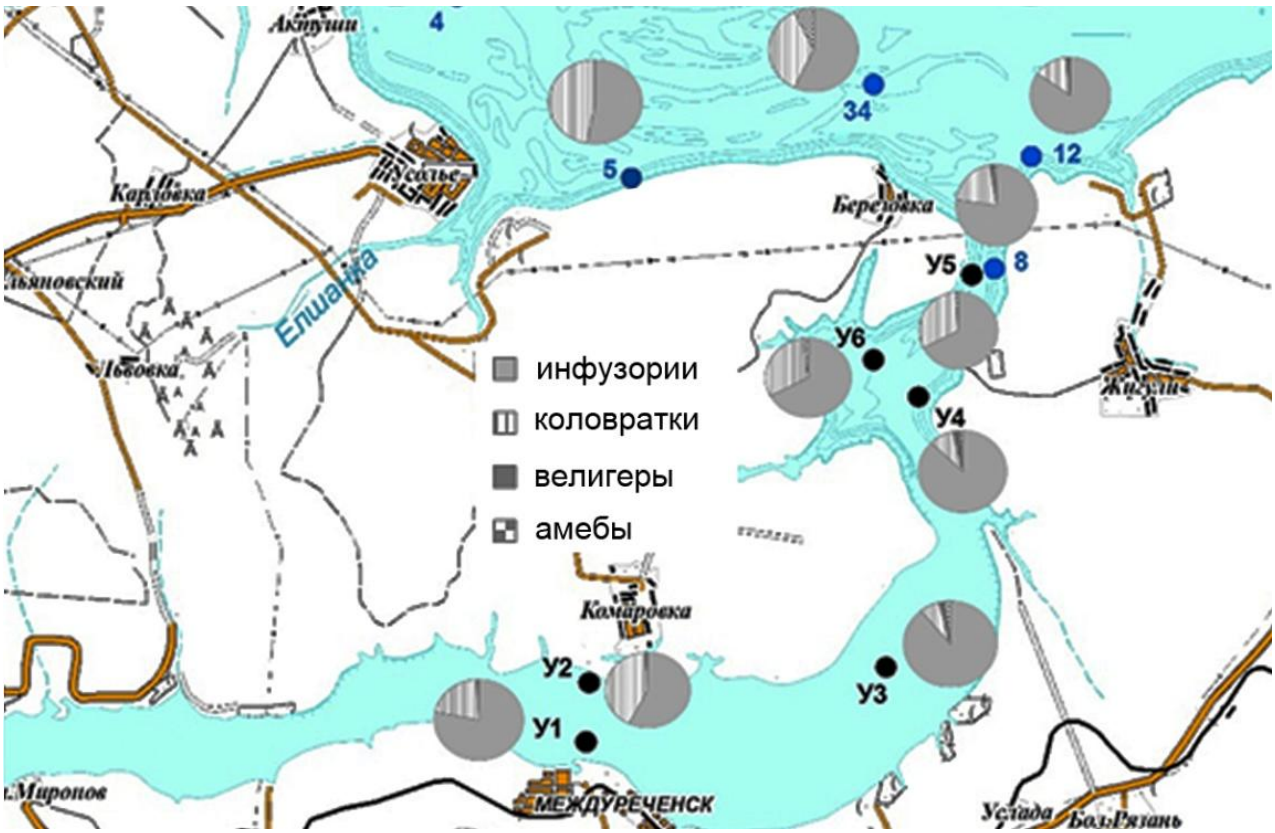


Рис. 28. Пространственное изменение вклада инфузорий в суммарную численность микрозоопланктона в Усинском заливе и на прилегающих станциях Куйбышевского водохранилища в сентябре–октябре 2020 г.

Таблица 30. Средние характеристики сообщества инфузорий и их пределы в р. Уса и прилегающем участке водохранилища

Параметр / Экотоп	*N*, тыс. экз./м^3		*B*, мг/м^3		*n, экз.*		H_n, бит/экз.		H_b, бит/экз.	
	сред.	мин. – макс.	сред.	мин. – макс.	в целом	мин. – макс.	в целом	мин. – макс.	в целом	мин. – макс.
2012 г. (лето, интенсивное «цветение»)										
Залив в целом	671	124-1176	38,9	6,9-104,9	40	8-20	3,89	2,12-3,65	3,03	1,02-3,04
– русло	851	460-1176	40,7	8,9-98,5	31	13-20	3,99	2,58-3,68	3,07	1,76-3,04
– литораль	529	124-960	35,3	6,9-104,9	33	8-20	3,70	2,13-3,48	2,80	1,02-3,03
Водохранилище	616	–	12,2	–	18	–	2,90	–	2,69	–
2020 г. (осень, продолжающееся слабое «цветение»)										
Залив	883	360-2284	32,8	23,2-64,1	48	17-38	3,54	2,69-3,52	3,29	1,60-3,60
Водохранилище	194	32-356	1,9	0,1-3,8	25	24-32	2,86	1,75-2,83	3,29	1,91-3,20
2021 г. (лето, начало «цветения»)										
Река	48	32-72	0,7	0,29-1,32	18	7-9	3,76	2,71-3,12	2,93	2,07-2,88
Залив	1771	953-2604	53,9	24,0-79,9	42	26-32	3,66	3,35-3,58	2,58	1,57-2,83
Водохранилище	732	612-852	37,5	35,3-39,6	20	14-15	2,10	1,71-2,04	1,03	0,86-1,04

Примечание: *N* – численность, *B* – биомасса, *n* – число видов, H_n – индекс Шеннона по численности, H_b – индекс Шеннона по биомассе.

Усинский залив, однозначно являясь более защищенным местообитанием, чем Приплотинный плес Куйбышевского водохранилища, в исследованные периоды характеризовался более интенсивным развитием и высоким разнообразием многих гидробионтов, в том числе и инфузорий (табл. 30). Рассматривая изменение сообщества инфузорий вдоль течения р. Уса (2021 г.), можно утверждать, что сообщество инфузорий залива по многим признакам харак-

терно для зоны экотона, с повышенным значениями численности, биомассы и видового разнообразия. Максимальные значения регистрировались в середине залива на разрезе Междуреченск – Комарово (рис. 29), за исключением августа 2012 г., когда, по всей вероятности, начавшиеся процессы активного разложения после длительного периода массового развития цианобактерий и возможные «заморные» явления (регистрировались минимальные для залива значения содержания и насыщения кислородом и запах сероводорода в придонном слое воды) ограничивали развитие аэробных инфузорий, а сообщество, приспособленное к анаэробным условиям, еще не успело сформироваться. Минимальными значениями численности и биомассы характеризовалось «лотическое» сообщество речного участка, в большей степени состоявшее из мелких представителей подкласса Scuticociliatia, что обусловило количественные показатели на 1-2 порядка ниже, чем показатели «лентического» сообщества Усинского залива. Довольно высокое значение индекса Шеннона сообщества инфузорий речного участка (β-разнообразие) при относительно низком видовом составе в пробе (α-разнообразие) обусловлено, в первую очередь, низким сходством видового состава инфузорий соседних станций (табл. 30). Возможно, при низких численностях необходимо увеличения объема исследованных проб.

Структурная организация сообщества инфузорий во многом определяется сезонной сукцессией, характеризуемой различиями в трофической структуре, выраженной летом и осенью. В разные по продолжительности периоды «цветения» воды в сообществе инфузорий залива доминируют в основном бактерио-детритофаги и альгофаги (рис. 30). В целом, «цветение» воды, являясь средообразующим фактором, существенно меняет структуру инфузорного сообщества: значительно уменьшается роль характерных для водохранилища трофических групп – альгофагов и неселективных всеядов при практически абсолютном доминировании бактеридетритофагов. Явное преобладание (65-70% численности и биомассы в августе 2012 г. и 80-93% численности и 79-96% биомассы в июле 2021 г.) бактериодетритофагов-фильтраторов (*Vorticella* spp., *Cinetochilum margaritaceum*), питающихся гетеротрофными бактериями и пикоцианобактерими, и гистофагов в Усинском заливе обусловлено процессами разложения, закономерно сопровождающими цианобактериальное «цветение». Интересен факт, что в планктоне не было обнаружено классических цианофагов (например, p. *Nassula*), однако они были встречены в микробных матах, всплывающих со дна и поднимающихся на поверхность в речной части Усы. В осенний период (октябрь 2020 г.) в отсутствие влияния «цветения», трофическая структура сообщества инфузорий более разнообразна: по численности лидируют неселективные всеяды, бактерио-детритофаги и гистофаги, а по биомассе – хищники и альгофаги (рис. 30). Следует отметить более заметный вклад гистофагов в численность и хищников – в биомассу в сообществе залива, по сравнению с рекой и водохранилищем.

Вклад инфузорий с симбиотическими водорослями в заливе в летний период «цветения» ничтожно мал (1,4% численности и 1,1% биомассы). Это объясняется тем, что уровень трофности водоема высок, прозрачность невелика и содержание кислорода, за небольшим исключением (в районе Междуреченска в 2021 г.), благоприятно для гидробионтов, т.е. отсутствуют условия, провоцирующие развитие миксотрофов. Осенью, по сравнению с летним периодом, заметно увеличилась роль инфузорий, содержащих симбиотические водоросли (28% числа видов, 18% численности и 60% биомассы). Так, в верховьях и середине Усинского залива встречался гистофаг *Coleps hirtus viridis*, который обычно регистрируется в озерах у границы кислородной и бескислородной зон, а в устьевой зоне залива – крупный хищник *Pelagodileptus trachelioides*, находки которого в Волжском бассейне приурочены к зонам повышенной турбулентности (Bykova, 2021b): например, в зоне слияния вод Волги и Камы в Волжско-Камском плесе и в шлюзах Волго-Донского канала.

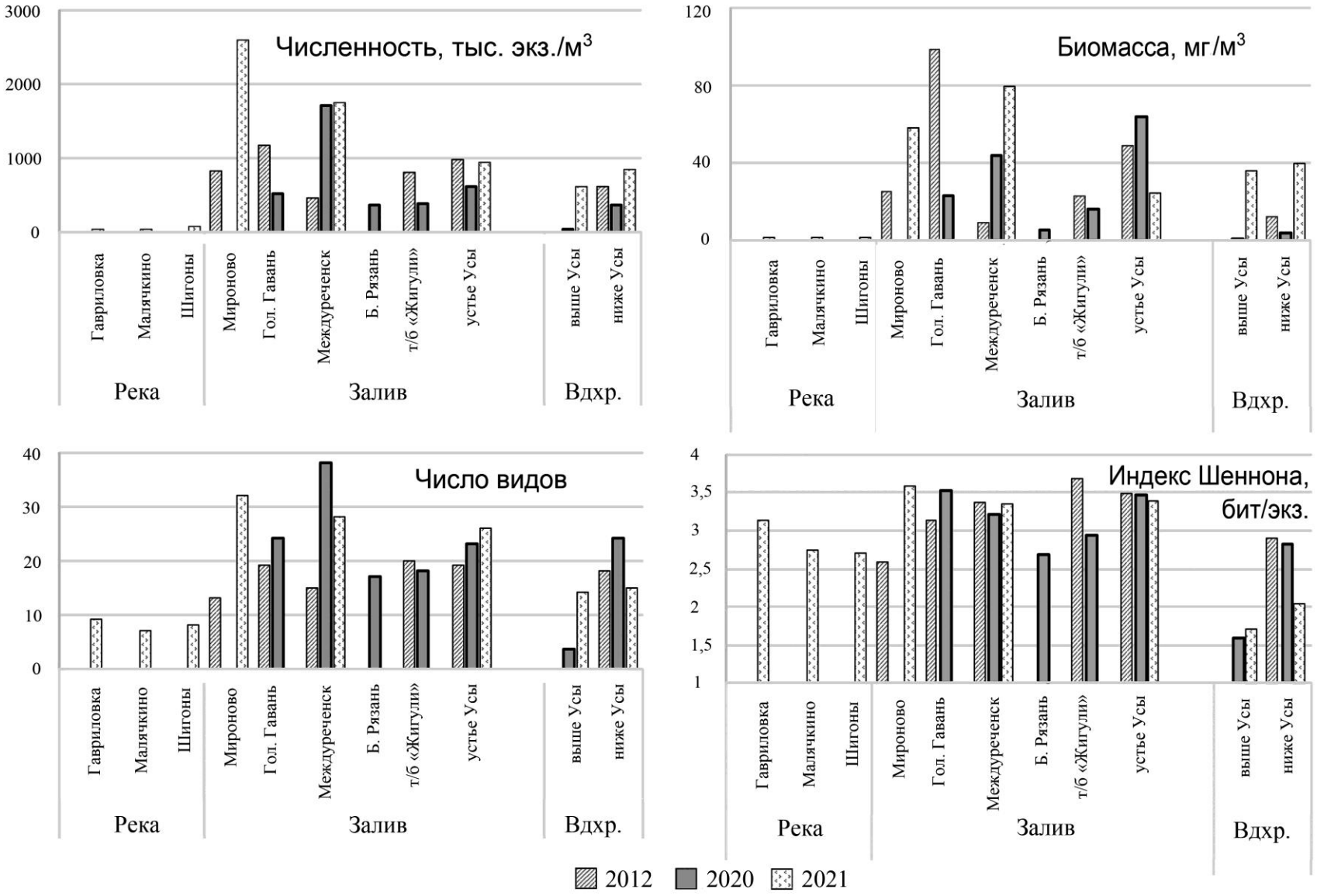


Рис. 29. Изменение численности, биомассы, числа видов и индекса видового разнообразия сообществ инфузорий в системе «река–залив–водохранилище».

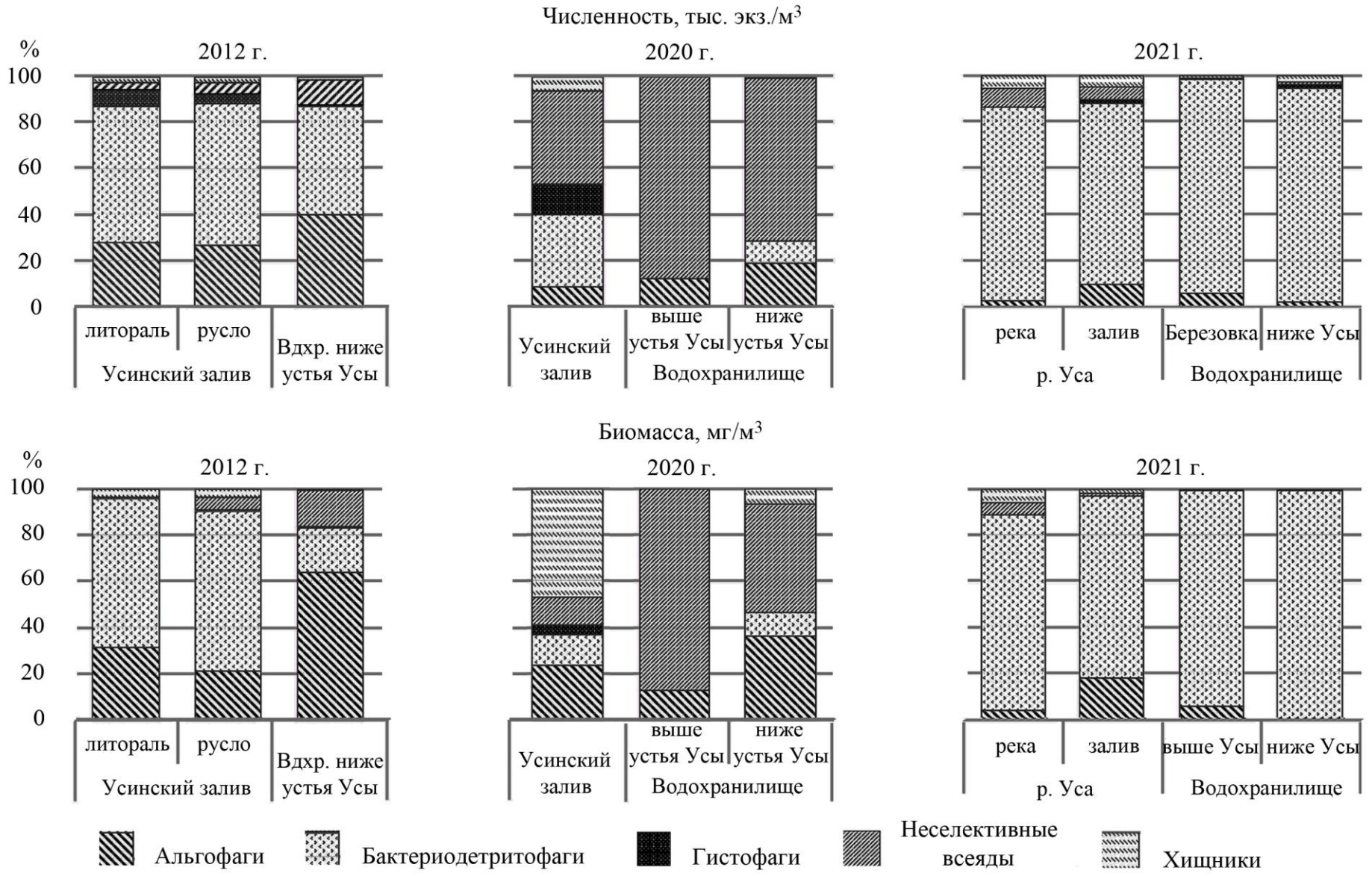


Рис. 30. Трофическая структура сообщества инфузорий р. Уса и Усинского залива.

Пространственная гетерогенность количественных характеристик сообщества на акватории Усинского залива. Сообщества инфузорий на участках правого, левого берега и в русловой части между собой достоверно не отличались (рис. 31). Тем не менее, в русловой части почти все показатели видового богатства, разнообразия и численности инфузорий в среднем были выше, чем в литорали (табл. 30). Лишь биомасса инфузорий на верхней правобережной станции оказалась выше, чем на русле. Гетерогенность распределения численности и биомассы инфузорий по акватории, вероятно, связана с морфометрией берегов и разной, в связи с нагонными явлениями, концентрацией цианобактерий. В целом, конфигурация залива, его ориентация в западно-восточном направлении, расположение в холмистой местности, роза ветров (32,3% направлений ветров с севера и северо-востока) и другие факторы, несмотря на полный охват «цветением» всей акватории, способствуют более мощным и частым, благодаря нагонным явлениям, скоплениям цианобактерий у правого берега.

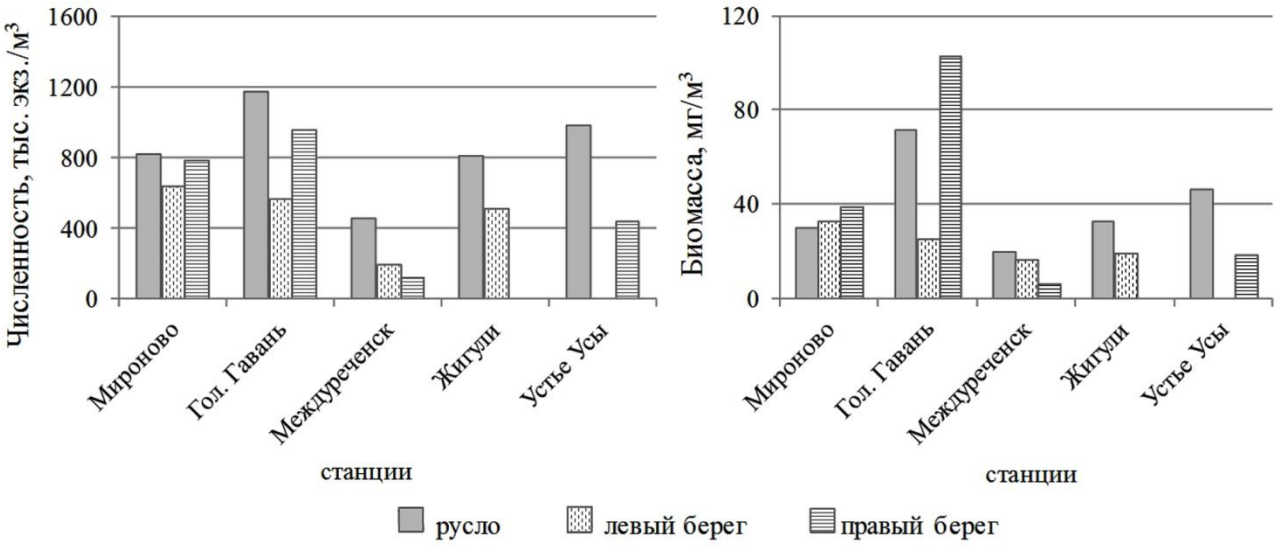


Рис. 31. Распределение численности и биомассы свободноживущих инфузорий на разных экотопах разреза Усинского залива (15-18 августа 2012 г.).

Влияние притока на распределение сообщества инфузорий по акватории Приплотинного плеса. Р. Уса оказывает значительное влияние на формирование сообщества инфузорий в приплотинном участке Куйбышевского водохранилища, что отмечается в разные сезоны (табл. 31), но наиболее ярко проявляется осенью. Так, после впадения Усы удельное число видов инфузорий в планктоне Приплотинного плеса увеличилось примерно в 4 раза, численность – в 7,8 раз, биомасса – в 6,3 раза, что привело к перераспределению количественных показателей сообщества между глубоководной и мелководной частями водохранилища (рис. 32): до середины плеса численность и биомассы были выше на левом берегу, после впадения р. Уса – на правом.

Влияние «цветения» цианобактериями на сообщество инфузорий на примере Усинского залива. В последние годы в Усинском заливе все чаще, интенсивнее и продолжительнее наблюдается цианобактериальное «цветение» и его последствия (в частности, дефицит кислорода в придонных горизонтах, вплоть до «заморных» явлений на некоторых станциях). Считается, что массовое «цветение» подавляет развитие других гидробионтов (Tirjaková et al., 2016). Как показали наши наблюдения, не все так однозначно. С одной стороны, максимумы численности и биомассы инфузорий зарегистрированы нами на тех станциях, где меньше общие численность (рис. 33, а) и биомасса фитопланктона, хотя достоверных корреляций (ни положительных, ни отрицательных) не отмечено. Однако, при большем вкладе цианобактерий в суммарную биомассу фитопланктона, причем в основном *Microcystis aeruginosa* (доля вида в сообществе >60% численности и биомассы фитопланктона на ст. 2) и

Planktothrix agardii (доля вида – до 41% численности и 12% биомассы фитопланктона на ст. 1), численность и биомасса инфузорий довольно велики, а на левом берегу с этим же составом цианобактерий, но при меньшем их количестве – показатели инфузорий значительно ниже. В то же время, на станции с максимальным количеством биомассы фитопланктона в целом (ст. 5, левый берег) и основным доминантом среди цианобактерий *Aphanizomenon flos-aquae* (>92% численности и биомассы фитопланктона) происходит снижение численности инфузорий (рис. 33, а). Таким образом, не только численность цианобактерий, но и их видовой состав имеют значение. Наши наблюдения показали, что, как и в экспериментах (Kosiba et al., 2019), численности инфузорий значительны (рис. 33, а) в присутствии токсичных цианобактерий с высокой (*M. aeruginosa*) (ст. 2, русло) и чрезвычайно высокой (*P. agardii*) (ст. 1) концентрацией микроцистинов в клетках и снижаются в присутствии нетоксичного *A. flos-aquae* (ст. 4). Что касается видового разнообразия инфузорий, то индекс Шеннона (H_n) находится в противофазе с долей цианобактерий в общей биомассе фитопланктона (рис. 33, б). Вероятно, это обусловлено большим доминированием и меньшей выровненностью в сообществах инфузорий в условиях явного преобладания цианобактерий в планктоне.

Таблица 31. Показатели* сообщества инфузорий и сапробности среды в Усинском заливе и в Приплотинном плесе до и после впадения р. Уса

Участок	n, экз.	H_n, бит/экз.	H_b, бит/экз.	N, тыс. экз./м^3	B, мг/м^3	S
2020 г. (осень)						
Усинский залив	25±8	3,17±0,3	2,43±0,7	887±749	32,8±21,8	2,12±0,05
Выше устья Усы (ст. 4, 5, 34)	5±2,4	1,92±0,5	1,38±0,4	32±11	1,44±1,0	2,03 ±0,34
Ниже устья Усы (ст. 12, 14, 16)	19±5,3	3,14±0,3	2,35±0,7	249±125	9,13±7,7	2,07±0,14
2021 г. (лето, начало «цветения»)						
Усинский залив	28,7± 3,1	3,44±0,13	2,40±0,72	1771± 826	53,9±28,1	2,07±0,13
Выше устья Усы	14	1,71	0,86	612	35,3	1,90
Ниже устья Усы	15	2,04	1,04	852	39,6	2,18

Примечания. n – число видов, H_n – индекс Шеннона по численности, H_b – индекс Шеннона по биомассе, N – численность, B – биомасса, S – индекс сапробности.

* Среднее значение ± стандартное отклонение.

Связь между цианобактериями и инфузориями может проявляться косвенно: с одной стороны, «цветение» цианобактерий может значительно стимулировать увеличение бактериальной продукции, которая является источником пищи для инфузорий-бактериодетритофагов, а с другой – бактерии, растущие на разных видах цианобактерий, могут быть специфичными и могут подавлять рост определенных видов инфузорий. В целом, наши наблюдения согласуются с литературными данными (Kosiba et al., 2019), указывающими на то, что на сообщество инфузорий влияют не только непосредственно цианотоксины, но и, опосредованно, изменения в пищевой сети, обусловленные «цветением» воды.

Экологическое состояние водоема по характеристикам сообщества инфузорий

Численность и биомасса инфузорий (табл. 30), в отличие от фитопланктона и бактериопланктона, не всегда однозначно отражают трофическое состояние экосистемы. Так, зарегистрированные максимальные значения биомассы инфузорий Усинского залива попадают в разброс показателей сообщества инфузорий эвтрофного озера (оз. Онтарио), а средние – мезотрофного (оз. Констанц) (Foissner et al., 1999). Однако численности в Усинском заливе, по данным J.R. Beaver и T.L. Crisman (1989), указывают на олиготрофный статус водоема, что вряд ли соответствует действительности.

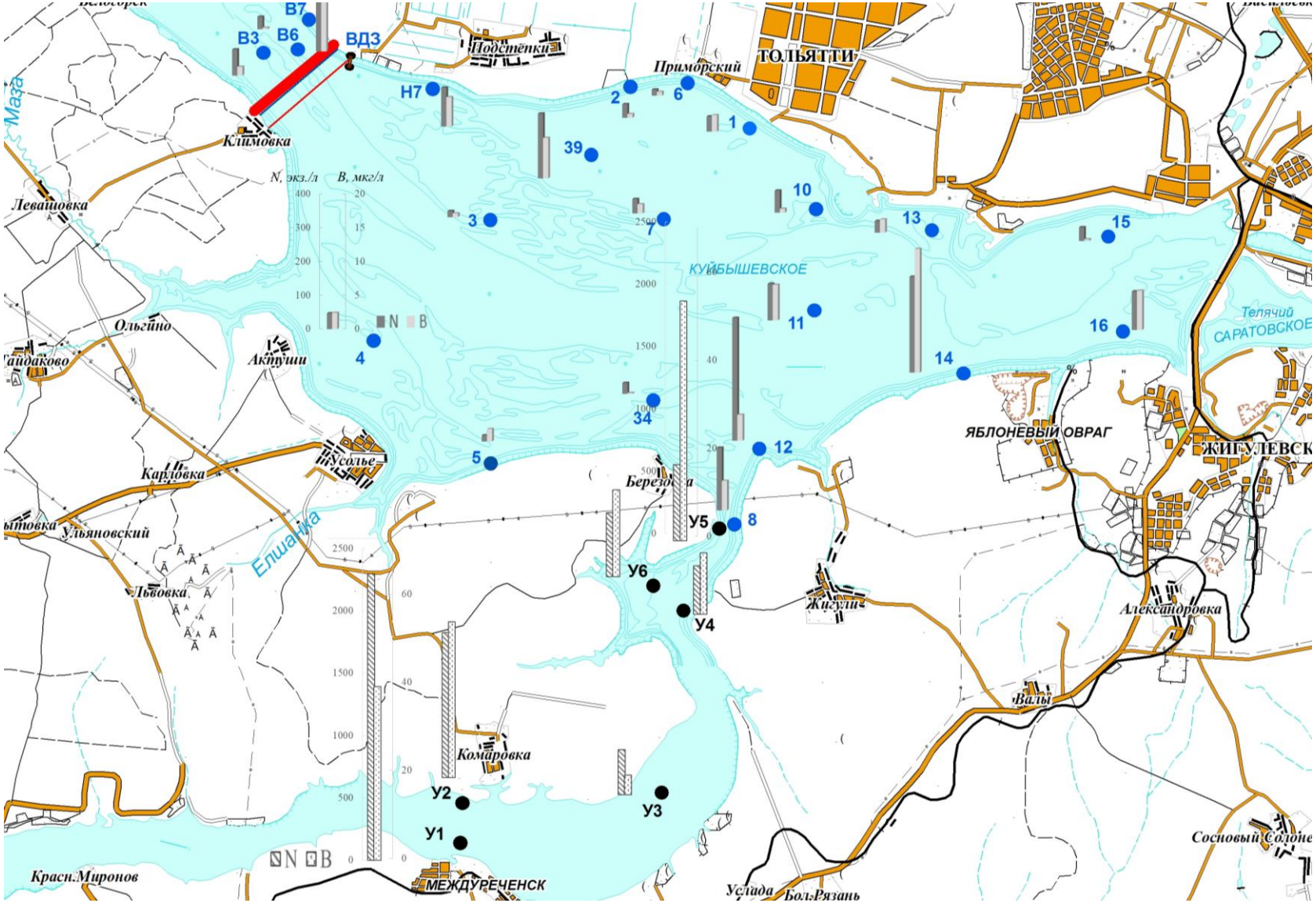


Рис. 32. Распределение численности и биомассы инфузорий в Приплотинном плесе и Усинском заливе в сентябре–октябре 2020 г.

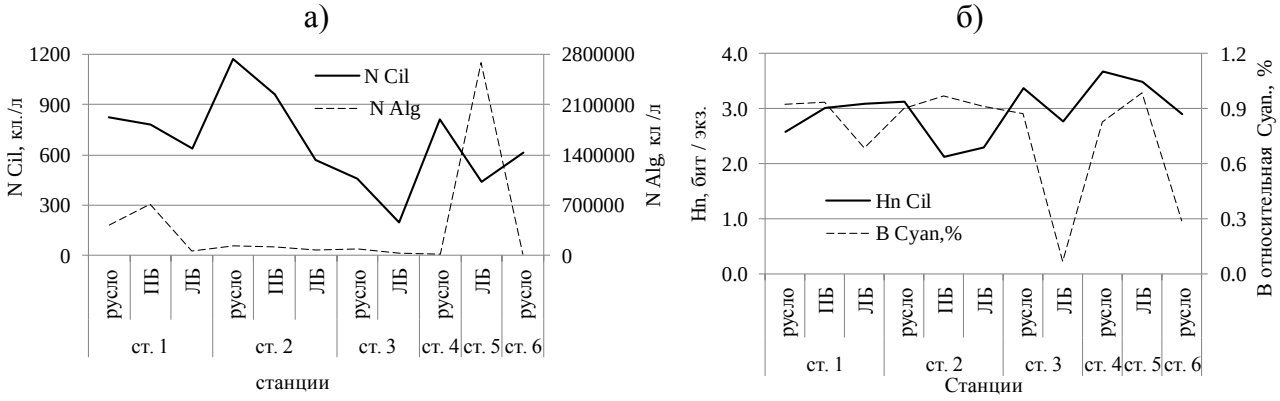


Рис. 33. Изменение численности инфузорий (*N* Cil) и фитопланктона (*N* Alg) (***а***), индекса видового разнообразия инфузорий (H_n Cil) и доли цианобактерий по биомассе (*B* Cyan) (***б***) вдоль акватории Усинского залива (ст. 1-5: Кр. Миронов, Голубая Гавань, Междуреченск, Жигули, Устье Усы) и в водохранилище (ст. 6) (Андреева и др., 2021).

Индекс сапробности. В этом смысле более достоверен показатель органического загрязнения, индекс сапробности. Однако и он не всегда полно отражает реальное состояние. Согласно Сладечеку (по Sladecek, 1973), «сапробность – биологическое состояние водоема, определяемое концентрацией органических веществ и интенсивностью их разложения». А поскольку инфузории первыми и наиболее чутко реагируют на любые изменения водной среды, определенные виды (виды-индикаторы) способны характеризовать ее качество. Проведенные исследования по Усе и Усинскому заливу показали, что уровень органического загрязнения Усинского залива в среднем и прилегающего к впадению Усы участка водохранилища, оцененный по видам инфузорий-индикаторам, соответствует *β*-*α*-мезосапрбной зоне (2,1-2,5), речного участка Усы – границе между *α*-мезо- (2,6-3,0) и полисапробной (3,1-4,5) зонами (табл. 31 и рис. 34). Инфузории-индикаторы на ст. Шигоны (S=3,4) указывают на полисапробную зону.

Сообщества периодов начала и максимума «цветения» значительно отличались при оценке зон сапробности. Так, в разгар «цветения» в 2012 г. сапробность 85% всех проб относилась к *β*-*α*-мезосапробной зоне (индекс сапробности S=2,1-2,5), 8% проб относились к более сапробной *α*-мезосапробной (2,6-3,0) зоне. В 2021 г. (начало «цветения» водоема) все пробы распределены по сапробности между двумя зонами, большинство из которых (почти 67%) относятся к *β*-мезосапробной зоне. Из осенних проб (2020 г.) 71% проб характеризуют состояние водоема как *β*-мезосапробное.

Виды–индикаторы инфузорий хорошо отражают и изменения, происходящие при переходе из лотической систему в лентическую. На речном участке зарегистрировано наибольшее число проб (2/3 общего числа проб), указывающих на бóльшее органическое загрязнение (*α*-мезосапробная зона). Объясняется это мелководностью, высокими скоростями течения, высокой турбулентностью и попаданием из грунта видов с большим показателем сапробности.

По соотношению численности видов инфузорий-индикаторов разных зон сапробности (рис. 35, А) в период «цветения» (2021 г.) преобладают виды-индикаторы *β*-мезосапробной зоны – *Rimostrombidium humile* (Penard, 1922) Petz & Foiss., 1992 (S=1,8), колониальный *Epistylis procumbens* (S=1,5) и *β*-*α*-мезосапробной зоны – *Halteria grandinella* (S=2,2) и *Tintinnopsis cylindrata* (S=2,3). По мере увеличения продолжительности «цветения» (разгар «цветения» 2012 г.), закономерно увеличивается вклад индикаторов более высокой степени органического загрязнения – *α*-мезосапробной зоны (*Vorticella convallaria* (Linnaeus, 1758) (S=2,7) на русле и *Coleps hirtus hirtus* (S=2,7) на литорали). Осенью (2020 г.) структура комплекса видов-индикаторов, как и всего сообщества инфузорий, принципиально меняется: доминируют *β*-*α*-мезосапробы (*T. cylindrata* (S = 2,3), *Askenasia volvox* (S=2,2) и довольно

значимы *o-β*-мезосапробы *Tintinnidium fluviatile* Stein, 1863 (S=1,5) и *Pelagodileptus trachelioides* (S=1,3) (в период «цветения» они отсутствуют или их вклад минимален только при продолжительном и массовом «цветении»).

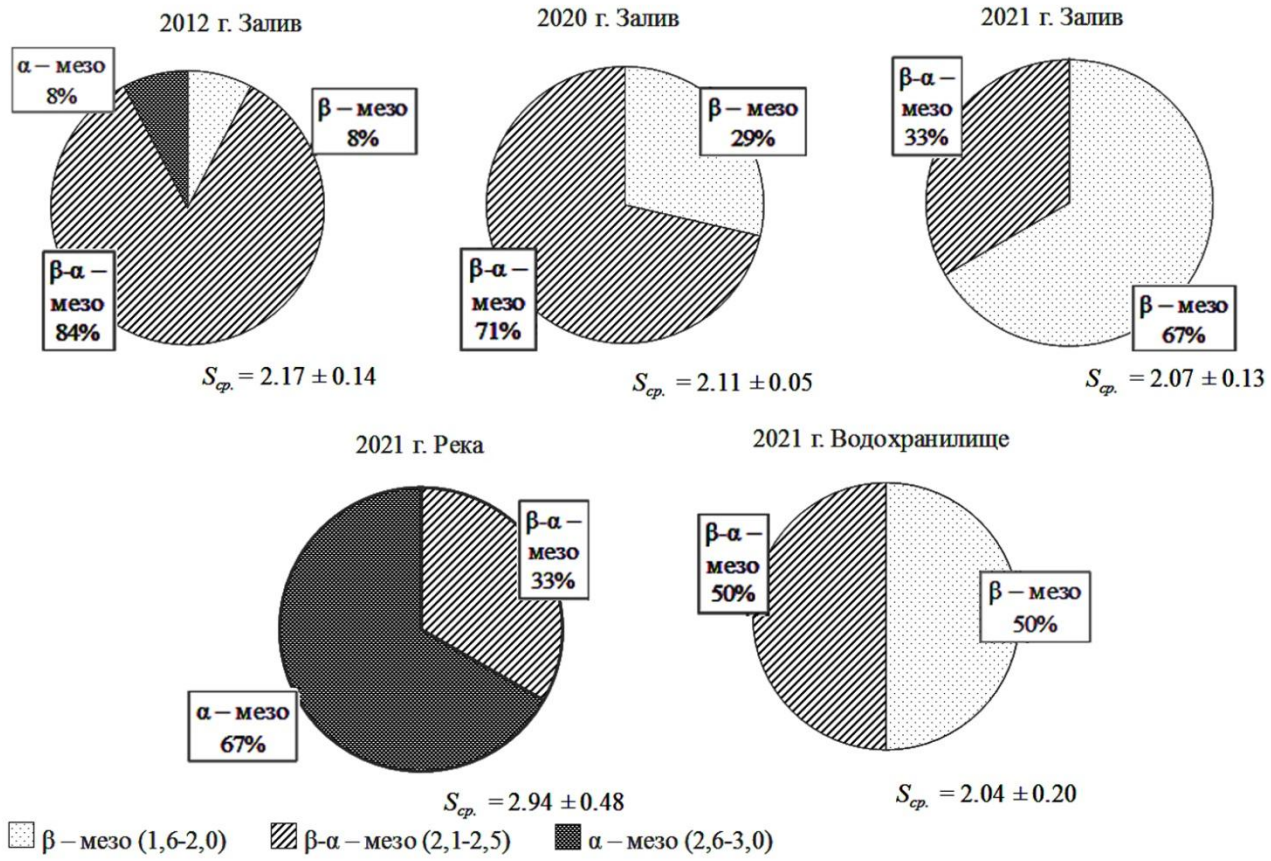


Рис. 34. Распределение числа проб по зонам сапробности в Усинском заливе («Залив»), на речном участке («Река») и в водохранилище. *Scp.* – средние значения индекса сапробности для экотопа.

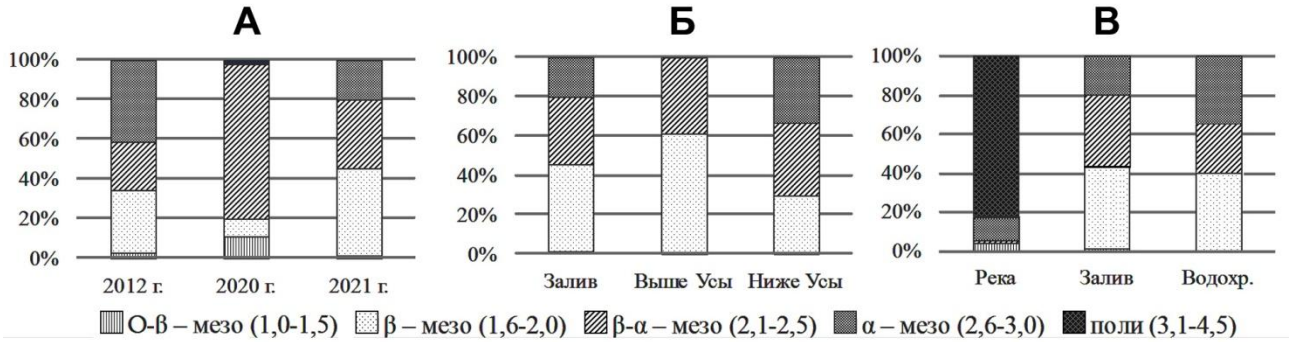


Рис. 35. Структура сообщества по численности видов инфузорий-индикаторов сапробности в разные годы и биологические периоды в Усинском заливе (а), соотношение разных видов-индикаторов Усинского залива, станций Куйбышевского водохранилища до и после впадения Усы в 2021 г. (б); трансформация структуры видов инфузорий-индикаторов сапробности в системе «река–залив–водохранилище» в 2021 г. (в).

Влияние притока вод р. Уса отчетливо проявляется в том, что в составе инфузорий-индикаторов после ее впадения в Приплотинный плес появляются *α*-мезосапробы (рис. 35, Б). Соотношение видов индикаторов разных зон сапробности в лотических и лентических условиях тоже сильно различается (рис. 35, В). Как уже отмечалось, при взмучивании в условиях небольших глубин и большей скорости течения на речном участке в сообщество

планктона попадают виды, предпочитающие пониженное содержание кислорода и повышенное содержание органического вещества и, соответственно, имеющие более высокий индекс сапробности (*Tritigmostoma cucullulus* (S = 3,1), *Glaucoma scintillans* (S = 3,6).

В комплексной экологической классификации качества поверхностных вод (Оксиюк и др., 1993) приводится соответствие сапробных загрязнений показателям трофности и классам качества вод. Согласно данной классификации, *β*-мезосапробный уровень сапробности (S = 2,1-2,5) Усинского залива и прилегающего участка приемного водоема (Приплотинный плес) соответствует 3-му классу качества («удовлетворительной чистоты»), разряду «слабозагрязненная», категории и разряду трофности «эвтрофная». Лишь речной участок по индексу сапробности соответствует 4-му классу качества «загрязненная», разряду «умеренно загрязненная», классу трофности «эвтрофная», разряду трофности «эвполитрофная». Только на отдельных станциях (ст. Шигоны) вода характеризовалась как «загрязненная» (разряд «сильно загрязненная»).

Таким образом, в период исследований было выявлено более 90 видов свободноживущих инфузорий, относящихся к 8 классам, 19 отрядам, 40 семействам и 58 родам.

Речной участок характеризуется меньшим *α*-разнообразием, но большим *β*-разнообразием инфузорий, незначительной численностью и биомассой, присутствием в видовой структуре скутикоцилиат, являющихся бактерио-детритофагами, многие из которых – виды, указывающие на повышенное органическое загрязнение.

В заливе, защищенном (от ветрового волнения, перемешивания и т.д.), на контакте двух водных масс (речных и водохранилищных) создаются благоприятные условия для развития планктона. В летний период среди инфузорий преимущество получают колониальные и эпипланктонные бактерио-детритофаги, развитие которых происходит в период массового развития цианобактерий, являющихся средообразующим фактором для многих гидробионтов. Показано, что не только численность цианобактерий, но и их видовой состав имеет значение для развития инфузорий. Осенью в структуре сообщества инфузорий значимы неселективные всеяды, хищные инфузории и гистофаги.

Можно констатировать, что водные массы р. Уса оказывают заметное влияние на формирование сообщества инфузорий в водохранилище и на характер горизонтального распределения инфузорий по акватории Приплотинного плеса.

2.2.5. Особенности состава и распределения зоопланктона в реке Уса и ее притоках[1]

Река Уса и ее малые притоки являют собой неотъемлемую часть уникального природо-комплекса бассейна Средней Волги и играют важную роль в формировании экологического каркаса этой территории. Разнообразие, особенности структуры и продуктивность речных планктоценозов долинного комплекса Усы определяются сочетанием природных, антропогенных и техногенных факторов. Особенно контрастно это проявляется в нижнем течении реки.

Зоопланктон выступают важным компонентом речной экосистемы и ключевым звеном ее трофической сети. Беспозвоночные планктона обеспечивают процессы самоочищения речных вод, могут выступать чувствительным индикатором состояния водной среды. Специфика состава, количественного развития и структуры сообществ позволяют характеризовать особенности экологического режима текучих вод, их пространственную дифференциацию в связи с геоморфологической, гидрологической и геохимической неоднородностью. Эти особенности потамопланктона делают возможным использование его в качестве ключевой экотопической группировки гидробионтов, характеризующей комплексные изменения в экосистеме реки на всем ее протяжении – от верховьев до устьевой области и водоема-приемника.

Создание Куйбышевского водохранилища привело к затоплению низовьев Усы и образованию протяженной зоны выклинивания подпора, где происходит смешение вод притока и приемника. Выраженные различия в минерализации позволяют в первом приближении выделить два типа вод – более минерализованные речные и опресненные водохранилищные. Динамика устьевой области в сильной степени определяется техногенным режимом регулирования стока и обуславливает особую структуру вод. Суточный и недельный ход сработки уровня водохранилища способствует возникновению приливно-отливных течений, определяющих равномерное перемешивание речных и водохранилищных вод в устьевой области Усы (рис. 36). В пределах этой области отсутствует выраженная вертикальная гидрофизическая неоднородность, свойственная, в частности, притокам водохранилищ с сезонным и многолетним режимом регулирования стока.

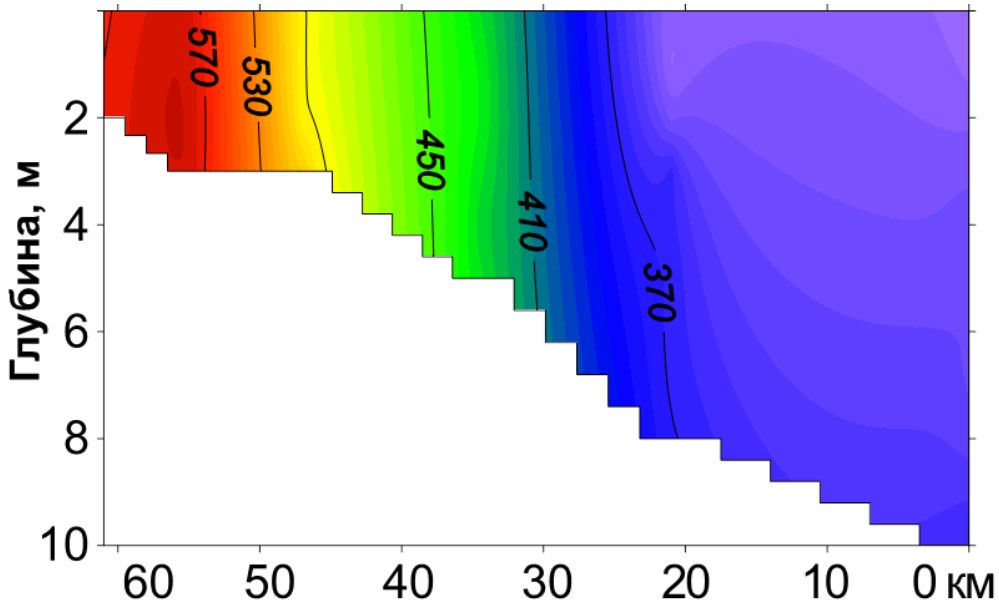


Рис. 36. Электропроводность водной толщи нижнего течения р. Уса и Усинского залива Куйбышевского водохранилища. Устьевая область реки простирается на расстояние от 21 до 53 км от устьевого створа залива.

[1] Болотов С.Э.

Относительно зоны свободного течения Усы устьевая область реки отличается резким ослаблением стокового течения, уменьшением прозрачности и увеличением температуры воды. Заметное (~50-70 мкСм/см) снижение электропроводности текучих вод выступает объективным показателем, маркирующим зону проникновения подпора и обозначающим верхнюю границу устьевой области. Точное положение ее границ устанавливали на основе оценки обеспеченности речными водами. Так, считали, что верхняя граница устьевой области задана 95%-й обеспеченностью водами реки, нижняя же граница отсекается по 5%-й обеспеченности водной толщи речными водами.

Расчеты средствами ГИС дают, что общая протяженность устьевой области Усы при нормальном подпорном уровне составляет около 32 км. В отдельные периоды – например, при интенсивной сработке резервного объема водохранилища в многоводные годы – подпор может распространяться на расстояние до 34 км. Учитывая особенности смешения и динамики вод, целесообразно выделение в пределах устьевой области Усы переходной зоны переменного (IIа) и стабильного (IIб) подпора.

Переходная зона переменного подпора занимает верхнюю часть устьевой области, протяженность ее составляет 12 км. Она значимо отличается от зоны свободного течения реки меньшей электропроводностью воды (соответственно 508,1 (ДИ: 490,8; 525,0) и 575,9 (ДИ: 573,7; 578,0) мкСм/см) и на 55-95% обеспечена речными водами. При небольших глубинах (до 3-4 м) здесь наиболее отчетливо проявляется динамическое воздействие попусков воды с ГЭС, водная масса на этом участке нестабильна, постоянно и полностью перемешивается в условиях пульсирующих колебаний уровня водохранилища.

Переходная зона стабильного подпора формирует нижнюю часть устьевой области реки, по составу и динамике вод близка к водохранилищу, но значимо от него отличается более высокой электропроводностью воды (413,3 (ДИ: 399,2; 427,7) и 349,5 (348,3; 350,7) соответственно). Протяженность зоны стабильного подпора достигает 20 км. Доля речных вод здесь составляет 5-45%. В силу больших глубин (до 8 м) зона отличается повышенным постоянством водных масс, установлением глубинного слоя «мертвого объема», мало подверженного влиянию колебаний уровня водохранилища.

Выделенные зоны устьевой области демонстрируют выраженные и статистически значимые отличия в электропроводности воды (в среднем 508,1 и 413,3 мкСм/см). Однако трансформация водных масс происходит постепенно, без резких скачков и развития четких гидрофизических границ. Для разграничения зон следует ориентироваться на оценки обеспеченности речными водами. Диапазон значений обеспеченности 45-55% позволяет учитывать подвижный характер этой границы в связи с экзогенной динамикой вод и с приемлемой для практики точностью определять положение зон на местности. Расчеты дают, что в зависимости от гидрологической обстановки (величины речного стока и уровня подпора) граница зон переменного и стабильного подпора может смещаться на 2-2,5 км в одну или другую сторону.

Результаты натурных исследований вод нижнего течения Усы показывают, что зона свободного течения реки распространяется вплоть до ст. 7 включительно. Обеспеченность речными водами на этом отрезке реки составляет ~98-100% (табл. 32). Зона переменного подпора включает ст. 8, где обеспеченность речными водами снижается до 65,3%. Зона стабильного подпора охарактеризована на примере ст. 9, где доля вод реки составляет 36,6%. Специфику условий водохранилища характеризует ст. 10, для которой влияние речных вод пренебрежительно мало (обеспеченность водной толщи речными водами – около 1%).

Существенно, что при любом уровне водохранилища и обусловленном им смещении границ районированных зон изученные станции неизменно принадлежат этим зонам и показательны в отношении особенностей их гидроэкологического режима. Это играет особенно важную роль при исследовании планктонных биоценозов, обладающих выраженной пространственно-временной изменчивостью.

Таблица 32. Соотношение речных и водохранилищных вод на участке нижнего течения Усы и ее приемника – Усинского залива Куйбышевского водохранилища

Доля вод, %	Станция				
	6	7	8	9	10
– речных	100	98,9	65,3	36,6	1,1
– водохранилищных	0	1,1	34,7	63,4	98,9

Таким образом, подробное полевое изучение нижнего течения Усы в сочетании с применением средств ГИС позволило определить границы устьевой области реки, предложить принципиальную схему гидроэкологического районирования ее акватории (рис. 37) с учетом обеспеченности речными водами и особенностей техногенной динамики водохранилища.

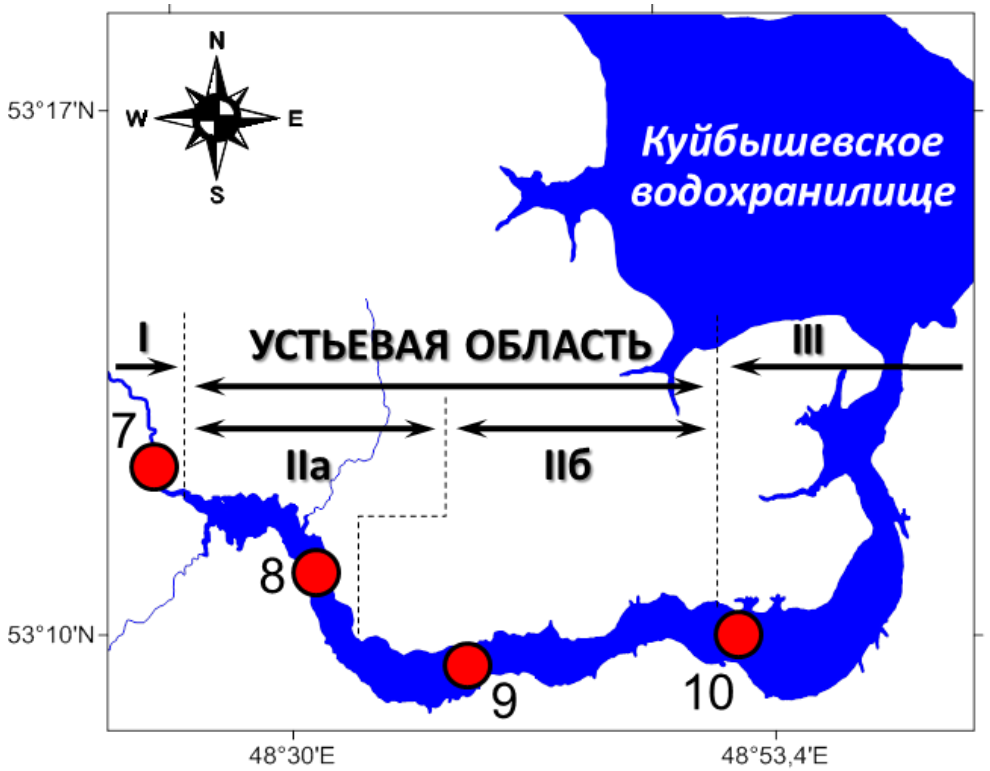


Рис. 37. Схема гидроэкологического районирования устьевой области р. Уса: I – зона свободного течения реки, IIа – переходная зона переменного подпора, IIб – переходная зона стабильного подпора, III – водохранилище.

Эту неоднородность важно учитывать при экологической характеристике структуры и динамики водных сообществ (в особенности, планктонных) нижнего течения Усы и ее малых притоков.

Исследования руслового планктона рек бассейна Усы проводили в 2017-2018 гг. Гидробиологическими наблюдениями было охвачено 10 станций реки (с особым вниманием к ее устьевой области) и ряд ее малых притоков – р. Теренгулька, Муранка и Тишерек. Относительно 2017 г. период изучения в 2018 г. характеризовался большим количеством выпавших атмосферных осадков (соответственно 30 и 93 мм) и повышенной водностью рек.

Методика исследований

Пробы зоопланктона отбирали на медиали: на мелководных участках – ведром, на глубоководных – планктобатометром (V = 2,5 л) в столбе воды от поверхности до дна. Через газ с размером ячеи 64 мкм процеживали 20-50 л воды, пробы фиксировали 4%-ным раствором

формальдегида. В верховьях рек пробы собирали в 2-3-кратной повторности, в их нижнем течении – в 3-5-кратной повторности. Камеральную обработку проб зоопланктона проводили по стандартной методике (Методика изучения .., 1975). Зоопланктон оценивали по общему (*Sp*) и удельному (*Nsp* – среднему числу видов в одной пробе) видовому богатству, численности (*N*) и биомассе (*B*).

Всего с учетом повторностей и послойных ловов собрано, обработано и проанализировано 138 проб зоопланктона, в т.ч. в 2017 г – 67, а в 2018 – 71 проба.

Экологические данные анализировали с применением методов многомерного статистического анализа и экологического моделирования. Статистическую неопределенность количественных параметров сообществ (*Nsp, N, B*) характеризовали на основе 95%-х доверительных интервалов (95% ДИ), рассчитанных методами непараметрического бутстрепа. Оценку статистической значимости различий синэкологических показателей давали на основе *U*-критерия Манна-Уитни и χ^2-критерия Фридмана. Учет вклада зональной и межгодовой составляющих изменчивости сообществ производили средствами непараметрического двухфакторного дисперсионного анализа с предварительным степенным преобразованием Бокса-Кокса. Сходство таксономического состава (качественные данные) и видовой структуры (количественные данные: численность) сообществ оценивали методами многомерного шкалирования и иерархической кластеризации на основе метрики Брея-Кертиса.

Результаты исследований

Фауна беспозвоночных зоопланктона Усы и ее малых притоков сложена богатым составом и включает 110 видов (табл. 33). Основу таксономического списка составляют коловратки – 75 видов или 82,5% списочного состава. Фауна ракообразных насчитывает 35 видов, из которых ветвистоусых – 26 (или 28,6% списка) и веслоногих ракообразных – 9 (9,9%) видов.

В составе зоопланктона отмечены представители 31 семейства. Коловратки представлены 21 семейством. Значительную долю видов составляют представители сем. Brachionidae (15 видов), меньшим разнообразием отличаются сем. Notommatidae, Synchaetidae и Trichorcercidae (6-8 видов). Вклад прочих семейств невелик – не более 1-4 видов. Богатство ветвистоусых ракообразных образовано 7 семействами, из которых наибольшее разнообразие обеспечивают сем. Chydoridae (11 видов) и Daphniidae (8 видов). Таксономический состав веслоногих рачков включает представителей сем. Cyclopidae (6 видов), Temoridae (2 вида) и Diaptomidae (1 вид).

Реки бассейна Усы существенно отличаются по уровню таксономического богатства и систематического разнообразия беспозвоночных (табл. 34). Так, наименьшая емкость локальных фаун планктона свойственна быстротекучим и экотопически однообразным рекам Теренгулька и Муранка (37 и 45 видов соответственно). Большее богатство видов наблюдается в реке Тишерек (61 вид), где ярко выражена биотопическая мозаичность и в отдельных участках формируются таксономически насыщенные экотонные зоны контакта разнотипных вод (например, речных и грунтовых). Максимальное таксономическое богатство (68 видов) отмечается в Усе, принимающей биосток малых рек бассейна, с одной стороны, и субсидируемой лимническими видами из водохранилища – с другой.

Учитывая кратковременный период исследований (июнь–июль), полученные результаты фаунистического описания зоопланктона рек бассейна Усы носят скрининговый характер и, очевидно, неполны. Данные моделирования на основе эстиматоров биоразнообразия указывают, что состав планктонного населения рек отличается высокой долей скрытого разнообразия (с вероятностью 95% неучтенными остались не менее 34,91% видов) и требует специального фаунистического изучения.

Таблица 33. Состав и встречаемость (Р, %) видов зоопланктона Усы и ее малых притоков – рек Теренгулька (Тер), Тишерек (Тиш) и Муранка (Мур)

№ п/п	Вид	Уса	Тер	Тиш	Мур	Р, %
1	2	3	4	5	6	7
	Коловратки (Rotifera)					
1	*Anuraeopsis fissa* Gosse, 1851	+	+	–	+	8,7
2	*Ascomorpha ecaudis* Perty, 1850	–	–	+	–	9,4
3	*Asplanchna priodonta* Gosse, 1850	+	–	+	–	13,8
4	Bdelloida (non det.)	+	+	+	+	65,9
5	*Brachionus angularis* Gosse, 1851	+	–	+	–	13,1
6	*Brachionus calyciflorus* Pallas, 1776	+	+	–	–	11,6
7	*Brachionus diversicornis* (Daday, 1883)	+	–	–	–	7,3
8	*Brachionus quadridentatus* Hermann, 1783	+	+	–	+	16,7
9	*Brachionus urceus* (Linnaeus, 1758)	+	+	–	–	6,5
10	*Cephalodella fluviatilis* (Zavadovski, 1926)	+	–	–	–	3,6
11	*Cephalodella forficula* (Ehrenberg, 1832)	–	–	+	–	3,6
12	*Cephalodella gibba* (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	+	37,7
13	*Cephalodella megalocephala* (Glasscott, 1893)	+	+	–	–	11,6
14	*Cephalodella ventripes* (Dixon-Nuttall, 1901)	+	–	+	–	6,5
15	*Colurella colurus* (Ehrenberg, 1830)	–	–	+	+	14,5
16	*Colurella uncinata* (Müller, 1773)	–	–	+	+	9,4
17	*Conochilus unicornis* Rousselet, 1892	+	–	–	–	13,8
18	*Dicranophorus forcipatus* (Müller, 1786)	–	–	+	–	3,6
19	*Dissotrocha aculeata* (Ehrenberg, 1832)	–	–	+	–	2,9
20	*Encentrum martoides* Fott, 1960	–	+	+	–	7,3
21	*Encentrum putorius* Wulfert, 1936	–	+	–	–	7,3
22	*Eothinia elongata* (Ehrenberg, 1832)	–	–	–	+	2,9
23	*Epiphanes senta* (Müller, 1773)	+	–	–	–	3,6
24	*Euchlanis deflexa* (Gosse, 1851)	–	–	–	+	5,1
25	*Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1832	+	+	+	+	52,2
26	*Euchlanis incisa* Carlin, 1939	–	–	+	–	3,6
27	*Euchlanis lucksiana* Hauer, 1930	+	–	+	+	21
28	*Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834)	+	+	+	+	21,7
29	*Gastropus hyptopus* (Ehrenberg, 1838)	–	–	+	–	8,7
30	*Hexarthra mira* (Hudson, 1871)	–	–	+	–	4,4
31	*Itura aurita* (Ehrenberg, 1838)	–	–	+	–	2,9
32	*Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908)	+	–	+	–	6,5
33	*Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879)	+	–	–	–	9,4
34	*Keratella cochlearis* (Gosse, 1851)	+	+	+	+	39,1
35	*Keratella quadrata* (Müller, 1786)	+	+	+	–	42,8
36	*Keratella testudo* (Ehrenberg, 1832)	–	–	+	–	7,3
37	*Lecane bulla* (Gosse, 1851)	+	–	–	+	7,9
38	*Lecane closterocerca* (Schmarda, 1859)	–	–	+	+	16,7
39	*Lecane luna* (Müller, 1776)	–	–	+	+	6,5
40	*Lecane lunaris* (Ehrenberg, 1832)	–	–	+	+	8,7
41	*Lepadella ovalis* (Müller, 1786)	+	–	+	+	36,2

Продолжение табл. 33

1	2	3	4	5	6	7
42	*Lepadella patella* (Müller, 1773)	+	+	+	–	17,4
43	*Lophocharis oxysternon* (Gosse, 1851)	–	+	+	–	4,4
44	*Lophocharis salpina* (Ehrenberg, 1834)	–	–	–	+	4,4
45	*Mytilina mucronata* (Müller, 1773)	+	+	–	+	6,5
46	*Mytilina ventralis* (Ehrenberg, 1832)	–	+	–	+	5,8
47	*Notholca acuminata* (Ehrenberg, 1832)	+	+	–	+	12,3
48	*Notholca foliacea* (Ehrenberg, 1838)	+	–	–	–	2,9
49	*Notholca squamula* (Müller, 1786)	+	+	–	+	21,7
50	*Notommata aurita* (Müller, 1786)	+	+	+	–	10,1
51	*Notommata cyrtopus* Gosse, 1886	+	–	–	+	7,3
52	*Platyias quadricornis* (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	–	10,1
53	*Polyarthra dolichoptera* (Idelson, 1925)	+	+	+	+	18,1
54	*Polyarthra euryptera* (Wierzejski, 1891)	+	–	–	–	15,9
55	*Polyarthra luminosa* Kutikova, 1962	+	–	–	+	15,9
56	*Polyarthra major* Burckhardt, 1900	+	–	–	+	21,0
57	*Polyarthra minor* Voigt, 1904	–	–	+	–	4,4
58	*Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943	–	–	+	–	9,4
59	*Pompholyx complanata* Gosse, 1851	–	–	+	–	3,6
60	*Pompholyx sulcata* (Hudson, 1885)	+	+	+	–	34,8
61	*Proales decipiens* (Ehrenberg, 1832)	–	–	+	–	4,4
62	*Rotaria neptunia* (Ehrenberg, 1832)	–	–	+	–	3,6
63	*Synchaeta pectinata* Ehrenberg, 1832	+	+	+	+	26,1
64	*Synchaeta tremula* (Müller, 1786)	+	–	+	–	25,4
65	*Testudinella mucronata* (Gosse, 1886)	+	–	+	–	11,6
66	*Testudinella patina* (Hermann, 1783)	+	+	+	+	38,4
67	*Trichocerca capucina* (Wierzejski & Zacharias, 1893)	+	–	–	–	6,5
68	*Trichocerca longiseta* (Schrank, 1802)	–	–	+	–	4,4
69	*Trichocerca mucosa* (Stokes, 1896)	–	+	–	–	2,2
70	*Trichocerca pusilla* (Lauterborn, 1898)	+	–	–	–	10,1
71	*Trichocerca rattus* (Müller, 1776)	–	+	–	–	2,9
72	*Trichocerca rousseleti* (Voigt, 1901)	–	–	+	–	3,6
73	*Trichotria curta* (Skorikov, 1914)	–	+	–	–	4,4
74	*Trichotria pocillum* (Müller, 1776)	+	+	+	–	8,7
75	*Trichotria tetractis* (Ehrenberg, 1830)	+	–	–	–	8,7
	Ветвистоусые ракообразные (Cladocera)					
76	*Alona affinis* (Leydig, 1860)	+	–	+	–	7,3
77	*Alona costata* Sars, 1962	+	–	–	+	7,3
78	*Alona guttata* Sars, 1962	+	–	+	–	7,9
79	*Alona quadrangularis* (Müller, 1875)	–	–	+	–	4,4
80	*Alona rectangula* Sars, 1862	+	–	+	+	10,1
81	*Alonella excisa*(Fischer, 1854)	–	+	–	–	2,2
82	*Alonella nana* (Baird, 1850)	–	–	+	–	4,4
83	*Bosmina (Bosmina) longirostris* (Müller, 1785)	+	–	+	+	29,0

Окончание табл. 33

1	2	3	4	5	6	7
84	*Bosmina (Eubosmina) coregoni* Baird, 1857	+	–	–	–	15,2
85	*Bosmina (E.) crassicornis* Lilljeborg, 1887	+	–	–	–	3,6
86	*Bythotrephes longimanus* Leydig, 1860	+	–	–	–	9,4
87	*Camptocercus uncinatus* Smirnov, 1971	–	–	–	+	3,6
88	*Ceriodaphnia pulchella* Sars, 1862	–	–	+	+	8,7
89	*Chydorus sphaericus* (Müller, 1785)	+	+	+	+	46,4
90	*Daphnia cristata* Sars, 1862	+	–	–	–	7,9
91	*Daphnia cucullata* Sars, 1862	+	–	–	+	13,0
92	*Daphnia galeata* Sars, 1864	+	–	–	–	18,8
93	*Daphnia pulex* Leydig, 1860	–	–	+	–	3,6
94	*Diaphanosoma orghidani* Negrea, 1982	+	–	+	+	7,3
95	*Disparalona rostrata* (Koch, 1841)	–	–	+	–	5,1
96	*Ilyocryptus sordidus* (Lievin, 1848)	–	+	–	–	2,2
97	*Leptodora kindtii* (Focke, 1844)	+	–	–	–	13,8
98	*Pleuroxus aduncus* (Jurine, 1820)	+	–	–	+	10,1
99	*Scapholeberis mucronata* (Müller, 1776)	+	–	+	+	11,6
100	*Simocephalus serrulatus* (Koch, 1841)	+	+	–	–	7,3
101	*Simocephalus vetulus* (Müller, 1776)	–	–	–	+	7,9
	Веслоногие ракообразные (Copepoda)					
102	*Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1892)	+	+	–	+	30,4
103	*Cyclops strenuus* Fischer, 1851	+	–	–	–	3,6
104	*Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851)	+	+	+	+	45,7
105	*Macrocyclops albidus* (Jurine, 1820)	–	–	–	+	2,9
106	*Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857)	+	–	–	+	22,5
107	*Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853)	+	+	+	–	20,3
108	*Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888)	–	+	+	+	12,3
109	*Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853)	+	–	–	+	17,4
110	*Heterocope appendiculata* Sars, 1863	+	–	+	–	13,0

Таблица 34. Показатели таксономического богатства и систематического разнообразия беспозвоночных планктона рек бассейна Усы

Показатель	Уса	Теренгулька	Тишерек	Муранка
Число видов основных таксономических групп планктона:				
Rotifera	44	29	45	28
Cladocera	17	4	12	11
Copepoda	7	4	4	6
Таксономическое богатство:				
Видов	68	37	61	45
Родов	40	28	42	34
Семейств	23	17	26	17
Систематическое разнообразие:				
Видов в роде	1,70	1,32	1,45	1,32
Видов в семействе	2,96	2,18	2,35	2,65
Родов в семействе	1,74	1,65	1,62	2,00

Сравнительно часто (P>50%) в планктонных пробах встречались коловратки отр. Bdelloida (65,9) и *Euchlanis dilatata* (52,2), реже (P=30-50%) отмечали *Chydorus sphaericus* (46,4), *Eucyclops serrulatus* (45,7), *Keratella quadrata* (42,8), *K. cochlearis* (39,1), *Testudinella patina* (38,4), *Cephalodella gibba* (37,7), *Lepadella ovalis* (36,2), *Pompholyx sulcata* (34,8) и *Acanthocyclops americanus* (30,4). Частота встречаемости основной части списочного состава (99 из 110 видов) не превышала 30%, из них на редкие (P<10%) находки приходилось 63 вида.

Из всего списочного состава общими для изученных рек являются только 10 широко распространенных видов – это коловратки отр. Bdelloida, *Cephalodella gibba*, *Euchlanis dilatata*, *Filinia longiseta*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra dolychoptera*, *Synchaeta pectinata*, *Testudinella patina*, ракообразные *Chydorus sphaericus* и *Eucyclops serrulatus*.

Наряду с этим каждая из рек характеризуется спецификой планктонного населения и это отражается в пуле уникальных, не встреченных в прочих реках, видов. Так, для вод Усы к таковым относятся 16 видов – коловратки *Brachionus diversicornis*, *Conochilus unicornis*, *Epiphanes senta*, *Kellicottia longispina*, *Notholca foliacea*, *Polyarthra euryptera*, *Trichocerca capucina*, *T. pusilla*, *Trichotria tetractis*, ракообразные *Bosmina coregoni*, *Bosmina crassicornis*, *Bythotrephes longimanus*, *Daphnia cristata*, *Daphnia galeata*, *Leptodora kindti*, *Cyclops strenuus*. Одинаково низкое число уникальных видов (по 6) отмечено для зоопланктона рек Теренгулька и Муранка. Своеобразие сообществ Теренгульки подчеркивают коловратки *Encentrum putorius*, *Trichocerca rattus*, *T. mucosa*, *Trichotria curta*, ветвистоусые рачки *Alonella excise* и *Ilyocryptus sordidus*, а оригинальность населения Муранки – коловратки *Eothinia elongata*, *Euchlanis deflexa*, *Lophocharis salpina*, ракообразные *Camptocercus uncinatus*, *Simocephalus vetulus* и *Macrocyclops albidus*. Наибольшее количество уникальных видов (20) присуще планктонному населению Тишерека, в их числе *Ascomorpha ecaudis*, *Cephalodella forficula*, *Dicranophorus forcipatus*, *Dissotrocha aculeata*, *Euchlanis insica*, *Gastropus hyptopus*, *Hexarthra mira*, *Itura aurita*, *Keratella testudo*, *Polyarthra minor*, *Polyarthra vulgaris*, *Pompholyx complanata*, *Proales decipiens*, *Rotaria neptunia*, *Trichocerca longiseta*, *T. rousseleti*, рачки *Alona quadrangularis*, *Alonella nana*, *Daphnia pulex* и *Disparalona rostrata*.

В отношении видового состава планктонные сообщества демонстрируют различия, связанные с особенностями водного режима долинного комплекса Усы и образуют три основных фаунистических кластера (рис. 38).

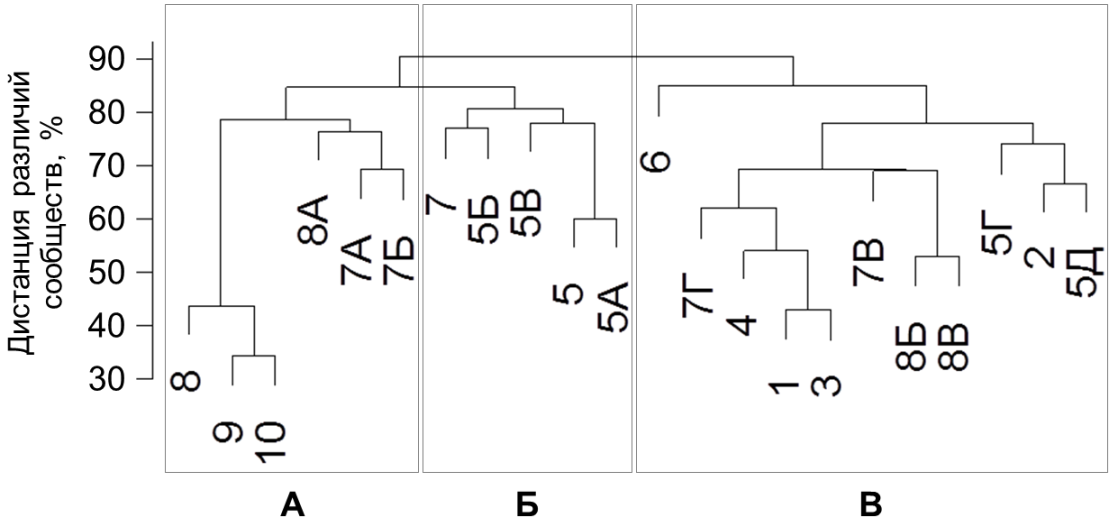


Рис. 38. Дендрограмма различий состава населения планктона р. Уса, ее притоков и глубоководного участка водохранилища. Обозначения кластеров: А – водохранилище, устьевая область Усы и нижнее течение притоков в зоне влияния подпора; Б – среднее течение Усы и низовья притока вне зоны гидроподпора (р. Теренгулька); В – зона свободного течения Усы и незарегулированные верховья рек-притоков.

Первый, наиболее специфичный кластер объединяет схожие по составу животных участки верховьев рек и зоны их свободного течения, отличающиеся пониженной температурой воды и высокой скоростью течения. В составе второго кластера группируются биоценозы среднего течения Усы и низовий ее притока, где отсутствует гидроподпор, но происходит резкое ослабление стокового течения, что способствует лучшей прогреваемости водных масс. Третий кластер включает планктонное население устьевой области Усы, нижнего течения ее притоков в зоне выклинивания подпора и водохранилища, определяющего их экологический режим.

Кроме того, ландшафтные и геохимические особенности водосбора определяют фаунистическую дифференциацию сообществ беспозвоночных рек бассейна Усы (рис. 39). Однако, несмотря на локальную специфику, результаты многомерного анализа указывают на композиционное единство фауны речного бассейна: доверительные эллипсы рек перекрываются и статистически неотличимы, что свидетельствует об общности и целостности планктонного таксоцена.

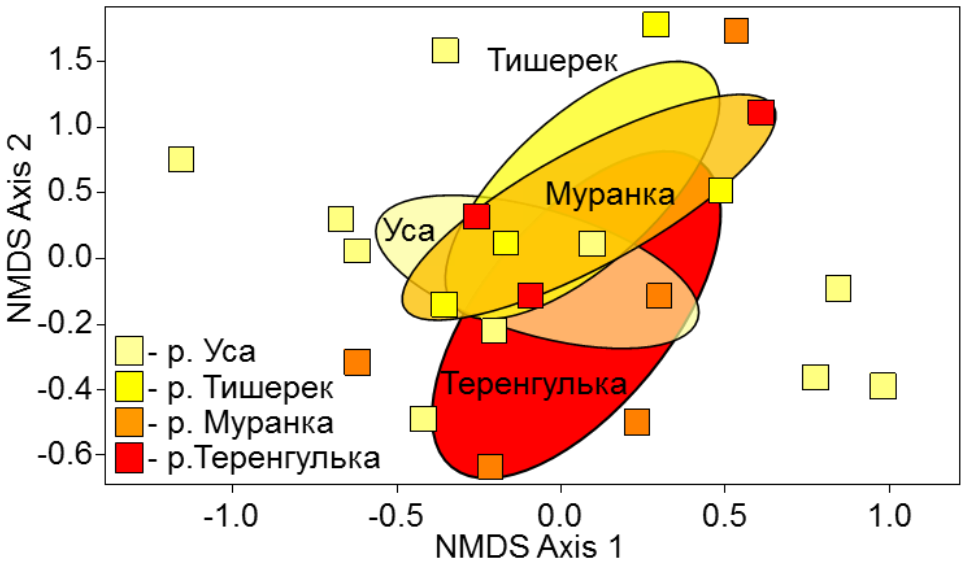


Рис. 39. Ординация рек бассейна Усы в отношении таксономического состава планктонных сообществ.

Отличительная особенность периода наблюдений в 2018 г. относительно такового в предшествующий 2017 год – увеличение количества выпавших дождевых осадков (93 против 30 мм). Это способствовало повышению в первой половине лета водности и объема стока Усы и ее притоков. В этих условиях таксономический состав и видовое богатство планктона малых рек Муранка (45 видов) и Тишерек (61 вид) не изменились, а в реке Теренгулька (36-37 видов) – мало изменились (рис. 40). Это указывает на автохтонный характер их фауны, мало восприимчивой к средовым возмущениям и геоклиматическому форсингу. Наиболее чувствительно к таким изменениям население планктона Усы, видовое богатство которого в условиях повышенной водности увеличилось с 48 до 60 видов. При этом представленность основных таксономических групп беспозвоночных в 2017 и 2018 г. примерно одинакова и статистически неотличима (χ^2 = 1,27, p = 0,522). Это говорит о том, что увеличение видового богатства сообществ Усы в многоводный период происходит неизбирательно и свидетельствует о дотационном, аллохтонном характере ее планктонной фауны, состав которой в сильной степени обусловлен стоком малых рек–притоков.

Таксономический состав планктона Усы неоднороден и меняется на всем ее протяжении от верховьев к нижнему течению. В качестве показателя фаунистической специфики планктона мы использовали показатель среднего уровня сходства, характеризующий среднюю величину сходства состава сообщества на отдельно взятой станции по отношению к прочим станциям реки.

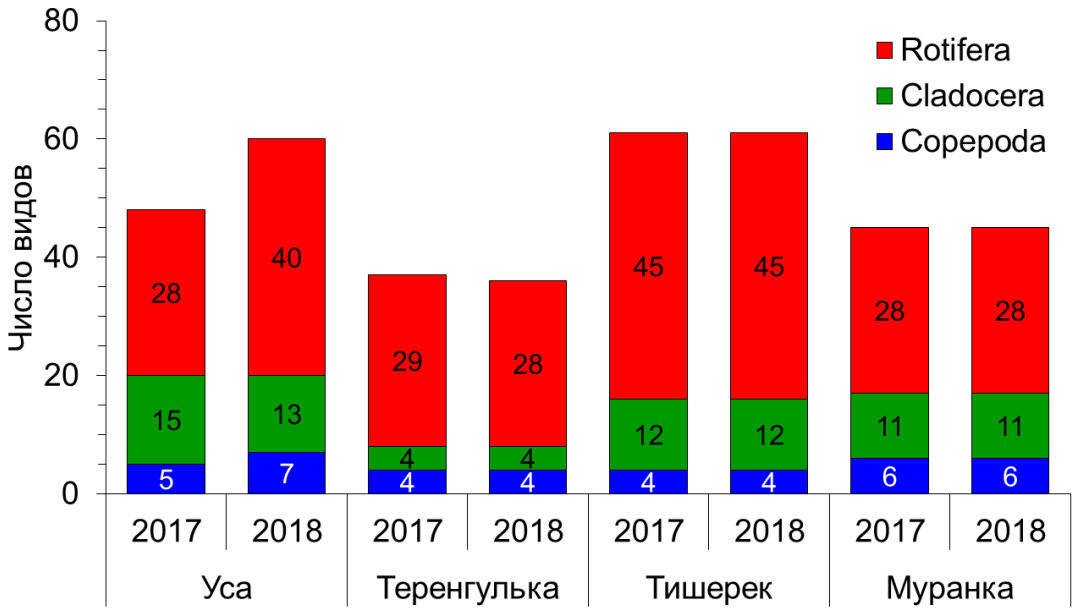


Рис. 40. Видовое богатство зоопланктона рек бассейна Усы в 2017-2018 гг.

Так, уровень сходства станций зоны свободного течения Усы в среднем составляет 33,1% (ДИ: 25,6; 39,6) и изменяется от 11,5% (ст. 6) до 43,2% (ст. 3). В устьевой области реки среднее сходство сообществ снижается до 15,6 (ДИ: 3,7; 32,1) в зоне переменного подпора и 8,7% (ДИ: 0,1; 23,0) – в зоне стабильного подпора. Среднее сходство планктонного населения глубоководного участка водохранилища составляет 24,2% (ДИ: 17,1; 35,6). Относительно базового периода в период высокой водности в 2018 г. средний уровень сходства сообществзоны свободного течения реки снижается до 28,3% (ДИ: 23,8; 32,9), в устьевой области возрастает до 30,8% (ДИ: 18,8; 50,8) в зоне переменного подпора и до 27,3% (ДИ: 12,4; 51,9) – в зоне стабильного подпора; в водохранилище он практически не меняется и составляет 27,4% (ДИ: 13,8; 51,4).

В условиях увеличения водности реки планктонное население зоны ее свободного течения обособляется, происходит его фаунистическая дифференциация (рис. 41). Этот процесс наиболее выражен на ст. 7 и 4, где средний уровень фаунистического сходства сообществ в многоводный год снижался относительно предшествующего периода (–9,9 и –11,1% соответственно). Обратный этому процесс – биотическую гомогенизацию – наблюдали в устьевой области, где уровень сходства возрастал (от +15,2 до +18,6%), и особенно сильно это проявлялось в переходной зоне стабильного подпора (рис. 42). Фаунистический комплекс глубоководного участка водохранилища в многоводный период сравнительно стабилен, уровень сходства изменялся незначительно (+3,2%).

Увеличение среднего уровня сходства станций устьевой области в многоводный период связано с обогащением ее видами из сопредельных экосистем. Например, из зоны свободного течения в устьевую область реки внедряются потамофильные коловратки отр. Bdelloida, *Euchlanis dilatata*, *Synchaeta pectinata*, *S. tremula*, *Testudinella patina*. Со стороны водохранилища в устьевую область реки устремляются лимнофильные виды – *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra luminosa*, *P. major*, *Bosmina longirostris*, *Leptodora kindtii*. В результате взаимного расселения видов повышается фаунистическое сродство планктона устьевой области с граничащими водными массами реки и глубоководного участка водохранилища.

Таким образом, в устьевой области Усы (и особенно в ее переходной зоне стабильного подпора) формируется своеобразная фауна беспозвоночных, отличная от таковой в зоне свободного течения реки и в водохранилище. В условиях высокой водности устьевая область теряет свою фаунистическую специфику и субсидируется видами из граничащих экосистем.

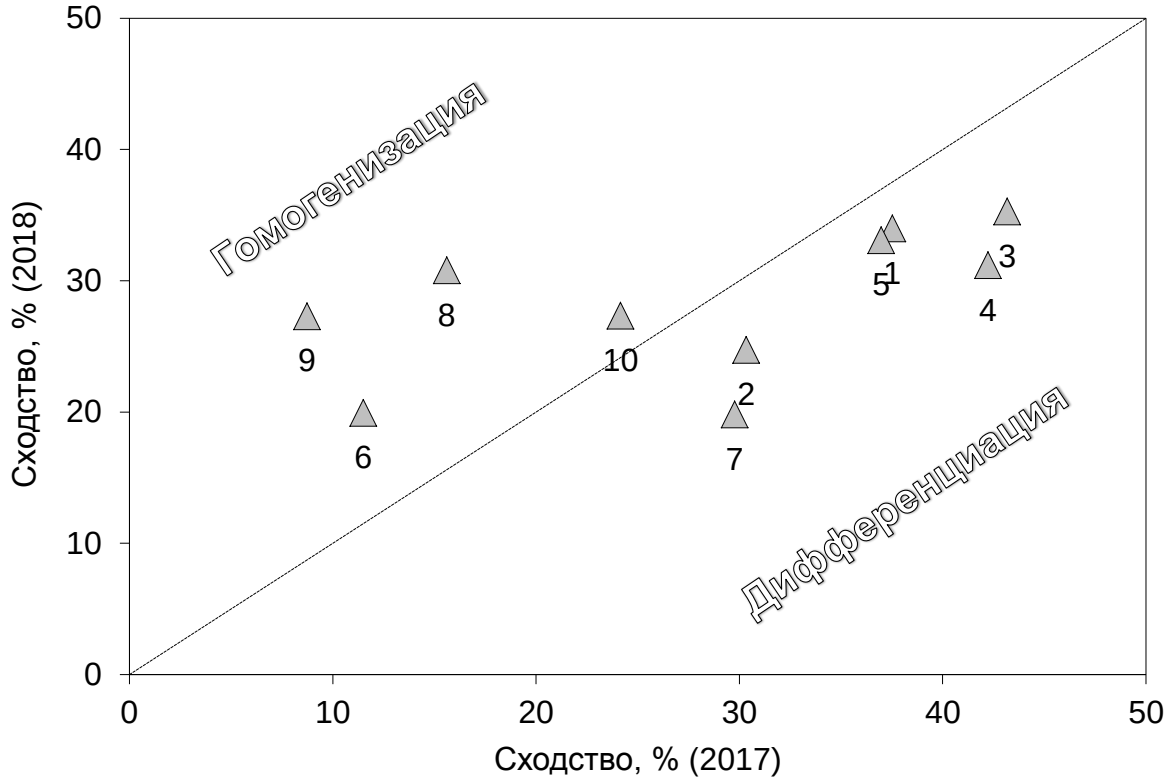


Рис. 41. Изменение фаунистического сходства (индекс Брея-Кертиса, %) локальных сообществ Усы и ее приемника в многоводный год (2018 г).

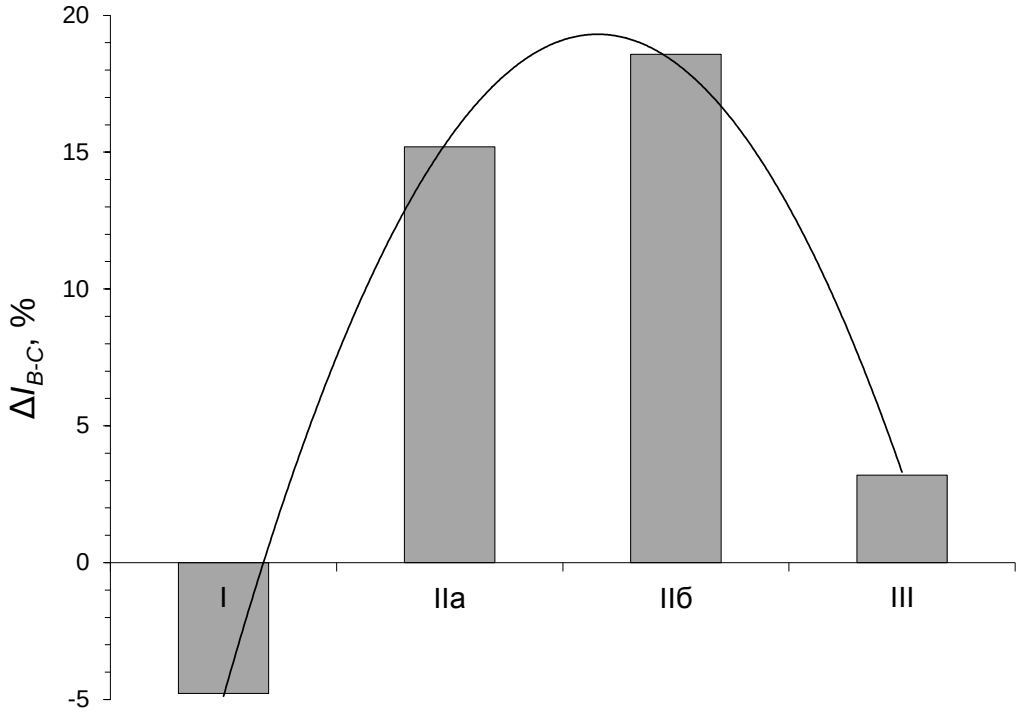


Рис. 42. Изменение сходства (индекс Брея-Кертиса, %) состава сообществ Усы, ее устьевой области и Усинского залива водохранилища в многоводный год (2018 г).

Основные показатели количественного развития зоопланктона реки Уса, а именно, уровня удельного разнообразия, численности и биомассы сообществ, приведены в табл. 35.

Таблица 35. Удельное видовое богатство (*Nsp*, ед.), численность (*N*, тыс. экз./м^3) и биомасса (*B*, г/м^3) зоопланктона р. Уса в 2017-2018 гг.

Станция	*Nsp*		*N*		*B*	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
1	6,0 (–)	4,3 (4,0; 4,7)	0,6 (0,6; 0,7)	2,8 (2,5; 3,0)	0,0015 (0,002; 0,002)	0,007 (0,006; 0,007)
2	7,3 (6,0; 8,0)	7,3 (7,0; 7,7)	0,4 (0,3; 0,4)	2,9 (1,9; 3,5)	0,0004 (0,0001; 0,0005)	0,004 (0,003; 0,004)
3	5,0 (–)	4,3 (4,0; 4,7)	0,6 (0,5; 0,7)	2,8 (2,6; 3,0)	0,0005 (0,0004; 0,001)	0,002 (0,002; 0,002)
4	7,7 (6,0; 8,7)	7,3 (6,0; 8,3)	0,4 (0,2; 0,5)	1,4 (1,1; 1,6)	0,001 (0,001; 0,001)	0,003 (0,003; 0,003)
5	10,7 (10,0; 11,3)	10,3 (10,0; 10,7)	0,8 (0,7; 0,9)	3,1 (3,0; 3,1)	0,023 (0,002; 0,044)	0,007 (0,005; 0,008)
6	4,0 (–)	4,0 (4,0; 4,0)	0,4 (0,4; 0,4)	1,0 (0,9; 1,1)	0,0002 (–)	0,00033 (0,0003; 0,0004)
7	10,5 (9,0; 11,0)	12,2 (10,8; 13,2)	2,6 (2,3; 2,8)	7,5 (7,0; 8,3)	0,004 (–)	0,016 (0,014; 0,019)
8	11,8 (11,0; 12,3)	25,0 (23,4; 26,4)	68,6 (58,2; 77,4)	115,8 (108,8; 121,6)	0,69 (0,45; 0,85)	0,45 (0,411; 0,49)
9	10,8 (9,0; 12,2)	25,0 (23,4; 26,6)	263,7 (225,7; 320,8)	738,7 (683,6; 791,1)	1,98 (1,55; 2,33)	1,83 (1,72; 1,90)
10	16,4 (14,4; 17,8)	25,0 (23,6; 26,0)	376,3 (335,1; 417,4)	412,9 (366,9; 462,7)	11,88 (9,61; 14,12)	16,96 (13,94; 19,99)

Примечание: в числителе дается среднее, в знаменателе – нижняя и верхняя граница 95%-го доверительного интервала для среднего.

Удельное видовое богатство речного зоопланктона Усы сравнительно невелико и в среднем составляло 12,1 [95% ДИ: 10,4÷13,8] вида/пробу. Количество видов, обнаруженных в одной пробе, увеличивалось от истока к устью. Так, наименьшее их число (4-7 видов) регистрировали в верхнем и среднем течении реки, наибольшее – в ее устьевой области и водоеме-приемнике (до 16,4 вида/пробу в 2017 г. и 25,0 – в 2018 г.).

Зоопланктон вод Усы отличался умеренным и умеренно-высоким обилием. Сравнительно обеднен планктон верхнего и среднего участка реки, где численность беспозвоночных не превышала 3 тыс. экз./м^3, а биомасса – 0,04 г/м^3. Более высокие показатели обилия сообществ отмечали в устьевой области реки (и особенно в ее переходной зоне стабильного подпора – в среднем 264 тыс. экз./м^3 и 2,0 г/м^3), максимальные – в глубоководном участке водохранилища (376 тыс. экз./м^3 и 11,9 г/м^3). Относительно фонового 2017 года в период повышенной водности в 2018 г. наблюдали устойчивое увеличение численности (в 1,1-7,3 раза) зоопланктона и, локально, его биомассы – в реке (до 1,7-10 раз) и водохранилище (1,4 раза). Устьевая область реки в многоводный период, напротив, демонстрирует незначительное снижение биомассы (с 0,7 до 0,5 г/м^3 в переходной зоне переменного подпора и с 2,0 до 1,8 г/м^3 – в зоне стабильного подпора) за счет массового развития мелких коловраток.

Ключевыми факторами, определяющими различия основных количественных показателей развития зоопланктона реки Уса, выступают гидроэкологическая специфика и особенности режима вод районированных зон (табл. 36). Статистические эффекты влияния режима вод (I – речной, IIа – в меньшей степени водохранилищный, IIб – преимущественно водохранилищный, III – водохранилищный) как экологического фактора развития сообществ особенно сильны и высоко значимы. Существенно меньшее, но также значимое влияние на количественные показатели зоопланктона оказывают межгодовые различия водности реки. Таким образом, гидрологический подпор реки водохранилищем и обусловленная им динамика вод выступает приоритетным фактором пространственной дифференциации зоопланктона, определяет уровень его видового богатства и обилия.

Таблица 36. Результаты дисперсионного анализа влияния гидроэкологической дифференциации реки Уса и межгодовых отличий ее водности на показатели количественного развития зоопланктона

Показатель	Источник изменчивости	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	*F*-критерий	*p*
Главные эффекты						
Nsp	Зона	2459,1	2	1229,5	105,1	**0,0001**
	Год	427,4	1	427,4	36,5	**0,0001**
N	Зона	2040700	2	1020400	76,0	**0,0001**
	Год	95306	1	95306	7,1	**0,0013**
B	Зона	1726,4	2	863,2	1209,8	**0,0001**
	Год	5,2	1	5,2	7,3	**0,001**
Двухфакторные взаимодействия						
Nsp	Зона × год	337,2	2	168,57	14,4	**0,0001**
N		410480	2	205240	15,3	**0,0001**
B		118,9	2	59,4	83,3	**0,0001**

Примечание: жирным выделены статистически значимые эффекты ($p \leq 0{,}05$)

В общем случае пространственная изменчивость показателей обилия зоопланктона на продольном профиле р. Уса описывается в рамках закономерного процесса – монотонного возрастания численности и биомассы сообществ с увеличением доли водохранилищных вод. Однако, поскольку обилие планктона не может возрастать неограниченно, а лимитировано некоторым порогом насыщения – емкостью, пределом обилия, достигаемого в водоеме-приемнике – проанализируем данную связь в рамках математической модели с насыщением в постановке Ферхюльста-Пирла:

$$N_{tot}(B_{tot}) = \frac{a}{1 + \frac{a-c}{c} e^{-b\omega}},$$

где a – порог насыщения, характеризующий предельную величину обилия сообществ;

b – экспоненциальный параметр роста;

c – начальная величина обилия сообществ;

ω – доля водохранилищных вод, %.

С использованием специальных программ на ЭВМ получены значения параметрических коэффициентов модели численности зоопланктона Усы: a = 382,84, b = 0,0818, c = 4,7209. Графическое решение полученной модели приведено на рис. 43. Модель статистически значима ($F_{[1,18]}$ = 84,9, $p \sim 0$) и хорошо согласуется с натурными экологическими данными (значение критерия эффективности моделирования по Нэшу-Сатклиффу: 0,894, величина систематической ошибки прогноза не превышает 1,3%).

Аналогичные модельные расчеты проведены для биомассы зоопланктона р. Уса. Параметрические коэффициенты полученной модели: a = 11,93, b = 0,18178, c = 0,000023617. Ее решение приведено на рис. 44. Тестирование модели показывает ее статистическую значимость ($F_{[1,18]}$ = 76,1, $p \sim 0$) и хорошее соответствие натурным данным (значение критерия Нэша-Сатклиффа: 0,782, величина систематической ошибки прогноза не превышает 2,9%).

В целом, полученные модельные кривые с приемлемой для практики точностью описывают пространственную динамику обилия сообществ Усы в зоне смешения речных и водохранилищных вод, указывают на повышенную локализацию планктона в нижнем течении реки и могут быть использованы при управлении и реализации ее биоресурсного потенциала.

Интегрирование полученных уравнений с учетом особенностей районированных гидроэкологических зон (в части удельного содержания в них водохранилищных вод) позволяет оценить, в каком соотношении распределены численность и биомасса планктона в зоне смешения водных масс реки и водохранилища. Простым образом покомпонентная оценка обилия планктона дается формулой:

$$N_{tot}(B_{tot}) = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{a}{1 + \frac{a-c}{c} e^{-b\omega}} d\omega.$$

Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 37.

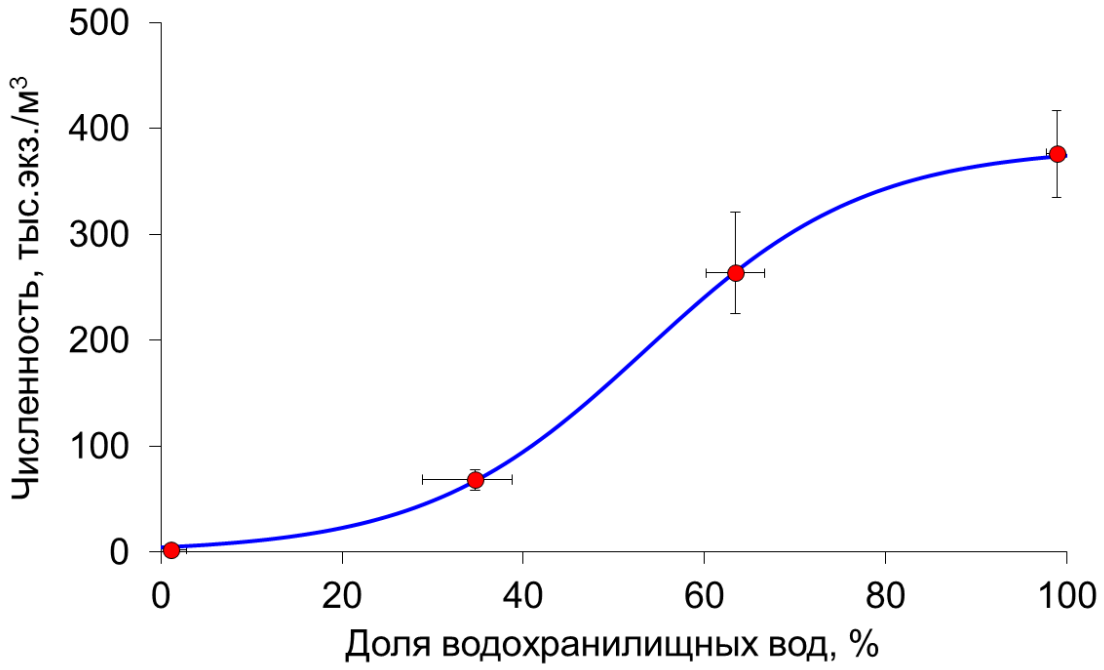


Рис. 43. Модельная кривая и натурные данные численности (тыс. экз./м^3) зоопланктона р. Уса в градиенте увеличения доли (%) водохранилищных вод.

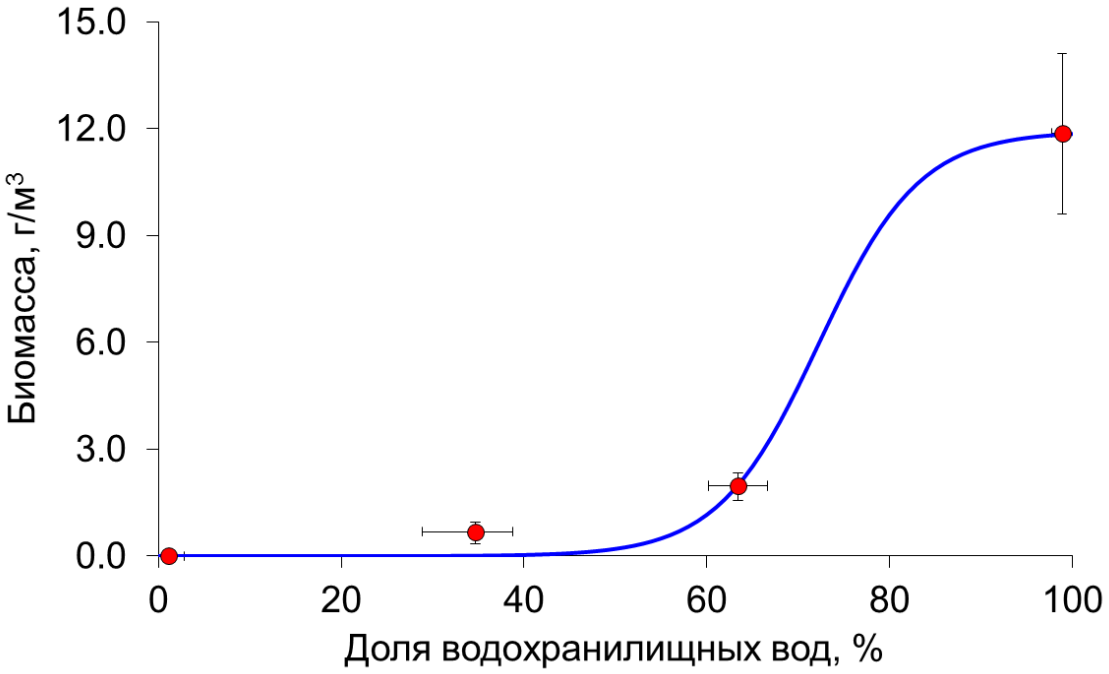


Рис. 44. Модельная кривая и натурные данные численности зоопланктона р. Уса в градиенте увеличения доли водохранилищных вод.

Таблица 37. Компоненты обилия зоопланктона р. Уса в зоне смешения речных и водохранилищных вод

Доля общего обилия планктона, %	Гидроэкологическая зона			
	I	IIа	IIб	III
- по численности	0,16	14,16	75,23	10,45
- по биомассе	0,0001	0,34	81,85	17,80

Результаты расчетов показывают, что основная доля – 89,4% численности и 82,2% биомассы – планктона Усы сосредоточена в ее устьевой области, и, главным образом, ее переходной зоне стабильного подпора (75,23% численности и 81,85% биомассы беспозвоночных).

Сообщества олигодоминанты, структурообразующее ядро ценозов сравнительно стабильно и разнообразно. Доминантный комплекс беспозвоночных планктона по численности составляли 27, по биомассе – 23 ключевых вида и формы.

Основную долю численности биоценозов верхнего течения Усы формировали коловратки (54,3-80,8%N_{tot}) и, в меньшей степени, неполовозрелые копеподы (до 47%N_{tot}). Доминантами здесь выступали бделлоидные коловратки (15-36%N_{tot}), *Cephalodella gibba* (13-19%N_{tot}) и *C. megalocephala* (19%N_{tot}), *Euchlanis dilatata* (16-19%N_{tot}), *Lepadella ovalis* (12-20%N_{tot}) и *Notommata cyrtopus* (11%N_{tot}). По биомассе основной вклад вносили коловратки (42-59%B_{tot}) – преимущественно *Cephalodella gibba* (24%B_{tot}), *Euchlanis dilatata* (24-32) и *Platyias quadricornis* (16%B_{tot}). На отдельных станциях верховьев реки преобладали веслоногие (главным образом, копеподиты циклопов – до 61%B_{tot}) или ветвистоусые (*Pleuroxus aduncus* – 59%B_{tot}) ракообразные.

В среднем течении Усы по численности лидировали коловратки, среди которых наиболее обильны *Cephalodella megalocephala* (16-19%N_{tot}), *Lepadella ovalis* (до 28,5%N_{tot}) и *L. patella* (до 25%N_{tot}), *Testudinella patina* (до 12,6%N_{tot}). По биомассе здесь преобладали веслоногие рачки, а именно, науплиусы циклопов (24-70%B_{tot}) и *Acanthocyclops americanus* (до 14,0%B_{tot}).

В устьевой области Усы по численности преобладали ракообразные. Так, в переходной зоне переменного подпора доминировали ветвистоусые рачки (45.6%N_{tot}), из которых превалировали *Chydorus sphaericus* (23,7%N_{tot}) и *Daphnia galeata* (13,3%N_{tot}). Основу численности сообщества переходной зоны стабильного подпора составляли веслоногие ракообразные (62,2%N_{tot}), ключевую долю которых обеспечивали науплиусы циклопов (56,7%N_{tot}). Значительную часть биомассы (~85%B_{tot}) сообществ переходной зоны переменного и стабильного подпора формировали ветвистоусые рачки, главным образом, *Daphnia galeata* (соответственно 52 и 49%B_{tot}), *Chydorus sphaericus* (29 и 34%B_{tot}) и *Bosmina coregoni* (10 и 11%B_{tot}).

Определяющую долю численности и биомассы планктона глубоководного участка Усинского залива Куйбышевского водохранилища – приемника усинских вод – составляли ветвистоусые рачки, из которых наиболее многочисленны были *Daphnia galeata* (68%N_{tot} и 94%B_{tot}) и *Chydorus sphaericus* (только по численности – 13%N_{tot}).

Указанные отличительные особенности планктона районированных зон Усы связаны со спецификой и режимом их вод, отчетливо прослеживаются при комплексном сравнении видовой структуры сообществ (рис. 45). Зоопланктоценозы реки, ее устьевой области и глубоководного участка залива водохранилища демонстрируют выраженную специфику и обособляются на ординационной плоскости тремя основными кластерами наблюдений. Их доверительные эллипсы не перекрываются, что свидетельствует о значимой экологической дифференциации. Существенно, что планктон устьевой области реки проявляет внутреннюю неоднородность, расщепляется отдельными облаками описаний на сообщество переходной зоны переменного подпора и зоны стабильного подпора. Представленная картина различий видовой структуры зоопланктоценозов реки Уса статистически значима и подтверждается результатами пермутационных тестов (*GOF* = 0,7953, p = 0,001).

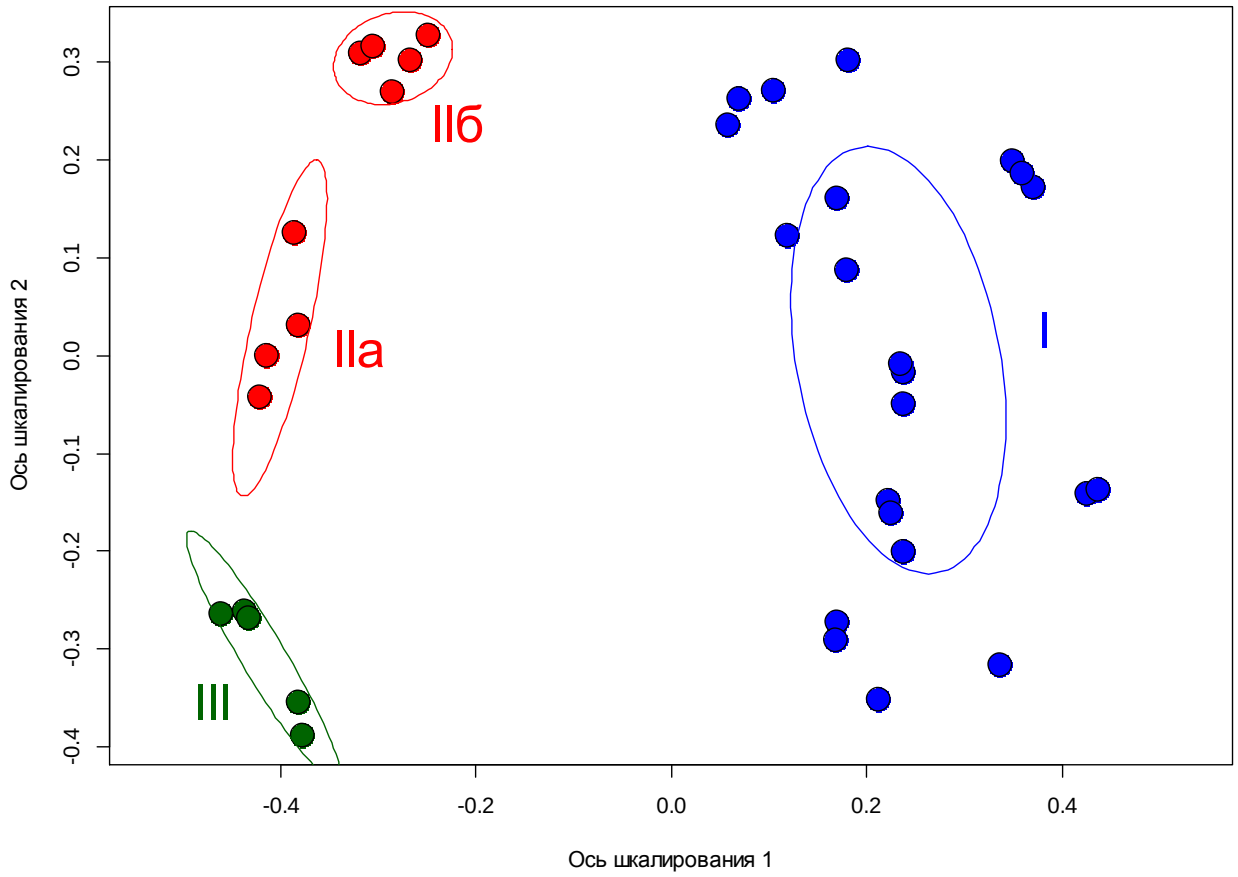


Рис. 45. Ординация сообществ зоопланктона вод гидроэкологических зон р. Уса по видовой структуре: I – зона свободного течения реки, II – ее устьевая область (IIа – переходная зона переменного подпора, IIб – переходная зона стабильного подпора), III – глубоководный участок Усинского залива Куйбышевского водохранилища.

Относительно фонового 2017 г. в многоводный период 2018 г. в планктоне верхнего течения по численности сохранялось превалирование коловраток (59-83%N_{tot}), из которых наиболее многочисленны бделлоиды (14-44%N_{tot}), *Euchlanis dilatata* (16-19%N_{tot}) и *Lepadella ovalis* (12-20%N_{tot}). Локально высокой численности достигали *Cephalodella gibba* (до 24%N_{tot}), *Epiphanes senta* (13%N_{tot}), *Keratella quadrata* (14%N_{tot}), *Notommata cyrtopus* (13%N_{tot}) и *Testudinella patina* (17%N_{tot}). Преобладание в верховьях реки по биомассе коловраток в многоводный период сменилось доминированием копепод (53-80%B_{tot}), из которых наиболее обильны неполовозрелые циклопы (15-73%B_{tot}) и *Eucyclops serrulatus* (15-47%B_{tot}).

В среднем течении реки в многоводный период сохранялось доминирование коловраток по численности (86-92%N_{tot}) и копепод – по биомассе (51-52%B_{tot}). По численности превалировали *Brachionus quadridentatus* (до 15,4%N_{tot}), *Cephalodella megalocephala* (до 35,4%N_{tot}), *Euchlanis dilatata* (до 51,4%N_{tot}), *Lepadella patella* (до 26,9%N_{tot}) и *L. ovalis* (до 23,4%N_{tot}). Доминантами по биомассе выступали науплиусы копепод (26-51%B_{tot}) и веслоногий рачок *Acanthocyclops americanus* (до 20%B_{tot}).

Выраженные изменения доминантных комплексов в многоводный период наблюдали в сообществах устьевой области реки. Так, относительно фонового периода здесь сокращалась численность ракообразных и возрастала доля коловраток. В переходной зоне переменного подпора их доля достигала 52%N_{tot}, доминировали *Synchaeta tremula* (20%N_{tot}) и *Conochilus unicornis* (11,4%N_{tot}). В зоне стабильного подпора доля численности коловраток возрастала до 71%N_{tot} и среди них лидировали *Conochilus unicornis* (19,7%N_{tot}), *Brachionus angularis* (17,4%N_{tot}) и *Polyarthra luminosa* (13,5%N_{tot}). Изменения структуры биомассы в многоводный период сопровождались снижением доли кладоцер и увеличением вклада копепод. В переходной зоне переменного подпора доля веслоногих ракообразных по биомассе

достигала 56%B_{tot}. Среди них доминировали *Acanthocyclops americanus* (18%B_{tot}) и *Eurytemora velox* (24%B_{tot}). В зоне переходной зоне стабильного подпора вклад копепод по биомассе составлял 45%B_{tot}, преобладали неполовозрелые циклопы (13,2%B_{tot}).

Сообщество глубоководного участка Усинского залива водохранилища в период увеличения водности, как и ранее, характеризовалось преобладанием и по численности, и по биомассе ветвистоусых ракообразных (49,3%N_{tot} и 95,9%B_{tot}), но отличалось увеличением доли численности коловраток (до 35%N_{tot}). Доминантами по численности выступали *Daphnia galeata* (37%N_{tot}) и *Conochilus unicornis* (23,9%N_{tot}), по биомассе – *D. galeata* (91,8%B_{tot}).

Представленные данные свидетельствуют об экологически значимой перестройке сообществ, обеспечивающей, по-видимому, наиболее эффективную адаптацию планктона к изменяющимся условиям повышенной водности. При этом выраженность этих процессов неодинакова на разных участках реки, и речной планктон по-разному реагирует на изменения водной среды. Картина структурных модификаций сообществ указывает на развитие прогрессирующей экологической дифференциации – почти отсутствующей в верхнем течении реки и предельно выраженной в ее устьевой области. Так, результаты комплексной ординации сообществ позволяют выделить четыре основных кластера описаний (рис. 46), имеющие существенные отличительные особенности и обеспеченные надежной статистической поддержкой (ANOSIM: $R = 0{,}67$, $p < 0{,}0001$).

Первый кластер объединяет описания верхнего течения рек (ст. 1-4), сообщества водных масс которых развиваются в условиях сильной проточности, дефицита света и тепла. Рассредоточенность на диаграмме проекций станций верхнего течения дополнительно подчеркивает его биотопическую мозаичность по сравнению со средним и нижним участком реки. Сообщества верхнего течения невосприимчивы к условиям повышенной водности и не демонстрируют направленных структурных изменений. Второй кластер группирует сообщества среднего течения (ст. 5-7); они малозначимо отличаются от верховьев реки ($R = 0{,}34$, $p < 0{,}0001$). В среднем течении происходит расщепление облака описаний и в условиях повышенной водности возникает частичная дифференциация зоопланктона. Это хорошо прослеживается на градиенте станций 5, 6 и 7 (выше зоны выклинивания подпора). В третий кластер, более специфичный по сравнению с верховьями реки ($R = 0{,}74$, $p < 0{,}0001$) и менее специфичный относительно ее среднего течения ($R = 0{,}39$, $p < 0{,}0001$), входят ценотически схожие сообщества устьевой области притока и водоема-приемника в 2017 г., т.е. в период водности, по величине близкой к среднемноголетней. Наконец, в условиях высокой водности в 2018 г. планктон устьевой области и глубоководного участка залива водохранилища обособляется в отдельный – четвертый кластер описаний и обнаруживает статистически значимую ($R = 0{,}76$, $p < 0{,}0001$) экологическую дифференциацию.

Выделенные кластеры зоопланктона имеют характерные отличительные особенности в отношении состава, удельного обилия и встречаемости ключевых видов. Например, всего 12 видов и форм (из 72 представленных, включая науплиусов и неполовозрелых копепод) описывают >70% различий между кластерами, а 27 видов и форм почти полностью (91%) объясняют групповые отличия зоопланктоценозов. Сообщество верхнего течения Усы отличается высоким постоянством и весомым ценотическим участием бделлоид (в среднем 23,5%B_{tot}), науплиусов циклопов (18,6%B_{tot}), коловраток *Lepadella ovalis* (9,4%B_{tot}) и *Cephalodella gibba* (8,8%B_{tot}). Для среднего течения реки характерны науплиусы циклопов (в среднем 30,0%B_{tot}), коловратки *Euchlanis dilatata* (15,2%B_{tot}), *Lepadella patell a* (8.5%B_{tot}) и *Cephalodella megalocephala* (7.8%B_{tot}). Сообщества устьевой области притока и его приемника в фоновый по метеорологическим условиям период отличается высоким участием науплиусов циклопов (в среднем 30,2%B_{tot}), теплолюбивых кладоцер *Daphnia galeata* (28,9%B_{tot}) и *Chydorus sphaericus* (18,2%B_{tot}). В многоводный период ключевыми видами на этом участке выступали *Conochilus unicornis* (в среднем 18,4%B_{tot}), *Nauplii Cyclopoida* (13,2%B_{tot}), *Daphnia galeata* (13,1%B_{tot}), *Synchaeta tremula* (9,1%B_{tot}) и *Brachionus angularis* (7,7%B_{tot}).

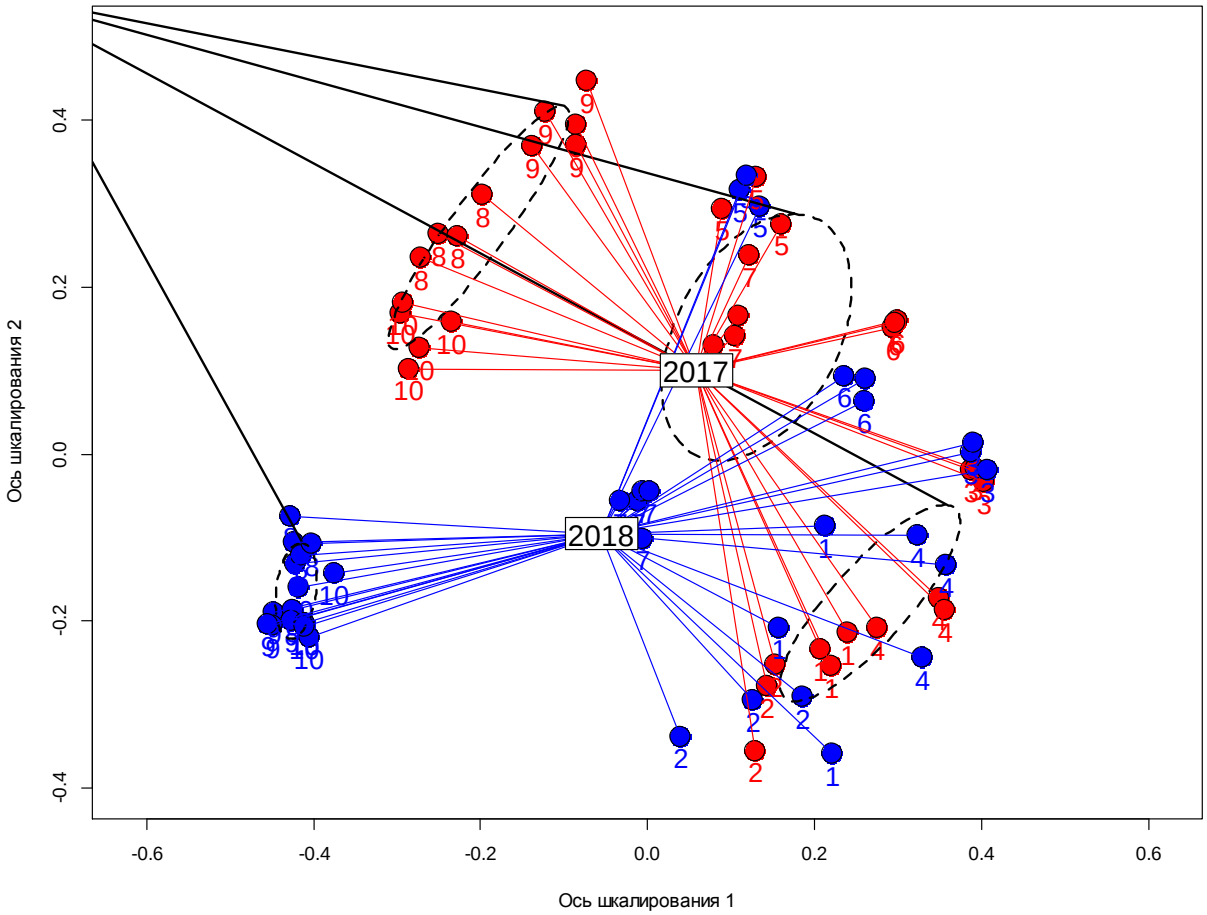


Рис. 46. Экологическая ординация сообществ зоопланктона в отличные по водности годы наблюдений (пояснения в тексте).

Количественная оценка отклика планктона на увеличение водности в долине Усы показывает, что процессы экологической дифференциации сообществ практически отсутствуют в верховьях (5,9% от общей величины перестроек) и малозначимы в среднем течении реки и в водохранилище (по 18,5%). Наиболее глубоко эти процессы протекают в устьевой области притока (57,1%), в том числе в переходной зоне переменного подпора – 21,6% и зоне стабильного подпора – 35,5%. Масштаб структурных перестроек на уровне отдельных станций представлен на рис. 47.

Таким образом, увеличение водности выступает значимым фактором трансформации планктонных сообществ Усы. Комплексный анализ изменений видовой структуры зоопланктона показывает, что в меньшей степени это относится к зоне свободного течения реки, которая и так жестко стабилизирована сильным течением и неблагоприятными условиями водной среды, и в большей – к ее нижнему течению и устьевой области, где усиливается водообмен, интенсифицируется приток аллохтонной органики и биогенов, что индуцирует адаптивную перестройку сообществ.

Притоки реки Уса. Различия режима вод (быстротекучие незарегулированные или слаботекучие в условиях гидроподпора) предопределяют особенности количественного развития планктона малых притоков Усы. Так, пониженное обилие беспозвоночных характерно для вод незарегулированной р. Теренгулька, и наоборот – более высокое – для рек Тишерек и Муранка, нижнее течение которых находится в зоне выклинивания подпора.

Зоопланктон р. Теренгулька на всем ее протяжении развивается в напряженных условиях, что связано с высокой проточностью и слабой прогреваемостью вод. Сообщества реки качественно обеднены, малообильны и низкопродуктивны (рис. 48).

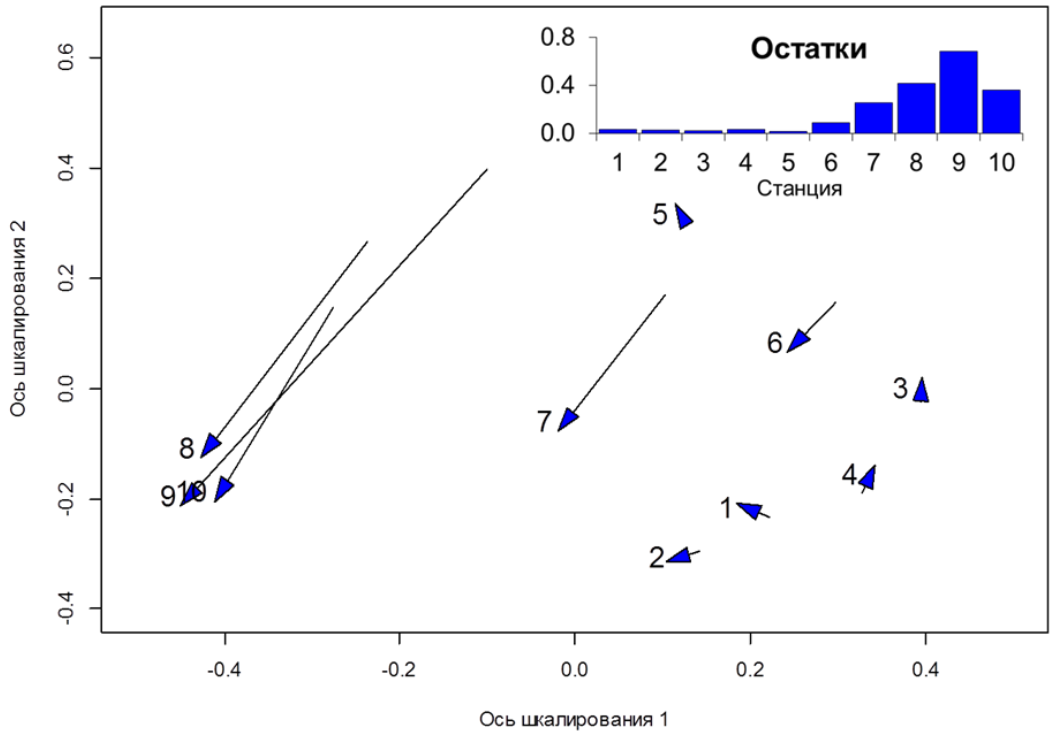


Рис. 47. Картина экологической дифференциации сообществ зоопланктона Усы в период высокой водности реки.

Наименьшее удельное видовое богатство беспозвоночных Теренгульки отмечено в ее верховьях (до 5,5 вида/пробу в 2017 г. и до 3,5 видов/пробу – в 2018 г.), большее – в нижнем течении (соответственно до 14,3 и 13,3 вида/пробу), максимальное – на среднем участке реки (20,5 и 16,5 вида/пробу). В многоводный год удельное видовое богатство планктона сокращалось с 11,6 [8,4; 14,8] до 9,6 [6,7; 12,4] вида/пробу, что связано с усилением промывного режима и сносом организмов из речных рефугиумов.

Численность и биомасса сообществ вод Теренгульки очень низки и не превышали 16 тыс. экз./м^3 и 0,024 г/м^3. Максимальные значения обилия отмечались в среднем, меньшие – в нижнем, а минимальные – в верхнем течении реки.

Основу численности зоопланктона в верхнем течении составляли веслоногие рачки (67%N_{tot}), а именно, их науплиусы (31,3%N_{tot}) и копеподиты (33,3%N_{tot}). В среднем и нижнем течении основную долю численности (62-99%N_{tot}) формировали коловратки: в среднем течении превалировали бделлоиды (25-41%N_{tot}), *Brachionus calyciflorus* (до 12%N_{tot}), *Filinia longiseta* (до 11%N_{tot}), *Keratella cochlearis* (до 10%N_{tot}), *K. quadrata* (до 10%N_{tot}), *Notommata aurita* (до 15%N_{tot}), *Synchaeta pectinata* (до 16%N_{tot}); в нижнем течении главным образом преобладал *Euchlanis dilatata* (до 25%N_{tot}). По биомассе в верхнем течении реки на 55-88% преобладали ракообразные – неполовозрелые циклопы (до 63%B_{tot}) или кладоцеры *Alonella excisa* (до 53,4%B_{tot}). В среднем течении доминировали (52-96%B_{tot}) коловратки – *Synchaeta pectinata* (до 57%B_{tot}), *Brachionus calyciflorus* (до 15%B_{tot}) и *B. quadridentatus* (до 19%B_{tot}). Ключевую долю биомассы (76%B_{tot}) планктона нижнего течения в равной доле формировали ветвистоусые и веслоногие ракообразные, из них наиболее обильны *Chydorus sphaericus* (28%B_{tot}), *Simocephalus serrulatus* (13%B_{tot}) и *Acanthocyclops americanus* (15%B_{tot}).

В многоводный год незначительно снижается численность и биомасса беспозвоночных (среднем с 3,37 до 2,56 тыс. экз./м^3 и с 0,0052 до 0,0050 г/м^3), но эти изменения статистически незначимы (соответственно U = 50, p = 0,340 и U = 52, p = 0,404). Почти неизменны остаются преобладающие группы планктона, состав и структура доминирующих комплексов. Это указывает на формирование сравнительно стабильных зоопланктоценозов, состав и структура которых устойчива к возмущающему воздействию высокой водности речного потока, а элиминация планктона носит малозначимый и неизбирательный характер.

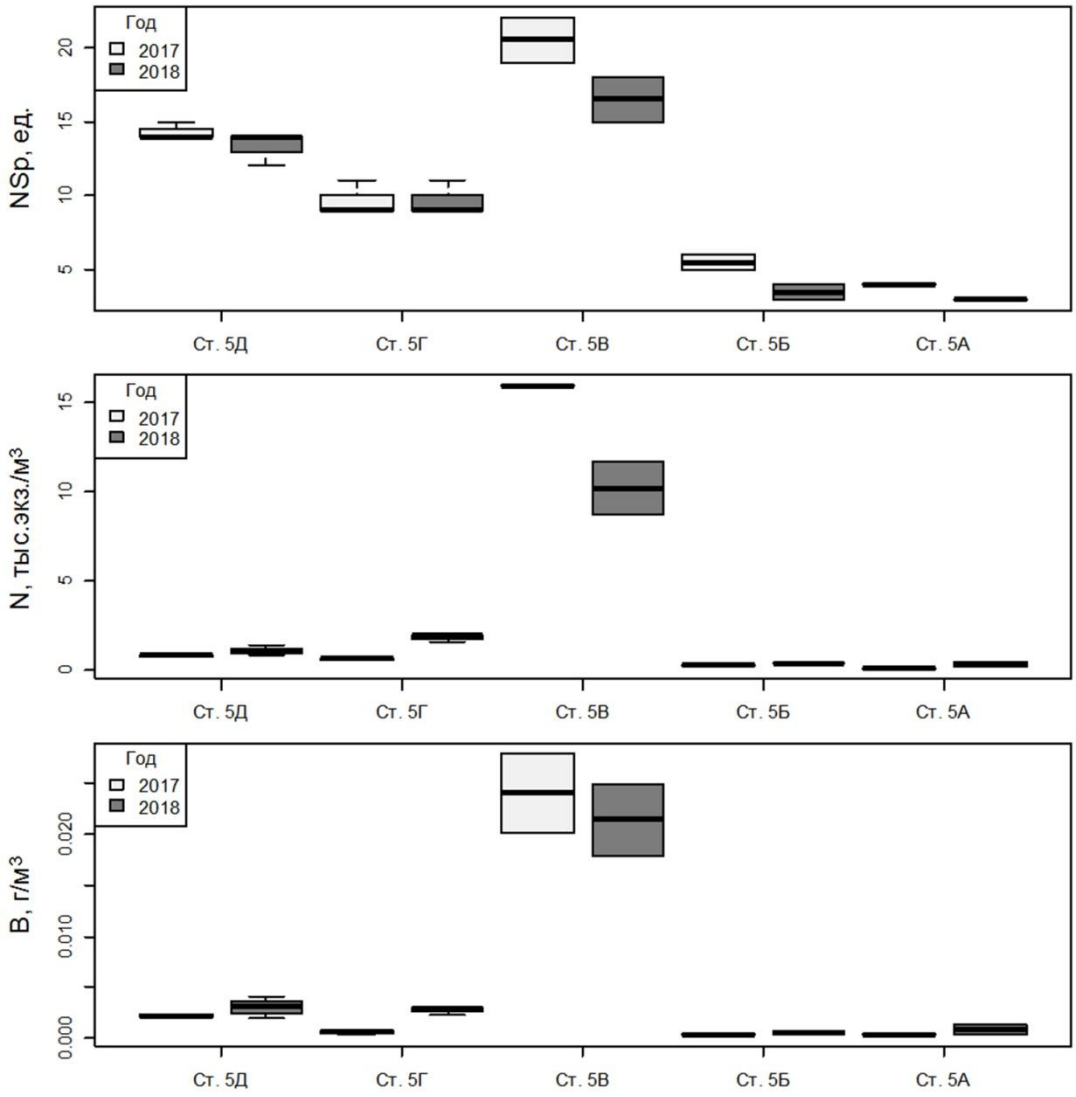


Рис. 48. Основные количественные показатели развития зоопланктона р. Теренгулька.

По сравнению с притоком Теренгулька, воды других притоков Усы – Тишерека и Муранки – в нижнем течении зарегулированы подпором водохранилища. Это создает предпосылки для формирования более разнообразных и обильных планктоценозов.

Основные показатели количественного развития зоопланктона р. Тишерек представлены на рис. 49.

Удельное видовое богатство зоопланктона р. Тишерек в его верхнем течении составляло в среднем 8,0-8,3 вида/пробу, наибольшее богатство отмечали в среднем течении (44,3 вида/пробу), чуть меньшее – в низовьях реки (21,3 вида/пробу). В многоводный период удельное богатство планктонных проб незначительно сокращалось: в верхнем течении – до 7,5, в среднем – до 41,7, в нижнем – до 20,0 вида/пробу. Показатели обилия планктона возрастали от истока к устью. Так, минимальные значения численности и биомассы наблюдали в верхнем (0,757 тыс. экз./м^3 и 0,003 г/м^3) и среднем (52,8 тыс. экз./м^3 и 0,063 г/м^3) течении реки, наибольшие – в ее устьевой области (482,9 тыс. экз./м^3 и 1,8 г/м^3). Относительно предшествующего периода в 2018 г. наблюдали стимулирующее влияние повышенной водности реки на ее планктонное население. По-видимому, это определяется смывом с водосбора фосфатов, что подтверждается данными гидрохимических наблюдений. В условиях дополнительного притока биогенов обилие планктона верхнего течения реки возрастало до 3,9 тыс. экз./м^3 и 0,013 г/м^3, среднего течения – до 179,2 тыс. экз./м^3 и 0,29 г/м^3, нижнего течения – до 5320,5 тыс. экз./м^3 и 21,2 г/м^3.

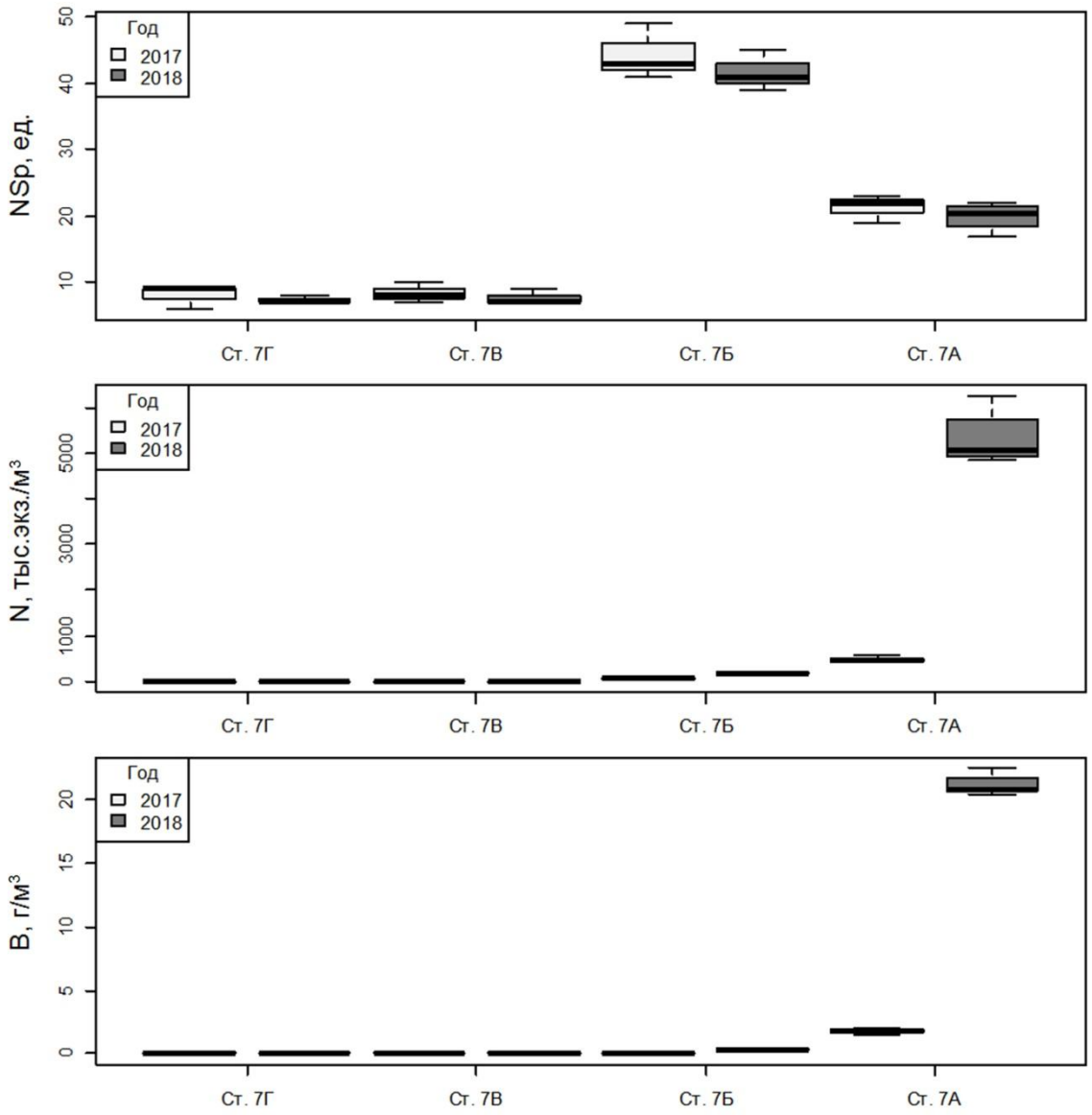


Рис. 49. Основные количественные показатели развития зоопланктона р. Тишерек.

В верхнем течении Тишерека по численности преобладали копеподы (>70%N_{tot}), среди которых особенно многочисленны науплиусы и неполовозрелые циклопы. По биомассе в верховьях реки в равной степени лидировали ветвистоусые и веслоногие ракообразные (соответственно, 50 и 49%B_{tot}), главным образом, *Daphnia pulex* (44,4%B_{tot}), *Eucyclops serrulatus* (13,8%B_{tot}) и копеподиты циклопов (25,1%B_{tot}). В среднем течении Тишерека основную долю численности сообщества составляли коловратки (68%N_{tot}) при доминировании бделлоид (22%N_{tot}) и *Euchlanis dilatata* (11%N_{tot}); по биомассе преобладали копеподы (59,4%B_{tot}) – науплиусы (14,4%B_{tot}) и копепоподиты (29,8%B_{tot}) циклопов, науплиусы каляноид (15,2%B_{tot}). На станциях нижнего течения основу численности (72-82%N_{tot}) и биомассы (57-86%B_{tot}) составляли коловратки, из которых наиболее многочисленны были *Synchaeta pectinata* (39%N_{tot} и 56%B_{tot}) и *S. tremula* (30%N_{tot} и 29%B_{tot}), а также – локально – бделлоиды (до 11%N_{tot}), *Keratella cochlearis* (до 29%N_{tot}) и *Asplanchna priodonta* (до 36%B_{tot}). В период высокой водности в планктоне реки остаются неизменны преобладающие группы беспозвоночных, принципиально сохраняются доминирующие комплексы. Существенно, что в доминантное ядро сообществ в этот период включаются также фитофильные виды коловраток *Euchlanis incisa* и *Lecane closterocerca*, выносимые водным потоком из прибрежных зарослей.

Показатели количественного развития зоопланктона р. Муранка представлены на рис. 50. Видно, сообщества беспозвоночных верхнего и среднего участка реки сильно обеднены. Наибольшего обилия достигает планктонное население зарегулированной гидроподпором устьевой области притока.

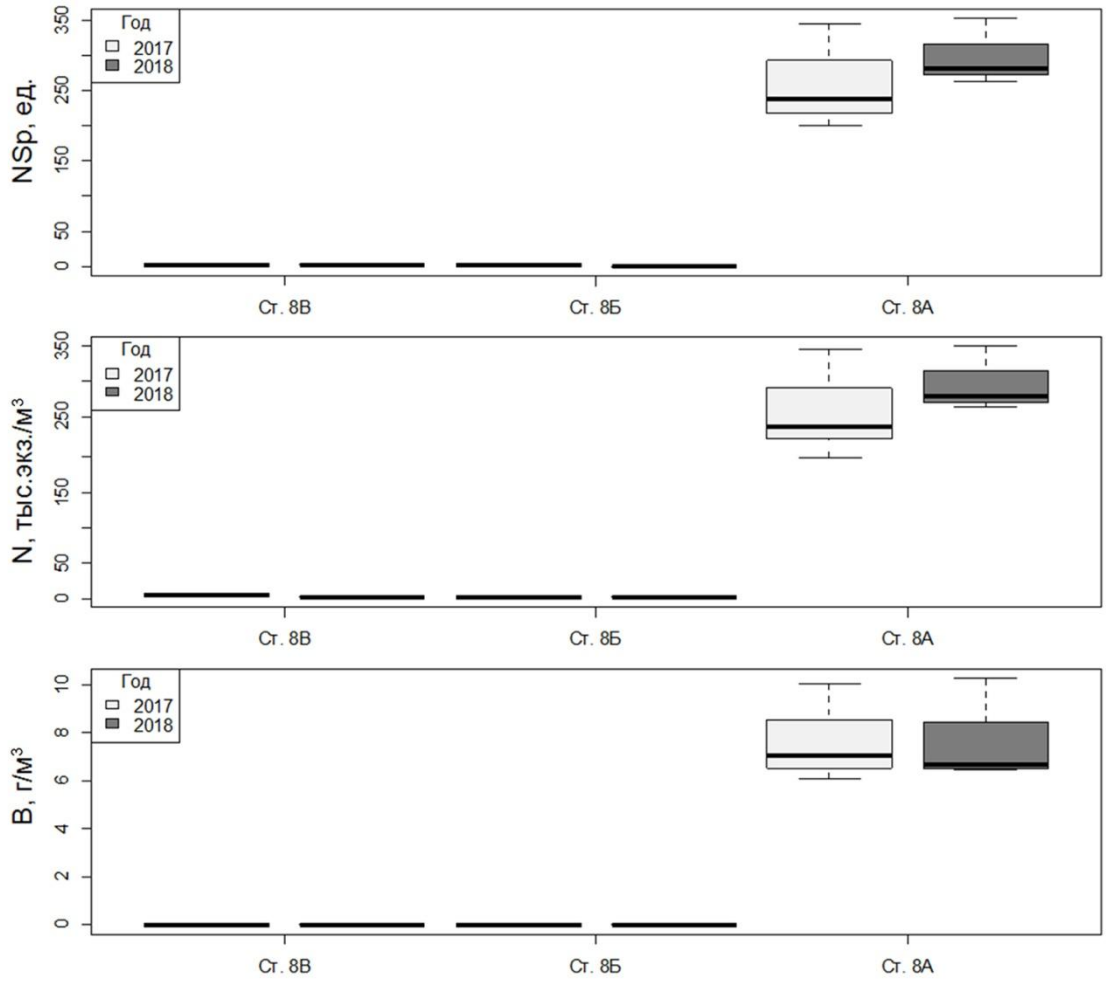


Рис. 50. Основные количественные показатели развития зоопланктона р. Муранка.

Удельное видовое богатство беспозвоночных незарегулированного участка Муранки (ее верхнее и среднее течение) варьировало от 11 до 13 видов, в нижнем течении реки число видов в пробе возрастало до 34-39. Обилие планктона в зоне свободного течения не превышало 2,8 тыс. экз./м^3 и 0,006 г/м^3, а в устьевой области притока достигало 261 тыс. экз./м^3 и 7,7 г/м^3. Доминирующей группой планктона в зоне свободного течения реки как по численности (88-96%N_{tot}), так и по биомассе (66-68%B_{tot}) выступали коловратки: по численности – бделлоиды (до 13%N_{tot}), *Euchlanis dilatata* (18-45%N_{tot}), *E. lucksiana* (до 52%N_{tot}), *Lecane closterocerca* (до 13%N_{tot}), по биомассе – *E. deflexa* (до 13%B_{tot}), *E. dilatata* (13-52%B_{tot}), *E. lucksiana* (10-40%B_{tot}). В зарегулированной подпором устьевой области и по численности, и по биомассе доминировали ветвистоусые рачки (67%N_{tot} и 97%B_{tot}), из которых массового развития достигала *Ceriodaphnia pulchella* (66%N_{tot} и 96%B_{tot}).

В многоводный год отмечали сокращение удельного видового богатства беспозвоночных реки: в среднем с 12 до 9 видов/пробу в зоне свободного течения и с 36 до 30 видов/пробу – в ее устьевой области. В условиях высокой проточности снижалось обилие сообществ зоопланктона в водных массах незарегулированного участка реки (в среднем с 2,24 до 1,49 тыс. экз./м^3 и с 0,004 до 0,003 г/м^3) и незначительно увеличивалось в ее устьевой области (с 261 до 298 тыс. экз./м^3 и с 7,7 до 7,8 г/м^3).

Доминирующие группы планктона реки Муранка и его видовая структура в многоводный период остаются почти неизменными относительно периода климатической нормы. Изменения коснулись только зоопланктоценоза среднего течения реки, где доминирующих ранее по биомассе коловраток (67%B_{tot}) заместили ветвистоусые рачки (57,4%B_{tot}) – главным образом, *Simocephalus vetulus* (55%B_{tot}). Таким образом, планктон среднего течения Муранки, ранее биоценотически схожий с таковым в ее верхнем течении, в многоводный период приобретает черты выраженного сходства с планктонным населением устьевой области притока.

Малые реки бассейна Усы отличаются выраженной изменчивостью структуры зоопланктонных сообществ и в тоже время образуют относительно компактное и внутренне однородное (*GOF* = 0,2735, p = 0,001) множество вариантов биоценозов (рис. 51, А). Сообщества Усы и ее малых притоков Тишерек и Теренгульки характеризуются схожей видовой структурой и статистически неотличимы (рис. 51, Б). Значимые отличия прослеживаются для р. Муранка, структура и динамика населения которой, по-видимому, регулируются неучтенными ландшафтными или гидроэкологическими факторами. Существенно, что сообщества водохранилища (ст. 10) и станций в зоне выклинивания подпора (ст. 8-9, 7А, 8А) более сходны, а их проекции сравнительно обособленны и группируются в правой части ординационной плоскости. Увеличение водности рек в многоводный период в разной степени, но неизбежно провоцирует перестройку планктоценозов, адаптивное изменение их видовой структуры.

Общее направление изменения количественных показателей развития зоопланктона по продольному профилю Усы сопровождается устойчивым нарастанием удельного видового богатства и обилия беспозвоночных от зоны свободного течения реки к глубоководному участку залива водохранилища (табл. 38). Эти изменения преимущественно носят статистически значимый характер (по критерию χ^2), определяются сочетанием зональной и межгодовой изменчивости и отвечают модели экоклина.

Иная картина наблюдается для малых притоков Усы, в которых повышенное видовое богатство и обилие беспозвоночных сосредоточено в их устьевой области (табл. 39). Эта особенность ярко проявляется в притоках, зарегулированных гидроподпором водоемов-приемников. Такой характер распределения планктона в притоках Усы отвечает экотонному типу, а их устьевые области по совокупности признаков следует считать экотонами.

Таблица 38. Количественные показатели развития зоопланктона Усы (среднее ± 95% ДИ) и оценка значимости различий речных сообществ

Показатель	Год	Река	Устьевая область	Приемник	Критерий χ^2-Фридмана
Nsp, ед.	2017	10,5 (9,0; 11,0)	11,2 (10,1; 12,1)	**16,4** (14,4; 17,8)	χ^2 = 37,84, p << 0,0001
	2018	12,2 (10,8; 13,2)	**25,0** (23,7; 26,2)	**25,0** (23,8; 25,7)	
N, тыс. экз./м^3	2017	2,6 (2,3; 2,9)	177,0 (106,6; 247,3)	**376,3** (335,1; 415,2)	χ^2 = 12,35, p << 0,0001
	2018	7,5 (6,9; 8,2)	387,6 (181,6; 591,9)	**474,8** (377,9; 600,8)	
B, г/м^3	2017	0,0038 (0,003; 0,004)	1,41 (0,95; 1,89)	**11,9** (9,60; 14,11)	χ^2 = 3,79, p = 0,053
	2018	0,016 (0,013; 0,018)	1,05 (0,60; 1,51)	**14,45** (9,24; 19,12)	

Отличия показателей обилия притока, его устьевой области и участка Усинского залива в зоне подпора водами Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища статистически значимы, определяются спецификой гидроэкологических зон и зависят от межгодовых особенностей.

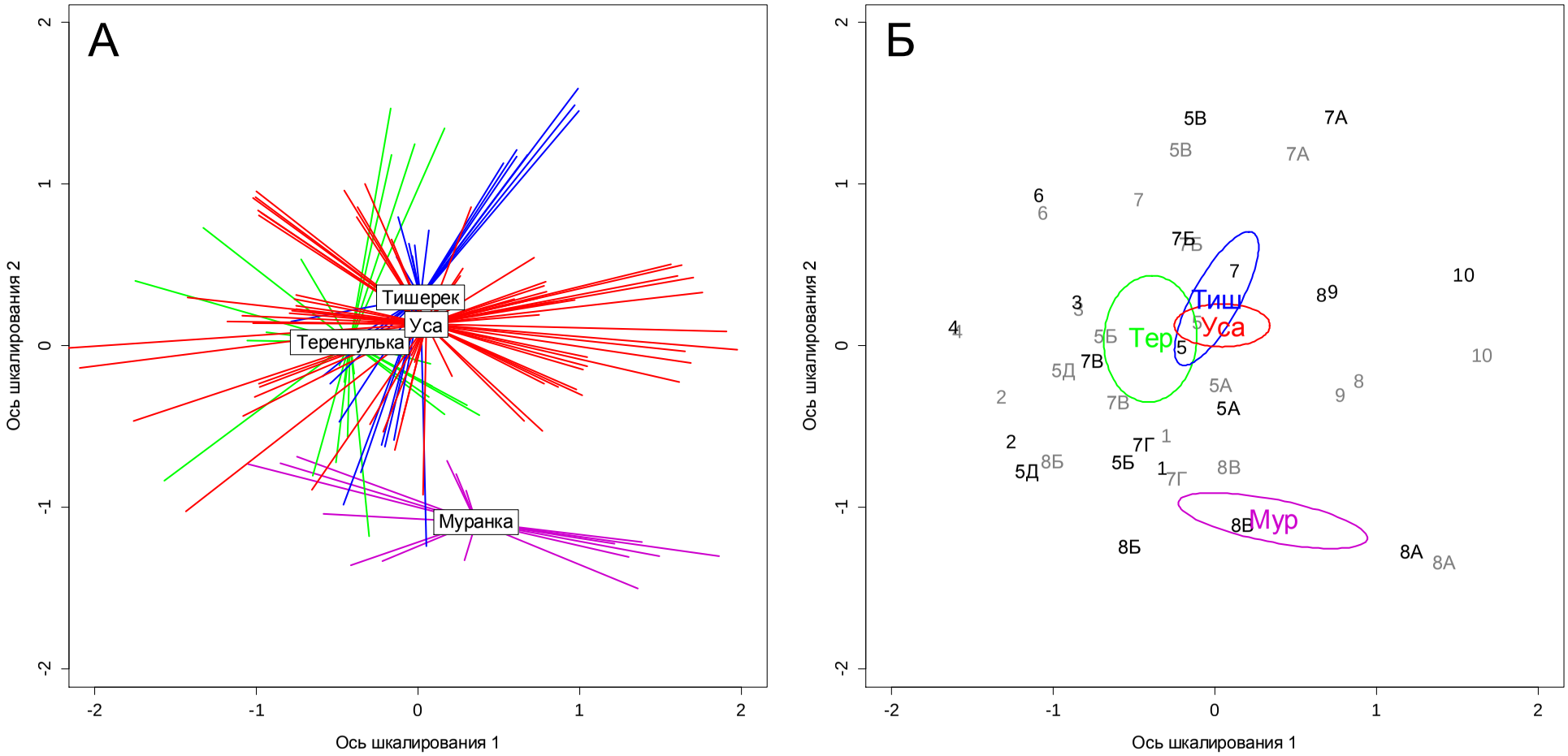


Рис. 51. Экологическая ординация сообществ зоопланктона малых рек бассейна Усы по видовой структуре: А – комплексная ординация рек; Б – структурная дифференциация локальных сообществ в условиях повышенной водности (черные метки) относительно периода климатической нормы (серые метки). 95%-ые доверительные эллипсы демонстрируют экологическую дифференциацию рек в отношении зоопланктона.

Таким образом, подробное изучение реки Уса с особым вниманием к ее нижнему течению позволило определить границы устьевой области реки и районировать ее акваторию с учетом обеспеченности речными водами и особенностей техногенной динамики водохранилища. Фауна беспозвоночных зоопланктона речного бассейна сложена богатым составом (110 видов) и отличается высоким систематическим разнообразием. В устьевой области Усы (и особенно ее переходной зоне стабильного подпора) формируется своеобразная фауна беспозвоночных, отличная от таковой в зоне свободного течения реки и в водохранилище. В условиях высокой водности в результате взаимного расселения видов устьевая область теряет свою фаунистическую специфику и субсидируется видами из сопредельных экосистем реки и водохранилища. Увеличение видового богатства сообществ Усы в многоводный период указывает на дотационный, аллохтонный характер ее планктонного населения, состав которого в значительной степени обусловлен стоком малых рек–притоков.

Таблица 39. Количественные показатели развития зоопланктона малых притоков Усы (среднее ± 95% ДИ) и оценка значимости различий речных сообществ

Показатель	Год	Река	Устьевая область	Приемник	Критерий χ^2-Фридмана
р. Теренгулька и ее приемник – зона свободного течения Усы					
Nsp, ед.	2017	5,0 (4,0; 5,7)	**14,1** (11,1; 17,1)	10,7 (10,0; 11,3)	χ^2 = 28,79, p << 0,0001
	2018	3,3 (3,0; 3,5)	**12,8** (10,6; 14,6)	10,3 (10,0; 10,7)	
N, тыс. экз./м^3	2017	0,3 (0,2; 0,3)	**4,5** (0,7; 8,4)	0,8 (0,7; 0,9)	χ^2 = 7,763, p = 0,006
	2018	0,4 (0,3; 0,4)	**3,7** (1,3; 6,3)	3,1 (3,0; 3,1)	
B, г/м^3	2017	0,0004 (–)	0,007 (0,001; 0,014)	**0,023** (0,002; 0,044)	χ^2 = 28,79, p << 0,0001
	2018	0,0007 (0,0003; 0,001)	**0,008** (0,003; 0,013)	0,007 (0,005; 0,008)	
р. Тишерек и ее приемник – устьевая область Усы					
Nsp, ед.	2017	8,2 (7,0; 9,0)	**32,8** (24,0; 42,0)	11,8 (11,0; 12,3)	χ^2 = 33,82, p << 0,0001
	2018	7,5 (7,0; 8,0)	**29,3** (20,9; 37,3)	25,0 (23,4; 26,4)	
N, тыс. экз./м^3	2017	0,8 (0,4; 1,2)	**267,9** (110,2; 439,4)	68,6 (59,8; 77,4)	χ^2 = 19,88, p << 0,0001
	2018	4,0 (2,6; 5,4)	**3117,1** (1518; 5031)	115,8 (108,7; 121,6)	
B, г/м^3	2017	0,003 (0,001; 0,005)	**0,92** (0,31; 1,59)	0,68 (0,45; 0,84)	χ^2 = 16,94, p << 0,0001
	2018	0,013 (0,004; 0,022)	**12,21** (3,47; 18,80)	0,45 (0,41; 0,49)	
р. Муранка и ее приемник – устьевая область Усы					
Nsp, ед.	2017	12,2 (11,4; 12,6)	**35,7** (34,0; 37,3)	11,8 (11,0; 12,3)	χ^2 = 24,76, p << 0,0001
	2018	9,2 (8,2; 9,8)	**30,0** (28,0; 31,0)	25,0 (23,4; 26,4)	
N, тыс. экз./м^3	2017	2,2 (1,7; 2,8)	**260,6** (198,8; 309,3)	68,6 (59,8; 77,4)	χ^2 = 20,95, p << 0,0001
	2018	1,5 (1,0; 2,1)	**298,3** (263,8; 327,1)	115,8 (108,7; 121,6)	
B, г/м^3	2017	0,004 (0,003; 0,006)	**7,74** (6,07; 9,08)	0,68 (0,45; 0,84)	χ^2 = 6,63, p = 0,009
	2018	0,003 (0,002; 0,004)	**7,82** (6,46; 9,10)	0,45 (0,41; 0,49)	

Гидрологический подпор Усы водохранилищем и обусловленная им динамика вод выступают приоритетным фактором пространственной дифференциации зоопланктона, определяют уровень его видового богатства и обилия. Основная доля численности (89,4%) и биомассы (82,2%) планктона Усы сосредоточена в ее устьевой области и локализована, главным образом, в ее переходной зоне стабильного подпора (75,23% численности и 81,85% биомассы беспозвоночных). Зоопланктоценозы реки, гидроэкологических зон ее устьевой области и глубоководного участка залива водохранилища отличаются спецификой видовой структуры и проявляют выраженную экологическую дифференциацию.

Увеличение водности выступает значимым фактором трансформации планктонных сообществ Усы. В меньшей степени это относится к зоне свободного течения реки, жестко стабилизированной сильным течением и неблагоприятными условиями водной среды, и в большей – ее нижнему течению и устьевой области, где усиливается водообмен, интенсифицируется приток аллохтонной органики и биогенов. Это инициирует перестройку планктоценозов, их структурную адаптацию к изменяющимся условиям среды.

Изменение основных параметров развития зоопланктона по продольному профилю Усы отвечают модели экоклина и сопровождается устойчивым нарастанием удельного видового богатства и обилия беспозвоночных от зоны свободного течения реки к глубоководному участку залива водохранилища. В малых притоках Усы повышенное видовое богатство и обилие беспозвоночных сосредоточено в их устьевой области, что особенно ярко проявляется в притоках, на участках смешения вод с подпорными водными массами Усинского залива и Приплотинного плеса водохранилища. Такой характер распределения планктона в притоках Усы отвечает модели экотона. Различия показателей обилия притока, его устьевой области и подпорных вод Усинского залива статистически значимы, определяются спецификой гидроэкологических зон и зависят от межгодовых особенностей.

Выполненное исследование на примере зоопланктона указывает на необходимость специального изучения особенностей биологического режима малых рек в зоне влияния крупного равнинного водохранилища, с особым вниманием к описанию пространственного распределения сообществ во взаимосвязи с гидроэкологическими особенностями текучих вод и техногенным режимом регулирования стока водохранилища.

2.2.6. Видовой состав и структура сообществ макрозообентоса[1]

Устойчивость существования бассейнов средних и малых рек обеспечивается биоценотическим, видовым и популяционным разнообразием планктонных и донных сообществ, поддержанием и улучшением качества вод. Особенно это касается речных экосистем, характеризующихся протекающими в них сложными биотическими процессами, связанными с особенностями функционирования, пространственной динамикой биоты, масштабами влияния изменения биоразнообразия на экосистемные функции рек (Зинченко, 2008, Шитиков, Зинченко, 2011, 2013; Шитиков и др., 2011, 2021; Shitikov, Zinchenko, 2014; Зинченко и др., 2015, 2017). В рамках проведения многолетних биоиндикационных исследований лотических систем Волжского бассейна установлено, что видовой состав и количественная представленность гидробионтов в донных биоценозах являются надежным, а в ряде случаев и единственным показателем загрязнения водоемов (Абакумов, 1977; Зинченко, Головатюк, 2000). В качестве структурных характеристик качества гидроэкосистемы могут быть использованы показатели видовой, размерной, трофической структуры, потоков энергии, вещества и информации (Баканов, 2000; Шитиков и др., 2005; Шитиков, Зинченко, 2005; Семенченко и др., 2006; Зинченко, 2008; Алимов, 2010; Алимов и др., 2013). При этом донные сообщества играют определяющую роль в формировании структуры речной системы и являются надежным показателем гидроэкологического состояния (Зинченко, 1994; Баканов, 2000; Зинченко, Головатюк, 2000; Балушкина, 2002; Яковлев и др., 2003; Семенченко, 2004; Шитиков и др., 2005, 2010; Семенченко и др., 2006; Биоиндикация экологического.., 2007; Зинченко, Моллер Пилот, 2007; Розенберг и др., 2007; Розенберг, 2009; Барышев, 2023), а в составе донных сообществ лотических систем ценозы хирономид имеют при определенных условиях доминирующее значение (Балушкина, 1987, 2002; Зинченко, 2002, 2011, 2020).

В условиях повышенного антропогенного воздействия на экосистему Волжского бассейна (Розенберг, 2009; Зинченко, Розенберг, 2012, 2021) особый интерес представляют исследования равнинных рек с ненарушенным гидрологическим режимом и слабой интенсивностью антропогенной нагрузки, которые могут быть использованы в качестве фоновых при мониторинге лотических систем. К таким водотокам относится р. Уса. Следует акцентировать внимание на том, что река Уса имеет особое значение для Волжского бассейна как единственный крупный незарегулированный приток Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища в районе Приволжской возвышенности, являющийся местом нереста и нагула как промысловых видов рыб (судак, лещ, карп, сом), так и мелкочастиковых реофильных видов.

На региональном уровне оценка биоразнообразия локальных участков лотических систем позволяет объяснить экологические механизмы формирования многомерности бентических сообществ, анализа и прогнозирования биологических взаимодействий между видами и потоки распространения биоты в пространстве (Шитиков, Зинченко, 2008, 2013; Зинченко и др., 2017, 2019, 2023).

Ниже дается гидроэкологическая оценка реки с привлечением результатов исследования состояния макрозообентоса, особенностей его распределения на русле и в прибрежье реки в зависимости от уровня антропогенной нагрузки и климатических изменений. Кроме того, при трансформации водного режима р. Уса наиболее актуальным является изучение особенностей формирования видового разнообразия и структуры сообществ макрозообентоса реки и притоков в условиях подпора ее уровня водами Куйбышевского водохранилища.

Проведение многолетних исследований в равнинной реке рассмотрено с позиций того, что донные сообщества являются компонентами экосистемы реки, входят в состав гидробиоценоза, изменяющегося в пространстве, развивающегося во времени в условиях антропогенного воздействия и эвтрофирования (Зинченко и др., 2019).

[1] Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.

Напомним, что особенностью реки Уса, как и других рек Волжского бассейна, является трансформация водного режима, в результате чего нижнее течение реки в месте подпора водами Куйбышевского водохранилища рассматривается как незамкнутый водоем с практически отсутствующим течением, где происходит обмен водных масс реки и водохранилища. В приустьевой части р. Уса накоплены отложения серых и черных илов с ракушей, грунты реки представлены песками с разной степенью заиленности и затопленными почвами с остатками растительности. Величины концентраций химических веществ в донных отложениях р. Уса в значительной степени определяются воздействием на них сточных вод и гранулометрическим составом грунтов, от которого зависит сорбционная способность грунтов к депонированию загрязняющих веществ.

В основу раздела положены результаты многолетних исследований разнообразия и структурной динамики сообществ макрозообентоса р. Уса как модельного объекта малых равнинных рек Волжского бассейна с использованием разных методологических подходов (Шитиков, Зинченко, 2008, 2013, 2018).

Материал и методы. Длина реки – 76 км, с учетом Усинского залива – 143 км, водосборная площадь – 2240 км^2, максимальная глубина – 4 м, скорость течения – 0,4-0,7 м/с, прозрачность воды – от 40 до 60 см (табл. 1, 3). Рельеф водосбора волнистый, местами пересечен крутыми и обрывистыми оврагами. Долина реки пойменная, шириной до 2,5-4 км. Склоны долины высотой 20–30 м, пологие, супесчаные, открытые. Русло реки умеренно извилистое, слабо деформирующееся. Среднемесячная температура воды в реке в вегетационный период колеблется от 2,8 °С в мае до 4,8°С в октябре, с максимальной температурой в июле 18,7°С. В 2017 г. зарегистрированы климатические аномалии: раннее половодье, весеннее похолодание и высокая влажность (среди самых влажных лет весна 2017 г. занимает 5-е место), обилие весенних осадков (выше нормы на 29 мм в мае). В среднем по области за месяц выпало 63 мм осадков, или 185 % от нормы. Май 2017 года вошел в двадцатку самых холодных лет, начиная с 1936 года (Доклад об особенностях.., 2018 [электронный ресурс]).

Природно-географическая характеристика водоохранной зоны и краткая характеристика охраняемых природных территорий бассейна реки приводятся нами ранее (Зинченко и др., 2019). Основные гидрографические и гидрологические данные реки и ее притоков даны в табл. 1-3, 5-6. Отбор проб воды в 2017-2018 гг. (июнь-июль) для гидрохимического анализа осуществлялся с поверхностного горизонта на станциях верхнего, среднего и нижнего течения р. Уса (10 станций, рис. 52) в летнюю межень. При сборе и камеральной обработке материала руководствовались общепринятыми методами (Методика изучения.., 1975; Методические рекомендации.., 1984а, б; Метод комплексной.., 2002). В связи с особенностями гидрологического режима районирование р. Уса осуществлялось с учетом выделения участков верхнего, среднего и нижнего течения (рис. 52).

В режиме реки прослеживаются все фазы годового цикла: половодье, паводки, летняя и зимняя межени. До 80% годового стока р. Уса приходится на период половодья, которое наблюдается в середине апреля – в мае. В этот период расходы воды возрастают более чем в 20 раз, а уровень воды повышается в 1,5 раза (гидропост с. Байдеряково, в 23 км от устья – места впадения реки в Усинский залив).

Река используется для сельскохозяйственного, хозяйственного и бытового водоснабжения, для целей рекреации (турбазы, лагеря, пансионаты).

Отбор проб макрозообентоса проводили в июне – июле 2017-2018 гг. на станциях верхнего, среднего и нижнего участков р. Уса и в притоках Муранка, Теренгулька, Тишерек. Приводятся результаты таксономического состава бентоса, установленного на различных участках реки Уса в период рекогносцировочных исследований в разные месяцы в 1989, 1995, 2009-2010, 2012, 2015, 2017, 2018, 2021 гг. Количественные пробы макрозообентоса отбирали дночерпателем Экмана–Берджи (0,040 м^2, по 2 подъема на станции) и дночерпателем ДАК-100 (0,01 м^2, по 2 подъема на станции). При количественном учете в состав «мягкого»

бентоса включены мелкие моллюски (размер менее 1 см) без учета крупных унионид, вивипарид, дрейссенид. Отбор проб в ритрали осуществляли гидробиологическим скребком (длина ножа 20 см, протягивание скребка 0,5 м, размер ячеи 0,23 мм). Грунт промывали через капроновое сито с размером ячеи 300-333 мкм. Отбор проб макрозообентоса в Усинском заливе осуществлялся драгой (длина ножа 40 см, протягивание драги – 5 м). Камеральная и статистическая обработка образцов зообентоса проводилась согласно методикам (Методика изучения.., 1975; Методические рекомендации.., 1984 а,б; Руководство по гидробиологическому.., 1992; Зинченко, 2011; Зинченко и др., 2017) в лаборатории экологии малых рек ИЭВБ РАН.

Всего за период исследований было собрано 119 количественных и более 20 качественных проб, в 2017-2018 гг. – 69 проб.

В р. Уса выделены верхний (ст. 1-4), средний (ст. 5-6), нижний участки (ст. 7-8) и станции в зоне смешения речных вод и Куйбышевского водохранилища – ст. 8-10 (рис. 52).

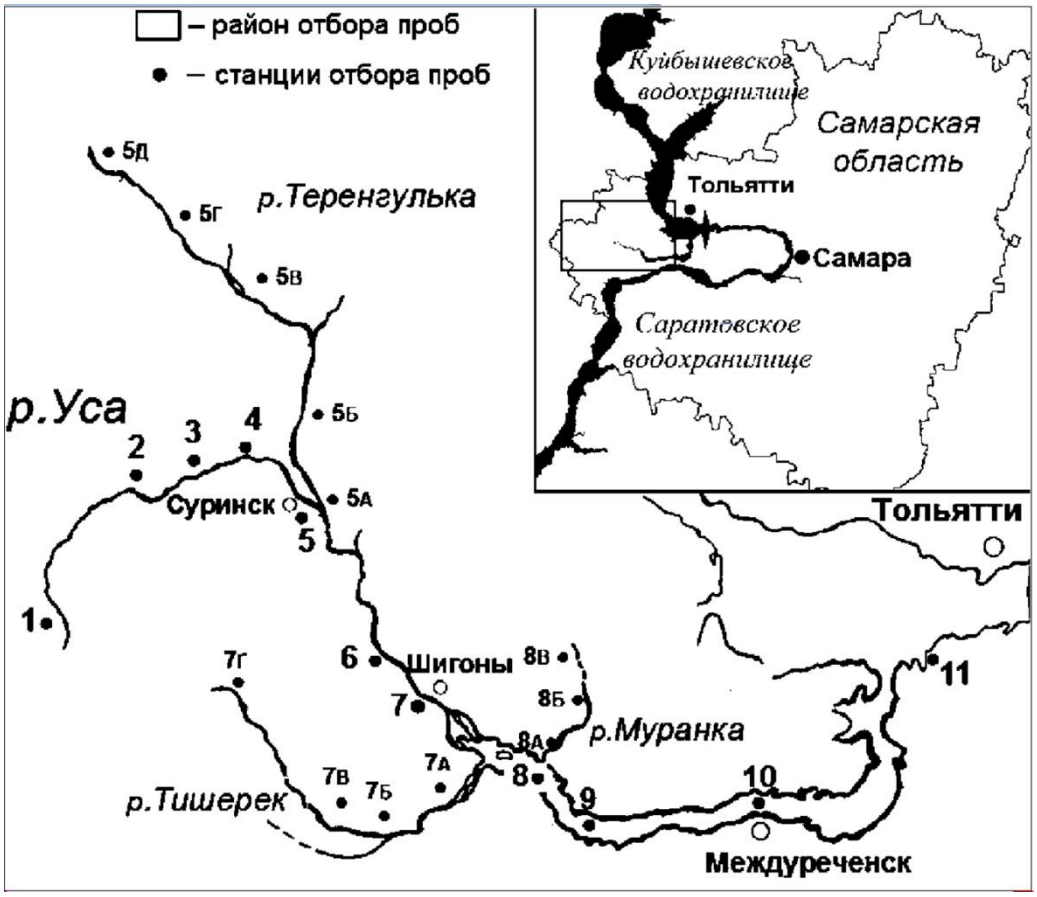


Рис. 52. Схема отбора проб на станциях р. Уса, притоках и в Усинском заливе в 2017-2018 гг.

Для оценки качества воды и экологического состояния реки были использованы информативные, ранее апробированные индексы на реках Волжского бассейна (см. раздел 2.2.7), такие, как биотические и интегральные индексы: EPT Index, Биотический индекс р. Трент (Trent Biotic Index, TBI), Индекс рабочей группы биологического мониторинга (Biological Monitoring Working Party Index, BMWP), Индекс средних значений таксонов (Average Score Per Taxon Index), Интегральный индекс экологического состояния вод – ИИЭС (Зинченко и др., 2000, 2007), Индекс видового разнообразия Шеннона (*H*n) (Shannon, Weaver, 1949). Индекс EPT основан на соотношении наиболее чувствительных к загрязнению представителей отрядов Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera. Для расчета индекса на каждой станции отбора проб подсчитывали количество таксонов поденок, ручейников и веснянок, суммируя число видов из указанных отрядов. Биотический индекс р. Трент (Trent

Biotic Index, TBI) (Woodiwiss, 1964) основан на соотношении количества видов, устойчивых и неустойчивых к загрязнению. При увеличении степени загрязнения рек из состава донной фауны в определенной последовательности выпадают наиболее уязвимые группы гидробинтов: веснянки → поденки → ручейники → ракообразные. Индекс рабочей группы биологического мониторинга (Biological Monitoring Working Party, BMWP) основан на балльной оценке подсемейств донных беспозвоночных, в соответствие с чем этот показатель имеет пять градаций качества вод (Leeds-Harrison et. al., 1996). Индекс Гуднайта и Уитли (G/WI) характеризует состояние водных экосистем по соотношению численности олигохет к общей численности гидробионтов зообентоса (Barbour et al., 1995), имеет три градации качества вод и достаточно информативен для оценки качества вод малых рек бассейна Средней и Нижней Волги (Головатюк, Зинченко, 2020).

Исследование экологического состояния р. Уса и ее притоков проведено с использованием разных методологических подходов, изложенных и подробно описанных нами ранее (Зинченко, Головатюк, 2000; Зинченко и др., 2000, 2019; Зинченко, 2002, 2011, 2017; Особенности пресноводных.., 2011).

Гидрохимическая характеристика. Гидрохимический фон реки формируется, главным образом, за счет привноса химических веществ с притоками, поверхностным стоком и выщелачиванием выстилающих речную долину осадочных пород. На фоновые показатели оказывают влияния последствия хозяйственной деятельности на водосборе. Накапливающиеся на водосборной площади биогенные элементы сносятся поверхностным стоком в реку, усиливая процессы естественного эвтрофирования водотока; точечные источники загрязнения прибрежной зоны (многочисленные базы отдыха, сельскохозяйственные поля) способствуют, в определенной степени, загрязнению водных масс и донных отложений биогенными и органическими веществами.

По результатам многолетних реперных исследований различных участков реки (1998-2021 гг.) и мониторинговых исследований в 2017-2018 гг. нами было установлено, что по химическому составу вода реки относится к гидрокарбонатному классу группы кальция.

Химический состав воды и донных отложений. В связи с тем, что водные ресурсы р. Уса одновременно используются в различных целях (рекреационных, рыбохозяйственных, хозяйственно-бытовых), для определения состояния водных масс реки согласно постановлению Росгидромета от 22.02.96 № 140-287 взяты наиболее жесткие нормативы ПДК, характерные для водных объектов рыбохозяйственного назначения.

Из общесанитарных показателей состояния р. Уса определялись прозрачность воды, водородный показатель (pH), содержание растворенного кислорода и биохимическое потребление кислорода.

Прозрачность воды имеет определенную направленность: от истока к устьевому участку идет нарастание величины прозрачности от 0,3 м (верховье) до 1,3 м (Усинский залив). Малые глубины (0,3-0,5 м) в верхнем течении реки, способствующие взмучиванию грунтов и поступлению взвешенных веществ в воду, приводят к снижению прозрачности на этом участке.

Водородный показатель (ед. pH). По концентрации водородных ионов вода р. Уса в верхнем течении имеет нейтральную (6,71-7,46), а в среднем и нижнем – слабощелочную реакцию (7,90-8,22). Изменчивость pH по длине реки невелика; коэффициент вариации равен 5%. Средние значения pH воды в верхнем течении – 7,08; в среднем – 8,12, в нижнем – 7,90.

Кислородный режим реки благоприятен для существования и развития гидробионтов; концентрация кислорода за период исследований не снижалась ниже нормативных показателей и находилась в диапазоне 7,7-7,9 мг/дм^3, что соответствует 75-83% насыщения. Определенного тренда в изменении содержания растворенного кислорода по длине реки не выявлено; характер его изменчивости неустойчив, с относительно невысокой степенью вариабельности.

Биохимическое потребление кислорода. Содержание лабильной фракции органического вещества ($БПК_5$) не превышает установленные для природных вод рыбохозяйственного на-

значения нормативы. По концентрации $БПК_5$ вода в р. Уса на всем протяжении характеризуется как «чистая» (Руководство по химическому.., 1977; 2009; 2012; Семенов, 1977).

Общая минерализация воды в целом для реки не превышает значений рыбохозяйственной ПДК и находится в диапазоне 90-535 мг/дм^3. Наибольшие значения минерализации (414,5-449 мг/дм^3) характерны для среднего и нижнего течений реки, минимальные (90-100 мг/дм^3) – для верхнего участка. По соотношению главных ионов вода реки на всех участках относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция (Алекин, 1970) (табл. 40). Изменения в соотношении ионного состава и общей минерализации воды связаны с химическим составом осадочных пород речного бассейна и влиянием точечных источников загрязнения. Соответственно росту минерализации изменяется жесткость воды: в истоке реки вода характеризуется как очень мягкая (1,1-1,2 мг-экв/дм^3), на верхнем, среднем и нижнем участках – как умеренно жесткая (4,5-5,5 мг-экв/дм^3).

Таблица 40. Макрокомпонентный состав воды р. Уса

Участок реки	Компонент, мг/л						Сумма ионов
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+}+K^{+}$	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}	
верхний	20,0	2,4	0,6	7,0	15,0	45,0	90,0
средний	85,6	10,6	29,6	17,0	36,0	235,7	414,5
нижний	77,0	43,7	23,0	32,7	98,2	175,3	449,9

Биогенные элементы. В азотной группе содержание нитратного азота на всех участках реки в несколько раз ниже ПДК. Концентрации аммонийного азота находятся в пределах от 0,039 до 0,37 мг/дм^3, что соответствует 0,1–0,9 ПДК, соответственно. Диапазон нитритной формы азота 0,02-0,066 мг/дм^3 (1-3,3 ПДК). Превышение концентрации $N\text{-}NO_2$ отмечается на протяжении всей реки. Содержание фосфатов в воде реки в верхнем течении превышает ПДК в 8–18 раз, в среднем участке – в 1,4–13 раз, в нижнем – в 8–9 раз; преобладающие концентрации 1,68-2,57 мг/дм^3 (рис. 53). Значительное превышение нормативного показателя содержания $P\text{-}PO_4$ в воде объясняется поступлением обогащенных фосфатами вод с поверхности водосборного бассейна, что отмечено нами как в 2017г., так и в 2018 гг. и характерно для участка реки ниже с. Шигоны. По содержанию фосфатов воды реки Уса можно отнести к водотокам эвтрофного типа.

Концентрации общего железа на всем протяжении реки были выше ПДК; диапазон изменений лежит в пределах от 1,1 ПДК до 7,6 ПДК (0,11-0,76 мг/дм^3) (рис. 53). Максимальное превышение ПДК (7,6 мг/дм^3) характерно для верхнего течения реки.

Среди специфических органических соединений исследовались нефтепродукты (НПР) и фенолы**.** Содержание нефтепродуктов на всем протяжении реки было ниже ПДК. В верхнем и нижнем участках реки концентрации НПР составляют 0,03 мг/дм^3 (0,6 ПДК), в среднем участке реки – 0,033 мг/дм^3 (0,7 ПДК) (рис. 53).

Фенольные соединения на всем протяжении р. Уса превышают ПДК в 1,9 раза; их концентрация на каждом из участков составила 0,0019 мг/дм^3 (табл. 41).

Основными токсикантами неорганического происхождения в воде реки, встречающиеся в концентрациях, превышающих ПДК, являются марганец и медь (табл. 41; рис. 53). Высокий уровень токсического загрязнения реки марганцем зафиксирован локально в истоке, где его содержание достигало 7 ПДК; на остальных участках концентрации марганца составили 0,8 ПДК. Превышение концентраций меди на уровне 2,0–2,6 ПДК зарегистрировано на всех обследованных участках реки. *Превышения концентраций цинка, свинца, никеля и кадмия в воде реки не зарегистрировано.*

Качество воды в р. Уса, оцениваемое по значению удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) на основе комплекса контролируемых показателей, превы-

шающих ПДК, в верхнем и нижнем течении соответствует IV классу, разряду «а» – «грязная», в среднем – III классу, разряду «б» – «очень загрязненная» (табл. 42, рис. 54).

Таблица 41. Состояние загрязнения воды в р. Уса

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ и показателей загрязнения	Участок реки	Содержание за период наблюдений (в ПДК р/х)		
			Пределы колебаний		Среднее значение
			min	max	
1	Марганец	верхний	0,8	7,0	**3,9**
		средний	0,8	0,8	0,8
		нижний	0,8	0,8	0,8
2	Медь	верхний	0,5	2,6	1,6
		средний	2,0	2,6	**2,3**
		нижний	2,1	2,2	2,2
3	$БПК_5$	верхний	0,5	0,6	0,6
		средний	0,5	0,6	0,6
		нижний	0,5	0,6	0,6
4	Азот нитритный	верхний	ПДК	2,6	1,8
		средний	1,2	3,3	2,3
		нижний	1,8	1,9	1,9
5	Цинк	верхний	0,5	0,9	0,7
		средний	0,6	0,7	0,7
		нижний	0,6	0,8	0,7
6	Фенолы	верхний	1,9	1,9	1,9
		средний	1,9	1,9	1,9
		нижний	1,9	1,9	1,9
7	Железо	верхний	1,1	7,6	4,4
		средний	1,2	4,8	3,0
		нижний	4,4	4,8	4,6
8	Нефтепродукты	верхний	0,5	0,7	0,6
		средний	0,6	0,8	0,7
		нижний	0,5	0,7	0,6
9	Азот аммонийный	верхний	0,1	0,9	0,5
		средний	0,1	0,2	0,2
		нижний	0,1	0,3	0,2
10	Фосфаты	верхний	8,0	18,0	13,0
		средний	1,4	13,0	7,2
		нижний	8,0	9,0	8,5
11	Растворенный кислород, мг/л	верхний	7,7	7,9	7,8
		средний	7,6	7,8	7,7
		нижний	7,5	7,8	7,7
12	Хлорорганические пестициды	верхний	н/о	н/о	н/о
		средний	н/о	н/о	н/о
		нижний	н/о	н/о	н/о

Примечание: аналитическая обработка гидрохимических образцов воды произведена акккредитованной гидрохимической лабораторией ООО «Центр мониторинга водной и геологической среды» г. Самара (**жирным шрифтом** выделены основные токсиканты неорганического происхождения).

К приоритетным загрязняющим веществам в воде на всем протяжении р. Уса, превышающим в разной степени нормативные показатели, являются медь, железо, нитритная форма азота, фосфаты, фенолы (табл. 42). В воде истока реки зарегистрировано превышение нормативных показателей марганца. Критическими показателями загрязненности воды (КПЗ) в верхнем и нижнем течении являются фосфаты и железо, в среднем течении р. Уса – фосфаты.

Таблица 42. Характеристика качества воды р. Уса по химическим показателям (2017-2018 гг.)

Показатели качества	Участки		
	верхний	средний	Нижний
УКИЗВ	3,91	3,30	3,80
Класс, разряд	IV, «а»	III, «б»	IV, «а»
Характеристика качества воды	Грязная	Очень загрязненная	Грязная
Приоритетные загрязняющие вещества, максимально превышающие ПДК	Cu (2,6); Fe (7,6); Mn (7,0); фосфаты (18,0); N–NO_2 (1,3); фенолы (1,9)	Cu (2,6); Fe (4,8); фосфаты (13,0); N-NO_2 (3,3); фенолы (1,9)	Cu (2,2); Fe (4,8); фосфаты (9,0); N-NO_2 (1,9); фенолы (1,9)

Примечание: в скобках указано превышение ПДК.

Основными загрязняющими веществами являются железо и фосфаты. Приоритетными загрязняющими веществами, максимально превышающими ПДК, являются на разных участках реки нитриты, фосфаты, медь, марганец, железо, фенолы (табл. 43, рис. 53).

Максимальные величины ПДК характерны для фосфатов (18 ПДК), железа (7,6 ПДК), марганца (7 ПДК). Концентрации большинства из исследованных химических ингредиентов ниже ПДК или не превышают нормативные показатели более чем в 1,3-2,6 раза (табл. 43, рис. 53).

Таблица 43. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях р. Уса

№ п/п	Загрязняющее вещество	Содержание, мг/кг	
		диапазон колебаний	среднее
1	Свинец	7,4	7,4
2	Железо	9500-14000	11960
3	Марганец	245-630	402
4	Медь	6,8-14,0	11,2
5	Цинк	11,5-29,3	23

Отметим, что в июле 2017 г. и в июне-июле 2018 г. вода в р. Уса и в притоках имела среднюю минерализацию (см. табл. 40). Содержание растворенного кислорода на всем протяжении реки было удовлетворительным. Степень насыщение воды кислородом находилась в пределах 75–83% насыщения.

Величина pH воды составляла от 6,9 до 7,4. К биогенным элементам, определяющим уровень продуктивности реки и присутствующих в концентрациях, превышающих ПДК, относятся: минеральный фосфор (до 18 ПДК), нитритный азот (максимум 3,3 ПДК). Содержание нитратного азота в несколько раз или на порядок ниже ПДК. Содержание основных биогенных элементов – азота ($N_{мин}$) и фосфора ($P_{мин}$), определяющих продуктивность и процесс эвтрофирования, в исследованных реках изменялось по длине, что обусловлено спецификой формирования стока на разных участках. Концентрация биогенных элементов соответствовала мезо- и эвтрофному типу вод. Содержание $N_{мин}$ с преобладанием нитратной формы (более 75 %) в верхнем течение рек изменялось от 0,7 до 2,2 мг/дм^3, в среднем – от 0,2 до 1,1 мг/дм^3, в нижнем – от 0,6 до 2,3 мг/дм^3, концентрация $N_{мин}$ более 2 мг/дм^3 характерна для р. Теренгулька. Наиболее высокое содержание $P_{мин}$ отмечено для верхнего и среднего течения р. Уса: 2,6-3,6 мг/дм^3; тогда как в воде притоков Тишерек и Муранка концентрация $P_{мин}$ изменялась от 1,0 до 1,8 мг/дм^3, а в р. Теренгулька была не выше 0,4-0,6 мг/дм^3. По уровню концентрации фосфатов р. Уса относится к эвтрофному типу природных водотоков (Taylor et al., 1980).

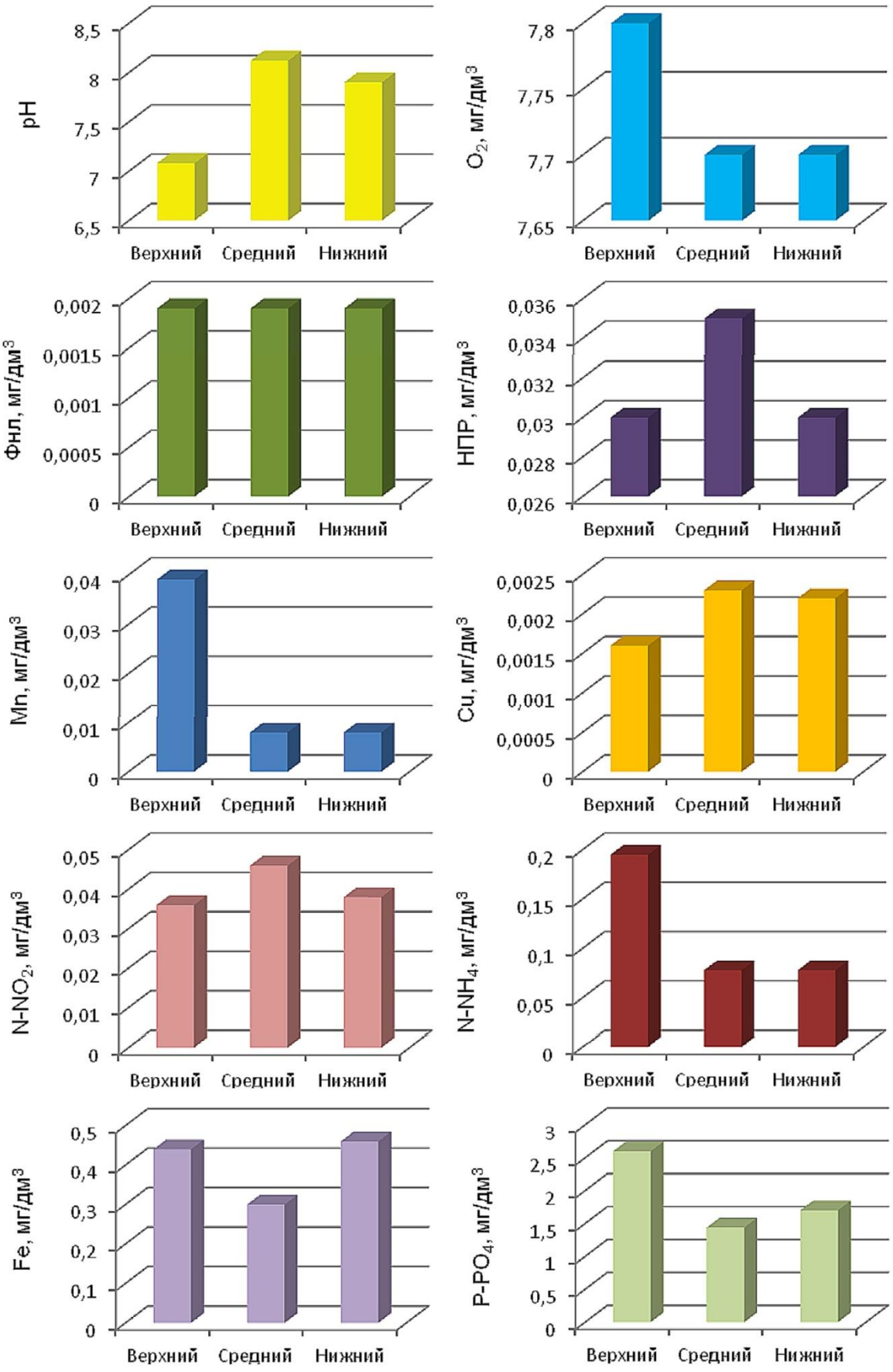


Рис. 53. Изменение концентраций и других химических характеристик в воде на разных участках р. Уса (2017-2018 гг.).

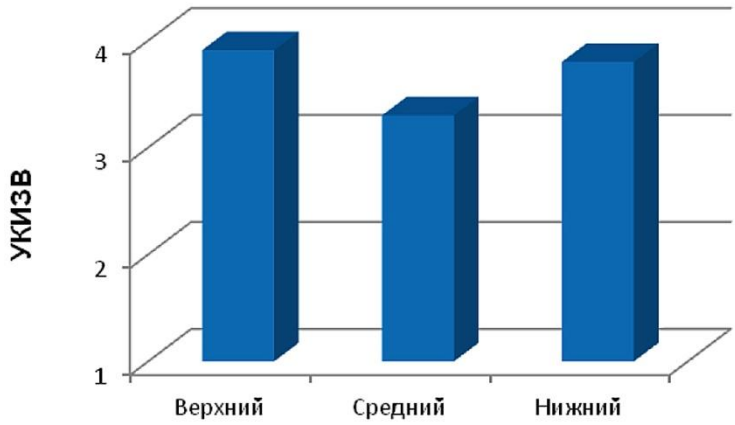


Рис. 54. Изменение величины индекса загрязнения воды (УКИЗВ) на разных участках р. Уса.

Изменения в соотношении ионного состава и общей минерализации воды связаны с химическим составом осадочных пород речного бассейна и влиянием точечных источников загрязнения. Соответственно росту минерализации изменяется и жесткость воды: в истоке реки вода характеризуется, согласно О.А. Алекину (1970), как очень мягкая (1,1-1,2 мг-экв/дм^3), на верхнем, среднем и нижнем участках – как умеренно жесткая (4,5-5,5 мг-экв/дм^3).

Обобщенное экологическое состояние водных масс р. Уса по величинам концентрации приоритетных загрязняющих веществ (фосфаты), согласно критериям (Критерии оценки.., 1992), относится к категориям: в верхнем течении – «экологическое бедствие», в среднем и нижнем течении – чрезвычайная экологическая ситуация.

По накоплению микроэлементов, согласно коэффициенту донной аккумуляции (КДА – отношение величины концентрации вещества в грунтах к его содержанию в воде), состояние донных отложений изменяется от «относительно удовлетворительной экологической ситуации» до «чрезвычайной экологической ситуации».

Величина КДА для меди и цинка находится в пределах $1{,}8\times10^3$-$6{,}5\times10^3$ и $1{,}4\times10^3$-$4{,}5\times10^3$, соответственно, что свидетельствует об «относительно удовлетворительной экологической ситуации» в грунтах по этому химическому показателю (рис. 55). По величине накопления железа ($4{,}4\times10^4$-$7{,}9\times10^4$) состояние осадков относится к классу «чрезвычайной экологической ситуации».

Таким образом, состояние экосистемы реки определяется особенностями водосборной площади, масштабом хозяйственного, бытового и сельскохозяйственного использования. Основными загрязняющими веществами на всем протяжении реки, по данным за 2017-2018 гг., являются, преимущественно в верхнем и среднем течении реки, фосфаты (18 и 13 ПДК) и нитраты, что обусловлено смывом удобрений с водосборной площади в реку (табл. 42).

Макрозообентос: состав и распределение в р. Уса и в притоках. В составе макрозообентоса р. Уса и ее притоков за период исследований в различные месяцы 1985-2021 гг. установлено 279 видов и таксономических групп гидробионтов (табл. 44). Ведущей по видовому составу группой в реке и ее притоках за годы исследований являются хирономиды – 118 видов и личиночных форм (табл. 44). Моллюски представлены 32, олигохеты – 28, поденки – 18, личинки ручейников – 15, стрекоз и жуков – 10-12 видами, ракообразные – 9, веснянки – 6, пиявки – 5, клопы – 5 таксонами и видами; на долю прочих насекомых (личинки цератопогонид, вислокрылок и др.) приходится 15 видов и таксонов.

Ниже приводится краткая многолетняя характеристика состава и распределения отдельных групп макрозообентоса в р. Уса и в ее притоках с акцентом на особенности распределения таксонов.

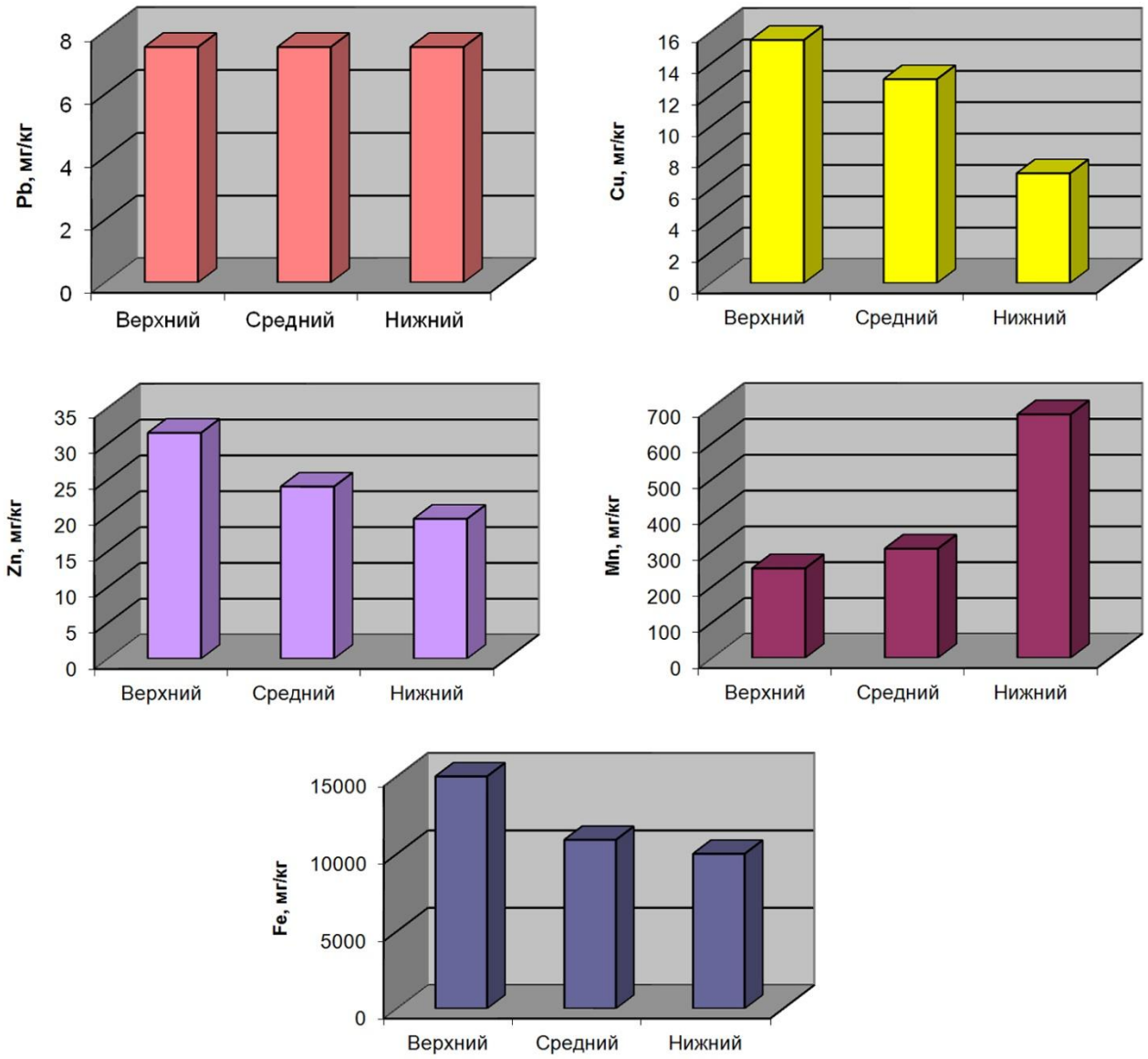


Рис. 55. Содержание свинца, меди, цинка, марганца и железа в грунтах на разных участках р. Уса.

Брюхоногие и двустворчатые моллюски *Bithynia tentaculata, Lymnaea auricularia, Gyraulus stelmachoetius, Colletopterum piscinale* отмечены только в р. Тишерек; *Cincinna ambigua, Radix balthica, Col. subcirculare, Euglesa acuminata, Europisidium tenuilineatum*? – в р. Муранка. Моллюски *Dreissena polymorpha polymorpha* (Pallas, 1771) и *D. rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897) обитают в основном на прибрежных участках нижнего течения реки Уса.

Олигохеты. Лимнофильные виды *Isochaetides michaelseni, Eiseniella tetraedra, Limnodrilus claparedeanus, Tubifex nevaensis,* а также фитофильные виды *Nais barbata, N. elinguis, N. pardalis, Paranais simplex, Potamothrix vejdovsky, P. hammoniensis, P. moldaviensis, Psammoryctes barbatus, Specaria josinae, Vejdovskyella intermedia* отмечены в прибрежье и на русловых участках р. Уса. Виды устойчивы к органическому загрязнению и относятся к постоянным компонентам фауны водохранилищ, собственно реки, в отличие от притоков, где лимнофильные виды не зарегистрированы.

Ракообразные. В р. Уса в разные годы отмечены чужеродные виды ракообразных, а именно: гаммарид *Pontogammarus robustoides, Dikerogammarus caspius, Pseudocuma sowinskyi, Stenogammarus dzjubani,* кумовых – *Pseudocuma cercaroides.* Отмечено, что в дон-

ных сообществах Куйбышевского водохранилища рачок *Ps. cercaroides* и *Pterocuma rostrata* образуют с видом-эдификатором *D. polymorpha* комплекс прибрежных видов (Курина, 2020).

Поденки зарегистрированы в прибрежье рек, среди растительных остатков на участках верхнего и среднего участков реки Уса и притоков. Наибольшая частота встречаемости у эврибионтного вида *Baetis rhodani.* Из 18 отмеченных видов 16 характерны для гравийно-песчанистых биотопов верхнего течения р. Уса. По 7 видов найдены в рр. Теренгулька, Тишерек и Муранка. Такие виды, как *Caenis lactea, Ephemera danica, Cloeon* gr. *dipterum*, единично представлены в р. Тишерек и в верхнем течении р. Уса.

Ручейники. Из 14 видов 8 зарегистрированы в прибрежье верхнего течения р. Уса. Реофильные *Goera pilosa* найдены только в прибрежье верхнего течения р. Теренгулька, а *Hydropsyche ornatula* и *Agraylea multipunctata* – в р. Муранка.

Веснянки. Характерной особенностью является исключительное обитание реофильных веснянок *Leptophlebia cincta, Amphinemura borealis, A. sulcicollis* среди камней и на песчано-гравийном субстрате в притоке Теренгулька. *Leuctra digitata* найдена только в прибрежье верхнего течения р. Уса, среди растительных остатков, на течении.

Жуки и их личинки являются постоянными обитателями энтомофауны, не достигая в составе зообентоса высокой численности. Представлены 12 видами и формами, которые найдены в прибрежье верхнего и среднего течения реки. Единичны в р. Уса личинки *Orectochilus villosus, Coelambus* sp., *Ilybius* sp. Наиболее часто встречаются реофильные представители *Oulimnius tuberculatus* и *Elmis maugetii* – типичные обитатели прибрежья проточных водоемов.

Хирономиды. Исследовано биотопическое и пространственное распределение личинок на русловом участке реки Уса и в прибрежной зоне притоков. Наиболее широко представленная группа гидробионтов. В 1989-2018 гг. из более 300 видов и личиночных форм хирономид, обнаруженных в реках бассейна Средней и Нижней Волги (Зинченко, 2011, 2020), в хирономидофауне р. Уса зарегистрировано 209 видов и личиночных форм, что вдвое больше, чем в ее притоках (Зинченко и др., 2023). Наибольшая частота встречаемости (свыше 60%) в бентосе реки Уса и ее притоках характерна для пелофильных *Apsectrotanypus trifascipennis, Thienemannimyia* sp., а также реофильных и фитофильных *Parametriocnemus lundbecki, Thienemanniella* gr. *clavicornis, Prodiamesa olivacea, Microtendipes pedellus, Parachironomus varus, Paracladopelma camptolabis, P. nubeculosum, Polypedilum bicrenatum, Heterotrissocladius* gr. *marcidus, Cricotopus bicinctus,* личинки которых характерны для разнообразных биотопов, обитая в массе среди растительных остатков и на песчано-илистых грунтах, как, например, представители танитарзин – личинки видов *Micropsectra* gr. *praecox, Paratanytarsus* sp., *Stempellina almi, Tanytarsus* gr. *gregarius.* Заслуживает внимание тот факт, что в 2017-2018 гг. в прибрежье всех участков р. Уса преобладали личинки хирономид *Micropsectra* gr. *praecox*, ранее отмеченные только в верхнем течении.

Таблица 44. Таксономический состав макрозообентоса в р. Уса (1985, 1989, 2009-2010, 2012, 2015, 2017, 2018, 2021 гг.) и в ее притоках: Муранка (1989, 2015, 2017, 2018 гг.), Тишерек, Теренгулька (2017, 2018 гг.)

Таксон	Река			
	Уса	Муранка	Тишерек	Теренгулька
1	2	3	4	5
Тип Mollusca				
Класс Gastropoda				
Bithynia tentaculata (Linnaeus, 1758)			+	
Cincinna ambigua (Westerlund, 1878)		+		
Cincinna depressa (C. Pfeiffer, 1821)	+	+	+	
Cincinna piscinalis (Müller, 1774)	+		+	+
Gyraulus stelmachoetius Geyer, 1927			+	
Lithoglyphus naticoides (C. Pfeiffer, 1828)	+			

Продолжение табл. 44

1	2	3	4	5
Lymnaea auricularia (Linnaeus, 1758)			+	
Lymnaea stagnalis (Linnaeus, 1758)	+			
Lymnaea sp.	+			
Radix balthica (Linnaeus, 1758)		+		
Класс Bivalvia (Lamellibranchia)				
Adacna colorata (Eichwald, 1829)	+			
Cingulipisidium nitidum (Jenyns, 1832)	+	+		
Colletopterum piscinale (Nilsson, 1822)			+	
Colletopterum subcirculare (Clessin, 1873)		+		
Dreissena bugensis (Andrusov, 1897)	+			
Dreissena polymorpha (Pallas, 1771)	+			
Monodacna colorata (Eichwald, 1829)	+			
Euglesa acuminata (Clessin in Westerlund, 1873)		+		
Euglesa casertana (Poli, 1791)	+	+		
Euglesa sp.	+	+	+	+
Europisidium tenuilineatum? (Stelfox, 1918)		+		
Henslowiana dupuiana (Normand, 1854)	+			
Henslowiana henslowana (Sheppard, 1823)	+	+	+	+
Henslowiana suecica (Clessin in Westerlund, 1873)	+			
Henslowiana supina (A. Schmidt, 1850)	+			
Neopisidium moitessierianum (Paladilhe, 1866)	+			
Pisidium amnicum (Müller, 1774)	+			
Pisidium inflatum (Muehlfeld in Porro, 1838)	+		+	+
Pisidium sp.	+			
Pseudeupera subtruncata (Malm, 1853)	+	+		+
Rivicoliana rivicola (Lamarck, 1818)	+			
Sphaerium corneum (Linnaeus, 1758)				+
Класс Oligochaeta				
Chaetogaster limnaei Baer, 1827	+	+		
Dero digitata (Müller, 1773)	+		+	+
Eiseniella tetraedra (Savigny, 1826)	+			
Enchytraeus albidus Henle, 1837	+	+	+	
Isochaetides michaelseni (Lastočkin, 1936)	+			
Limnodrilus claparedeanus Ratzel, 1868	+			
Limnodrilus hoffmeisteri Claparede, 1862	+	+	+	+
Limnodrilus profundicola (Verrill, 1871)	+	+		
Limnodrilus udekemianus Claparede, 1862	+	+	+	
Limnodrilus sp.	+	+		
Lumbriculus variegatus (Müller, 1773)	+		+	
Nais barbata Müller, 1773	+			
Nais communis Piguet, 1906		+	+	
Nais elinguis Müller, 1773	+			
Nais pardalis Piquet, 1906	+			
Nais pseudobtusa Piguet, 1906	+			+
Ophidonais serpentina (Müller, 1773)	+		+	+
Paranais simplex Hrabe, 1936	+			
Potamothrix vejdovsky Hrabe, 1941	+			
Potamothrix hammoniensis (Michaelsen, 1901)	+			
Potamothrix moldaviensis Vejdovsky et Mrazek, 1902	+			
Psammoryctes barbatus (Grube, 1861)	+			
Specaria josinae (Vejdovský, 1884)	+			
Stylaria lacustris (Linnaeus, 1767)	+	+	+	
Tubifex newaensis (Michaelsen, 1902)	+			
Tubifex tubifex (Müller, 1773)	+	+	+	+
Uncinais uncinata (Oersted, 1842)	+	+		
Vejdovskyella intermedia (Bretscher, 1896)	+			

Продолжение табл. 44

1	2	3	4	5
Класс Polychaeta				
Hypania invalida (Grube, 1860)	+			
Класс Hirudinea				
Glossiphonia complanata (Linnaeus, 1758)	+		+	+
Helobdella stagnalis (Linnaeus, 1758)	+		+	
Hemiclepsis marginata (Müller, 1774)		+		
Herpobdella octoculata (Linnaeus, 1758)	+			+
Piscicola geometra (Linnaeus, 1761)	+		+	+
Класс Crustacea				
Asellus aquaticus (Linne, 1758)	+	+	+	+
Chaetogammarus warpachowskyi (Sars, 1894)	+	+		
Gammarus lacustris Sars, 1863			+	+
Gammarus pulex (Linnaeus, 1758)	+			
Paramysis lacustris (Czerniavsky, 1882)	+		+	
Pontogammarus robustoides (Sars, 1894)	+			
Pseudocuma cercaroides G.O. Sars, 1894	+			
Pseudocuma sowinskyi (G.O. Sars, 1894)	+			
Stenogammarus dzjubani Mordukhay-Boltovskoy et Ljakhov, 1972	+			
Dikerogammarus caspius (Pallas, 1771)	+			
Класс Insecta				
Отряд Odonata				
Calopterix virgo Linnaeus, 1758	+			
Gomphus vulgatissimus (Linnaeus, 1758)				+
Ischnura elegans Vanderlinden, 1823			+	
Stylurus flavipes (Charpentien, 1825)	+		+	
Sympecma fusca (Vanderlinden., 1823)			+	+
Sympetrum vulgatum		+		
Отряд Ephemeroptera				
Baetis buceratus Eaton, 1970	+			+
Baetis fuscatus (Linnaeus, 1761)	+			+
Baetis rhodani (Pictet, 1845)	+	+	+	+
Baetis vernus Curtis 1834	+	+		+
Baetis sp.	+		+	
Brachycercus harrisella Curtis, 1834	+			+
Caenis horaria (Linnaeus, 1758)	+		+	
Caenis lactea (Burmeister, 1839)	+			
Caenis macrura Stephens, 1835	+		+	
Caenis robusta (Eaton, 1884)	+	+	+	
Cloeon gr. *dipterum*			+	
Cloeon simile Eaton, 1870		+		
Cloeon sp.	+	+		
Ephemera danica Müller, 1764	+			
Ephemera lineata Eaton, 1870	+			+
Ephemera vulgata Linnaeus, 1758	+	+		
Ephemerella ignita (Poda, 1761)	+	+		+
Heptagenia flava Rostock, 1878	+		+	
Отряд Plecoptera				
Amphinemura borealis (Morton, 1894)				+
Amphinemura sulcicollis Stephens, 1835				+
Leuctra digitata Kempny, 1899	+			
Leuctra fusca Linnaeus, 1758	+		+	
Nemoura cinerea Retzius, 1783	+	+		
Paraleptophlebia cincta (Retzius, 1783)				+
Отряд Heteroptera				
Aphelocheirus aestivalis (Fabricius, 1794)	+			

Продолжение табл. 44

1	2	3	4	5
Corixidae sp.			+	+
Gerris lacustris (Linnaeus, 1758)	+			
Micronecta sp.	+		+	
Notonecta glauca Linnaeus, 1758	+		+	
Отряд Coleoptera				
Coelambus sp.	+			
Dytiscus sp.	+	+		
Elmis maugetii Latreille 1798	+		+	+
Haliplus sp.	+	+		
Hydrobius fuscipes (Linnaeus, 1758)	+			
Hygrotus sp.	+			
Ilybius sp.	+			
Laccobius sp.			+	
Laccophilus sp.			+	
Limnius sp.	+			+
Orectochilus villosus (O.F. Müller, 1776)	+			
Oulimnius tuberculatus (P.W.J. Müller, 1806)	+	+	+	
Отряд Megaloptera				
Sialis sordida Klingstedt, 1932	+	+		
Sialis sp.		+		
Отряд Trichoptera				
Agraylea multipunctata Curtis, 1834		+		
Brachycentrus subnubilus Curtis, 1834	+			+
Cheumatopsyche lepida Pictet, 1934	+			
Ecnomus tenellus (Rambur, 1842)	+		+	
Goera pilosa (Fabricius, 1775)				+
Halesus tessellatus (Rambur, 1842)	+			+
Hydropsyche angustipennis Curtis, 1834	+			
Hydropsyche ornatula MacLachlan, 1878		+		
Hydropsyche pellucidula Curtis, 1934	+		+	+
Hydroptila sp.			+	+
Notidobia ciliaris (Linnaeus, 1761)	+			
Oecetis sp.	+			
Rhyacophila sp.		+		+
Silo pallipes (Fabricius, 1781)				+
Sericostoma personatum (Kirby et Spence, 1826)				+
Отряд Diptera				
Сем. Tipulidae				
Nigrotipula nigra (Linnaeus, 1758)	+			
Tipula luna Westhoff, 1879	+	+		
Сем. Limoniidae				
Dicranota bimaculata (Schummel, 1829)	+	+		+
Hexatoma sp.	+			
Pedicia occulta (Meigen, 1830)	+			
Сем. Psychodidae				
Bazarella atra (Vaillant, 1955)				+
Pericoma sp.	+			+
Ptychoptera sp.	+			
Сем. Dixidae				
Dixa sp.				+
Dixella sp.	+			
Сем. Chaoboridae				
Chaoborus sp.	+			
Mochlonyx sp.	+			
Сем. Simuliidae				
Simulium sp.	+	+	+	+

Продолжение табл. 44

1	2	3	4	5
Сем. Ceratopogonidae				
Bezzia sp.	+	+	+	+
Culicoides sp.	+	+		
Dasyhelea sp.	+	+	+	
Macropesa albitarsis Meigen, 1818	+			
Mallochohelea setigera (Loew, 1864)	+		+	
Sphaeromias pictus (Meigen, 1818)			+	
Сем. Chironomidae				
Подсем. Tanypodinae				
Ablabesmyia monilis (Linnaeus, 1758)	+	+	+	
Ablabesmyia phatta (Eggert, 1863)	+		+	
Ablabesmyia sp.	+		+	
Apsectrotanypus trifascipennis (Zetterstedt, 1840)	+		+	+
Clinotanypus nervosus (Meigen, 1818)	+		+	
Conchapelopia melanops (Meigen, 1818)				+
Guttipelopia guttipennis (Wulp, 1974)			+	
Macropelopia nebulosa (Meigen, 1804)	+			+
Nilotanypus dubius (Meigen, 1804)			+	
Pentaneura sp.		+		
Procladius choreus (Meigen, 1804)	+	+	+	
Procladius (*Holotanypus*) *ferrugineus* (Kieffer, 1918)	+	+	+	+
Procladius sp.	+			
Psectrotanypus (*Psectrotanypus*) *varius* (Fabricius, 1787)				+
Tanypus punctipennis (Meigen, 1818)	+	+	+	
Tanypus vilipennis (Kieffer, 1918)			+	
Thienemannimyia sp.		+	+	+
Подсем. Diamesinae				
Potthastia longimana Kieffer, 1922	+			
Pseudodiamesa branickii (Nowicki, 1873)			+	+
Prodiamesinae				
Monodiamesa bathyphila Kieffer, 1918	+			+
Odontomesa fulva (Kieffer, 1919)	+	+		+
Prodiamesa olivacea (Meigen, 1818)	+	+	+	+
Подсем. Orthocladiinae				
Acricotopus sp.			+	
Brillia modesta (Meigen, 1830)	+			+
Corynoneura coronata Edwards, 1924	+			
Corynoneura lacustris Edwards, 1924	+		+	+
Corynoneura scutellata Winnertz , 1846			+	
Corynoneura sp.	+		+	+
Cricotopus (*Cricotopus*) gr. *algarum*	+			
Cricotopus (*Cricotopus*) *bicinctus* (Meigen, 1818)	+	+	+	+
Cricotopus (*Isoclsdius*) gr. *sylvestris*	+	+	+	
Cricotopus (*Cricotopus*) *tibialis* (Meigen, 1804)	+			
Cricotopus (*Cricotopus*) gr. *tremulus*	+			
Cricotopus (*Cricotopus*) gr. *trifascia*	+			+
Cricotopus sp.	+			+
Eukiefferiella claripennis (Lundbeck, 1898)				+
Eukiefferiella gr. *gracei*	+			+
Eukiefferiella sp.		+		
Epoicocladius flavens (Malloch, 1915)	+			
Heterotrissocladius gr. *marcidus*	+	+	+	+
Mesocricotopus sp.				+
Nanocladius (*Nanocladius*) *bicolor* (Zetterstedt, 1838)			+	+
Nanocladius (*Nanocladius*) *rectinervis* (Kieffer, 1911)				+
Orthocladius frigidus (*Zetterstedt*, 1838)		+		

Продолжение табл. 44

1	2	3	4	5
Orthocladius (*Orthocladius*) *oblidens* (Walker, 1856)	+	+		
Orthocladius (*Euorthocladius*) *thienemanni* Kieffer, 1906	+			
Paracladius conversus (Walker, 1856)	+	+		+
Parametriocnemus lundbecki (Johannsen, 1905)	+	+	+	+
Psectrocladius flavus (Johannsen, 1905)			+	
Psectrocladius psilopterus (Kieffer, 1906)		+		
Psectrocladius (*Psectrocladius*) *sordidellus* (Zetterstedt, 1838)	+		+	
Psectrocladius sp.	+			
Rheocricotopus fuscipes (Kieffer, 1909)				+
Rheocricotopus effusus (Walker, 1856)	+			
Smittia gr. *aquatilis*		+		
Synorthocladius semivirens (Kieffer, 1909)	+			+
Thienemanniella gr. *clavicornis*	+	+		+
Thienemanniella sp.	+			+
Tvetenia discoloripes (Goetghebuer, 1936)				+
Подсем. Chironominae				
Триба Chironomini				
Chironomus (*Chironomus*) *anthracinus* Zetterstedt, 1860	+			
Chironomus (*Chironomus*) *nudiventris* Ryser, Scholl et Wüelker, 1983	+			
Chironomus (*Chironomus*) *obtusidens* Goetghebuer, 1921	+	+	+	
Chironomus (*Chironomus*) *piger* Strenzke, 1958	+			
Chironomus (*Chironomus*) *plumosus* (Linnaeus, 1758)	+	+	+	
Chironomus sp.	+		+	
Cladopelma gr. *lateralis*	+	+	+	
Cryptochironomus defectus (Kieffer, 1913)	+	+	+	+
C. ussouriensis Goetghebuer, 1933	+			
Cryptochironomus sp.		+		
Cryptotendipes holsatus Lenz, 1959			+	
Dicrotendipes nervosus (Staeger, 1939)	+	+	+	
Dicrotendipes notatus (Meigen, 1818)	+	+		
Endochironomus albipennis (Meigen, 1830)	+	+	+	
Endochironomus impar (Walker, 1856)	+	+		
Endochironomus tendens (Fabricius, 1775)			+	
Fleuria lacustris Kieffer, 1924	+			
Glyptotendipes (*Phyptotendipes?*) *barbipes* (Staeger, 1839)		+		
Glyptotendipes caulicola Kieffer, 1913			+	
Glyptotendipes (*Phyptotendipes*) *glaucus* (Meigen, 1818)	+	+		
Glyptotendipes (*Phyptotendipes*) *gripekoveni* (Kieffer, 1913)	+	+		
Glyptotendipes (*Phyptotendipes*) *paripes* Edwards, 1929	+	+		
Glyptotendipes sp.	+			
Harnischia curtilamellata (Malloch, 1915)	+			
Harnischia fuscimana Kieffer, 1921	+	+		
Lauterborniella agrayloides (Kieffer, 1911)		+	+	
Lipiniella araenicola Shilova, 1961	+			
Lipiniella moderata Kalugina, 1970	+			
Microchironomus tener (Kieffer, 1918)	+	+		
Microtendipes pedellus (de Geer, 1776)	+	+	+	+
Parachironomus varus Goetghebuer, 1921	+	+	+	
Paracladopelma camptolabis (Kieffer, 1913)	+	+	+	+
Paralauterborniella nigrohalteralis (Malloch, 1915)	+	+		+
Paratendipes albimanus (Meigen, 1818)	+	+		+
Polypedilum bicrenatum Kieffer, 1921	+	+	+	
Polypedilum (*Uresipedilum) convictum* (Walker, 1856)	+	+		+
Polypedilum (*Polypedilum) nubeculosum* (Meigen, 1804)	+	+	+	+
Polypedilum (*Trypodura) scalaenum* (Schrank, 1803)	+			+

Окончание табл. 44

1	2	3	4	5
Polypedilum (*Pentapedilum*) *sordens* (van der Wulp, 1874)	+		+	
Polypedilum (*Pentapedilum*) sp.	+			+
Stenochironomus sp.			+	
Stictochironomus crassiforceps Kieffer, 1922	+	+	+	
Stictochironomus rosenschoeldi (Zetterstedt, 1781)			+	
Stictochironomus sticticus Fabricius, 1781		+		
Zavreliella marmorata (van der Wulp, 1858)	+			
Триба Tanytarsini				
Cladotanytarsus mancus (Walker, 1856)	+	+	+	
Micropsectra atrofasciata Kieffer, 1911	+	+		+
Micropsectra gr. *praecox*	+	+	+	+
Paratanytarsus confusus Palmen, 1960		+		
Paratanytarsus gr. *lauterborni*		+		
Paratanytarsus sp.	+	+	+	+
Phaenopsectra flavipes (Meigen, 1818)		+		
Stempellina almi Brundin, 1947	+	+	+	+
Stempellina bausei (Kieffer, 1911)	+		+	
Stempellinella minor (Edwards, 1929)	+		+	
Stempellinella sp.	+			
Tanytarsus pallidicornis (Walker, 1856)	+	+	+	
Tanytarsus gr. *gregarius*	+	+	+	+
Zavrelia pentatoma Kieffer, 1913	+			
Сем. Tabanidae				
Tabanus sp.	+	+	+	
Сем. Athericidae				
Atherix ibis (Fabricius, 1798)	+			+
Сем. Ephydridae				
Setacera sp.		+		
Всего таксонов и видов: 279	**210**	**103**	**104**	**89**

В притоках Теренгулька, Тишерек, Муранка макрозообентос представлен 89-103 видами и таксонами (табл. 45), где личинки Chironomidae составляют 43-53% (рис. 56). Единичными видами представлены Polychaeta, Odonata, Megaloptera.

Таблица 45. Соотношение видов и таксонов в составе донных сообществ р. Уса и ее притоков за период исследований (1985-2021 гг.)

	Уса	Муранка	Тишерек	Теренгулька
Mollusca	22	11	9	6
Oligochaeta	27	10	9	5
Polychaeta	1	–	–	–
Hirudinea	4	1	3	3
Crustacea	10	2	3	2
Odonata	2	1	3	2
Ephemeroptera	16	7	7	7
Plecoptera	3	1	1	3
Heteroptera	4	–	3	1
Coleoptera	10	3	4	2
Megaloptera	1	2	–	–
Trichoptera	8	3	3	8
Chironomidae	85	55	53	43
Прочие Diptera	18	7	6	7
Всего	210	103	104	89

Таким образом, на всем протяжении реки Уса и ее притоков характерно преимущественное развитие по числу видов хирономид и олигохет. Таксономическое богатство макрозообентоса на участках реки в значительной степени обусловлено биотопическим разнообразием. Так, в истоке р. Уса каменистые биотопы перемежаются заиленными почвами и песком, в верхнем течении преобладают гравийно-песчанистые грунты, а в среднем и нижнем участках – заиленные пески, часто с примесью растительных остатков, ракуши, серых илов и глины.

Распределение организмов различных таксономических групп бентоса на участках р. Уса и в притоках показано на рис. 56.

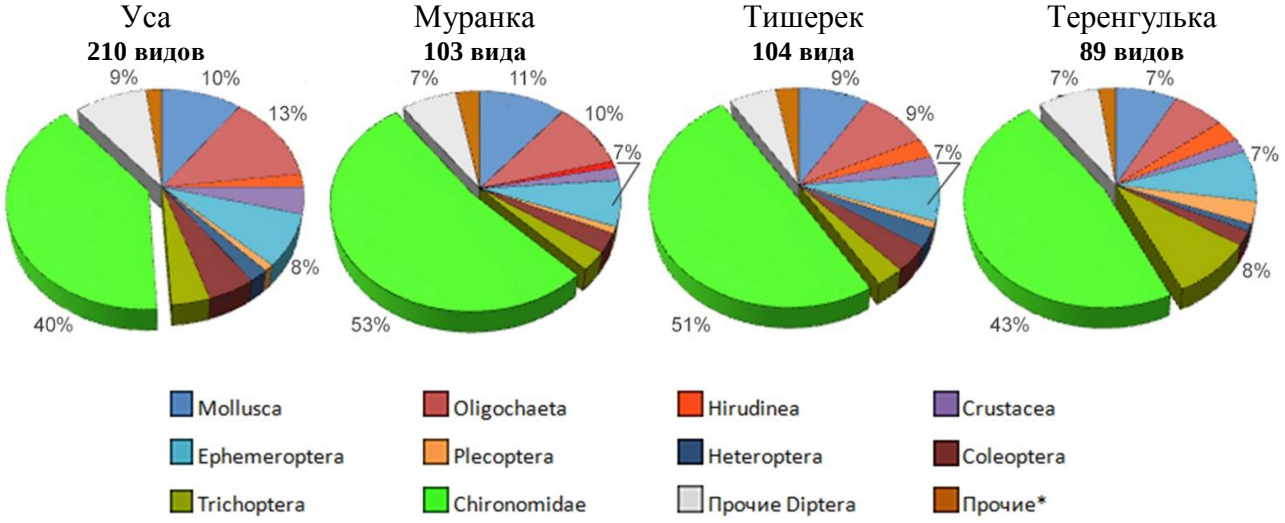


Рис. 56. Соотношение числа видов (в %) в таксономических группах макрозообентоса в р. Уса и ее притоках за период исследований (1985, 1989, 2009-2010, 2012, 2015, 2017, 2018, 2021 гг.).
* Прочие – Polychaeta, Odonata, Megaloptera.

Оценка таксономического состава и структура донных сообществ на сравниваемых участках реки (верхнее, среднее и нижнее течение, без учета данных по Усинскому заливу, характеристика которого будет показана ниже) различается по числу таксонов, видовому разнообразию, численности и биомассе бентоса. Для организмов макрозообентоса были рассчитаны индексы доминирования (d – доминанты, cd – субдоминанты) (Палий, 1961; Kownacki, 1971), с помощью которых можно проследить пространственную динамику структуры сообщества. Величины индексов доминирования, рассчитанные по численности видов на участках реки, показаны в табл. 47.

На участке верхнего течения реки Уса установлено 88 видов и таксонов (табл. 46), среди которых преобладают литореофильные формы бентоса (обитатели каменистых грунтов на участках с быстрым течением): личинки хирономид, поденки, ручейники, веснянки. В прибрежье верхнего и среднего течения реки число таксонов было примерно одинаковым в разные годы и составило 79 видов и таксонов, а в нижнем течении – не превышало 39 таксонов. Зарегистрированы ранее не отмеченные в реках Самарской области реофильные поденки *Paraleptophlebia cincta* и хирономиды *Guttipelopia guttipennis.* Средняя численность макрозообентоса составила 2521 экз./м^2, а биомасса – 7,0 г/м^2. Основу численности составляли личинки хирономид (55% суммарной численности бентоса), малощетинковые черви (16%) и представители отрядов поденок, ручейников и веснянок (9%) (табл. 47, рис. 56). Максимальная биомасса – 20,3 г/м^2. В 2017-2018 гг. преобладали по численности, являясь доминантами и субдоминантами (d, cd), на русле в верховьях реки реофильные личинки хирономид *Micropsectra* gr. *praecox*, поденки *Baetis rhodani*, комары-болотницы *Dicranota bimaculata,* а также в прибрежье – *Prodiamesa olivacea;* в заводях реки отмечены скопления пелофильных олигохет *Tubifex tubifex.*

Таблица 46. Таксономический состав зообентоса р. Уса (прибрежье, русло) в весенне-летний период 2017-2018 гг.

Таксоны	Верхнее течение	Среднее течение	Нижнее течение
Oligochaeta	10	10	11
Hirudinea	1	1	1
Chironomidae	33	28	25
Plecoptera	1	–	–
Ephemeroptera	7	4	2
Trichoptera	4	1	2
Coleoptera	6	1	–
Insecta (прочие)	9	6	2
Crustacea	2	–	8
Mollusca	7	6	2
Прочие (клещи, пауки, нематоды)	8	1	1
Всего видов	88	58	54

На среднем участке равнинной реки в составе сообществ макрозообентоса отмечено 58 таксонов и видов с доминированием эврибионтных олигохет *Limnodrilus hoffmeisteri, T. tubifex* и личинок хирономид *Polypedilum scalaenum, Paralauterborniella nigrohalteralis.* На стрежневых участках реки в ее среднем течении преобладают реофильные хирономиды *Orthocladius oblidens*. Субдоминантами на русле были пелофильные олигохеты *T. tubifex* (cd-4,1) и пело- и псаммофильные личинки хирономид *Polypedilum scalaenum*. В прибрежье развитие получили также псаммофильные личинки хирономид *Tanytarsus* gr. *gregarius,* пелофильные *Procladius ferrugineus* и олигохеты *Lymnodrilus hoffmeisteri,* численность которых и индексы доминирования были сопоставимы, на что указывают приведенные в табл. 47 численные значения доминирования руководящих видов и таксонов в донных сообществах. Средняя численность бентоса составляет 730 экз./м^2, достигая 1170 экз./м^2, а биомасса 0,98-1,71 г/м^2. По составу бентоса участок среднего течения характеризуется развитием личинок хирономид (47%) и олигохет (34%), тогда как реофильные поденки и ручейники в прибрежье составляют не более 8% общей численности и биомассы бентоса. Величина индекса видового разнообразия зообентоса на разных участках среднего течения реки достаточно высока (Hn 1,9-3,5 бит/экз.). Снижение численности, биомассы, увеличение олигохетного индекса, по сравнению с верхним течением реки (табл. 47**),** обусловлено развитием малощетинковых червей на серых илах при возрастающем загрязнении реки фосфатами в районе с. Шигоны.

В нижнем течении реки в зоне подпора водами Куйбышевского водохранилища число видов и таксонов снижается до 54 при увеличении видового разнообразия донных сообществ на песчано-заиленных биотопах прибрежья (*H*n 1,9-3,3 бит/экз.). Возрастают численность и биомасса гидробионтов, соответственно, до 6463-15200 экз./м^2 и 4,8-11,1 г/м^2, за счет развития эврибионтных видов хирономид *Cladotanytarsus mancus* (d = 17,9), *Polypedilum nubeculosum* (cd = 4,3), *Chironomus plumosus* (cd = 4,4), *Dicrotendipes nervosus* и олигохет *Limnodrilus hoffmeisteri* (d = 13) в прибрежье и на русловых участках (табл. 47).

Из приведенных данных видно, что видовой состав доминирующего ценоза зообентоса в 2017-2018 гг. представлен достаточно разнообразным пело-реофильным комплексом видов, характерных для разнообразных биотопов ритрали и потамали участков реки. Доминантный комплекс видов характерен как для реофильных хирономид, устойчивых к воздействию загрязнения, так и для пелофильных олигохет, обитающих на участках реки с локальным загрязнением ниже населенных пунктов.

Ниже приводится краткая характеристика распределения численности и биомассы в сообществах макрозообентоса на станциях всех участков реки. По результатам исследований в июне 2018 г. можно проследить количественнное распределение макрозообентоса. Так, донные сообщества прибрежной зона верхнего течения реки (ст. 2) характеризуются максимальной численностью гидробионтов (15 тыс. экз./м^2), за счет развития личинок хирономид

Cladotanytarsus mancus. На русле нижнего течения (ст. 8, 10) высокую численность (5-7 тыс. экз./м^2) обеспечивают пело-фитофильные олигохеты *Stylaria lacustris* и хирономиды *Chironomus plumosus*. Высокую биомассу (17,5 г/м^2) в донных сообществах прибрежной зоны верхнего течения реки (ст. 2) обеспечивают личинки хирономид *Prodiamesa olivacea* и *Micropsectra* gr. *praecox*, а на глубоководных участках русловой зоны (ст. 8,10) в месте подпора водами Усинского залива высокая биомасса бентоса (7-13 г/м^2) наблюдается за счет обитания на заиленных субстратах личинок хирономид *Glyptotendipes paripes*, *Dicrotendipes nervosus*, *Chironomus plumosus*, *Endochironomus albipennis* и олигохет *Limnodrilus hoffmeisteri.*

Таблица 47. Основные структурные характеристики и оценка экологического состояния р. Уса по зообентосу в 2017-2018 гг.

№	Показатели	Участок реки		
		верхний	средний	нижний
1	Численность, экз./м^2: – средняя – максимальная	 2521 11750	 730 1170	 6463 15200
2	Биомасса, г/м^2: – средняя – максимальная	 7,0 20,3	 0,98 1,71	 4,8 11,1
3	Доминирующие виды (доминанты – d, субдоминанты – cd), по численности	личинки хирономид *Micropsectra* gr. *praecox* (d = 69), поденки *Baetis rhodani* (cd = 6,4), лимониды *Dicranota bimaculata* (cd = 1,2); малощетинковые черви *Tubifex tubifex* (cd = 6,4)	малощетинковые черви *Limnodrilus hoffmeisteri* (cd = 2,1), *Tubifex tubifex* (cd = 4,1); личинки хирономид *Polypedilum scalaenum* (cd = 1,6); *Orthocladius oblidens* (cd = 1,4)	малощетинковые черви *Limnodrilus hoffmeisteri* (d = 13), личинки хирономид *Cladotanytarsus mancus* (d = 17,9), *Polypedilum nubeculosum* (cd = 4,3), *Chironomus plumosus* (cd = 4,4)
4	Индекс видового разнообразия Шеннона (*H*n, бит/экз.) (мин./макс.)	2,8-3,1/ 1,5	2,5-3,5/1,9-2,9	1,9-3,2/3,3
5	Биотический индекс Вудивисса (прибрежье/русло)	6-9/6	2-7/ 3-6	4-7/3
6	Индекс сапробности по численности видов (прибрежье/русло)	1,0-1,6/1,8	1,5-3,6/1,7 -3,8	1,4-2,9/3,7
7	Зона сапробности (прибрежье/русло)	олигосапробная – β - мезосапробная / β - мезосапробная	олигосапробная – полисапробная / β - мезосапробная – полисапробная	олигосапробная – α - мезосапробная / полисапробная
8	Олигохетный индекс, % (прибрежье/русло)	0-48/15	19-38/0-16	1-12/5
9	Класс качества воды по индексу Вудивисса (прибрежье/русло)	II-III: «чистая – умеренно загрязненная» / III: «умеренно загрязненная»	II-V: «чистая – грязная» / III-V: «умеренно загрязненная – грязная»	II –IV: «чистая – загрязненная» / V: «грязная»
10	Экологическое состояние водотока (прибрежье/русло)	Относительно удовлетворительное / Относительно удовлетворительное	Относительно удовлетворительное – зона экологического кризиса / Зона экологического кризиса	Относительно удовлетворительное / Зона экологического кризиса

Различие в видовом составе фауны связано с распределением антропогенной нагрузки на участки реки. Так, в водных массах участка реки выше села Шигоны регистрируется превышение органических веществ, а на участке реки ниже сел Шигоны и Муранка выявлено превышение содержания органических и биогенных веществ, попадающих в реку с недостаточно очищенными коммунальными и сельскохозяйственными стоками.

Участок нижнего течения реки (пос. Кр. Миронов) (ст. 8, 9) в месте подпора водами Усинского залива характеризуется в различные годы отсутствием реофильных таксонов, таких как личинки ручейников, поденок, вислокрылок, мошек. В прибрежье и на русле отмечено исключительное обитание эврибионтных и пело-псаммофильных личинок хирономид и олигохет, что хорошо отражает структурная характеристика распределения донных сообществ с представленным комплексом показателей экологического состояния реки (рис. 57-61, табл. 47). В ритрали и медиали участков реки Уса и ее притоков, в отсутствии токсического загрязнения, массовыми в разные годы из моллюсков являются *Henslowiana henslowana* и представители р. *Euglesa,* из олигохет – *L. hoffmeisteri, Tubifex tubifex,* из ракообразных – *Asellus aquaticus*, из поденок – *Baetis rhodani*, из цератопогонид – *Bezzia* sp., из мошек – *Simulium* sp., из личинок хирономид – *Prodiamesa olivacea, Parametriocnemus lundbecki*, *Cryptochironomus* gr. *defectus, Thienemanniella* gr. *clavicornis, Microtendipes pedellus, Paracladopelma camptolabis, Polypedilum nubeculosum, Polypedilum bicrenatum, Heterotrissocladius* gr. *marcidus, Cricotopus bicinctus, Stempellina almi, Tanytarsus* gr. *gregarius*. Представленный бентоценоз определяет принадлежность равнинной р. Уса к экологически благополучным рекам.

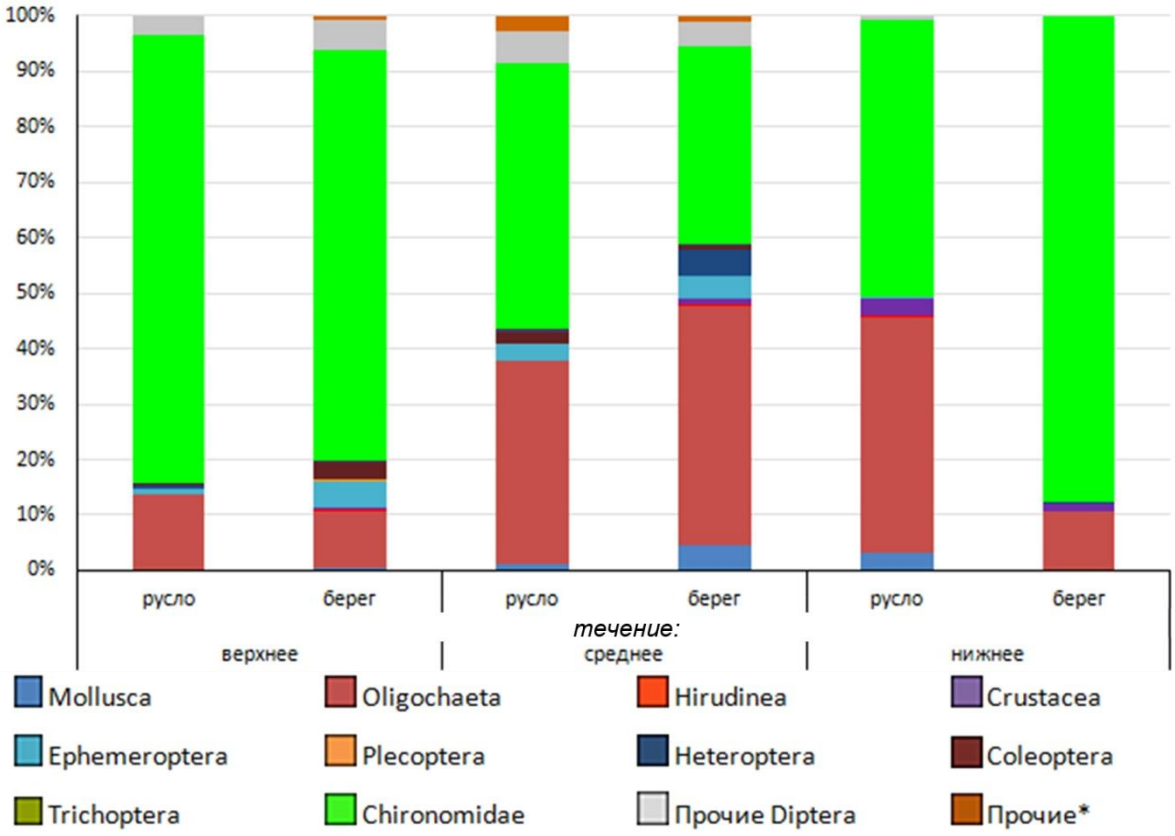


Рис. 57. Распределение соотношения численности (в %) таксономических групп в донных сообществах на русле и в прибрежье р. Уса (июнь-июль 2017-2018 гг.).
* Прочие – Odonata, Aranei.

На примере распределения массовых в реке хирономид и олигохет можно констатировать, что представители каждого из видов демонстрируют свое биотопическое и экологиче-

ское предпочтение, которое обусловлено их морфологическими особенностями и экологической валентностью по отношению к комплексу факторов. Видовой состав донных сообществ и изменение количественного соотношения гидробионтов разных видов, особенности распределения и структура донных сообществ (Шитиков, Зинченко, 2008) могут выступать *в качестве эталона при проведении мониторинговых и биоиндикационных исследований рек* бассейна Средней и Нижней Волги (Биоиндикация экологического.., 2007; Зинченко, 2011, 2020; Особенности пресноводных.., 2011).

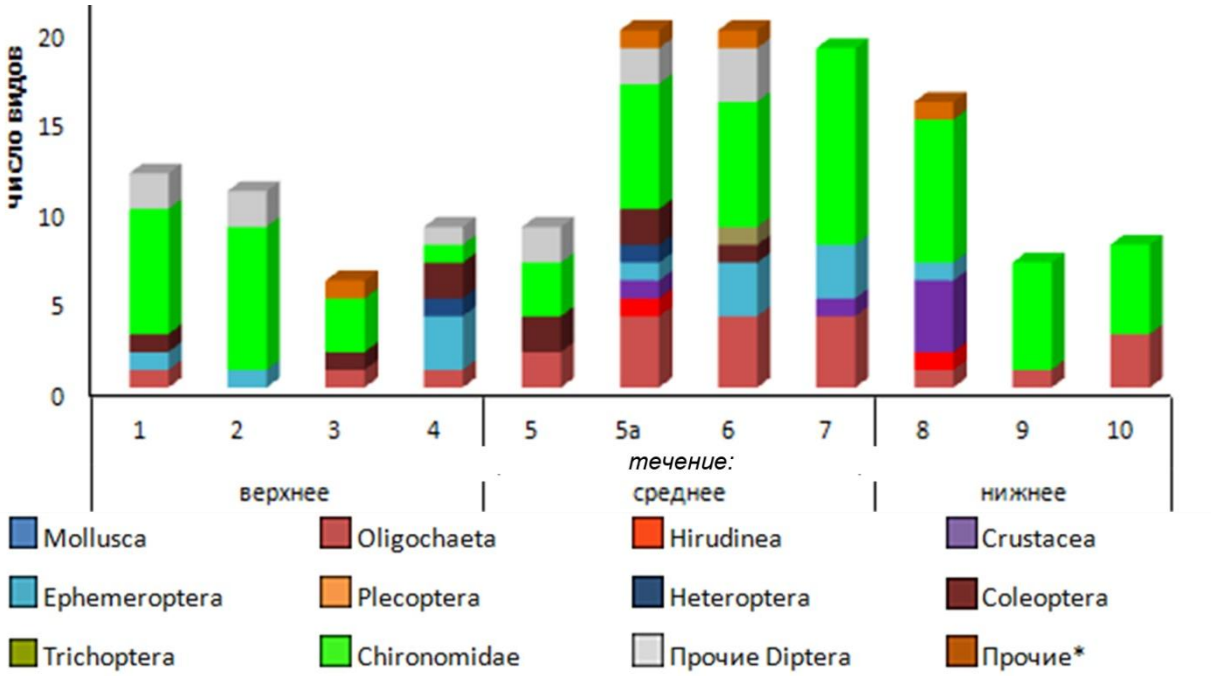


Рис. 58. Распределение таксономической структуры донных сообществ на станциях русловой зоны верхнего, среднего и нижнего течения р. Уса (июнь 2018 г.).

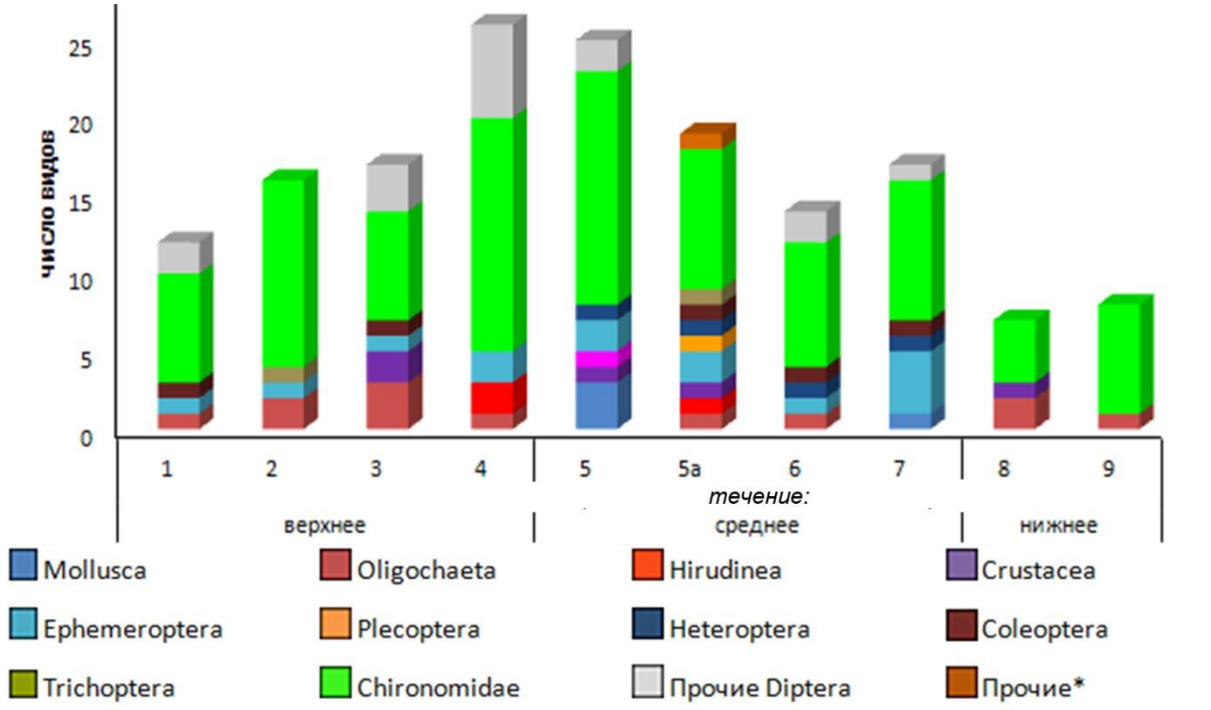


Рис. 59. Распределение таксономической структуры донных сообществ на станциях прибрежной зоны верхнего, среднего и нижнего течения р. Уса (июнь 2018 г.).

Многолетние структурные изменения макрозообентоса характеризуются разнообразием донных сообществ и сменой доминантов на разных участках реки, что наиболее характерно для прибрежной зоны. Так, в разные годы в прибрежье верхнего течения реки в донных сообществах массовыми были реофильные оксибионтные и эвритермные виды хирономид *Odontomesa fulva, Monodiamesa bathyphila, Micropsectra atrofasciata, Heterotrissocladius* gr. *marcidus, Eukiefferiella* gr. *gracei* и личинки жуков *Elmis maugetii,* поденки *Baetis rhodani, B. vernus*, а из олигохет на характерных биотопах повсеместно встречаются *L. hoffmeisteri* и *Tubifex tubifex*. В то же время, в верхнем течении реки в составе субдоминантов на русле и в прибрежье реки отмечены танитарзины *Cladotanytarsus mancus,* ставшие характерными для прибрежья мезоэвтрофных Волжских водохранилищ в 90-е годы (Биоиндикация экологического.., 2007), что, наряду с высоким видовым разнообразием донных сообществ прибрежной и русловой зон участков реки, свидетельствует о достаточно благоприятном экологическом состоянии водных масс реки для развития кормовой базы бентосоядных видов рыб.

В составе макрозообентоса ритрали реки при максимальном разнообразии донных сообществ преобладают псаммо-пелофильные личинки хирономид *Polypedilum scalaenum, Tanytarsus* gr. *gregarius*, являясь доминантами или субдоминантами участков среднего течения реки Уса. Обращает на себя внимание изменение структуры донных сообществ, что характерно для участка нижнего течения реки (рис. 58, 60-61). Прибрежная и русловая зона нижнего течения характеризуется достаточно однообразным сообществом эврибионтных пело- и фитофильных видов хирономид и олигохет: *Chironomus plumosus, Dicrotendipes nervosus, Glyptotendipes paripes, Cricotopus sylvestris, Endochironomus albipennis, Stylaria lacustris* (рис. 57-58). Например, отмечается обитание олигохет родов *Limnodrilus, Potamothrix, Tubifex* и хирономид подсемейства Tanypodinae, в частности, представителей родов *Procladius, Ablabesmyia, Tanypus*, характерных для участков реки любой степени трофности (Сергеева, 2006), что объясняется, по-видимому, локальным органическим и биогенным загрязнением донных отложений. В тоже время, увеличение водности реки в ее нижнем течении, в зоне подпора водами Усинского залива, в условиях притока аллохтонных органических и биогенных веществ, оказывает влияние на изменение структуры донных сообществ в сторону снижения числа видов и увеличения численности пелофильного бентоса, как структурную адаптацию к изменяющимся условиям среды. То есть, в устьевом участке (ст. 8-10) при кумулятивном воздействии внешних факторов среды в составе донных сообществ характерными становятся виды и таксоны речных вод и Куйбышевского водохранилища.
Таким образом, особенностью макрозообентоса р. Уса является преобладание по численности представителей фито-реофильной, псаммофильной и оксифильной фауны, а высокая биомасса на отдельных участках реки определяется олигохетами (без учета биомассы моллюсков рода *Dreissena*), что обусловлено биотопическим разнообразием и значительным содержанием органических веществ в грунтах.

Обращает на себя внимание достаточно устойчивая структура донных сообществ, характерная для участков верхнего, среднего и нижнего течения реки. Например, отмечается обитание олигохет родов *Limnodrilus, Potamothrix, Tubifex* и хирономид подсемейства Tanypodinae, в частности, представителей родов *Procladius, Ablabesmyia, Tanypus*, характерных для участков реки любой степени трофности (Сергеева, 2006), что объясняется, по-видимому, локальным органическим и биогенным загрязнением донных отложений. В то же время, в верхнем течении реки в составе субдоминантов на русле и в прибрежье реки отмечены танитарзины *Cladotanytarsus mancus,* ставшие характерными для прибрежья мезоэвтрофных Волжских водохранилищ в 90-е годы (Биоиндикация экологического.., 2007), что, наряду с высоким видовым разнообразием донных сообществ прибрежной и русловой зон верхнего и среднего участков реки за счет реофильных поденок, личинок хирономид и мошек, свидетельствует о достаточно благоприятном экологическом состоянии водных масс реки для развития кормовой базы бентосоядных видов рыб.

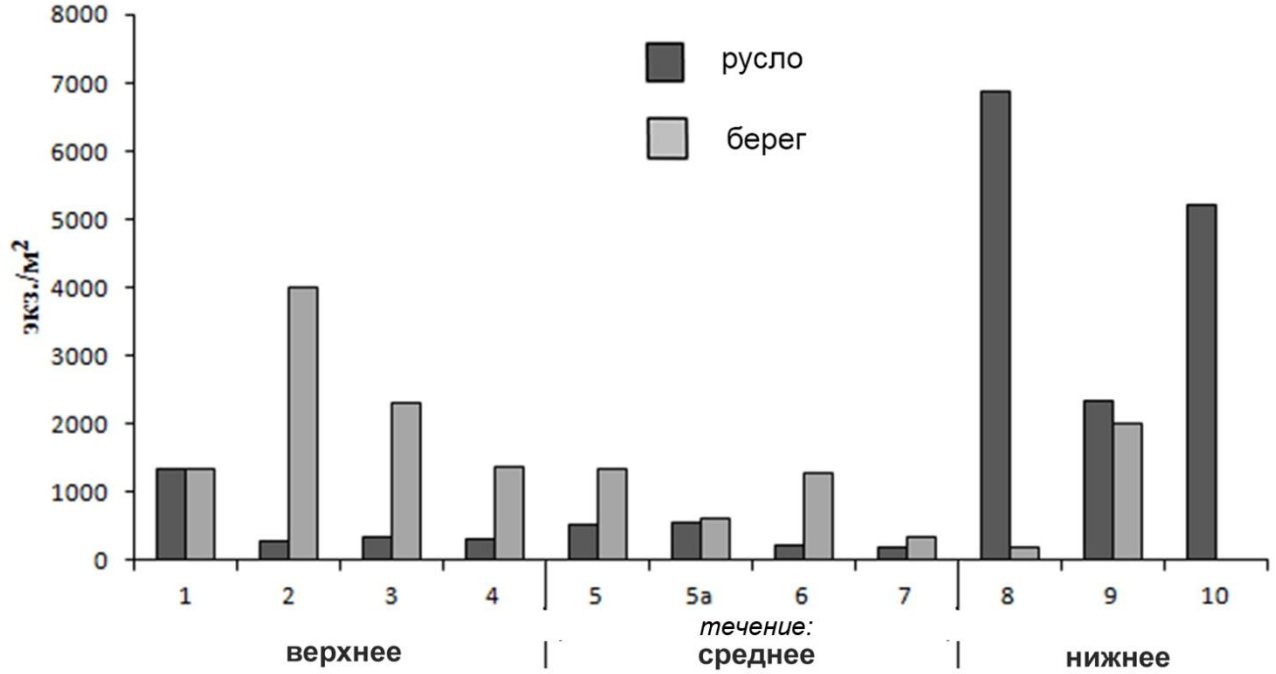


Рис. 60. Распределение численности макрозообентоса на станциях русла и в прибрежье верхнего, среднего и нижнего течения р. Уса (июнь 2018 г.).

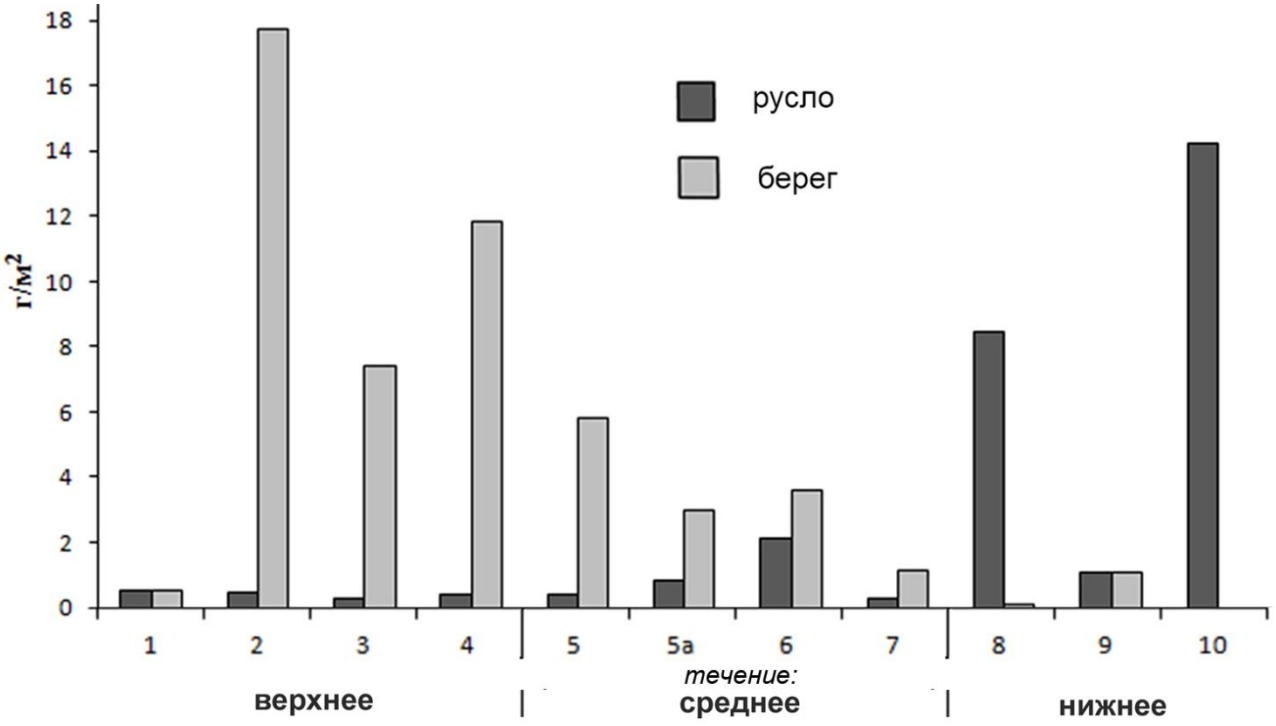


Рис. 61. Распределение биомассы макрозообентоса на станциях русла и в прибрежье верхнего, среднего и нижнего течения р. Уса (июнь 2018 г.)

2.2.7. Оценка качества воды равнинной реки с использованием биотических индексов и метрик[1]

Малые реки Волжского бассейна следует рассматривать как модельные для исследования процессов формирования структуры, биологической продуктивности, оценки экологического состояния лотических экосистем.

Задачи исследования речных экосистем являются общими для всех водных экосистем. Среди них: создание научных основ рациональной эксплуатации биологических ресурсов природных вод с обеспечением их расширенного воспроизводства; разработка основ прогнозирования состояния водных экосистем в условиях антропогенного воздействия на них; исследование причин эвтрофирования вод и методов его предотвращения, изучение процессов самоочищения, разработка научных основ управления качеством вод, формированием чистой воды. Несмотря на ряд гидробиологических работ, выполненных на реках Средней и Нижней Волги (Зинченко, Головатюк, 2000, 2010; Яковлев и др., 2003; Биоиндикация экологического.., 2007; Зинченко и др., 2007, 2021, 2023; Зинченко, Моллер Пилот, 2007; Головатюк и др., 2008, 2021; Головатюк, Зинченко, 2011, 2020; Зинченко, 2011; Особенности пресноводных.., 2011; Шитиков, Зинченко, 2013), исследования экологического состояния малой равнинной реки Уса, с привлечением результатов анализа донных сообществ, имеют несомненный интерес в целях оценки реакции гидробионтов на факторы внешней среды.

Ниже дается обобщенная ***оценка качества воды*** и общего экологического состояния реки по состоянию донных сообществ (с использованием индексов и метрик различных авторов Goodnight, Whitley,1961; Woodiwiss, 1964; Barbour et al., 1995), количественные характеристики которых представлены в табл. 47.

Индекс видового разнообразия Шеннона для донных сообществ верхнего течения реки Уса изменялся в пределах 1,5-3,1 бит/экз., для сообществ бентоса среднего течения – 1,9-3,5 бит/экз., для участка нижнего течения – 1,9-3,3 бит/экз., что соответствует показателям среднего и высокого разнообразия на всех участках реки (табл. 47).

По составу донного населения прибрежья (ритрали) и глубоководных участков (медиали) верхний участок реки относится преимущественно к олигосапробной и β-мезосапробной зоне. Сапробность в прибрежье среднего течения р. Уса изменялась от олигосапробной до полисапробной, на русле – от β-мезосапробной до полисапробной. Нижний участок реки в прибрежье характеризовался как олигосапробный, а на русле – как α-мезосапробный и полисапробный (табл. 47).

Качество воды верхнего участка реки, оцениваемое по показателям индекса Вудивисса, находилось в пределах II–III классов – вода «чистая - умеренно загрязненная». В среднем течении качество воды прибрежных участков характеризовалось как «вода чистая » – « вода грязная» (II–V классы); на русле качество воды изменялось от состояния «вода умеренно загрязненная» до «вода грязная» (III–V классы). В нижнем течении прибрежная зона оценивалась II–IV классами, «вода чистая» – «загрязненная», а качество воды на глубоководных участках соответствовало V классу – «грязная».

Экологическое состояние р. Уса, оцениваемое по состоянию сообществ макрозообентоса в прибрежье верхнего, среднего и нижнего участков, «относительно удовлетворительное» (табл. 47), тогда как локально, на русловых участках, вода соответствует зоне «экологического кризиса» (Критерии оценки.., 1992).

Можно констатировать, что верхний участок р. Уса по состоянию кормовой базы для бентосоядных рыб, согласно рыбохозяйственной шкале, характеризуется как «выше средней кормности», средний участок – «малокормный», нижний – «среднекормный».

По состоянию зообентоса качество воды верхнего участка реки находится в диапазоне II–III классов – вода «чистая» – «умеренно загрязненная». Качество воды среднего участка

[1] Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.

реки в прибрежье изменяется от II до V классов – вода «чистая» – «грязная». Медиаль среднего течения характеризуется III–V классами качества воды. Прибрежная зона (рипаль) нижнего течения реки оценивается II–IV классом (чистая – загрязненная), а медиаль – V классом – вода «грязная» (см. табл. 47).

Определение качества водных масс выполнено нами дополнительно с использованием индекса загрязнения воды (УИКЗВ), а комплексная оценка состояния экосистемы реки выполнена на основе Интегрального индекса экологического состояния с учетом данных по гидрохимическим и гидробиологическим показателям (ИИЭС) (Зинченко и др., 2000, 2007, 2015) и с использованием оценки экологической состояния бассейна реки (Критерии оценки.., 1992; Руководство.., 1992; Семенченко и др., 2006) (табл. 48). Исследования показали, что река Уса испытывает слабое умеренное антропогенное воздействие в верхнем–среднем течении, а в устьевом участке река относится, в основном, к загрязненным водотокам с относительно удовлетворительной экологической ситуацией на отдельных участках реки. Было установлено, что притоки р. Уса не увеличивают внутреннюю биогенную нагрузку и не оказывают влияние на биоразнообразие и биоресурсы р. Уса (Зинченко и др., 2019).

Таблица 48. Характеристика экологического состояния р. Уса с использованием интегральных методов оценки

Методы	Верхнее течение	Среднее течение	Нижнее течение
ИЗВ, УИКЗВ	удовлетворительно	относительное экологическое благополучие	относительное экологическое благополучие
ИИЭС	относительное экологическое благополучие	относительное экологическое благополучие	умеренно загрязненная
Критерии..., 1992	удовлетворительная экологическая ситуация	относительное экологическое благополучие	загрязненная

Экологический статус реки Уса установлен нами ранее на основании данных комплексной характеристики техногенной нагрузки и суммировании результатов мониторинга по оценке качества участков реки на всем ее протяжении (Зинченко и др., 2019).

Оценки качества воды в р. Уса, рассчитанные по показателям макрозообентоса с использованием комплекса биотических показателей и индексов, показаны в табл. 49. На створах верхнего течения реки величины показателя EPT изменялись от 5 до 7 баллов, что существенно ниже показателей для эталонных участков, где число видов EPT обычно достигает 13-15. Согласно значениям Биотического индекса Вудивисса, качество воды изменялось от «очень чистой» до «чистой» (табл. 47, 49), индекс BMWP характеризовал качество воды как «очень хорошее», индекс *H*n – «вода чистая», индекс G/WI – «река в хорошем состоянии».

В среднем течении реки отмечается снижение качества воды по биотическим показателям (табл. 49). Так, величины показателя EPT не превышали 4 балла, а величины TBI дали оценку воды как «чистая–умеренно загрязненная», BMWP – как «вода хорошего качества», G/WI – «река в хорошем состоянии», H – вода «умеренно загрязненная».

В нижнем течении водные массы р. Уса характеризуются состоянием градации – от «вода в хорошем состоянии» (согласно расчету индекса G/WI) до «вода очень грязная» (индекс TBI) и «вода плохого качества» (индекс BMWP).

Общее экологическое состояние р. Уса характеризуется совокупностью воздействия абиотических факторов, установленных структурных и количественных характеристик планктонных и донных сообществ, что позволяет р. Уса отнести к равнинным рекам, испытывающим умеренный антропогенный пресс с локальной повышенной нагрузкой в местах выпуска сточных вод и в Усинском заливе.

Таблица 49. Оценка качества воды и экологического состояния участков р. Уса по биотическим показателям

Индекс	Значение индекса и оценка качества воды	Участок реки		
		верхний	средний	нижний
EPT	значение	5-7	2-4	0
TBI	значение индекса, балл	8-10	6-7	1-3
	качество воды	очень чистая–чистая	чистая–умеренно загрязненная	грязная–очень грязная
BMWP	значение индекса, балл	136-141	68-76	23-25
	качество воды	очень хорошее	хорошее	плохое
G/WI	значение индекса, %	8-11	25-27	45-50
	качество воды	река в хорошем состоянии	река в хорошем состоянии	река в хорошем состоянии
Hn	значение индекса	3,05-3,15	2,3-2,5	1,9-2,07
	качество воды	чистая	умеренно загрязненная	умеренно загрязненная

К основным источникам поступления загрязняющих веществ в речной водоток относятся: сброс загрязняющих веществ в составе коммунально-бытовых сточных вод, промышленных предприятий, поверхностного стока сельскохозяйственных предприятий и с водосборной площади. Можно констатировать, что проведенная интегральная оценка состояния р. Уса по результатам комплексного обследования, выполненная с учетом гидрохимических и гидробиологических характеристик в соответствии с рекомендациями, изложенными в «Критерии оценки экологической обстановки…» (1992), свидетельствует об «относительно удовлетворительном состоянии» реки на всем ее протяжении, но с выделением локальных участков реки, характеризуемых в годы с аномальными климатическими изменениями (2017-2018 гг.) и с высоким содержанием в водных массах биогенных элементов (фосфаты) как «экологическое бедствие».

Установленные закономерности преобразования сообществ зообентоса и оценка качества водных масс в различных по характеру и степени загрязнения участках малой равнинной реки Уса послужили основой для разработки критериев оценки экологического состояния равнинных рек Волжского бассейна (Шитиков, Зинченко, 2005, 2008, 2011, 2014, 2018; Биоиндикация экологического.., 2007; Особенности пресноводных.., 2011).

2.2.8. Чужеродные виды макрозобентоса устьевого участка реки Уса[1]

Известно, что наиболее подвержены вселению чужеродных видов искусственные экосистемы − зарегулированные водотоки и водохранилища, а также участки, характеризующиеся изменчивыми абиотическими условиями – заливы и устья рек (Биологические.., 2004). Вместе с тем, заливы с их уникальными условиями (мелководность, обилие песчаных биотопов, массовое развитие цианобактерий) служат местом для нереста как основных промысловых, так и второстепенных видов рыб (Харьковский, Михеев, 2013).

Усинский залив рассматривается нами с точки зрения распространения видов-вселенцев в системе Куйбышевское водохранилище – Приплотинный плес – Усинский залив – р. Уса.

В Усинский залив проникли 15 чужеродных видов макрозообентоса, из них 10 видов представлены ракообразными (4 – Mysidacea, 4 – Amphipoda, 2 – Cumacea), 4 – двустворчатыми и брюхоногими моллюсками, также были обнаружены полихеты *Hypania invalida* (Grube, 1860) (табл. 50). Подавляющее большинство из них имеют низкую частоту встречаемости (5-20%), вероятной причиной чего является интенсивное летнее «цветение» воды, которое сопровождается выделением метаболитов и токсинов водорослей, а также ухудшением кислородного режима (Горохова, 2016). Вместе с тем, некоторые виды могут формировать значительные скопления, в основном, в прибрежной зоне (табл. 50). Так, доля моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) достигала 88% от общей биомассы макрозообентоса на свале глубин (h=5 м), доля амфипод *Pontogammarus robustoides* (G.O.Sars, 1894) – 96% в зоне уреза воды. На участках верхнего течения реки Уса чужеродные виды не зарегистрированы.

Таблица 50. Видовой состав, максимальные численность и биомасса чужеродных видов макрозообентоса в Усинском заливе (2009-2017 гг.)

Виды	N_{max}, экз./м^2	B_{max}, г/м^2
Polychaeta		
Hypania invalida (Grube, 1860)	50	0,25
Crustacea		
Paramysis ullskyi Czerniavsky, 1882	28	0,47
Paramysis lacustris (Czerniavsky, 1882)	90	0,4
Paramysis intermedia (Czerniavsky, 1882)	5	0,09
Katamysis warpachowskyi G.O. Sars, 1893	42	0,08
Pterocuma sowinskyi (G.O. Sars, 1894)	40	0,03
Pseudocuma cercaroides G.O. Sars, 1894	40	0,02
Pontogammarus robustoides (G.O. Sars, 1894)	148	3,32
Pontogammarus maeoticus (Sowinsky, 1894)	103	0,94
Stenogammarus dzjubani Mordukhay-Boltovskoy et Ljakhov, 1972	10	0,02
Chaetogammarus warpachowskyi (G.O. Sars, 1894)	235	0,25
Mollusca		
Dreissena bugensis (Andrusov, 1897)	504	7,69
Dreissena polymorpha (Pallas, 1771)	2251	152,57
Monodacna colorata (Eichwald, 1829)	20	2,10
Lithoglyphus naticoides (Preiffer,1828)	172	11,72
Всего видов	**15**	

[1] Курина Е.М.

Самыми массовыми видами в заливе являются двустворчатые моллюски – представители р. *Dreissena*. Выявлено, что *D. polymorpha* обитает преимущественно в прибрежье, в то время как *D. bugensis* встречается на русловых и пойменных участках водоема. На примере Усинского залива и Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища (рис. 62) показано, что максимальных количественных показателей *D. bugensis* достигает на заиленных грунтах глубоководных участков эвтрофного водохранилища, где *D. polymorpha* встречается единично. В участках залива, примыкающих к водохранилищу, отмечены совместные поселения моллюсков р. *Dreissena*, численность которых достигала более 20 тыс. экз./м^2. Соотношение численности *D. polymorpha* и *D. bugensis* на этих участках составляло 1:4. Непосредственно в самих заливах значительно преобладал моллюск *D. polymorpha*, хотя его численность и биомасса по сравнению с водохранилищем заметно снижались (рис. 62). Отметим, что моллюски р. *Dreissena* практически не встречаются на мягких и жестких грунтах, как мы наблюдаем это в водохранилищах, а поселяются практически исключительно на различных подводных субстратах: камнях, ракушечнике, бревнах и ветках, подводных частях макрофитов.

Безусловно, различия в распределении обоих видов дрейссен обусловлены их экологическими особенностями. Известно, что *D. bugensis* – моллюск холодноводный, способный поддерживать высокую скорость роста и размножаться при ухудшении трофических условий (Дрейссена.., 1994; Mills et al., 1996; Биологические.., 2004), что обусловливает широкое расселение его на глубоководных участках водохранилищ. С другой стороны, *D. polymorpha* является более оксифильным и реофильным видом по сравнению с *D. bugensis* (Мороз 1980, Харченко и др. 2000), в историческом ареале расселяется преимущественно в эстуариях и нижнем течении рек, предпочитая прибрежные участки водоемов (Orlova et al., 1998; Орлова, Щербина, 2002), что объясняет высокую частоту встречаемости и обилие моллюска в заливах и притоках водохранилищ (Курина, 2014). Полагают также, что *D. bugensis* более пелофильный, чем *D. polymorpha* (Zhulidov et al., 2005), что подтверждается и нашими исследованиями. Так, частота встречаемости *D. bugensis* на сильно заиленных грунтах в 3 раза выше, чем *D. polymorpha*.

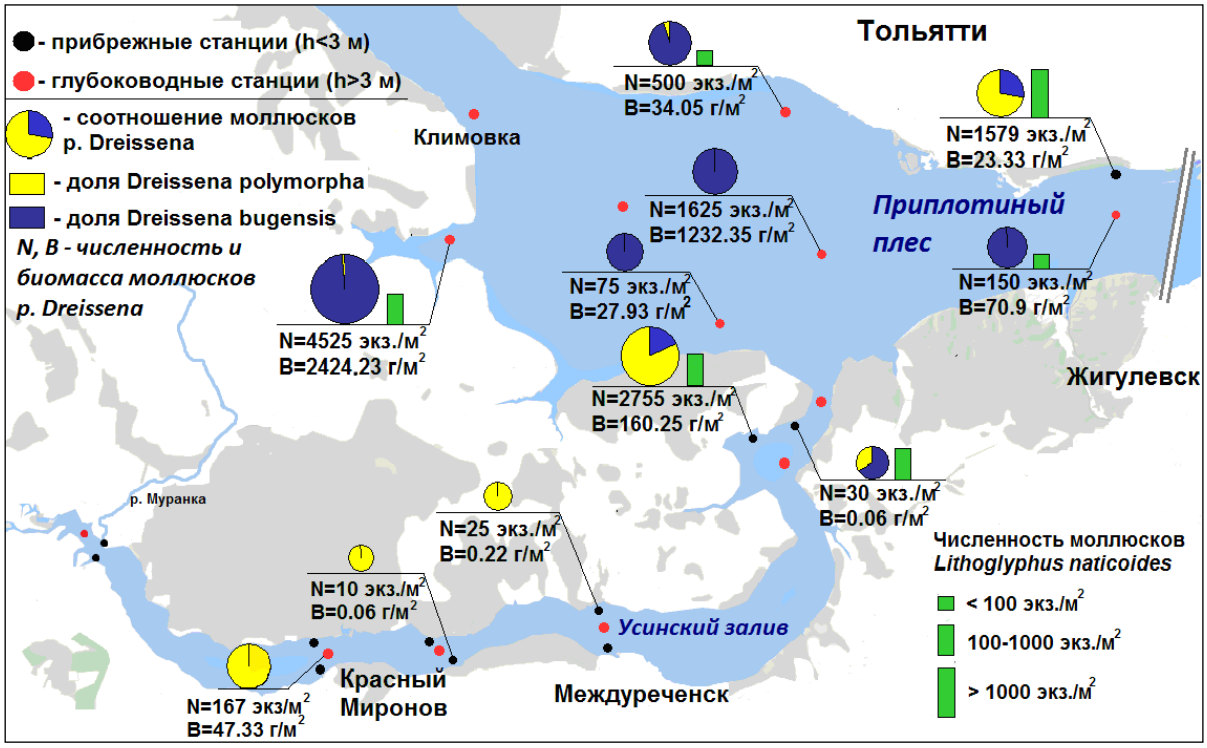


Рис. 62. Распределение двустворчатых моллюсков р. *Dreissena* и брюхоногих моллюсков *Lithoglyphus naticoides* в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища и Усинском заливе.

В последнее десятилетие особое место на песчаных мелководьях водохранилищ Средней и Нижней Волги занимает моллюск понто-азовского комплекса *Lithoglyphus naticoides*, местами образующий массовые скопления на прибрежных песчаных биотопах водоемов (Яковлев и др., 2009; Курина, Селезнев, 2019). Так, в Приплотинном плесе его численность и биомасса достигали 9830 экз./м^2 и 219,0 г/м^2 соответственно. В Усинском заливе моллюск малочисленный, проникает на расстояние не более 10 км от водохранилища (рис. 63). Можно предположить, что столь низкая инвазионная активность моллюска в залив связана с рядом факторов, среди которых летнее «цветение» воды и связанные с этим заморные явления в прибрежной зоне являются основными. Вместе с тем, исследования показывают, что низкая численность *L. naticoides* определяется также повышением температуры воды в водоемах (Филипенко, 1999; Mastitsky, Samoilenko, 2006).

Двустворчатый моллюск *Monodacna colorata*, впервые отмеченный в Волге в 60-х гг. XX века и в массе встречавшийся в нижневолжских водохранилищах (Волга.., 1978), в настоящее время отмечается единично, вероятно, вследствие значительного заиления грунтов. Вместе с тем, на песчаных биотопах прибрежной зоны залива моллюск обычен, местами плотность его поселений достигает 700 экз./м^2.

Большую роль в прибрежных сообществах водоема играют амфиподы рода *Pontogammarus* – *P. maeoticus* и *P. robustoides*, причем эти виды практически никогда не встречаются вместе, так как приурочены к разным типам биотопов: *P. maeoticus* – к песчаным грунтам, а *P. robustoides* – к зарослям высшей водной растительности. Для водохранилищ Средней и Нижней Волги было показано, что массовое развитие этих видов во многом обусловлено успешными стратегиями размножения (Курина, 2017, 2018).

Известно, что интродуцированные понто-каспийские мизиды были обычным и многочисленным компонентом донных сообществ водохранилищ Средней и Нижней Волги до вселения моллюска *D. bugensis* в 90-е гг. XX века (Бородич, 1978; 1979). В настоящее время, по нашим данным, представители отряда Mysidacea в Саратовском и особенно в Куйбышевском водохранилище встречаются относительно редко (частота встречаемости не более 13%), обитают на свале глубин и в большинстве случаев не приурочены к поселениям моллюсков р. *Dreissena* (частота совместных обнаружений до 25%). В Усинском заливе мизиды более многочисленны, местами формируют поселения до 345 экз./м^2. Существует предположение, что некоторые малоподвижные виды мизид и кумовых ракообразных являются не вселенцами из водохранилищ в заливы и реки, а реликтами одной из трансгрессий Каспия (Мордухай-Болтовской, 1960). Это, прежде всего, мизиды р. *Paramysis, Limnomysis benedeni*, кумовые раки р. *Pterocuma,* которые, по нашим данным, встречаются не только в заливах водохранилищ, но и в реках бассейна Нижней Волги (рр. Еруслан, Таргун, Большой Иргиз) на значительном расстоянии от устья, что, вероятно, подтверждает реликтовый статус этих видов. Вместе с тем, некоторые ракообразные (*Pseudocuma cercaroides, Chaetogammarus warpachowskyi* и др.) отмечены впервые в водохранилищах Средней и Нижней Волги в 2000-2016 гг. (Яковлева, 2010; Зинченко, Курина, 2011; Курина, Селезнев, 2019) и не зарегистрированы в реках; таким образом, можно говорить о продолжающемся процессе расселения этих видов.

Для Усинского залива показано, что при расселении чужеродных видов макрозообентоса из водохранилищ в реки в заливах между ними не формируются устойчивые межвидовые взаимодействия. Так, при анализе графа ценотических комплексов видов-вселенцев Усинского залива (методика построения приведена в работе (Курина, Селезнев, 2019)) выявлено, что большинство из них регистрируются обособленно и не образуют консорций с видами-эдификаторами − моллюсками рода *Dreissena* (рис. 63). Как было отмечено, в заливе моллюск практически не образует колоний на песчаных грунтах, как это происходит в водохранилищах, а обрастает различные подводные типы субстратов. Приуроченность видов друг к друг демонстрируют только понто-каспийские мизиды – *Paramysis lacustris* и *Katamysis warpachowskyi*, связанные между собой общностью занимаемых биотопов. Отсут-

ствие связей между видами-вселенцами, возможно, объясняется непродолжительным периодом инвазионного процесса. Так, многие чужеродные виды отмечены в Куйбышевском водохранилище только в 2000-х гг. и не успели проникнуть в его заливы и притоки. Также одной их причин низкой встречаемости вселенцев и слабых межвидовых взаимодействий между ними в заливе, во многом сохранившем речной режим, можно назвать сильную конкуренцию с аборигенными видами макрозообентоса, которые за длительное время сформировали устойчивые ценозы и сообщества.

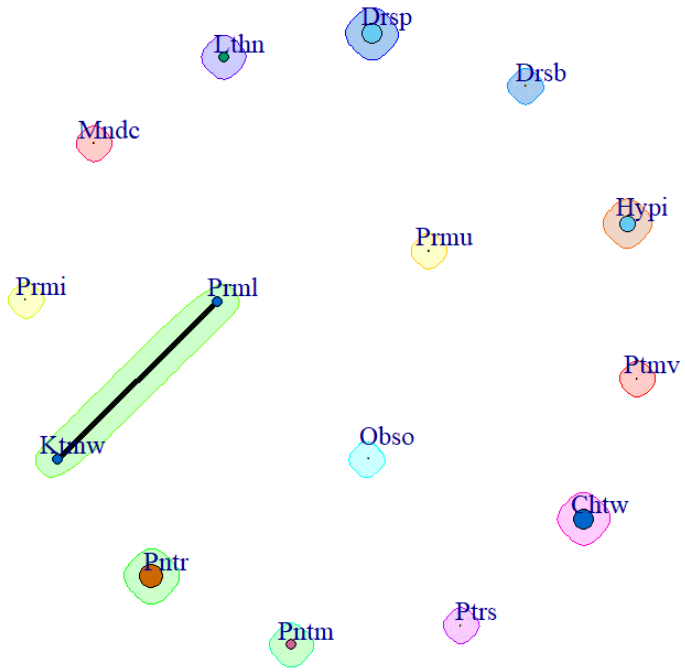


Рис. 63. Граф ценотических комплексов чужеродных видов макрозообентоса в Усинском заливе.

Обозначения: Ptmv − *Potamothrix vejdovsky* Hrabě, 1941, Hypi − *Hypania invalida*, Mnyc − *Manayunkia caspica* (Annenkova, 1929), Arce − *Archaeobdella esmonti*, Cspf − *Caspiobdela fadejewi* (Epstein, 1961), Ptrs − *Pterocuma sowinskyi*, Psdc − *Pseudocuma cercaroides*, Chtw − *Chaetogammarus warpachowskyi*, Dkrh − *Dikerogammarus haemobaphes*, Dkrv − *D. villosus* (Sowinsky, 1894), Dkrc – *D. caspius*, Pntr − *Pontogammarus robustoides*, Pntm − *P. maeoticus*, Obso − *Obesogammarus obesus* (Sars, 1896), Shbc − *Shablogammarus chablensis*, Stnd − *Stenogammarus dzjubani*, Pndp − *Pandorites platycheir* (Sars, 1896), Gmlf − *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899), Chlc − *Cheliorophium curvispinum*, Chls − *C. sowinskyi* Martynov, 1924, Prml − *Paramysis lacustris*, Prmi − *P. intermedia*, Prmu – *P. ullskyi*, Ktmw − *Katamysis warpachowskyi*, Drsb − *Dreissena bugensis*, Drsp − *D. polymorpha*, Mndc − *Monodacna colorata*, Lthn − *Lithoglyphus naticoides*. Толщина ребра логарифмически пропорциональна силе связи по нормированному совместному обнаружению. Размер маркера пропорционален частоте встречаемости вида.

В отличие от Усинского залива, в Куйбышевском водохранилище зарегистрированы ценотические комплексы чужеродных видов (рис. 64). На обширных русловых и пойменных участках нижних плесов водохранилища сформировался однообразный тип сообществ, включающий вид-эдификатор *Dreissena bugensis* и консортов: понто-каспийских полихет *Hypania invalida* и пиявок *Archaoebdella esmonti*. В верхних плесах Куйбышевского водохранилища (наиболее проточных и вследствие этого менее заиленных) отмечается ценоз ракообразных (амфипод, мизид, кумовых), также тесно связанный трофическими и топическими взаимодействиями с ключевым видом *Dreissena bugensis*. Так, продукты жизнедеятельности дрейссены (агглютинаты, фекальные пеллеты) служат источником пищи для консортов детритофагов (Львова и др., 1980), в то же время раковины моллюсков используются ракообразными в качестве убежища. В прибрежье водохранилища сформировался комплекс псаммопелофильных видов, включающим вид-эдификатор *D. polymorpha*, кумовых раков (*Pseudocuma cercaroides*, *Pterocuma sowinsky*), мизид *Katamysis warpachowskyi* и амфипод

Stenogammarus dzjubani. В последнее десятилетие особую роль на песчаных мелководьях водоемов Средней и Нижней Волги (в том числе Усинского залива) играют также моллюски понто-азовского комплекса *Lithoglyphus naticoides*, связанные общностью занимаемых биотопов с понто-каспийскими ракообразными.

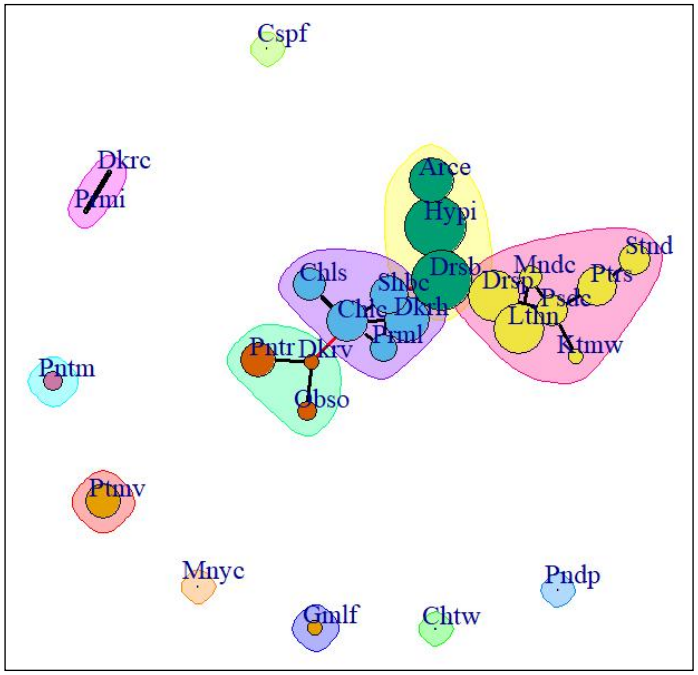


Рис. 64. Граф ценотических комплексов чужеродных видов в Куйбышевском водохранилище. Обозначения приведены к рис. 63.

Высокая вероятность совместного обнаружения вселенцев определяется длительностью их присутствия в водоеме, сопряженностью инвазий, специфичностью занимаемых ими биотопов, а также средообразующей ролью ключевых видов бентоса (моллюски рода *Dreissena*) (Курина, Селезнев, 2019).

Таким образом, в распределении чужеродных видов в Усинском заливе выявлены следующие характерные особенности:

− расселение в прибрежной зоне заливов двустворчатых моллюсков *Dreissena polymorpha* и *Monodacna colorata,* численность и частота встречаемости которых в водохранилищах снижаются вследствие заиления привычных биотопов;

− натурализация наиболее инвазионно активных видов амфипод и мизид на мелководных участках залива;

− обособленность местообитаний большинства чужеродных видов и вследствие этого отсутствие устойчивых ценотических комплексов.

− слабые консорционные взаимодействия между вселенцами и моллюсками р. *Dreissena*, которые в большой степени характерны для волжских водохранилищ.

2.2.9. Современное состояние ихтиофауны реки Уса и её притоков [1]

Несмотря на то, что р. Уса является одним из крупных притоков р. Волга, а впоследствии и Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища, систематических ихтиологических исследований в ее бассейне ранее не проводилось. Разрозненные данные по видовому составу ихтиофауны р. Уса можно найти в немногочисленных научных публикациях (Поддубный, 1959; Гавлена, 1970, 1973; Козловский, 1978; Поддубный, Козловский, 1983; Евланов и др., 1998), относящихся в основном к изучению Усинского залива Куйбышевского водохранилища после его наполнения. До зарегулирования р. Волга, образования Куйбышевского водохранилища и расширения Усинского залива некоторые упоминания о рыбном населении данного региона встречаются у К.Ф. Кеслера (1870) и Л.С. Берга (1906). О составе ихтиофауны притоков р. Уса – рр. Тишерек, Теренгулька, Маза и Муранка – до настоящего времени существовали только устные свидетельства.

Исследования состава ихтиофауны р. Уса и ее основных притоков активизировались в начале XXI века. В настоящее время, в результате исследований водоемов и водотоков акватории Куйбышевского водохранилища, ихтиофауна Усинского залива и нижнего течения р. Уса достаточно подробно изучены. Начиная с 2012 года, сотрудниками Института экологии Волжского бассейна РАН осуществлено более двенадцати экспедиций, основной целью которых являлось изучение видового состава ихтиофауны рр. Уса, Тишерек, Муранка, Теренгулька, а также уточнение ранее известных данных по разнообразию рыбного населения Усинского залива.

Исследования ихтиофауны проводили на 11 участках р. Уса, на 4 участках р. Тишерек, 3 участках р. Муранка и 5 участках р. Теренгулька. Также в отдельные годы (2012, 2019-2023 гг.) исследования осуществлялись в Усинском заливе Куйбышевского водохранилища на четырех основных станциях (№№ 8-11) – с. Муранка, пос. Кр. Миронов, пос. Междуреченск, залив у турбаз «Импульс» и «Экран»[2], в том числе и с использованием НИС «Биолог» (см. рис. 52). Для лова половозрелых рыб и молоди разных стадий развития использовали крючковые снасти, набор жаберных сетей, сетчатые рыболовные сачки с размером ячеи 5 мм и сачки из мельничного газа.

Видовой состав рыб р. Уса и ее притоков включает 47 видов (с учетом временно заходящих), принадлежащих к 17 семействам (табл. 51). Из них 18 видов рыб шести семейств представлены молодью разных личиночных и мальковых стадий развития (табл. 52), что свидетельствует об успешном нересте этих видов в условиях р. Уса и ее притоков. Указанное видовое богатство обусловлено разнообразием гидрологических и биотопических условий, а также субстратов для нереста рыб.

Распределение видов рыб с различными экологическими предпочтениями (лимнофильные, реофильные, эврибионтные) в бассейне незарегулированной реки Уса и в ее притоках соответствует классической схеме. В верхнем течении реки и в притоках основу ихтиофауны составляют реофилы – усатый голец, пескарь и обыкновенный гольян, редко обнаруживаются эврибионтные виды – щиповка, плотва и окунь, при отсутствии лимнофильных видов (табл. 51).

В среднем течении р. Уса и в притоках возрастает разнообразие и доля эврибионтных видов. Кроме плотвы, окуня и щиповки, нередко встречаются уклейка, годовики и двухлетки судака, щуки, леща, густеры и красноперки. Зафиксировано также проникновение в среднее течение чужеродных бычковых рыб – кругляка и цуцика, которые относятся к эврибионтным видам. При этом в составе ихтиофауны преобладают реофильные виды.

[1] Минеев А.К.

[2] По правому берегу Усинского залива в 4 км северо-западнее ж/д станции Услада (*примеч. ред.*).

Таблица 51. Видовой состав ихтиофауны р. Уса и ее притоков

Видовой состав рыб	Реки					
	Уса			Муранка	Тишерек	Теренгулька
	Нижнее течение и Усинский залив	Среднее течение	Верхнее течение			
1	2	3	4	5	6	7
сем. Осетровые – *Acipenseridae* Bonaparte, 1832						
Белуга *Huso huso* (Linnaeus, 1758)	+					
Осетр русский *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833	+					
Стерлядь *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758	+					
*Шип *Acipenser nudiventris* Lovetsky, 1828						
****сем. Корюшковые – *Osmeridae*** Regan**, 1913**						
Европейская корюшка *Osmerus eperlanus* (Linnaeus, 1758)	+					
сем. Сельдевые – *Clupeidae* Cuvier, 1816						
Черноморско-азовская тюлька *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840)	+	+	+			
****сем. Лососевые – *Salmonidae*** Rafinesque, 1815						
Ручьевая форель *Salmo trutta* Linnaeus, 1758			+			
сем. Сиговые – *Coregonidae* Cope, 1872						
*Белорыбица *Stenodus leucichthys leucichthys* (Güldenstädt, 1772)	+					
Европейская ряпушка *Coregonus albula* (Linnaeus, 1758)	+					
сем. Щуковые – *Esocidae* Cuvier, 1816						
Щука *Esox lucius* Linnaeus, 1758	+	+		+	+	+
сем. Карповые – *Cyprinidae* Cope, 1817						
Плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)	+	+		+	+	+
Елец обыкновенный *Leuciscus leuciscus* (Linnaeus, 1758)	+	+		+	+	
Голавль *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758)		+	+	+	+	+
Язь *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+
Гольян обыкновенный *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758)		+	+	+	+	+
Красноперка *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)	+	+		+		
Белый толстолобик *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)	+					
Жерех обыкновенный *Aspius aspius* (Linnaeus, 1758)	+	+		+	+	
Линь *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)	+	+				
Пескарь обыкновенный *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	
Уклейка *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	
Густера *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758)	+	+		+		

Продолжение табл. 51

1	2	3	4	5	6	7
Синец *Abramis ballerus* (Linnaeus, 1758)	+					
Лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758)	+	+		+		
Белоглазка *Abramis sapa* (Pallas, 1814)	+					
Чехонь *Pelecus cultratus* (Linnaeus, 1758)	+					
Карась золотой *Carassius carassius* (Linnaeus,1758)	+	+				
Карась серебряный *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)	+					
Сазан *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1759	+	+				
сем. Балиториевые – *Balitoridae* Swainson, 1839						
Голец усатый *Barbatula barbatula* (Linnaeus,1758)		+	+	+	+	
сем. Вьюновые – *Cobitidae* Swainson, 1839						
Щиповка обыкновенная *Cobitis taenia* Linnaeus, 1758	+	+	+	+	+	+
Вьюн обыкновенный *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758)	+	+				
сем. Сомовые – *Siluridae* Cuvier, 1816						
Сом обыкновенный, или европейский *Silurus glanis* Linnaeus, 1758	+					
сем. Речные угри – *Anguillidae* Rafinesque, 1810						
Речной угорь *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)	+					
сем. Налимовые – *Lotidae* Jordan and Evermann, 1898						
Налим *Lota lota* (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	
сем. Игловые – *Syngnathidae Rafinesque, 1810						
Черноморская игла-рыба *Syngnathus nigrolineatus* Eichwald, 1831	+					
сем. Окуневые – *Percidae* Cuvier, 1816						
Судак *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)	+					
Берш, или судак волжский *Sander volgensis* (Gmelin, 1788)	+					
Окунь речной *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758	+	+	+	+	+	+
Ерш обыкновенный *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758)	+	+	+			
сем. Головешковые – *Eleotrididae* Regan, 1911						
Головешка-ротан *Perccottus glenii* Dybowski, 1877	+					
сем. Бычковые – *Gobiidae Bonaparte, 1832						
Бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814)	+					
Бычок-песочник *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814)	+					
Бычок-головач *Neogobius iljini* Vasiljeva,Vasiljev, 1996	+					
Бычок-цуцик *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814)	+					
Звездчатая пуголовка *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874)	+					

Окончание табл. 51

1	2	3	4	5	6	7
****сем. Колюшковые – *Gasterosteidae*** Bonaparte, 1831						
Девятииглая колюшка обыкновенная *Pungitius pungitius* (Linnaeus, 1758)	+					
Таксономический состав ихтиофауны	43 вида, 15 семейств	22 вида, 7 семейств	12 видов, 7 семейств	16 видов, 6 семейств	13 видов, 6 семейств	7 видов, 4 семейства

Примечание: * шип – Усинский залив (станция 11); **Евланов, 1998; *** Гавлена, 1974.

В среднем и нижнем течении р. Уса и в притоках зарегистрированы лимнофильные виды рыб, среди которых классическими лимнофилами являются золотой и серебряный карась, линь, молодь сазана, налима и сома. Единичная встречаемость характерна для реофильных видов – пескаря, усатого гольца и гольяна. В Усинском заливе преобладают лимнофилы и эврибионтные виды.

Распределение видов рыб основных экологических групп в бассейне р. Уса, Усинского залива и в притоках показано на рис. 65.

Доминирующими видами рыб по численности на плесах в бассейне р. Уса являются уклейка (17,7%), окунь (16,9%), плотва (15,7%). Уклейка, помимо плесов, встречается на мелких длинных перекатах со сравнительно быстрым течением. Высока общая численность бычка-кругляка (11,2%), зафиксированного только в нижнем течении Усы (Усинский залив), и усатого гольца (9,8%), обитающего исключительно в верхнем и среднем течении реки.

В верхнем течении р. Уса основными рыбами являются гольян (41,0%), голец (23,1%) и шиповка (17,9%). Единично встречаются пескарь и уклейка. Хищные виды рыб не зарегистрированы.

В среднем течении р. Уса, где чередуются длинные и более глубокие плесы с перекатами при наличии множества заливов и пойменных озер, преобладают уклейка (32,1%), плотва (22,6%), усатый голец (19,0%), окунь и щиповка (по 8,8%). В нижней части среднего течения встречаются гольян (3,6%), ювенальные особи леща (2,2%) и щуки (2,9%); на перекатах редки язь и голавль. Щука встречается преимущественно в среднем и нижнем течении р. Уса, а в притоках локализуется в коряжистых и заросших макрофитами участках реки.

В нижнем течении и в устьевом участке р. Уса, находящимся под непосредственным влиянием вод Куйбышевского водохранилища, состав ихтиофауны значительно богаче. В связи с зарегулированием стока р. Волга и созданием в Европейской части России судоходных каналов произошло саморасселение рыб. В устье р. Уса в настоящее время регистрируется ряд видов-вселенцев: европейская корюшка, головешка-ротан, бычок-кругляк, бычок-песочник, бычок-головач, бычок-цуцик, звездчатая пуголовка, черноморская пухлощекая игла-рыба (Евланов, 1998).

Распределение видов рыб в устьевом участке р. Уса неравномерно, в соответствии с их видовыми экологическими предпочтениями. Так, в литорали (прибрежной зоне) доминирующими видами являются окунь (26,7%) и бычок-кругляк (22,2%), являющийся видом-вселенцем, тогда как на долю плотвы и леща приходится 13,9% и 12,7% соответственно. Часто в этой зоне встречаются уклейка (8,3%) и бычок-головач (10,0%).

В пелагиали устьевого участка реки видовой состав меняется. Зарегистрированы единичные представители таких рыб, как бычок-головач, бычок-кругляк, бычок-цуцик. Встречаемость хищников: судака, берша и окуня составляет 4,3%, 2,5% и 12,7% соответственно. Наиболее многочисленными в этом районе являются плотва (31,6%), лещ (27,8%) и уклейка (19,0%). Остальные рыбы составляют примерно 2,1% от улова.



Рис. 65. Распределение рыб разных экологических групп: реофильных, эврибионтных и лимнофильных в районах исследования с различающимся гидрологическим режимом.

Интересно отметить, что в 2020 году в Усинском заливе на станции 11 зафиксирован ранее не отмечавшийся вид осетровых рыб – шип. Неполовозрелая особь шипа поймана на донную удочку. Общая длина рыбы LL_1 = 64 см, возраст, предположительно, 4-5 лет. После фиксации факта поимки рыба была выпущена. Шип – очень редкий вид с крайне низкой общей численностью и дестабилизированной пространственно-временной структурой ареала, находящийся под угрозой исчезновения. Регистрации вида в пределах региона до середины 1980-х гг. были не известны, однако данные о находках нескольких экземпляров шипа в пределах Самарской области опубликованы (Козловский, 2001). Есть данные о том, что выпуск молоди шипа осуществлялся в Куйбышевское водохранилище в 1980-90-х годах.

В целом, состав ихтиофауны Усинского залива практически не отличается от такового в низовьях Куйбышевского водохранилища.

Видовой состав рыб в притоках р. Уса характеризуется обитанием таких видов, как плотва, уклейка, щиповка, гольян и голец, а из хищников – щука и налим.

В р. Муранка наиболее многочисленным представителем ихтиофауны является плотва (71,4%). В среднем и нижнем течении реки встречается уклейка (17,1%); серебряный карась (11,4%) обнаружен только в устьевом участке. В устье р. Муранка обнаружена также многочисленная молодь шести видов карповых рыб: плотвы (73,4%), красноперки (9,6%), леща (8,4%), язя (6,9%), уклейки (1,6%) и густеры (0,2%). Молодь щуки (сеголетки и годовики) и налима регистрируется единично в устьевом участке и в среднем течении, а единичные экземпляры усатого гольца отмечены в среднем течении и верховьях реки.

В р. Тишерек наиболее многочисленными представителями ихтиофауны являются: уклейка (71,9%), гольян (12,3%), и плотва (8,2%). Плотва и уклейка многочисленны в нижнем и среднем течении реки, где гольян единичен или малочислен. В верховьях гольян является доминирующим видом, а уклейка встречается единично. В устьевом участке р. Тишерек отмечены единичные особи щуки и серебряного карася.

Видовой состав молоди рыб наиболее разнообразен в притоке Тишерек. Регистрируется молодь двенадцати видов рыб (табл. 52), среди которых массовыми являются плотва (45,3%), уклейка (16,6%), гольян (15,6%) и язь (14,2%). Отмечены особи леща (3,7%), красноперки (2,6%) и усатого гольца (1,0%). Молодь остальных видов рыб встречается единично.

В р. Теренгулька, характеризующейся наиболее бедным составом ихтиофауны, из 7 видов рыб (4-х семейств) доминирующим является уклейка (90,7%), встречающаяся на всем протяжении реки, кроме истока. Гольян (8,9%) редок в низовьях реки и обычен в среднем и верхнем течении (включая исток). На долю остальных пяти видов рыб: плотва, голавль, язь, щука и щиповка приходится 0,4% в уловах. Молодь рыб р. Теренгулька представлена тремя видами рыб: гольян (79,5%), усатый голец (10,2%) и язь (10,2%).

Разнообразием состава молоди рыб отличается среднее и нижнее течение р. Уса, включая Усинский залив (14 видов 5-ти семейств) (табл. 52). Можно констатировать, что состав ихтиофауны Усинского залива не отличается от такового в собственно Куйбышевском водохранилище. Доминирующими видами являются карповые: плотва (54,3%), лещ (25,8%) и язь (14,5%).

В среднем течении р. Уса на протяжении периода исследований доминирующей является молодь уклейки (32,1%), при высокой встречаемости личинок и мальков плотвы – 22,6%.

В верхнем течении в настоящее время единично регистрируются мальки гольяна (из карповых) и усатого гольца.

Таблица 52. Видовой состав молоди рыб р. Уса и ее притоков

Видовой состав рыб	Реки					
	Уса			Муранка	Тишерек	Теренгулька
	Нижнее течение и Усинский залив	Среднее течение	Верхнее течение			
сем. Щуковые						
Щука	+	+		+	+	+
сем. Карповые						
Плотва	+	+		+	+	+
Голавль		+	+		+	
Язь	+	+	+	+	+	+
Гольян		+	+		+	+
Красноперка	+	+		+	+	
Уклейка	+	+	+	+	+	
Густера	+	+		+	+	
Синец	+					
Лещ	+	+		+	+	
Карась серебрянный					+	
сем. Балиториевые						
Голец усатый		+	+	+	+	+
сем. Вьюновые						
Шиповка	+	+	+	+	+	+
сем. Налимовые						
Налим		+	+	+	+	
сем. Бычковые						
Бычок-кругляк	+	+			+	
Бычок-песочник	+					
Бычок-головач	+					
Бычок-цуцик	+	+			+	
Таксономический состав рыб	13 видов, 4 семейства	14 видов, 6 семейств	7 видов, 4 семейства	10 видов, 5 семейств	14 видов, 6 семейств	6 видов, 4 семейства

Таким образом, установлено, что основу ихтиофауны р. Уса и ее притоков составляют малоценные и сорные рыбы, обладающие высокой репродукционной способностью. Наблюдается также стабильный рост численности короткоцикловых видов-вселенцев: бычков – головача, кругляка и цуцика. Установлено проникновение бычка-цуцика в среднее течение реки (ст. 6-7, район с. Шигоны), что ранее не было отмечено. Высокая численность обнаруженных чужеродных видов и быстрое распространение в бассейне реки обусловлены низкой конкуренцией со стороны ценных видов рыб: леща, сазана, линя, язя и др. и слабым воздействием хищников – щуки, сома, судака и налима, которые продолжают оставаться объектами промысла и любительского рыболовства и достигают половой зрелости значительно позже, чем рыбы, входящие в состав их рациона питания.

В Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища наиболее обширные нерестилища расположены в Усинском заливе, расположенном в верхней части Приплотинного плеса.

По данным за 2022-2023 гг., средняя плотность молоди рыб в нерестовый и постнерестовый периоды достигает в литорали достаточно высоких значений – до 400-500 экз./м^3 (табл. 53). Высокая плотность рыб достигается в основном за счет молоди массовых аборигенных карповых рыб пяти видов (табл. 53), среди которых преобладали лещ (45,9±2,36%) и плотва (24,8±2,04%). Достаточно часто встречались особи синца (17,5±1,8%) и густеры (7,2±1,22%).

Таблица 53. Средняя плотность молоди карповых рыб (экз./м^3) в Усинском заливе Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища

Район исследования	Вид рыб	Средняя плотность (экз./м^3)	Общая плотность (экз./м^3)
Усинский залив (ст. 11)	Лещ (*A. brama*)	205	447
	Плотва (*R. rutilus*)	111	
	Синец (*A. sapa*)	78	
	Густера (*B. bjoerkna*)	32	
	Язь (*L. idus*)	21	

В Усинском заливе наличие разных стадий личиночного развития молоди карповых рыб обусловливает их высокую плотность в сравнении с плотностью карповых рыб в среднем течении р. Усы (табл. 54). Так, зарегистрирована молодь леща, синца и густеры на ранних личиночных стадиях – C_1 и C_2 (предличинки и ранние личинки), а доля особей этих возрастов достигала в пробах 8,1% и 23,7% соответственно. Самыми многочисленными в пробах были особи леща, плотвы и синца возрастной группы D_1 – ранние личинки (27,7%). Достаточно часто обнаруживалась молодь плотвы, леща и язя на поздних личиночных (D_2, E) и мальковых стадиях (F).

Таблица 54. Встречаемость молоди рыб на разных стадиях развития в Усинском заливе в 2022 г.

Вид рыб	Стадия развития						Доля аномальных особей , %
	C_1	C_2	D_1	D_2	E	F	
Лещ (*A. brama*)	25	44	62	52	22	–	45,9±2,36
Плотва (*R. rutilus*)			22	33	25	21	16,4±1,75
Язь (*L. idus*)	–	–	–	–	21	–	4,7±1,00
Синец (*A. sapa*)		41	37				24,8±2,04
Густера (*B. bjoerkna*)	11	21	–	–	–	–	7,2±1,22
Соотношение стадий развития молоди рыб, %	8,1± 1,29	23,7± 2,01	27,1± 2,10	19,0± 1,86	15,21± 1,70	4,7± 1,00	447 экз. (100 %)
Доля аномальных особей молоди рыб разных стадий развития, %	0,00	5,26	0,00	3,03	0,00	0,00	**2,0±0,66**

Аномальные особи обнаружены единично на стадии C_2 – 5,26% и на стадии D_2 – 3,03%. Общая встречаемость аномальных особей в пробах 2022 г. соответствовала 2,0%, то есть, находилась в пределах условной нормы (природного фона мутагенеза). Основное пополнение популяций аборигенных видов карповых рыб на станциях Усинского залива Куйбышевского водохранилища происходит за счет плотвы, язя и леща.

Таким образом, ихтиофауна реки Уса (включая Усинский залив Куйбышевского водохранилища) и ее основных притоков характеризуется достаточно высоким видовым разнообразием, что достигается за счет разнообразия и сочетания гидрологических и экологических условий исследованной речной системы. Уровень воспроизводства и пополнения ихтиофауны поддерживается на достаточном уровне благодаря многообразию нерестилищ с различными нерестовыми условиями, подходящих для нереста рыб разных систематических групп. За счет качественного нереста в речной системе р. Уса поддерживается пополнение популяций и сохранение видового разнообразия ихтиофауны всего Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища.

2.2.10. Метазойные паразиты рыб реки Уса, ее притоков (Тишерек, Теренгулька) и Усинского залива[1]

Бассейн Средней Волги формирует разветвленная речная сеть, состоящая из большого числа средних и малых равнинных рек. Именно в малых притоках, в отличие от самой зарегулированной Волги, сохранился естественный гидрологический режим и обитают виды, отсутствующие в водохранилищах, в первую очередь, реофильного комплекса. Паразитофауна рыб, особенно мелких непромысловых видов, в большинстве волжских притоков исследована крайне слабо, р. Уса и ее притоки не являются исключением.

Актуальность изучения зараженности рыб малых и средних волжских притоков заключается в том, что инвазия паразитами, наряду с другими параметрами биотической и абиотической природы, является важнейшим фактором, регулирующим численность рыб в водотоках. Высокая зараженность патогенными паразитами может привести к возникновению эпизоотий, что особенно опасно для личинок и молоди на ранних стадиях развития. В низовьях волжских притоков расположены обширные нерестилища, используемые для икрометания, в том числе ценными промысловыми видами рыб. Присутствие в водотоке инвазионного начала значительно снижает выживаемость молоди, особенно при появлении кумулятивного эффекта, возникающего при смешанном (многовидовом) заражении паразитами. Кроме того, инвазированная рыба может быть опасна для человека, употребляющего ее в пищу, и быть источником ихтиозооантропонозов.

Проведение мониторинга эпизоотического состояния р. Усы (включая Усинский залив Куйбышевского водохранилища) и ряда ее притоков (рр. Тишерек и Теренгулька) осуществляется нами начиная с 2018 г., что позволит дополнить фаунистический состав паразитов рыб Волжского бассейна, в т.ч. за счет видов, типичных для незарегулированной Волги и сохранившихся в ее притоках.

Материал и методы

В основу исследования положен ихтиологический материал, собранный в весенне-летний период 2018-2021 гг. в рр. Уса, Тишерек, Теренгулька и Усинском заливе Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища. С использованием набора крючковых снастей и гидробиологического сачка отобраны 291 экз. 12 видов рыб, морфометрические и биологические характеристики которых определены в соответствии с общепринятыми методиками (Правдин, 1966). Для транспортировки в лабораторию и последующего изучения рыбу на месте лова подвергали фиксации (70°-ным раствором этанола, 4%-ным раствором формальдегида, замораживанию).

Вскрытие рыб, сбор, фиксацию и камеральную обработку паразитологического материала проводили стандартными методами (Быховская-Павловская, 1985). Моногенеи, рачок и глохидии моллюсков изучались по глицерин-желатиновым препаратам, трематоды – по постоянным препаратам, окрашенным уксуснокислым кармином, цестоды, нематоды и скребни – по глицериновым препаратам. Видовая диагностика макропаразитов осуществлялась по соответствующим определителям (Определитель.., 1985, 1987; Судариков и др., 2006), в соответствии с систематикой данных по сайтам Fauna Europaea (Fauna… [электронный ресурс]) и WoRMS [электронный ресурс]). Зараженность хозяина охарактеризована следующими показателями: экстенсивность инвазии (процентная доля зараженных особей в общем числе исследованных рыб), интенсивность инвазии (минимальное и максимальное количество экземпляров паразита, приходящихся на одну зараженную особь), индекс обилия (средняя численность паразита у всех исследованных рыб, включая незараженных). В случае недостаточной выборки (менее 15 экз.) при расчете значений экстенсивности инвазии указывали

[1] Минеева О.В., Рубанова М.В.

число зараженных особей от общего количества вскрытых.

В пределах выделенного сообщества паразитов отдельных видов рыб рассчитывался индекс доминирования Ковнацкого–Палия, учитывающий частоту встречаемости и относительное обилие червей (Шитиков и др., 2003). Сходство состава паразитофауны рыб в разных точках исследования оценивали по индексу Жаккара (Мэгарран, 1992). Для отдельных видов в программе Statistica 8.0 рассчитан индекс сходства видового состава паразитофауны на основании индекса Серенсена (при уровне значимости 50%) (Шитиков и др., 2003). Статистическую обработку осуществляли в пакетах программ Microsoft Excel.

Таксономический состав макропаразитов рыб

В данном разделе приводятся следующие сведения об обнаруженных паразитах:
– систематическое положение;
– хозяева;
– локализация;
– станции регистраций;
– жизненный цикл (круг промежуточных и окончательных хозяев):
1-ый ПХ – первый промежуточный хозяин;
2-ой ПХ – второй промежуточный хозяин;
ОХ – окончательный (дефинитивный) хозяин;
– общее распространение.

На исследованном участке водохранилища и в водотоках зарегистрировано 27 видов и не определенных до вида форм многоклеточных паразитов разных систематических групп: моногенеи, цестоды, трематоды, нематоды, скребни, ракообразные и глохидии двустворчатых моллюсков. Ниже представлена эколого-фаунистическая характеристика видов и таксонов.

Тип Plathyhelminthes Schneider, 1873
Класс Monogenea (Van Beneden, 1858)
Отряд Tetraonchidea Bychowsky, 1937
Семейство Tetraonchidae Bychowsky, 1937
Род *Tetraonchus* Diesing, 1858
Tetraonchus monenteron Wagener, 1857
Хозяин: обыкновенная щука.
Локализация: жаберные лепестки.
Станции регистрации: р. Тишерек (среднее течение).
Специфичный паразит рыб р. *Esox*. Развитие прямое, без смены хозяев.
Общее распространение: Голарктика.

Отряд Mazocraeidea Bychowsky, 1937
Семейство Diplozoidae Palombi, 1949
Род *Paradiplozoon* Achmerov, 1974
Paradiplozoon alburni Khotenovsky, 1982
Хозяин: уклейка.
Локализация: жаберные лепестки.
Станции регистрации: Усинский залив (с. Муранка).
Специфичный паразит карповых рыб. Развитие прямое, без смены хозяев.
Общее распространение: бассейны Балтийского, Черного и Каспийского морей.

Класс Cestoda Rudolphi, 1808
Отряд Bothriocephalidea Kuchta, Scholz, Brabec et Bray, 2008
Семейство Triaenophoridae Loennberg, 1889
Род *Triaenophorus* Rudolphi, 1793
Triaenophorus nodulosus (Pallas, 1781), pl.
Хозяин: обыкновенная щука, налим, усатый голец.
Локализация: печень.
Станции регистрации: р. Тишерек (среднее течение).
1-ый ПХ – веслоногие рачки рр. *Cyclops*, *Microcyclops*, *Mesocyclops*, *Macrocyclops*, *Acanthocyclops* и др.
2-ой ПХ – речной окунь, судак, ерш, налим, сом, реже лососевые и карповые (инцистированные плероцеркоиды).
ОХ – обыкновенная щука (облигатный хозяин).
Общее распространение: Голарктика.
На фазе плероцеркоида *T. nodulosus* – патогенный паразит, вызывающий гибель молоди рыб.

Класс Trematoda Rudolphi, 1808
Отряд Bucephalida Odening, 1960
Семейство Bucephalidae Poche, 1907
Род *Rhipidocotyle* Diesing, 1858
Rhipidocotyle campanula (Dujardin, 1845) Dollfus, 1968
Хозяин: речной окунь (ad.), язь (mtc.).
Локализация: кишечник (ad.), плавники (mtc.).
Станции регистрации: Усинский залив (пос. Междуреченск, с. Муранка).
1-ый ПХ – моллюски рр. *Unio*, *Anodonta*.
2-ой ПХ – преимущественно карповые рыбы.
ОХ – хищные рыбы (речной окунь, судак, обыкновенная щука, сом).
Общее распространение: Палеарктика.

Отряд Opisthorchiida La Rue, 1957
Семейство Heterophyidae Leiper, 1909
Род *Apophallus* Lühe, 1909
Apophallus muehlingi (Jägerskiöld, 1899), mtc.
Хозяин: речной окунь.
Локализация: жаберные лепестки, жаберные крышки, лучи плавников, кожный эпителий, роговица глаз.
Станции регистрации: Усинский залив (пос. Междуреченск, турбаза «Импульс»[1]).
1-ый ПХ – брюхоногий моллюск *Lithoglyphus naticoides*.
2-ой ПХ – рыбы (карповые, окуневые, обыкновенная щука, обыкновенная щиповка).
ОХ – чайковые и др. птицы, плотоядные млекопитающие.
Общее распространение: Центральная и Восточная Европа (бассейны Балтийского, Черного и Каспийского морей), Дальний Восток, Сибирь, Северная Америка.
Чужеродный вид. Регион-донор – р. Дон. Вектор распространения – расселение с первым промежуточным хозяином. В настоящее время известен в Волге от дельты до Рыбинского водохранилища (Жохов и др., 2019).
Патогенный паразит, возбудитель апофаллеза. При высокой степени инвазии вызывает массовую гибель молоди рыб (Бисерова, 2005; Судариков и др., 2006). Известны случаи заражения человека (поражает тонкий кишечник) (Гаевская, 2015).
Отряд Plagiorchida La Rue, 1957

[1] Турбаза располагалась на берегу Усинского залива в 4 км северо-западнее ж/д станции Услада (*примеч. ред.*).

Семейство Allocreadiidae Looss, 1902
Род *Allocreadium* Looss, 1900
Allocreadium isoporum (Looss, 1894)
Хозяин: обыкновенный гольян.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: р. Теренгулька (исток).
1-ый ПХ – моллюски рр. *Sphaerium* и *Pisidium*.
2-ой ПХ – личинки насекомых *Ephemera vulgata, Anabolia nervosa*.
ОХ – широкий круг карповых рыб.
Общее распространение: Палеарктика.

Род *Bunodera* Railliet, 1896
Bunodera luciopercae (Müller, 1776)
Хозяин: речной окунь.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: Усинский залив (пос. Междуреченск, турбаза «Импульс»).
1-ый ПХ – моллюски рр. *Sphaerium* и *Pisidium*.
2-ой ПХ – ветвистоусые (*Bosmina obtusirostris, Chidorus sphaericus, Daphnia pulex, Eurycercus lamellatus, Limnosida frontosa, Ophryoxus gracilis, Polyphemus pediculatus, Scapholebelis mucronata, Sida cristallina, Simocephalus expinosus*), веслоногие (*Acanthocyclops vernalis, Macrocyclops albidus, M. destinctus, M. fuscus, Mesocyclops leukarti, Thermocyclops oithonoides, T. crassus*), ракушковые (*Cyclocypris laevis, Notodromas monacha*) и диаптомовые (*Eudiaptomus graciloides, Eudiaptomus gracilis*) ракообразные, а также амфиподы и личинки Ephemeroptera.
ОХ – окуневые рыбы (специфичные хозяева).
Общее распространение: Палеарктика.

Семейство Opecoelidae Ozaki, 1925
Род *Nicolla* Wisniewski, 1944
Nicolla skrjabini (Iwanitzky, 1928)
Хозяин: уклейка, бычки: кругляк, головач, песочник.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: Усинский залив (турбаза «Импульс»), р. Уса (среднее течение).
1-ый ПХ – моллюск *Lithoglyphus naticoides*.
2-ой ПХ – ракообразные сем. Gammaridae.
ОХ – рыбы разных семейств и отрядов, преимущественно бентосоядные (в бассейне Волги 30 видов рыб).
Общее распространение: водоемы Европы, реки бассейнов Балтийского, Черного и Каспийского морей.
Чужеродный в бассейне Волги гельминт Азово-Черноморского происхождения, расселился с первым промежуточным хозяином. В настоящее время известен от дельты до Рыбинского водохранилища. Представляет собой яркий пример «сопряженной инвазии» («invasion meltdown» (Simberloff, Von Holle, 1999)): полноценная натурализация сосальщика последовала за инвазионным успехом других чужеродных видов (свободноживущих позвоночных и беспозвоночных).

Отряд Strigeida (La Rue, 1926)
Семейство Strigeidae Railliet, 1918
Род *Apatemon* Szidat, 1928
Apatemon gracilis Szidat, 1928, mtc.
Хозяин: бычок-кругляк.

Локализация: печень, ткани глаза.
Станции регистрации: Усинский залив (турбаза «Импульс»).
1-ый ПХ – моллюск *Physa fontinalis*.
2-ой ПХ – бычковые рыбы сем. Gobiidae (специфичные хозяева).
ОХ – рыбоядные птицы.
Общее распространение: водоемы Западной, Центральной и Восточной Европы, Центральной Азии (Казахстан, Киргизия), Приморье.

Род *Ichthyocotylurus* Szidat, 1935
Ichthyocotylurus platycephalus (Creplin, 1852), mtc.
Хозяин: обыкновенный гольян, усатый голец.
Локализация: полость тела, серозная оболочка внутренних органов, ткани глаза.
Станции регистрации: р. Уса (среднее и нижнее течение).
1-ый ПХ – моллюск *Valvata piscinalis*.
2-ой ПХ – рыбы.
ОХ – рыбоядные птицы, преимущественно чайковые и поганки.
Общее распространение: Голарктика.
Возбудитель ихтиокотилюроза (тетракотилеза) – инвазионного заболевания рыб, вызывающего водянку брюшной полости, поражение почек, гонад, мускулатуры и серозных оболочек, выстилающих внутренние органы (Васильков, 2000).

Ichthyocotylurus variegatus (Creplin, 1825)
Хозяин: речной окунь, усатый голец.
Локализация: стенка плавательного пузыря, жировая ткань, наружная стенка кишечника, брыжейка, печень.
Станции регистрации: Усинский залив (пос. Междуреченск, турбаза «Импульс», р. Уса (нижнее течение).
1-ый ПХ – моллюск *Valvata piscinalis*.
2-ой ПХ – рыбы.
ОХ – рыбоядные птицы (чайки, крачки, большая поганка).
Общее распространение: Палеарктика.
Возбудитель ихтиокотилюроза (тетракотилеза).

Семейство Diplostomidae Poirier, 1886
Род *Diplostomum* Nordmann, 1832
Diplostomum spp., mtc.
Хозяин: бычок-кругляк, бычок-головач, обыкновенный гольян.
Локализация: хрусталик глаза.
Станции регистрации: Усинский залив (турбаза «Импульс»), р. Уса (среднее течение).
1-ый ПХ – моллюски pp. *Lymnaea, Radix, Galba, Amphipeplea*.
2-ой ПХ – рыбы разных семейств и отрядов.
ОХ – рыбоядные птицы.
Установление видовой принадлежности метацеркарий р. *Diplostomum* возможно только на живом материале (Шигин, 1986). Личинки диплостомид – патогенные паразиты, вызывают у рыб помутнение хрусталика (паразитическая катаракта), некроз, изъязвление тканей роговицы, слепоту. Больная рыба из-за потери зрения хуже питается, сильно отстает в росте и при сильном заражении погибает (Судариков и др., 2006).

Род Posthodiplostomum Dubois, 1936
Posthodiplostomum cuticola Dubois, 1936, mtc.
Хозяин: плотва, лещ, язь, уклейка.
Локализация: кожные покровы, плавники, жаберные дуги и крышки, подкожная мускулатура, челюсти, роговица глаз.
Станции регистрации: Усинский залив (с. Муранка).
1-ый ПХ – моллюски *Planorbis planorbis* и *P. carinatus*.
2-ой ПХ – рыбы различных семейств и отрядов.
ОХ – рыбоядные птицы (цапли, кваква, баклан).
Общее распространение: Палеарктика.
На стадии метацеркария является патогенным паразитом, один из возбудителей «черноптнистой» или «чернильной» болезни. Особенно опасен для мальков, приводит к искривлению позвоночника, разрушению тканей, замедлению роста, зачастую к гибели (Судариков и др., 2006).

Семейство Cyathocotylidae Mühling, 1898
Род *Holostephanus* Szidat, 1936
Holostephanus cobitidis Opravilova, 1968, mtc.
Хозяин: бычок-кругляк, бычок-головач.
Локализация: мышцы туловища.
Станции регистрации: Усинский залив (турбаза «Импульс»).
1-ый ПХ – моллюск *Bithynia tentaculata*.
2-ой ПХ – щиповковые (Cobitidae) и бычковые (Gobiidae) рыбы (специфичные хозяева).
ОХ – утки, пустельга и серая ворона (в эксперименте).
Общее распространение: водоемы Восточной Европы, Урала, Сибири.

Род Paracoenogonimus Katsurada, 1914
Paracoenogonimus ovatus Katsurada, 1914, mtc.
Хозяин: усатый голец.
Локализация: мышцы туловища.
Станции регистрации: р. Тишерек (среднее течение).
1-ый ПХ – моллюски *Viviparus viviparus, V. contectus*.
2-ой ПХ – рыбы.
ОХ – енотовидная собака, кабан, каспийская нерпа, чайка-хохотунья, большой баклан, серая ворона, болотный лунь.
Общее распространение: Палеарктика.
Не исключено заражение человека, источником инвазии является малосоленая и плохо провяленная рыба (Гаевская, 2015).

Тип Nematoda Cobb, 1932
Класс Dorylaimea Hodda, 2007
Отряд Dioctophymatida Ryzhikov et Sonin, 1981
Семейство Dioctophymatidae Railliet, 1915
Род *Eustrongylides* Jägerskiöld, 1909
Eustrongylides excisus Jägerskiöld, 1909, juveniles
Хозяин: бычок-кругляк.
Локализация: мезентерий.
Станции регистрации: Усинский залив (турбаза «Импульс»).
1-ый ПХ – олигохеты *Tubifex tubifex, Limnodrilus hoffmeisteri, L. variegatus*.
2-ой ПХ – рыбы (окуневые, карповые, осетровые, щуковые и др.).
ОХ – бакланы.
Общее распространение: Дунай, Днестр, Обь, бассейн Каспийского моря.

Патогенный паразит, вызывает кастрацию, уплотнение и гиперемию тканей желудка, гнойные воспаления и разрушения почек рыб. При высокой численности вызывает гибель промежуточного хозяина. Известны случаи заражения человека личинками нематоды при употреблении свежевыловленной рыбы, при этом развиваются симптомы гастрита, многофокусного перитонита и множественного гранулематоза в печени (Гаевская, 2016).

Отряд Trichocephalida Skrjabin et Schulz, 1928
Семейство Capillariidae Railliet, 1915
Род *Pseudocapillaria* Zeder, 1800
Pseudocapillaria tomentosa Lomakin et Trofimenko, 1982
Хозяин: бычок-кругляк, бычок-головач.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: Усинский залив (турбаза «Импульс»).
ПХ – олигохеты *Tubifex tubifex, Limnodrilus hoffmeisteri, L. variegatus*. Также возможно заражение ОХ при заглатывании из толщи воды яиц, содержащих инвазионные личинки *P. tomentosa*.
ОХ – рыбы (преимущественно карповые).
Общее распространение: Палеарктика.
Патогенный вид, вызывающий у рыб разнообразные патологические поражения кишечника – от незначительных воспалений до злокачественных новообразований (Kent et al., 2021).

Класс Chromadorea Inglis, 1983
Отряд Spirurida Chitwood, 1933
Семейство Anisakidae Skrjabin et Karokhin, 1945
Род *Contracaecum* Railliet et Henry, 1912
Contracaecum microcephalum (Rudolphi, 1809), juveniles
Хозяин: речной окунь, усатый голец.
Локализация: печень.
Станции регистрации: Усинский залив (пос. Междуреченск), р. Уса (нижнее течение).
1-ый ПХ – рачки рр. *Macrocyclops, Cyclops*, факультативно – личинки Odonata, молодь рыб.
2-ой ПХ – рыбы (карповые, окуневые, щуковые, сельдевые, бычковые).
Резервуарные хозяева – личинки насекомых (Odonata, Trichoptera, Diptera), рыбы.
ОХ – рыбоядные птицы (цапли, кваква, баклан).
Общее распространение: космополит.

Семейство Raphidascarididae Hartwich, 1954
Род *Raphidascaris* Railliet et Henry, 1915
Raphidascaria acus (Bloch, 1779)
Хозяин: налим (ad.), усатый голец (juv.).
Локализация: кишечник (ad.), печень (juv.).
Станции регистрации: р. Тишерек (среднее течение), р. Уса (среднее и нижнее течение).
ПХ – бентосные беспозвоночные (личинки насекомых, олигохеты, моллюски), планктонные ракообразные (копеподы).
Резервуарный хозяин – мирные рыбы (преимущественно бентосоядные карповые).
ОХ – обыкновенная щука (облигатный хозяин), реже другие хищные рыбы (факультативно).
Общее распространение: Голарктика.
Патогенный паразит. При высокой степени инвазии у мирных бентосоядных рыб развиваются характерные внешние и внутренние признаки рафидаскаридоза, свидетельствующие об остром токсикозе (плавание на боку, истощенность, сильно выраженное пучеглазие, обильный слой слизи на теле и глазах, водянка полости тела, дегенерация печени, желчного пузыря, кишечника, гонад) (Грищенко и др., 1999).

Семейство Camallanidae Railliet et Henty, 1915
Род *Camallanus* Railliet et Henty, 1915
Camallanus lacustris (Zoega, 1776)
Хозяин: бычок-кругляк, речной окунь.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: Усинский залив (пос. Междуреченск, турбаза «Импульс»).
ПХ – копеподы рр. *Mesocyclops*, *Megacyclops*, *Macrocyclops*, *Acanthocyclops*, *Eucyclops*, *Cyclops*, факультативно – Harpacticoidea, Isopoda, Odonata.
ОХ – преимущественно окуневые, также лососевые, щуковые, сомовые, тресковые, карповые и др. рыбы, может заканчивать жизненный цикл в змеях.
Общее распространение: Палеарктика.

Camallanus truncatus (Rudolphi, 1814)
Хозяин: речной окунь.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: Усинский залив (пос. Междуреченск, турбаза «Импульс»).
ПХ – копеподы рр. *Mesocyclops*, *Megacyclops*, *Macrocyclops*, *Cyclops*.
Резервуарный хозяин – молодь карповых рыб.
ОХ – хищные рыбы (преимущественно окуневые), может заканчивать жизненный цикл в змеях.

Семейство Rhabdochonidae Travassos, Artigas et Pereira, 1928
Род *Rhabdochona* Railliet, 1916
Rhabdochona denudata (Dujardin, 1845)
Хозяин: плотва, усатый голец.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: Усинский залив (с. Муранка), р. Уса (среднее и нижнее течение).
ПХ – личинки поденок рр. *Heptagenia*, *Ephemerella*, *Ephemera*, *Ecdyonurus*, *Caenis* и ручейников р. *Hydropsyche*.
ОХ – карповые рыбы (специфичный хозяин).
Общее распространение: Палеарктика.

Тип Acanthocephala (Rudolphi, 1808)
Класс Eoacanthocephala Van Cleave, 1936
Отряд Neoechinorhynchida Ward, 1917
Семейство Neoechinorhynchidae Ward, 1918
Род *Neoechinorhynchus* Stiles et Hassall, 1905
Neoechinorhynchus rutili (Müller, 1780)
Хозяин: усатый голец.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: р. Уса (среднее и нижнее течение).
ПХ – личинки вислокрылки (*Syalis sp.*), остракоды рр. *Candona*, *Cypria*, *Cyclocypsis*.
ОХ – преимущественно карповые рыбы.
Общее распространение: Голарктика.
Патогенный паразит, при массовом заражении вызывает повреждение слизистой кишечника хозяина.

Класс Palaeacanthocephala Meyr, 1931
Отряд Echinorhynchida Southwell et Macfie, 1925
Семейство Echinorhynchidae Cobbold, 1879
Род *Acanthocephalus* Koelreuther, 1771

Acanthocephalus lucii (Müller, 1777)
Хозяин: налим.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: р. Тишерек (среднее течение).
ПХ – водяной ослик *Asellus aquaticus*.
ОХ – хищные и питающиеся крупным бентосом рыбы.
Общее распространение: Голарктика.
Род *Pseudoechinorhynchus* Petrotschenko, 1956
Pseudoechinorhynchus borealis (Linstow, 1901)
Хозяин: обыкновенная щука.
Локализация: кишечник.
Станции регистрации: р. Тишерек (среднее течение).
ПХ – бокоплавы.
ОХ – рыбы разных семейств и отрядов.
Общее распространение: Голарктика.

Тип Mollusca Linnaeus, 1758
Класс Bivalvia Linnaeus, 1758
Отряд Unionoida Stoliczka, 1871
Семейство Unionidae Rafinesque, 1820
Unionidae gen. sp., larvae
Хозяин: бычок-кругляк, бычок-головач, речной окунь, обыкновенный гольян, обыкновенная щука.
Локализация: жаберные лепестки, плавники.
Станции регистрации: Усинский залив (турбаза «Импульс»), р. Уса (среднее течение), р. Тишерек (среднее течение).
Глохидий, паразитическая личинка моллюсков Unionidae, выбрасывается материнской особью во внешнюю среду, переходя на определенной стадии развития к паразитическому образу жизни. Хозяевами выступают рыбы, обеспечивающие паразитов питанием и способствующие расселению моллюсков. При этом личиночные структуры глохидия разрушаются и заменяются соответствующими структурами взрослого организма. После окончательного формирования моллюск переходит к образу жизни, присущему взрослым двустворчатым (Определитель.., 1987).

Тип Arthropoda Siebold, 1848
Класс Ichthyostraca Zrzavý, Hypša & Vlášková, 1997
Отряд Arguloida Yamaguti, 1963
Семейство Argulidae Leach, 1819
Род *Argulus* Müller, 1785
Argulus foliaceus (Linnaeus, 1758)
Хозяин: речной окунь.
Локализация: плавники.
Станции регистрации: Усинский залив (турбаза «Импульс»).
Прямой жизненный цикл. Паразит широкого круга пресноводных рыб.
Общее распространение: Палеарктика.
Является одним из наиболее опасных для рыб паразитов, возбудитель аргулеза. Переносчик краснухи, самого опасного инфекционного заболевания рыб, и других инфекционных болезней. Может служить промежуточным хозяином трипанозом и нематод. В месте прокола кожи рыб локально образуется воспаление и кровоизлияние; воздействие карпоеда токсично, при высокой степени инвазии вызывает истощение и гибель молоди и взрослых рыб до двухлетнего возраста (Определитель.., 1987).

Паразитофауна отдельных видов рыб

Паразитофауна понто-каспийских бычков (Gobiidae)

Исследована зараженность метазойными паразитами 3-х видов понто-каспийских бычков (Perciformes, Gobiidae) – бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814), бычка-головача *N. iljini* Vasiljeva et Vasiljev, 1996 и бычка-песочника *N. fluviatilis* (Pallas, 1814) (табл. 55).

Всего у бычковых рыб Усинского залива Куйбышевского водохранилища обнаружено 9 видов макропаразитов, в т.ч. Trematoda – 4, Dorylaimea – 2, Chromadorea – 2, Bivalvia – 1 (табл. 55).

Таблица 55. Зараженность понто-каспийских бычков макропаразитами в Усинском заливе Куйбышевского водохранилища (по: Mineeva, Semenov, 2021a,b, с дополнениями)

Паразит/локализация	П	Бычок-кругляк, n=65	Бычок-головач, n=22	Бычок-песочник, n=2
Trematoda				
Nicolla skrjabini кишечник	ЭИ	69,23	59,09	2 (2)
	ИИ	1-157	1-32	3-5
	ИО	12,25	4,09	4,0
Holostephanus cobitidis, mtc. мышцы туловища	ЭИ	1,54	4,55	–
	ИИ	31	1	–
	ИО	0,48	0,05	–
Diplostomum spp., mtc. хрусталик глаза	ЭИ	10,77	4,55	–
	ИИ	1-116	1	–
	ИО	1,91	0,05	–
Apatemon gracilis, mtc. печень, ткани глаза	ЭИ	3,08	–	–
	ИИ	1	–	–
	ИО	0,03	–	–
Dorylaimea				
Pseudocapillaria tomentosa кишечник	ЭИ	16,92	4,55	–
	ИИ	1-3	1	–
	ИО	0,25	0,05	–
Eustrongylides excisus, l. мезентерий	ЭИ	1,54	–	–
	ИИ	1	–	–
	ИО	0,02	–	–
Chromadorea				
Camallanus lacustris кишечник	ЭИ	4,62	–	–
	ИИ	1	–	–
	ИО	0,05	–	–
Rhabdochona denudata кишечник	ЭИ	1,54	–	–
	ИИ	1	–	–
	ИО	0,02	–	–
Bivalvia				
Unionidae gen. sp., l. жаберные лепестки	ЭИ	6,15	4,55	–
	ИИ	1-9	1	–
	ИО	0,26	0,05	–
Итого видов паразитов		9	5	1
Общая зараженность, %		81,54	63,64	100,00

Примечание. Здесь и далее: П – параметры, ЭИ – экстенсивность инвазии, %, ИИ – интенсивность инвазии, экз., ИО – индекс обилия, экз., n – количество исследованных рыб, экз.

Большинство паразитов инвазируют рыб алиментарным (трофическим) путем. Бычки, ярко выраженные бентофаги, заражаются трематодой *Nicolla skrjabini* и 3 видами нематод (*Pseudocapillaria tomentosa*, *Eustrongylides excisus*, *Rhabdochona denudata*) при питании гаммаридами (в т.ч. инвазивными видами), олигохетами, личинками поденок и ручейников. Развитие кишечной нематоды *Camallanus lacustris* протекает с участием веслоногих рачков,

а крупные рыбы могут дополнительно заражаться при заглатывании молоди карповых (нематода способна к пассажированию).

Приуроченность бычков к прогреваемым мелководьям с обильной водной растительностью облегчает их заражение метацеркариями трематод (*Holostephanus cobitidis*, *Apatemon gracilis*, диплостомидами) и эктопаразитами – моллюсками-унионидами.

В зарегистрированном списке 2 вида червей (метацеркарии *H. cobitidis* и *A. gracilis*) являются специфичными паразитами рыб сем. Gobiidae. Оба вида впервые отмечены в фауне Куйбышевского водохранилища (Mineeva, Semenov, 2021a).

Также впервые в бассейне Средней Волги обнаружена личинка нематоды *E. excisus*. До недавнего времени вид встречался только в нижнем течении реки и ее дельте и в целом был приурочен к ареалу своего основного окончательного хозяина – большого баклана, в организме которого достигает половой зрелости. В последнее десятилетие северная граница гнездового ареала птицы доходит до Рыбинского водохранилища (его гнезда найдены на территории Дарвинского заповедника и в районе пос. Борок), что сопровождается расселением нематоды в Волжском бассейне (Жохов, Пугачева, 2019). Следует отметить, что, несмотря на широкий круг дополнительных хозяев (более 30 видов рыб), именно бычки являются основными носителями инвазии как в нативном (низовья рек, впадающих в Черное, Азовское, Каспийское моря), так и в приобретенном ареале (Жохов, Пугачева, 2019; Казарникова, Степанова, 2021).

Особо патогенными для рыб являются 3 вида червей. Личинки р. *Diplostomum*, локализуясь в хрусталике глаз дополнительных хозяев, способны вызывать у последних паразитарную катаракту (помутнение хрусталика). При высокой степени инвазии воспаляются все оболочки глаза, возникает некроз, рыба слепнет. Больные животные отстают в росте и хуже питаются, кроме того, они являются легкой добычей для хищников, поэтому выживаемость таких особей значительно снижена (Судариков и др., 2006). *P. tomentosa* вызывает у рыб разнообразные патологические поражения кишечника – от незначительных воспалений до злокачественных новообразований (Kent et al., 2021). Личинки *E. excisus*, проникая в ткани рыб, оказывают механическое и токсическое воздействие (сильное уплотнение и гиперемию), при локализации цист в яичниках наблюдается кастрация животных. Кроме того, *E. excisus* является паразитом, потенциально опасным для человека. Описанные случаи эустронгилидоза проявляются заболеваниями желудочно-кишечного тракта (гастрит и перфорация кишечника) и кожных покровов нижних конечностей (Казарникова, Степанова, 2021).

В Усинском заливе Куйбышевского водохранилища наиболее разнообразная паразитофауна (9 видов) отмечена у бычка-кругляка, зараженность макропаразитами исследованной выборки составляет 81,54% (табл. 55). Вселенец появился в низовьях Куйбышевского водохранилища в 1968 г. (Шаронов, 1971), быстро нарастил численность и в настоящее время является обычным по встречаемости (Shakirova et al., 2015). У головача и песочника зарегистрированы 5 и 1 вид метазойных паразитов соответственно. Эти бычки впервые отмечены в Куйбышевском водохранилище только в 2003 г., и их численность уступает численности кругляка (Семенов, 2009; Shakirova et al., 2015). Средневолжские водохранилища являются северной границей распространения исследуемых бычков в бассейне Волги. *N. melanostomus* и *N. iljini* сформировали большие по численности постоянные популяции в верхней части Чебоксарского водохранилища, что свидетельствует о полноценной натурализации видов (Слынько, Терещенко, 2014). *N. fluviatilis* достоверно известен в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища, данные о распространении в средней и верхней части водоема отрывочны и требуют подтверждения. Наибольшее видовое разнообразие макропаразитов у кругляка может быть объяснено его чрезвычайной эврибионтностью и широким спектром питания. Головач и особенно песочник являются более стенотопными видами.

Анализ видового состава макропаразитов, а также содержимого кишечника рыб свидетельствует, что в Усинском заливе Куйбышевского водохранилища основу питания понтокаспийских бычков составляют личинки комаров-звонцов (Diptera, Chironomidae) и бокопла-

вы (Crustacea, Gammaridae). Второстепенными пищевыми объектами являются олигохеты, моллюски родов *Anisus* и *Dreissena*, планктонные ракообразные (Copepoda, Cladocera), личинки стрекоз и ручейников. Рацион крупных бычков включает молодь рыб.

Единственный общий паразит, зарегистрированный у всех трех исследованных видов бычков – кишечная трематода *N. skrjabini*, вселенец понто-азовского происхождения. Кроме того, сосальщик является единственным ярко выраженным доминантом в паразитофауне рыб сем. Gobiidae (табл. 55), что указывает на важную роль амфипод в питании животных. Многочисленными исследованиями установлено, что именно бычковые рыбы в разных точках своего ареала являются основными дефинитивными хозяевами *N. skrjabini* (Тютин и др., 2012; Ondračková et al., 2012; Mineeva, 2019), несмотря на широкий круг последних (более 30 видов рыб, преимущественно бентосоядных).

В условиях Усинского залива Куйбышевского водохранилища кругляк и головач не играют значимой роли в циркуляции большинства зарегистрированных паразитов, поскольку недостаточно интегрированы в их паразитарные системы, о чем свидетельствуют низкие показатели частоты встречаемости и индекса обилия видов (табл. 55). Разнообразие макропаразитов песочника явно недооценено, требуются дальнейшие исследования полноценной выборки особей.

Паразитофауна речного окуня *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (Percidae)

Исследована зараженность макропаразитами речного окуня *Perca fluviatilis* на двух станциях Усинского залива: в районе пос. Междуреченск (2019 г.) и в районе турбазы «Импульс» (2020 г.). Выборка хозяина представлена особями с промысловой длиной тела 117-200 мм. Обнаружено 9 таксонов многоклеточных паразитов (8 идентифицировано до вида), в т.ч. Trematoda – 4, Chromadorea – 3, Crustacea – 1, Bivalvia – 1 (табл. 56).

Из видов, приуроченных к окуневым рыбам, отмечены трематода *Bunodera luciopercae,* нематоды *Camallanus lacustris* и *C. truncatus*. Чужеродная для волжских водохранилищ трематода *Apophallus muehlingi* считается специфичным паразитом карповых рыб, у окуневых обычно встречается единично (Иванов, 2003). Отметим, что паразит обнаружен в Усинском заливе впервые в 2019 г. у окуня (Rubanova, Mukhortova, 2021). Вид занимает доминирующее положение (по всем показателям инвазии) в фауне многоклеточных паразитов окуня (табл. 56). Трематода является возбудителем опасного заболевания рыб – апофаллеза (способна вызывать массовую гибель молоди), может заканчивать жизненный цикл также в плотоядных млекопитающих, возможно заражение человека (паразитирует в тонком кишечнике) (Бисерова, 2005). Прочие паразиты широкоспецифичны и могут регистрироваться у разных видов рыб. Из них *Ichthyocotylurus variegatus* и *Argulus foliaceus* являются возбудителями ихтиопаразитозов (Определитель.., 1987). Семь из девяти видов метазойных паразитов имеют сложные жизненные циклы. Окончательными хозяевами 4-х из них являются рыбы, 3 вида передаются по трофическим цепям рыбоядным птицам (Определитель.., 1987). Реализации жизненных циклов паразитов окуня способствует наличие в водоеме хозяев всех рангов – зоопланктона, макрозообентоса, рыб (Михайлов, 2014; Зинченко и др., 2019; Rubanova, Mukhortova, 2021).

Спектр питания *P. fluviatilis* в районе пос. Междуреченск, по нашим наблюдениям, представлен молодью рыб, организмами бентоса (Chironomidae, Gammaridae, Oligohaeta), значительно реже зоопланктоном. Окуни в районе турбазы «Импульс» питались преимущественно молодью рыб, единично моллюсками и зоопланктоном.

Можно констатировать, что в разные годы при различии топических условий важным каналом инвазии окуня кишечными гельминтами в водоеме является молодь рыб. Этот объект питания окуня может служить передаточным звеном при «пассажировании» *B. luciopercae, Rhipidocotyle campanula, C. lacustris, C. truncatus, Contracaecum microcephalum*. Из паразитов, инвазирующих окуня посредством трофических связей, 4 вида (*B. luciopercae, C. lacustris, C. truncatus, C. microcephalum*) облигатно ассоциированы с орга-

низмами зоопланктона. Зоопланктон составляет значительную долю спектра питания окуней до достижения ими определенного размера/возраста (Биология.., 1993). Начиная с длины тела 150 мм, в рационе *P. fluviatilis* Куйбышевского водохранилища преобладает рыба (Семенов, 2004). Поскольку трофические связи окуней среднего и крупного размера с сообществом зоопланктона ослаблены, паразиты со сложным жизненным циклом заражают рыб этого размера в основном при «пассажировании» через молодь карповых и/или собственную молодь.

Таблица 56. Зараженность макропаразитами речного окуня в Усинском заливе Куйбышевского водохранилища (по: Rubanova, Mukhortova, 2021 с дополнениями)

Паразит/локализация	П	пос. Междуреченск, n=16	турбаза «Импульс», n=18
Trematoda			
Rhipidocotyle campanula кишечник	ЭИ	25,0	–
	ИИ	1-3	–
	ИО	0,56	–
Apophallus muehlingi, mtc. жаберные лепестки и крышки, плавники, кожный эпителий, роговица глаз	ЭИ	81,25	94,45
	ИИ	12-212	7-1296
	ИО	69,44	201,33
Bunodera luciopercae кишечник	ЭИ	12,5	22,22
	ИИ	10-12	1-4
	ИО	1,38	0,45
Ichthyocotylurus variegatus, mtc. брыжейка, наружная стенка кишечника, стенка плавательного пузыря, жировая ткань	ЭИ	43,75	61,11
	ИИ	2-6	1-6
	ИО	1,63	2,06
Chromadorea			
Camallanus lacustris кишечник	ЭИ	12,5	50,0
	ИИ	1-2	1
	ИО	0,19	0,17
Camallanus truncatus кишечник	ЭИ	18,75	16,67
	ИИ	1	1-5
	ИО	0,19	1,17
Contracaecum microcephalum, l. печень	ЭИ	25,0	–
	ИИ	2-4	–
	ИО	0,75	–
Crustacea			
Argulus foliaceus плавники	ЭИ	–	11,11
	ИИ	–	1
	ИО	–	0,11
Bivalvia			
Unionidae gen. sp., l. жаберные лепестки	ЭИ	–	5,56
	ИИ	–	2
	ИО	–	0,11
Итого видов паразитов		7	7
Общая зараженность, %		100%	100%

Примечание. Обозначения см. табл. 55.

Все более значимым фактором, влияющим на формирование паразитофауны рыб, становится распространение видов-вселенцев. В экосистеме р. Уса чужеродные виды отмечены в составе основных сообществ, в т.ч. макрозообентоса и ихтиоценоза (Зинченко и др., 2019). Понто-азовский вселенец *Lithoglyphus naticoides* в р. Уса обнаружен в устьевом участке (Зинченко и др., 2019). Моллюск занес с собой в волжские водохранилища не менее 3 видов трематод – *A. muehlingi*, *Apophallus donicus* (Skrjabin & Lindtrop, 1919), *Nicolla skrjabini*, для которых является облигатным первым промежуточным хозяином (Бисерова, 2010). Доминирование *A. muehlingi* в фауне многоклеточных паразитов окуня указывает на успешную натурализацию, широкое распространение и достаточно высокую зараженность *L. naticoides*

партенитами трематоды на двух исследованных участках Усинского залива Куйбышевского водохранилища.

В составе ихтиофауны нижнего течения р. Уса и Усинского залива отмечено 14 видов-вселенцев, в основном понто-каспийского комплекса, в том числе бычки сем. Gobiidae (раздел «Ихтиофауна», табл. 55). Чужеродные виды гидробионтов нередко включаются в рацион питания нативных видов рыб и рыб-вселенцев в качестве кормовых объектов. Так, в спектре питания окуня Куйбышевского водохранилища отмечено увеличение доли чужеродных видов – ракообразные Mysida, бычки сем. Gobiidae, черноморско-азовская тюлька *Clupeonella cultriventris* (Семенов, 2004). Понто-каспийские бычки-вселенцы могут принимать участие в заражении окуня гельминтами через трофические связи (Рубанова и др., 2020). В Куйбышевском водохранилище, включая Усинский залив, экстенсивность инвазии бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* кишечными гельминтами, встречающимися у окуня, невысока: *Rh. campanula* 1,85%, *C. lacustris* 5,56%, *C. truncatus* 1,85% (Mineeva, Semenov, 2021a). Сходство видового состава фауны макропаразитов бычка-кругляка и окуня невысокое, индекс Серенсена составил 29% (Rubanova, Mukhortova, 2021). Различия состава паразитов бычка-кругляка и окуня определяются, в частности, разным составом паразитов-вселенцев и наличием специфичных паразитов. Экстенсивность инвазии бычка-головача *N. iljini* в Куйбышевском водохранилище, включая Усинский залив, типичными нематодами окуня – *C. lacustris* и *C. truncatus* – выше, чем бычка-кругляка: 12,28 и 5,26% соответственно (Mineeva, Semenov, 2021b). Трематода-вселенец *N. skrjabini* доминирует в фауне макропаразитов бычка-кругляка и бычка-головача (табл. 55). Передача паразита путем «пассажирования» могла бы привести к значительной зараженности окуней при питании этими видами рыб. Но, вероятно, трематода не приживается у окуня при таком способе инвазии, т.к. у него в Усинском заливе паразит не обнаружен. Жизненный цикл *N. skrjabini* кроме *L. naticoides*, включает второго промежуточного хозяина – *Pontogammarus crassus* и *Dikerogammarus haemobaphes* (Бисерова, 2010). В Усинском заливе эти ракообразные не найдены (Зинченко и др., 2019; Курина, 2020). Но высокая зараженность *N. skrjabini* бычка-кругляка и бычка-головача и отсутствие трематоды у окуня в Усинском заливе может свидетельствовать о локальном (мозаичном) распространении отдельных представителей Gammaridea – дополнительных хозяев трематоды. Наблюдается также разделение экологических ниш паразитов, передаваемых через моллюска *L. naticoides*: трематоды *A. muehlingi* и *N. skrjabini* имеют разный круг вторых промежуточных и окончательных хозяев.

На межгодовую динамику состава макропаразитов *P. fluviatilis* оказывает влияние положение Усинского залива на границе река/водохранилище. Так, в 2019 г. отмечены значительные колебания уровня воды в Куйбышевском водохранилище, отмечен низкий уровень воды (ниже нормы на 2,5 м) во время половодья (Доклад.., 2020). Усинский залив находится в зоне максимального подпора Куйбышевского водохранилища. Изменчивость уровенного режима водоема, несомненно, повлияла на функционирование сообществ зоопланктона и бентоса. Это в свою очередь отразилось на характеристиках фауны паразитов *P. fluviatilis* (табл. 56). Зараженность окуней большинством кишечных гельминтов в 2019 г. намного ниже по сравнению с 2020 г. Индекс сходства Серенсена видового состава гельминтов окуня между 2019 и 2020 гг. составил 43% (Rubanova, Mukhortova, 2021), что свидетельствует о своеобразии экологических условий обитания гидробионтов – хозяев паразитов в разные месяцы и годы.

Паразитофауна обыкновенного гольяна *Phoxinus phoxinus* Linnaeus, 1758 (Cyprinidae)

В рр. Уса (среднее течение) и Теренгулька (исток) обыкновенный гольян заражен четырьмя видами многоклеточных паразитов, при этом видовой состав паразитов рыб в двух водотоках значительно различается (табл. 57).

Таблица 57. Зараженность макропаразитами обыкновенного гольяна в рр. Уса и Теренгулька
(по: Минеева, 2021а, с дополнениями)

Паразит/локализация	П	р. Уса, n=9	р. Теренгулька, n=13
Trematoda			
Allocreadium isoporum кишечник	ЭИ	–	11 (13)
	ИИ	–	1-5
	ИО	–	2,08
Diplostomum spp., mtc. хрусталик глаза	ЭИ	5 (9)	–
	ИИ	9-59	–
	ИО	17,89	–
Ichthyocotylurus platycephalus, mtc. хрусталик глаза	ЭИ	1 (9)	–
	ИИ	2	–
	ИО	0,22	–
Bivalvia			
Unionidae gen. sp., l. жаберные лепестки, плавники	ЭИ	4 (9)	–
	ИИ	1-8	–
	ИО	2,11	–
Итого видов паразитов		3	1
Общая зараженность, %		77,78	84,62

Примечание. Обозначения см. табл. 55.

В среднем течении р. Уса фауна метазойных паразитов *Ph. phoxinus* представлена тремя видами, инвазирующими хозяина исключительно топическим путем. Доминантом по численности (ранжирование видов проведено согласно индексу Ковнацкого–Палия) выступают личинки р. *Diplostomum* (D=49,1). Их видовая идентификация затруднена из-за деформации эмбриональных тканей, вызванной фиксацией 70°-ным спиртом. В бассейне Волги для обыкновенного гольяна известно 3 вида диплостомумов: широкоспецифичные *D. commutatum* (Diesing, 1850) Dubois, 1937 и *D. helveticum* (Dubois, 1929) Schigin, 1977, а также узкоспецифичный *D. phoxini* (Faust, 1918) Arvy et Buttner, 1954 (Судариков и др., 2006). Важнейшими факторами, определяющими уровень заражения рыб личинками диплостомид, является их пространственная близость с прудовиками р. *Limnea* и численность на водоеме чайковых птиц. Эти животные играют роль промежуточных и дефинитивных хозяев трематод р. *Diplostomum* (Шигин, 1986).

Глохидии моллюсков сем. *Unionidae* и метацеркария *Ichthyocotylurus platycephalus* имеют статус субдоминанта и адоминанта соответственно. Следует отметить, что данные паразиты впервые зарегистрированы в составе паразитофауны обыкновенного гольяна бассейна Волги (Минеева, 2021а).

Отсутствие у гольяна видов, циркулирующих по пищевым сетям, может быть связано с составом фауны беспозвоночных среднего течения р. Уса. Исследованный участок водотока по состоянию кормовой базы для бентосоядных рыб, согласно рыбохозяйственной шкале, определяется как «малокормный», донные сообщества в районе исследования характеризуются невысокой численностью и биомассой (Зинченко и др., 2019).

Ph. phoxinus, отловленный в истоке р. Теренгулька, инвазирован единственным макропаразитом – кишечной трематодой *Allocreadium isoporum* (табл. 57), которую приобретает при питании личинками поденок и ручейников. Амфибиотические насекомые (хирономиды, поденки, ручейники, симулиды, клопы, жуки) играют доминирующую роль в питании гольяна бассейна Средней и Верхней Волги (Столбунов и др., 2016).

Таким образом, состав паразитов обыкновенного гольяна в рр. Уса и Теренгулька определяется спектром его питания и условиями обитания. Гидрологические условия рек (невысокая скорость течения, оптимальный кислородный режим, представленные заиленными песками грунты, обильная водная растительность) (Зинченко и др., 2019) весьма благоприятны для развития моллюсков, что нашло отражение в составе паразитофауны *Ph. phoxinus* (табл. 57). Крайняя обедненность паразитофауны гольяна видами, циркулирующими по пи-

щевым сетям, может быть связана с низкими качественными и количественными характеристиками донных сообществ исследованных водотоков.

Паразитофауна годовиков карповых рыб (Cyprinidae)

В Усинском заливе Куйбышевского водохранилища (с. Муранка) исследована зараженность макропаразитами годовиков (перезимовавших сеголеток с законченным первым периодом роста) трех видов карповых рыб – леща, плотвы и язя (табл. 58).

Таблица 58. Зараженность макропаразитами годовиков леща, плотвы и язя в Усинском заливе Куйбышевского водохранилища

Паразит/локализация	П	Лещ, n=36	Плотва, n=39	Язь, n=4
Trematoda				
Rhipidocotyle campanula, mtc. плавники	ЭИ	–	–	1 (4)
	ИИ	–	–	1
	ИО	–	–	0,25
Posthodiplostomum cuticola, mtc. кожа, подкожная мускулатура, жаберные дуги и крышки, челюсти, роговица глаз, плавники	ЭИ	91,67	100,00	100,00
	ИИ	1-9	3-49	4-23
	ИО	3,33	18,82	10,50
Chromadorea				
Rhabdochona denudata кишечник	ЭИ	–	2,56	–
	ИИ	–	1	–
	ИО	–	0,03	–
Итого видов паразитов		1	2	2
Общая зараженность, %		91,67	100,00	100,00

Примечание. Обозначения см. табл. 55.

На исследуемом участке Куйбышевского водохранилища сформировался устойчивый очаг постодиплостомоза, о чем свидетельствуют крайне высокие показатели встречаемости и средней численности сосальщика *Posthodiplostomum cuticola* у годовиков карповых рыб (табл. 58).

P. cuticola – один из возбудителей «чернопятнистого» заболевания, представляющего особую опасность для молоди. Характерным клиническим признаком заболевания является пигментация поверхности тела рыбы вокруг цисты паразита. Отложение пигмента (гемомеланина) происходит за счет распада гемоглобина крови, пигментных клеток и хроматофоров кожи рыб и является специфическим проявлением ответа организма хозяина на проникновение и развитие гельминта (Судариков и др., 2006). Первые признаки заболевания отмечаются у мальков уже на 8-12-й день их жизни. Паразит вызывает у молоди рыб деформацию тела, искривление позвоночника, разрушение покровов и мускулатуры, что ведет в ряде случаев к потере подвижности. Это делает больных животных легкой добычей для хищных рыб и рыбоядных птиц. Пораженная паразитом молодь отстает в росте и худеет, снижаются ее упитанность и жирность. При остром течении заболевания (в период с момента внедрения церкарии до завершения превращения ее в метацеркарию и инцистирования на месте окончательной локализации) часто наблюдается гибель рыб. Мигрирующие личинки паразита, у которых отмечается интенсивный обмен веществ и повышенное выделение метаболитов, особенно патогенны, поскольку вызывают значительное механическое раздражение и нарушение целостности тканей хозяина (Судариков и др., 2006). Развитие *P. cuticola* протекает с участием брюхоногих моллюсков *Planorbis planorbis*, карповых рыб и околоводных птиц (цапли, квакши) в качестве хозяев разных категорий. Высокий уровень зараженности годовиков леща, плотвы и язя метацеркариями сосальщика в Усинском заливе (табл. 58) определяется наличием в достаточном количестве всех участников его жизненного цикла, чему способствуют сложившиеся для них в Куйбышевском водохранилище благоприятные условия (в первую очередь гидрологический и термический режимы).

Наиболее подвержены заболеванию годовики плотвы. Разнообразие мест локализации паразита и высокое значение средней численности *P. cuticola* в популяции хозяина (табл. 58) свидетельствуют о гиперинвазии последнего. В сочетании с другими параметрами биотической и абиотической природы, оказывающими влияние на выживаемость и жизнестойкость молоди, постодиплостомоз может стать фактором, значительно лимитирующим численность карповых рыб в водоеме.

Метацеркария *Rhipidocotyle campanula* и нематода *Rhabdochona denudata*, являющиеся специфичными паразитами карповых рыб, единично инвазируют годовиков язя и плотвы (табл. 58).

Паразитофауна уклейки *Alburnus alburnus* Linnaeus, 1758 (Cyprinidae)

Зараженность уклейки макропаразитами исследована в 2-х точках: Усинском заливе и среднем течении р. Уса (табл. 59).

Таблица 59. Зараженность макропаразитами уклейки в р. Уса и Усинском заливе Куйбышевского водохранилища

Паразит/локализация	П	р. Уса, n=4	Усинский залив, n=6
Monogenea			
Paradiplozoon alburni жаберные лепестки	ЭИ	–	1 (6)
	ИИ	–	1
	ИО	–	0,17
Trematoda			
Nicolla skrjabini кишечник	ЭИ	2 (4)	–
	ИИ	1	–
	ИО	0,50	–
Posthodiplostomum cuticola, mtc. подкожная мускулатура	ЭИ	–	3 (6)
	ИИ	–	1
	ИО	–	0,50
Итого видов паразитов		1	2
Общая зараженность, %		50,00	66,67

Примечание. Обозначения см. табл. 55.

Три вида метазойных паразитов зарегистрировано у уклейки. В Усинском заливе для хозяина отмечены специфичная карповым моногенея *Paradiplozoon alburni*, имеющая прямой жизненный цикл (развивается без смены хозяев), и метацеркария *Posthodiplostomum cuticola* (табл. 59). Уровень инвазии рыб последней позволяет утверждать, что в условиях функционирующего в Куйбышевском водохранилище очага постодиплостомоза уклейка незначительно восприимчива к возбудителю заболевания.

В среднем течении р. Уса *A. alburnus* заражена единственным видом паразитов – чужеродной трематодой *Nicolla skrjabini*. В кишечнике инвазированных рыб обнаружены как молодые сосальщики с зачатками гонад, так и зрелые черви с яйцами. Необходимы дальнейшие исследования, которые позволили бы подтвердить полноценную натурализацию гельминта в среднем течении волжского притока.

В составе паразитофауны уклейки, которая является преимущественно планктофагом, отсутствуют виды, развивающиеся при участии зоопланктона. Трематоды *P. cuticola* и *N. skrjabini* – паразиты с триксенным жизненным циклом, использующие донные организмы (брюхоногих моллюсков и бокоплавов) в качестве промежуточных и дополнительных хозяев. Очевидно, в условиях Усинского залива Куйбышевского водохранилища уклейка поддерживает тесные трофические и биотопические связи с бентосом.

6. Паразитофауна усатого гольца *Barbatula barbatula* Linnaeus, 1758 (Balitoridae)

Фауна метазойных паразитов усатого гольца исследована в среднем течении р. Тишерек и на двух станциях р. Уса (выше и ниже с. Суринск).

Усатый голец исследованных водотоков инвазирован 8 видами макропаразитов разных систематических групп. Заражение рыб метацеркариями *Paracoenogonimus ovatus, Ichthyocotylurus platycephalus* и *I. variegatus* определяется пространственной близостью в водоеме с моллюсками *Viviparus viviparous*, *Contectiana contecta* (*V. contectus*) и *Cincinna* (*Valvata*) *piscinalis* (Судариков и др., 2006), являющимися обычными видами в притоках Куйбышевского водохранилища (Михайлов, 2014). Следует отметить, что мы впервые регистрируем дигенетических сосальщиков *I. platycephalus* и *I. variegatus* в составе паразитофауны *B. barbatula* бассейна Волги (Минеева, 2021б).

Трофическим (алиментарным) путем рыб инвазируют пять видов червей. Источником заражения усатого гольца нематодами *Raphidascaris acus* и *Rhabdochona denudata*, а также скребнем *Neoechinorhynchus rutili* являются разнообразные бентосные организмы – олигохеты, остракоды, личинки поденок, вислокрылок и хирономид. Цестода *Triaenophorus nodulosus* и нематода *Contracaecum microcephalum* приобретаются рыбами при питании инвазированными веслоногими рачками (разные виды циклопов). Усатый голец, обладающий нижним ртом – типичный бентофаг. В реках основу его питания составляют личинки поденок, ручейников, веснянок, хирономид, пиявки и жуки, важную роль в пищевом рационе рыб играют водоросли, особенно диатомовые (Рыбы севера.., 2007). В реках Уса и Тишерек в качестве основных кормовых объектов *B. barbatula* отмечены ракушковые рачки (Ostracoda), личинки стрекоз и хирономид.

С активным потреблением последнего компонента связана высокая степень инвазии усатого гольца личинкой нематоды *R. acus* (табл. 60). Данный вид паразита, поражающий преимущественно печень рыб, вызывает у дополнительных хозяев опасное заболевание – рафидаскариоз, проявляющееся в истощении животных, снижении их массы и коэффициента упитанности, дегенерации внутренних органов и тканей, развитии пучеглазия и водянки полости тела (Гаевская, 2005).

Отставание в росте, снижение массы тела и упитанности, нарушение физиологического состояния отдельных органов наблюдаются также при триенофорозе и ихтиокотилюрозе, возникающих в случае сильного заражения рыб плероцеркоидами *T. nodulosus* и метацеркариями р. *Ichthyocotylurus* (Головина и др., 2003). Усатый голец исследованных водотоков принимает участие в циркуляции гельминтов, потенциально опасных для здоровья человека, – трематоды *P. ovatus* и нематоды *C. microcephalum*, которых ряд исследователей (Гаевская, 2005; Судариков и др., 2006; Мошу, 2014) отмечает в качестве возбудителей ихтиозооантропонозов.

Состав макропаразитов и показатели зараженности усатого гольца в исследованных водотоках значительно различаются. Так, у рыб, отловленных в р. Тишерек, обнаружено лишь два вида червей с низкими показателями встречаемости и численности (табл. 60). Необходимо отметить, что бóльшая часть популяции *B. barbatula* в этой малой реке (82,35%) свободна от инвазии. Очевидно, столь низкое значение общей зараженности усатого гольца макропаразитами в р. Тишерек можно объяснить определенной селективностью отобранной выборки рыб: исследовались животные самых младших возрастов (сеголетки и годовики), спектр питания которых, согласно литературным данным (Рыбы севера.., 2007), весьма ограничен.

Фауна гельминтов усатого гольца в р. Уса значительно разнообразнее (табл. 60). Нами исследована зараженность рыб отдельно в среднем и нижнем течении реки, поскольку эти участки существенно различаются по гидрологическим и гидробиологическим характеристикам. По состоянию кормовой базы для бентосоядных рыб, согласно рыбохозяйственной шкале, средний участок р. Уса характеризуется как «малокормный», нижний – как «среднекормный» (Зинченко и др., 2019). Именно особенности состава и численности бентосных организмов на отдельных биотопах обусловливают различия в видовом составе и показателях зараженности *B. barbatula* в среднем и нижнем течении водотока.

. Таблица 60. Зараженность макропаразитами усатого гольца рр. Уса и Тишерек (по: Минеева, 2021б)

Паразит / локализация	П	р. Тишерек, n=17	р. Уса	
			среднее течение, n=8	нижнее течение, n=26
Cestoda				
Triaenophorus nodulosus, pl. печень	ЭИ	11,76	–	–
	ИИ	1	–	–
	ИО	0,12	–	–
Trematoda				
Paracoenogonimus ovatus, mtc. мышцы туловища	ЭИ	5,88	–	–
	ИИ	6	–	–
	ИО	0,35	–	–
Ichthyocotylurus variegatus, mtc. печень	ЭИ	–	–	3,8
	ИИ	–	–	3
	ИО	–	–	0,12
I. platycephalus, mtc. полость тела, серозная оболочка, глаза	ЭИ	–	3 (8)	19,23
	ИИ	–	2	1–8
	ИО	–	0,75	0,65
Chromadorea				
Rhabdochona denudata кишечник	ЭИ	–	1 (8)	3,85
	ИИ	–	1	2
	ИО	–	0,50	0,08
Raphidascaris acus, l. печень	ЭИ	–	6 (8)	92,31
	ИИ	–	2–15	1-18
	ИО	–	5,50	6,00
Contracaecum microcephalum, l. печень	ЭИ	–	–	7,69
	ИИ	–	–	5-8
	ИО	–	–	0,50
Acanthocephala				
Neoechinorhynchus rutili кишечник	ЭИ	–	2 (8)	11,54
	ИИ	–	1	1-2
	ИО	–	0,25	0,19
Итого видов паразитов		2	4	6
Общая зараженность паразитами, %		17,65	75,00	100,00

Примечание. Обозначения см. табл. 55.

Доминирующий вид в составе паразитофауны гольца р. Уса – личинка нематоды *R. acus* (табл. 60). Развитие гельминта протекает с участием олигохет и личинок хирономид (Определитель.., 1987), которые являются преобладающими по численности группами зообентоса в среднем и нижнем течении реки (Зинченко и др., 2019). Несмотря на высокие показатели инвазии рыбы (табл. 60), внешних и внутренних признаков острого токсикоза, характерных для рафидаскаридоза, у животных не наблюдается.

Паразитофауна *B. barbatula* в двух точках исследования на р. Уса характеризуется значительным сходством видового состава (q=0,67). Фауны червей усатого гольца, отловленного в рр. Тишерек и Уса, не имеют общих видов (табл. 60).

Паразитофауна сеголетков обыкновенной щуки *Esox lucius* Linnaeus, 1758 (Esocidae) и налима *Lota lota* Linnaeus, 1758 (Gadidae) р. Тишерек

В среднем и нижнем течении р. Тишерек, впадающей в Усинский залив Куйбышевского водохранилища, располагаются достаточно обширные нерестилища многих видов рыб, в т.ч. хозяйственно ценных. В таблице 61 представлены данные о зараженности сеголетков щуки и налима исследованного водотока.

Икрометание щуки приурочено к ранневесеннему периоду: рыбы нерестятся сразу же после вскрытия рек при температуре воды +5 °С, массовый нерест происходит при температуре +7-12 °С (апрель – начало мая). Нерестилища расположены на небольшой глубине,

где икра откладывается на затопленную в период половодья прибрежную растительность (Рыбы севера.., 2007).

В условиях р. Тишерек сеголетки щуки заражены 4 видами макропаразитов (табл. 61), из которых 2 вида (моногенея *Tetraonchus monenteron* и глохидии моллюсков-унионид) инвазируют хозяина топическим путем. Заражению способствует приуроченность сеголетков к прогреваемым мелководьям с обильной водной растительностью и стайность (последний фактор повышает вероятность приобретения узкоспецифичной моногенеи). Два вида метазойных паразитов молоди щуки циркулируют по пищевым сетям. Цестода *Triaenophorus nodulosus* и скребень *Pseudoechinorhynchus borealis* приобретаются рыбами при питании планктонными ракообразными (циклопами) и бокоплавами соответственно. Личинки *Esox lucius* на начальных этапах развития питаются преимущественно беспозвоночными, а при достижении длины тела 5 см переходят на хищное питание (Рыбы севера.., 2007). Основу питания сеголетков щуки составляли бокоплавы и молодь карповых.

Таблица 61. Зараженность макропаразитами сеголетков щуки и налима р. Тишерек

Паразит/локализация	П	Щука, n=3	Налим, n=3
Monogenea			
Tetraonchus monenteron жабры	ЭИ	1 (3)	–
	ИИ	2	–
	ИО	0,67	–
Cestoda			
Triaenophorus nodulosus, pl. печень	ЭИ	2 (3)	3 (3)
	ИИ	1	2-3
	ИО	0,67	2,33
Chromadorea			
Raphidascaris acus кишечник	ЭИ	–	1 (3)
	ИИ	–	1
	ИО	–	0,33
Acanthocephala			
Pseudoechinorhynchus borealis кишечник	ЭИ	2 (3)	–
	ИИ	1	–
	ИО	0,67	–
Acanthocephalus lucii кишечник	ЭИ	–	1 (3)
	ИИ	–	1
	ИО	–	0,33
Bivalvia			
Unionidae gen. sp., l. жаберные лепестки	ЭИ	1 (3)	–
	ИИ	1	–
	ИО	0,33	–
Итого видов паразитов		4	3
Общая зараженность, %		66,67	100,00

Примечание. Обозначения см. табл. 55.

Нерест налима происходит в декабре – феврале, вплоть до марта при температуре воды около 0 °С. Развитие икринок медленное и длится от 1 до 3 месяцев в зависимости от температуры воды (наиболее благоприятна температура от +1,5 до +4 °С). Спустя 3 недели после выклева молодь подходит к берегам, где активно питается, при этом предпочитая бентосных ракообразных. С увеличением температуры воды до +14-15 °С питание прекращается до осеннего понижения температуры.

В р. Тишерек сеголетки налима заражены 3 видами метазойных паразитов (табл. 61), все приобретены трофическим (алиментарным) путем. Водные беспозвоночные (веслоногие рачки, водяной ослик) играют значительную роль в питании молоди *Lota lota*, следствием чего хозяин заражается цестодой *T. nodulosus* и скребнем *Acanthocephalus lucii*. Обнаружение в кишечнике рыб нематоды *Raphidascaris acus* свидетельствует о включении в пищевой ра-

цион сеголеток налима рыбного компонента – молоди карповых.

Вместо заключения ниже приводим современное эпизоотическое состояние р. Уса и ее притоков.

Оценка эпизоотической обстановки в р. Уса (включая Усинский залив Куйбышевского водохранилища) и в притоках Тишерек и Теренгулька

Эпизоотическое благополучие любого водоема определяется, прежде всего, наличием в нем возбудителей болезней. В естественных водоемах эпизоотии рыб наблюдаются относительно редко благодаря стабильности сложившихся паразито-хозяинных отношений и наличию резистентности популяций гидробионтов к воздействию паразитов. Однако массовые инвазионные и бактериальные болезни, провоцирующие развитие многочисленных патологических нарушений в организме рыб и даже их гибель, периодически случаются.

Можно выделить несколько предпосылок возникновения эпизоотий, все они связаны с деятельностью человека. Во-первых, массовая инвазия патогенными паразитами может быть следствием ухудшения гидрологического и газового режима водоема, а также повышения численности популяций беспозвоночных гидробионтов, промежуточных хозяев гельминтов. Так, формирование в Усинском заливе Куйбышевского водохранилища (с. Муранка) устойчивого функционирующего очага постодиплостомоза (табл. 60) свидетельствует о высокой численности на мелководьях брюхоногого моллюска *Planorbis planorbis* – фитофильного прибрежно-водного вида, толерантного к эвтрофным условиям, что подтверждается литературными данными (Михайлов, 2014, 2017).

Вторая важнейшая причина развития эпизоотий рыб – натурализация в водоемах-реципиентах чужеродных видов паразитов (Molnar et al., 1994; Бисерова, 2010; Kvach et al., 2018). Зараженность речного окуня Усинского залива личинкой трематоды *Apophallus muehlingi* понто-азовского происхождения носит массовый характер – носителями инвазии является бóльшая часть популяции хозяина при высокой средней численности паразита и разнообразии мест его локализации (табл. 56). Учитывая высокую патогенность сосальщика в приобретенном ареале (Бисерова, 2005, 2010), можно говорить о формировании в водоеме особо опасного очага апофаллеза.

Паразиты, имеющие эпизоотическое значение, оказывают значительное влияние на здоровье и выживаемость рыб, выступая, таким образом, регуляторами численности их популяций. Возбудители массовых болезней рыб провоцируют различные патологические нарушения органов и тканей, а также тяжелые физиологические изменения в организме хозяев (в ряде случаев необратимые), что зачастую приводит к их гибели (Судариков и др., 2006; Извекова, Тютин, 2011). Кроме того, зараженная рыба представляет реальную и потенциальную угрозу для здоровья человека, употребляющего ее в пищу (Гаевская, 2005, 2015, 2016).

В исследованных водотоках (рр. Уса, Тишерек, Теренгулька) и в Усинском заливе Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища 12 из 27 зарегистрированных видов многоклеточных паразитов являются высокопатогенными для рыб. К ним относятся цестода *Triaenophorus nodulosus*, трематоды *Apophallus muehlingi, Ichthyocotylurus platycephalus, I. variegatus, Diplostomum* spp., *Posthodiplostomum cuticola, Paracoenogonimus ovatus*, нематоды *Eustrongylides excisus, Pseudocapillaria tomentosa, Raphidascaria acus*, скребень *Neochinorhynchus rutili* и рачок *Argulus foliaceus*. Ряд из них (*A. muehlingi, P. ovatus, E. excisus*) – возбудители ихтиозооантропонозов.

Несмотря на наличие достаточно разнообразной фауны патогенных паразитов, эпизоотическое состояние рек Уса, Тишерек и Теренгулька следует оценивать как относительно благополучное. Большую тревожность вызывает эпизоотическая обстановка в Усинском заливе Куйбышевского водохранилища, где зарегистрированы устойчивые очаги постодиплостомоза и апофаллеза.

2.2.11. Земноводные бассейна реки Уса: видовой состав, встречаемость, состояние популяций[1]

Земноводные являются важной частью как наземных, так и водных экосистем, представляя собой важный компонент биоценотических связей. Особенности биологии – эмбриональное и личиночное развитие в водоемах, обитание в определенном диапазоне экологических условий (pH нерестовых водоемов, температуры и влажности, наличие мест зимовок и трофических стаций) – делает амфибий чувствительными к антропогенной трансформации местообитаний (Вершинин, 1997; Кузьмин, 2012; Особенности пресноводных.., 2011; Файзулин, 2022; Файзулин и др., 2013).

Представлена характеристика видового состава, распространения амфибий и численности земноводных на территории бассейна р. Уса, а также состояния популяции озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* по уровню флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков.

Первые данные о земноводных, которые можно отнести к бассейну р. Уса – это сообщение М.Н. Богданова (1841-1888), который упоминает «лягушек» в питании птиц (черного коршуна) на территории Симбирской губернии (Богданов, 1871). Для Сызранского уезда в очерке Н.О. Рыжкова (год издания не указан, но в разделе «От автора» сообщается, что очерк написан к августу 1926 г.) названы «… зеленые и серые жабы, лягушки и пр. …» (с. 25). В первом издании книги «Животный мир Среднего Поволжья» П.А. Положенцев (1937) приводит краткие очерки о 9 видах амфибий. В заметке В.А. Кизерицкого (1939) для фауны Жигулей названо 10 видов амфибий, отмечено отсутствие в фауне Куйбышевской (ныне Самарской) области квакши. П.А. Положенцев во втором издании «Животного мира Среднего Поволжья» (1941) расширяет, по сравнению с первым изданием (1937), список земноводных, добавляя в него гребенчатого тритона. М.А. Емельянов (1938) в своей популярной книге о Жигулях упоминает не менее двух видов лягушек, обитающих на Самарской Луке: «Вблизи озер и влажных мест попадаются лягушки обычно двух видов – зеленая и травяная» (с. 50). В третьей четверти XX века появляется сводка по Куйбышевской области (Шиклеев, 1951), с отдельной главой «Куйбышевский государственный заповедник» (в настоящее время – Жигулевский заповедник), автор которой Е.М. Снигиревская (1951) сообщает об обитании в заповеднике 5 видов амфибий.

Находки земноводных регистрировались в «Карточках встреч животных Жигулевского заповедника им. И.И. Спрыгина, 2.08.1990», например, для пос. Междуреченск (рис. 66). В 2002 г. опубликована монография «Материалы к кадастру амфибий и рептилий бассейна Средней Волги» с данными по Самарской (Бакиев, Файзулин, 2002) и Ульяновской (Кривошеев и др., 2002) областям. Результаты исследований земноводных обобщены в монографии «Амфибии Самарской области» (Файзулин и др., 2013) и позднее «Земноводные Среднего Поволжья: фауна и экология» (Файзулин, 2019, 2022). Дополненные данные о распространении амфибий, в том числе в западной части бассейна р. Уса, приводятся в книгах «Кадастр фауны: амфибии и рептилии Ульяновской области. Экология и охрана» (Кривошеев, 2006в, 2008), а в отдельных публикациях – для зеленой жабы (Кривошеев, 2006а) и остромордой лягушки (Кривошеев, 2006б).

Исследуются ООПТ, размещенные в бассейне р. Уса и в непосредственной близости от его границ, в частности, национальный парк «Самарская Лука» (Файзулин, 2009б), а также памятники природы регионального значения (далее – ППРЗ): «Рачейская тайга», «Рачейские скалы», «Малоусинские нагорные сосняки и дубравы» и «Моховое болото» (Кузовенко, Файзулин, 2023). С территории бассейна р. Уса собраны материалы для фондовой коллекции Института экологии Волжского бассейна РАН, среди которых – экземпляры озерной (№№ коллекционные: ИЭВБ.65/278; ИЭВБ.171/710; ИЭВБ.185/755; ИЭВБ.245/1197-1202) и

[1] Файзулин А.И.

травяной (№ коллекционный: ИЭВБ.21/65) лягушек (Файзулин, 2009а).

В 1996-1998, 2012 и 2023 гг. состав земноводных обследован в 26 географических пунктах на территории бассейна р. Уса. Пункты обследования амфибий представлены на рис. 66, видовой состав и оценка численности – в табл. 62.

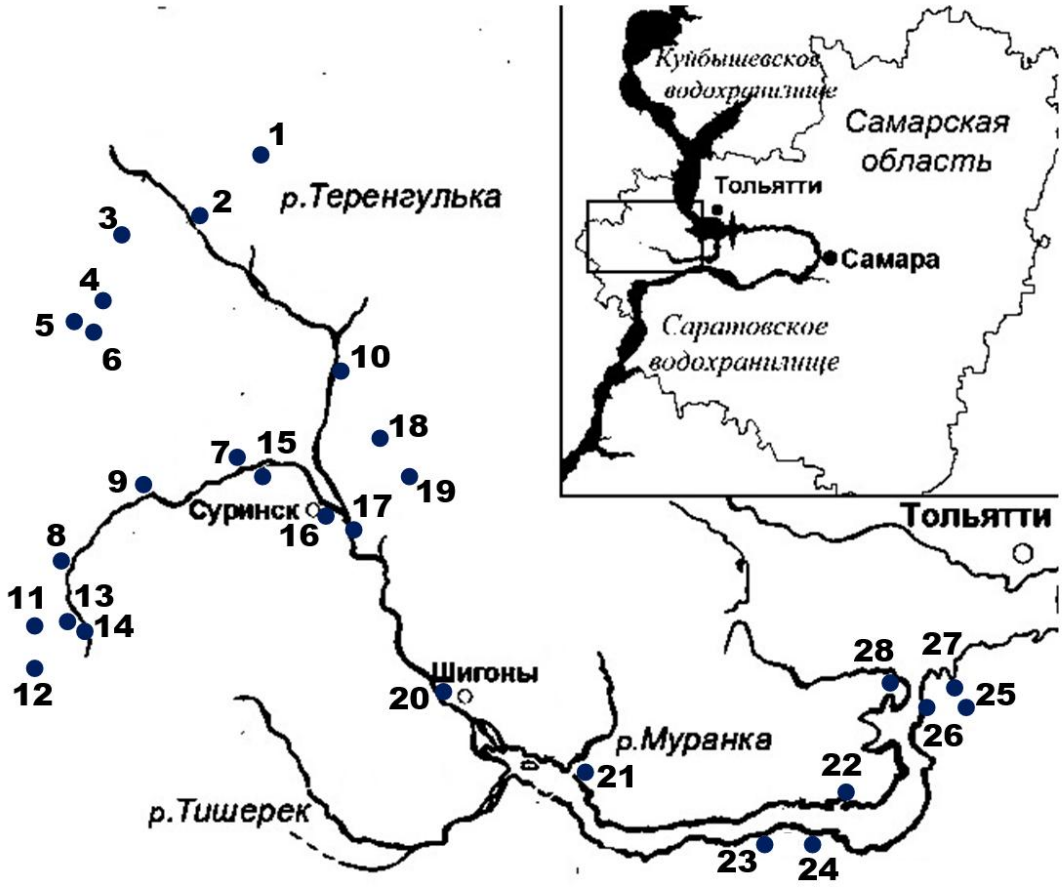


Рис. 66. Пункты обследования амфибий на территории бассейна р. Уса. Ульяновская область (кадастр – в тексте раздела, видовой состав – в табл. 62).

Примечание: пп. 11 и 12 лежат за пределами границ бассейна.

Кадастр к рис. 66, географические пункты обследования амфибий:

Ульяновская область: 1) «Молвино», Тереньгульский район, р. Молвино, с. Молвино, 2,5-3 км северо-восточнее с. Молвино (Кривошеев, 2008); 2) «Тереньгулька», Тереньгульский район, р. Теренгулька, 1,5 км северо-восточнее пос. Тереньга (Кривошеев, 2008); 3) «Гладчиха», Тереньгульский район, р. Балдашка, 1,5 км севернее с. Гладчиха (Кривошеев и др., 2002; Кривошеев, 2008); 4) «Сосновка», Тереньгульский район, р. Кока, 5 км северо-западнее с. Сосновка (Кривошеев, 2008); 5) «Безводовка», Кузоватовский район, р. Борла, с. Безводовка (Кривошеев и др., 2002); 6) «Борла», Кузоватовский район, р. Борла, 3 км севернее с. Малая Борла (Кривошеев, 2008); 7) «Гавриловка», Кузоватовский район, р. Уса, 4 км северо-западнее с. Гавриловка (Кривошеев, 2008); 8) «Алешкино», Кузоватовский район (р. Коста и р. Уса), 3 км восточнее с. Алешкино (Кривошеев, 2008); 9) «Елшанка», Кузоватовский район, р. Уса, 3 км юго-западнее с. Елшанка (Кривошеев, 2008).

Самарская область: 10) «Тукшум», Шигонский район, окр. с. Новый Тукшум (Кузовенко, Файзулин, 2019); 13) «Смолькино», Сызранский район, окр. с. Смолькино, оз. Чайное, пруд на р. Паяунь (Бакиев, Файзулин, 2002, 2019; Файзулин, 2009б; Файзулин и др., 2011, 2013; Ермаков и др., 2014); 14) «Малоусинский», Сызранский район, ППРЗ «Малоусинские нагорные сосняки и дубравы», в 1 км к востоку от с. Смолькино (Файзулин и др., 2013; Фай-

зулин, 2022); 15) «Калиновка», Шигонский район, на границе с Ульяновской областью, окр. с. Калиновка, 31.06.2011 (Файзулин и др., 2013; Файзулин, 2022); 16) «Суринск», Шигонский район, с. Суринск, р. Уса, 30.06.2011 (Файзулин и др., 2013); 17) «Бичевной», Шигонский район, пос. Бичевной, 30.06.2011 (Файзулин и др., 2013); 18) «Биринск», Шигонский район, д. Биринск, 30.06.2011 (Файзулин и др., 2013); 19) «Кузькино», Шигонский район, с. Кузькино (Кузовенко, Файзулин, 2019, данные автора); 20) «Шигоны», Шигонский район, р. Уса, окр. с. Шигоны (данные автора); 21) «Муранка», Шигонский район, окр. с. Муранка, Муранский бор (Бакиев, Файзулин, 2002; Файзулин и др., 2013); 22) «Комаровка», Шигонский район, окр. с. Комаровка, Муранский бор, мелководья Усинского залива (Бакиев, Файзулин, 2002; Файзулин и др., 2013, данные автора); 23) «Междуреченск», Сызранский район, пос. Междуреченск, «…окраина п. [пос.] Междуреченск, старые карьеры»: жерлянка краснобрюхая [Карточка встреч животных Жигулевского заповедника им. И.И. Спрыгина, 2.08.1990] (Файзулин и др., 2013; данные автора); 24) «Переволоки», Сызранский район, р. Уса (Усинский залив) окр. с. Переволоки (Бакиев, Файзулин, 2002; Файзулин, 2009б; Файзулин и др., 2013); 25) «Жигули-1», Ставропольский район, НП «Самарская Лука», окр. с. Жигули, залив Куйбышевского вдхр., подножье горы Лепешка (Бакиев, Файзулин, 2002; 2019; Файзулин, 2009а, б; Файзулин и др., 2013); 26) «Богатырская слобода», Ставропольский район, в 3 км к западу от с. Жигули, берег Усинского залива Куйбышевского вдхр. (Файзулин, 2009б; Файзулин и др., 2013); 27) «Жигули-2», Ставропольский район, НП «Самарская Лука», в 2 км к северо-западу от с. Жигули (Файзулин, 2009б; Файзулин и др., 2013); 28) «Березовка», Шигонский район, окр. с. Березовка (Бакиев, Файзулин, 2002; Файзулин и др., 2013).

Установлено, что батрахофауна бассейна р. Уса, по ранее опубликованным и собственным данным (Бакиев, Файзулин, 2002), включает 10 из 12-ти видов, обитающих в Самарской и из 11-ти – в Ульяновской областях (Файзулин, 2022). Это – гребенчатый тритон *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768), обыкновенный тритон *Lissotriton vulgaris* (Linnaeus, 1758), краснобрюхая жерлянка *Bombina bombina* (Linnaeus, 1761), чесночница Палласа *Pelobates vespertinus* (Pallas, 1771), серая или обыкновенная жаба *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758), зеленая жаба *Bufotes viridis* (Laurenti, 1768), прудовая лягушка *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882), озерная лягушка *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), травяная лягушка *Rana temporaria* Linnaeus, 1758, остромордая лягушка *Rana arvalis* Nilsson, 1842.

В западной части бассейна р. Уса, где выявлены совместные популяции родительских видов – озерной *P. ridibundus* и прудовой *P. lessonae* лягушек, возможно обнаружение гибридогенного вида – съедобной лягушки *Pelophylax esculentus* (Linnaeus, 1758). На территории бассейна р. Уса, по нашим данным, обитают 4 вида включенных в Красную книгу Самарской области, – гребенчатый и обыкновенный тритоны, серая жаба и травяная лягушка (Файзулин и др., 2021). Как видно из табл. 62, наибольшее число (7 видов амфибий) отмечено в верховьях бассейна р. Уса. Это связано с низкой степенью трансформации местообитаний и утраты обширной поймы с множеством пойменных водоемов в нижнем течении р. Уса.

Отмечены виды земноводных, включенных в Красную книгу Самарской области – тритон обыкновенный (Кузовенко и др., 2019), тритон гребенчатый (Файзулин, 2019), жаба серая (Кузовенко, Файзулин, 2019) и лягушка травяная (Бакиев, Файзулин, 2019), а также прудовая лягушка, которая внесена в Приложение «Список редких и уязвимых таксонов, не включенных в Красную книгу Самарской области, но нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении» (Красная книга.., 2019). Из находящихся в Красной книге Ульяновской области обнаружены 2 вида земноводных – гребенчатый тритон (Кривошеев, 2015б) и травяная лягушка (Кривошеев, 2015а), а также обыкновенный тритон и серая жаба, включенные в Приложение 3 «Перечень (список) объектов растительного, животного мира и грибов Ульяновской области, нуждающихся в особом внимании» (Красная книга .., 2015).

Таблица 62. Оценка встречаемости земноводных на территории бассейна р. Уса

№	Географический пункт*	Оценка встречаемости для видов**										
		Triturus cristatus	*Lissotriton vulgaris*	*Bombina bombina*	*Pelobates vespertinus*	*Bufo bufo*	*Bufotes viridis*	*Pelophylax ridibundus*	*Pelophylax lessonae*	*Rana temporaria*	*Rana arvalis*	$N_{видов}$***
1	Молвино	I	0	II	0	0	III	0	II	I	0	5
2	Тереньгулька (р. Теренгулька)	0	0	0	0	I	III	III	0	0	II	4
3	Гладчиха (р. Балдашка)	0	0	II	0	0	III	III	0	I	II	5
4	Сосновка (р. Кока)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	II	1
5	Безводовка	0	0	II	0	0	0	III	0	0	0	2
6	Малая Борла (р. Борла)	0	0	II	II	0	0	0	0	0	0	2
7	Гавриловка (р. Уса)	0	0	II	0	0	III	III	0	0	0	3
8	Алешкино (р. Коста и р. Уса)	I	0	0	0	0	III	0	0	0	0	2
9	Елшанка (р. Уса)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
10	Нов. Тукшум (р. Теренгулька)	0	0	0	0	I	0	III	0	0	II	3
11	Смолькино	0	I	0	0	0	0	IV	0	I	II	4
12	ППРЗ «Малоусинские нагорные сосняки и дубравы»	0	0	0	0	0	0	III	0	I	II	3
13	Калиновка	0	0	0	0	0	0	III	II	0	0	2
14	Суринск (р. Уса)	0	0	0	0	0	0	III	0	0	0	1
15	Бичевной	0	0	0	0	0	0	III	0	0	0	1
16	Биринск	0	0	0	0	0	0	III	0	0	0	1
17	Кузькино	0	0	0	II	0	0	III	0	I	II	4
18	Шигоны (р. Уса)	0	0	0	0	0	0	IV	0	0	0	1
19	Муранка	0	0	0	0	0	0	III	0	0	0	1
20	Комаровка (Усинский залив)	0	0	II	IV	0	0	III	0	0	0	3
21	Междуреченск	0	0	III	0	0	II	III	0	0	0	3
22	Переволоки	0	0	II	II	0	II	III	0	0	III	5
23	Жигули	0	0	0	II	0	II	IV	0	0	0	3
24	«Богатырская слобода»	0	0	0	0	0	0	III	0	0	0	1
25	2 км к северу от с. Жигули	0	1	0	III	0	0	III	0	–В	0	3
26	Березовка	0	0	0	0	0	II	IV	0	0	0	2

Примечание: * географические пункты (кадастр в тексте раздела); ** оценка встречаемости (по: Пестов и др., 2002, с дополнениями): «0» – вид не отмечен (встречи отсутствуют), «–В», вид исчез; «I» – вид редок (нерегулярные встречи одиночных особей), «II» – вид малочисленный (регулярные встречи единичных особей на отдельных маршрутах), «III» – вид обычен (регулярные встречи единичных особей на большинстве маршрутов), «IV» – вид многочисленный (встречи большого числа особей на большинстве маршрутов); *** число видов.

Состояние популяции амфибий рассмотрено на примере озерной лягушки ***P. ridibundus***, которая в районе бассейна р. Уса является наиболее многочисленным видом земноводных (табл. 62). Высокая численность и широкое распространение озерной лягушки позволяют использовать данный вид для биоиндикации качества среды апробированными методами, например, по характеристике нарушения стабильности развития, оценкой которого является флуктуирующая (незначительная, ненаправленная) асимметрия билатеральных признаков.

Анализ уровня флуктуирующей асимметрии проводился в Самарской области в бассейне р. Чапаевка (Экологическое состояние .., 1997; Чубинишвили, 1998). Для характеристики флуктуирующей асимметрии нами использован показатель «частота асимметричного проявления признака» (ЧАПП) (Захаров и др., 2000).

Балльная оценка уровня нарушения стабильности развития по показателю ЧАПП для Среднего Поволжья (Захаров и др., 2000) представлена в табл. 63.

Таблица 63. Балльная оценка показателя стабильности развития (ЧАПП)

Уровень нарушения стабильности	Границы показателя стабильности развития (ЧАПП) по: (Захаров и др., 2000)	Баллы
Условно нормальное	< 0,50	I
Начальные отклонения от нормы	0,50-0,55	II
Средний уровень отклонений от нормы	0,55-0,60	III
Существенные (значительные) отклонения от нормы	0,60-0,65	IV
Критическое состояние	> 0,65	V

Для сравнения состояния популяции озерной лягушки бассейна р. Уса и сопредельных территорий в 1998-2005 гг. произведены выборки в трех географических пунктах бассейна р. Уса в границах Самарской области (табл. 64): с. Смолькино, пруд притока р. Уса, Сызранский район (2012); с. Шигоны, Шигонский район, р. Уса (2023); с. Биринск, Шигонский район, пруд (2012); также использованы выборки из ближайших к Усинскому заливу географических пунктов с прибрежного мелководья Куйбышевского водохранилища: с. Подвалье (2012); с. Климовка (2005).

Таблица 64. Уровень нарушения стабильности развития популяций озерной лягушки в бассейне р. Уса и на сопредельных территориях

Локалитет	Показатели стабильности развития (ЧАПП)	Баллы
Условно нормальное (< 0,50)		
Смолькино	0,49	I
Начальные отклонения от нормы (0,50-0,55)		
Шигоны	0,53	II
Биринск	0,55	
Средний уровень отклонений от нормы (0,55-0,60)		
Подвалье	0,57	III
Критическое состояние (> 0,65)		
Климовка	0,66	V

Судя по таблице 64, можно выделить популяции с критическим уровнем нарушения морфогомеостаза (V баллов) на мелководье Куйбышевского водохранилища («Климовка»). Начальные отклонения от нормы (II балла) отмечены в популяциях «Шигоны» и «Биринск». Средний уровень отклонений от нормы отмечен в заливах Куйбышевского водохранилища у с. Подвалье. Наиболее стабильны условия развития (I балл) в популяции «Смолькино», обитающей в верховьях притока р. Уса с низкой трансформацией местообитаний.

Наблюдаемый уровень нарушения стабильности развития позволяет говорить о пониженном антропогенном воздействии на популяцию озерной лягушки в условиях верхнего течения р. Уса (табл. 64), сходных с условиями среднего течения р. Кондурча бассейна р. Сок (Особенности пресноводных.., 2011). Подобный уровень флуктуирующей асимметрии характерен для популяций, обитающих на особо охраняемых природных территориях региона. По нашему мнению, данный уровень нарушения стабильности развития можно считать эталонным или контрольным при проведении биоиндикационных исследований в регионе. Ухудшение стабильности развития наблюдается от истока к устьевым участкам, с наибольшими показателями в условиях мелководья заливов, образованных Куйбышевским водохранилищем.

2.2.12. Пресмыкающиеся бассейна реки Уса[1]

Современная фауна пресмыкающихся речного бассейна Усы включает 9 видов. Согласно принятой нами в настоящее время систематике, это – представители семи родов из четырех семейств:

Класс Пресмыкающиеся Reptilia Laurenti, 1768
Отряд Чешуйчатые – Squamata Oppel, 1811
Подотряд Ящерицы – Sauria Macartney, 1802
Семейство Веретеницы – Anguidae Gray, 1825
Род Настоящие веретеницы – *Anguis* Linnaeus, 1758
Вид Колхидская веретеница – *Anguis colchica* (Nordmann, 1840)
Семейство Настоящие ящерицы – Lacertidae Oppel, 1811
Род Зеленые ящерицы – *Lacerta* Linnaeus, 1758
Вид Прыткая ящерица – *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758
Род лесные ящерицы – *Zootoca* Wagler, 1830
Вид Живородящая ящерица – *Zootoca vivipara* (Lichtenstein, 1823)
Подотряд Змеи – Serpentes Linnaeus, 1758
Семейство Ужовые – Colubridae Oppel, 1811
Род Медянки – *Coronella* Laurenti, 1768
Вид Обыкновенная медянка – *Coronella austriaca* Laurenti, 1768
Род Лазающие полозы – *Elaphe* Wagler, 1833
Вид Узорчатый полоз – *Elaphe dione* (Pallas, 1773)
Род Настоящие ужи – *Natrix* Laurenti, 1768
Вид Обыкновенный уж – *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758)
Вид Водяной уж – *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768)
Семейство Гадюковые – Viperidae Oppel, 1811
Род Настоящие гадюки – *Vipera* Laurenti, 1768
Вид Обыкновенная гадюка – *Vipera berus* (Linnaeus, 1758)
Вид Восточная степная гадюка – *Vipera renardi* (Christoph, 1861).

Колхидская веретеница *Anguis colchica*. Ранее род *Anguis* признавали монотипическим, представленным единственным видом – Ломкая веретеница *A. fragilis* Linnaeus, 1758. При этом полагали, что бассейн реки Усы территориально относится либо к ареалу номинативного подвида *A. f. fragilis* Linnaeus, 1758, либо к ареалу колхидского подвида *A. f. colchicus* (Nordmann, 1840). Номинативная и колхидская формы почти не отличаются по морфологическим признакам, в связи с чем существование последней формы длительное время отвергалось (Терентьев, Чернов, 1949; Банников и др., 1977; Ананьева и др., 1998; Туниев, 2001). В результате изучения структуры рода *Anguis* с помощью молекулярно-генетических методов (Gvoždík et al., 2010) он был разделен на пять отдельных видов: *A. fragilis* Linnaeus, 1758; *A. colchica* (Nordmann, 1840); *A. cephalonica* Werner, 1894; *A. graeca* Bedriaga, 1881; *A. veronensis* Pollini, 1818. Выяснилось, что все сведения о веретеницах с территории бывшего СССР (за исключением части Прибалтики) относятся к колхидской веретенице, следовательно, в Усинском бассейне обитает *A. colchica*. Изучение филогенетических взаимоотношений между популяциями колхидской веретеницы позволило установить, что в составе данного вида выделяется не менее трех внутривидовых форм: *A. c. colchica* обитает на территории Кавказа (образцы из Грузии, Турции и Краснодарского края РФ), *A. c. incerta* Krynicki, 1837 – в Восточной и Центральной Европе (Литва, Польша, Румыния, Словакия, Чехия), *A. c. orientalis* – в Юго-Западном Прикаспии (Иран) (Gvoždík et al., 2010). В речном бассейне Усы веретеница известна из Тереньгульского района Ульяновской облас-

[1] Бакиев А.Г., Кленина А.А., Горелов Р.А.

ти (Кривошеев, 2006в), Ставропольского, Сызранского и Шигонского районов Самарской области (Бакиев, Файзулин, 2002). Вопрос о подвидовой принадлежности колхидской веретеницы из Усинского бассейна остается открытым.

Под названием «Веретеница ломкая *Anguis fragilis*» таксон занесен в Приложение № 3 «Перечень (список) объектов растительного, животного мира и грибов Ульяновской области, нуждающихся в особом внимании» к Красной книге Ульяновской области (2015, с. 43) и в Приложение «Список редких и уязвимых таксонов, не включенных в Красную книгу Самарской области, но нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении» к Красной книге Самарской области (2019, с. 308).

Прыткая ящерица *Lacerta agilis* – самый распространенный и многочисленный вид пресмыкающихся в Усинском бассейне, представленный здесь восточным подвидом *L. a. exigua* Eichwald, 1831. В литературных источниках (Прыткая ящерица, 1976; Гаранин, 1983; Бакиев, Файзулин, 2002; Кривошеев и др., 2002; Кривошеев, 2006в) отмечены места встреч вида из Усинского бассейна в Тереньгульском районе Ульяновской области, Ставропольском, Сызранском (фото 13) и Шигонском районах Самарской области.



Фото 13. Прыткая ящерица – Самарская область, Сызранский район, северо-восточные окрестности с. Переволоки (53.2559º N, 49.1926º E), 1 мая 2023 г., фото А.А. Клениной.

Живородящая ящерица *Zootoca vivipara*. В бассейне Усы, откуда вид известен по встречам из Ставропольского и Сызранского районов Самарской области (Шапошников, 1978; Горелов, 1995; Бакиев, Файзулин, 2002; Епланова, 2010; Кузовенко и др., 2020; Атяшева и др., 2021), распространен номинативный подвид *Z. v. vivipara* (Lichtenstein, 1823).

Природоохранный статус вида в Красной книге Самарской области (2019): 3 – редкий вид.

Обыкновенная медянка *Coronella austriaca* из речного бассейна Усы представлена номинативным подвидом *C. a. austriaca* Laurenti, 1768. Встречена здесь в Тереньгульском районе Ульяновской области, Ставропольском, Сызранском (фото 14) и Шигонском районах

Самарской области (Бакиев, Файзулин, 2002; Кривошеев и др., 2002; Бакиев и др., 2004, 2009; Кривошеев, 2006в; Кленина, Бакиев, 2018; Атяшева и др., 2021).

Вид включен в Красную книгу Ульяновской области (2015) с категорией и статусом: 3б – таксон, имеющий значительный ареал, в пределах которого встречается спорадически и с небольшой численностью популяций; редкий вид с естественной невысокой численностью. Природоохранный статус в Красной книге Самарской области (2019): 3 – редкий вид.



Фото 14. Обыкновенная медянка – Самарская область, Сызранский район, северные окрестности с. Переволоки, берег Усинского залива (53.2623º N, 49.1910º E), 20 июля 2012 г., фото А.А. Клениной.

Узорчатый полоз *Elaphe dione* считается монотипическим видом, но представления о внутривидовой дифференциации комплекса *E. dione* противоречивы. Данные, полученные методом полимеразной цепной реакции с использованием случайных праймеров свидетельствуют в пользу того, что вид не является монотипическим; консенсусное дерево демонстрирует дифференциацию на западную и восточную группы, причем уровень полиморфизма в восточной группе выше, чем в западной, а дальневосточные экземпляры больше тяготеют к двухпятнистому лазающему полозу *E. bimaculata* Schmidt, 1925, чем к представителям *E. dione*, обитающим западнее (Смирнова и др., 2003). По мнению Е.А. Дунаева и В.Ф. Орловой (2017): «Подвидовая систематика нуждается в доработке. Возможно, что дальневосточные популяции относятся к полозу Черского *E. d. czerskii* (Nikolsky, 1914)» (с. 250). Из речного бассейна Усы известен по встречам в Ставропольском и Шигонском (фото 15) районах Самарской области (Бакиев, Файзулин, 2002; Бакиев и др., 2004, 2009; Кленина, Бакиев, 2018).

Природоохранный статус вида в Красной книге Самарской области (2019): 3 – редкий вид.

Обыкновенный уж *Natrix natrix*. Ранее считалось (Банников и др., 1977), что в Заволжье распространен восточный подвид *N. n. scutata* (Pallas, 1771), а в Предволжье, к которому территориально относится бассейн Усы, – номинативный подвид *N. n. natrix* (Linnaeus, 1758). Позже, основываясь на объединенных митохондриальных и ядерных геномных данных, М. Асталос и соавторы (Asztalos et al., 2021) расширили представления об ареале восточного подвида: в частности, о северо-восточной части ареала, которая, по данным этих исследова-

телей, простирается от восточной Польши и Финляндии до Казахстана и Прибайкалья. Таким образом, обыкновенный уж в речном бассейне Усы представлен подвидом *N. n. scutata*. Встречен здесь в Тереньгульском районе Ульяновской области, Ставропольском, Сызранском (фото 16) и Шигонском районах Самарской области (Бакиев, Файзулин, 2002; Кривошеев и др., 2002; Бакиев и др., 2004, 2009; Кривошеев, 2006в; Атяшева и др., 2021).



Фото 15. Узорчатый полоз – Самарская область, Шигонский район, южные окрестности с. Березовка, берег Усинского залива (53.3641º N, 49.2151º E), 15 августа 2023 г., фото А.А. Клениной.

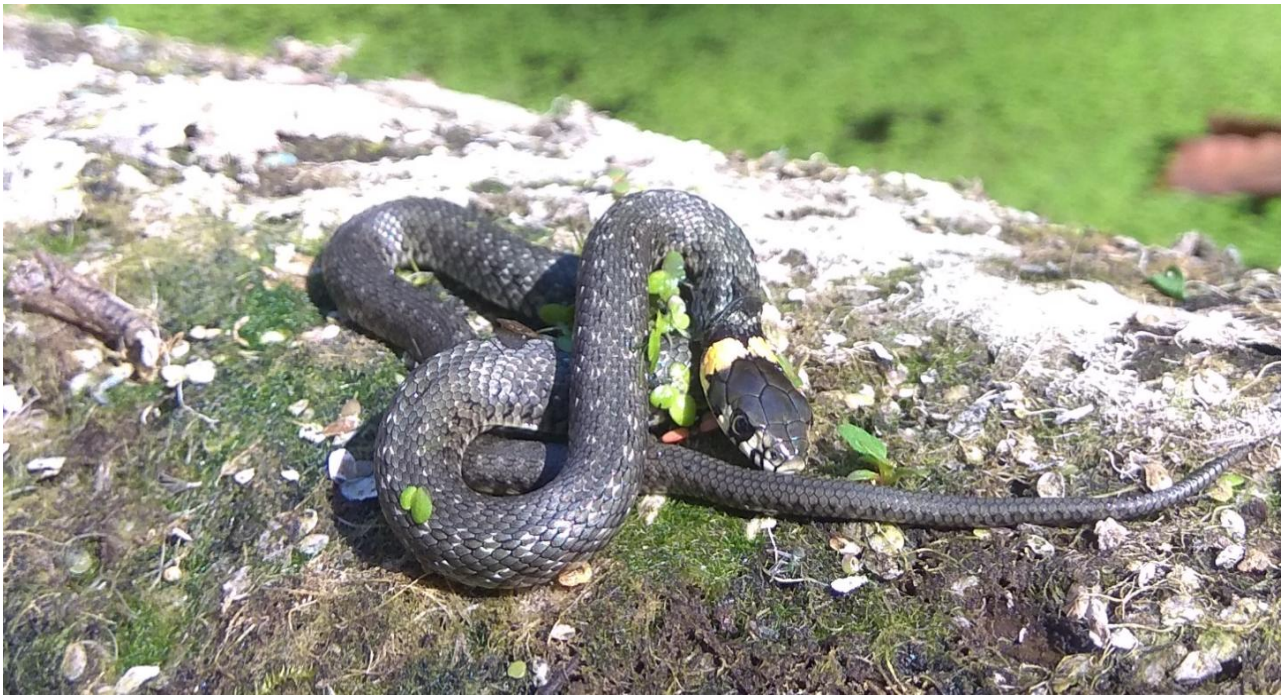


Фото 16. Обыкновенный уж – Самарская область, Сызранский район, северные окрестности с. Переволоки, берег Усинского залива (53.2626º N, 49.1912º E), 26 августа 2019 г., фото А.А. Клениной.

Вид занесен в Приложение к Красной книге Самарской области (2019) «Список редких и уязвимых таксонов, не включенных в Красную книгу Самарской области, но нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении».

Водяной уж *Natrix tessellata* –монотипический вид. В речном бассейне Усы известен из Ставропольского и Шигонского (фото 17) районов Самарской области (Кизерицкий, 1939; Бакиев, Файзулин, 2002; Бакиев и др., 2004, 2009; Кленина, Бакиев, 2018).

Природоохранный статус вида в Красной книге Самарской области (2019): 3 – редкий вид.



Фото 17. Водяные ужи – Самарская область, Шигонский район, южные окрестности с. Березовка, берег Усинского залива (53.3638º N, 49.2147º E), 27 апреля 2012 г., фото А.А. Клениной.

Обыкновенная гадюка из речного бассейна Усы, где встречена в Ставропольском (фото 18), Сызранском и Шигонском районах Самарской области, имеет смешанные признаки двух подвидов – номинативного *V. b. berus* (Linnaeus, 1758) и лесостепного *V. b. nikolskii* Vedmederja, Grubant et Rudaeva, 1986 (Бакиев, Файзулин, 2002; Бакиев и др., 2004, 2009, 2015; Bakiev u. a., 2005; Горелов, 2017; Атяшева и др., 2021).

Природоохранный статус в Красной книге Самарской области (2019): 3 – редкий вид.

Восточная степная гадюка *Vipera renardi* в речном бассейне Усы представлена номинативным подвидом *V. r. renardi* (Christoph, 1861) и известна из Тереньгульского района Ульяновской области (Кривошеев и др., 2002; Бакиев и др., 2004, 2015; Кривошеев, 2006в).

Вид включен в Красную книгу Ульяновской области (2015) с категорией и статусом: 3б – таксон, имеющий значительный ареал, в пределах которого встречается спорадически и с небольшой численностью популяций.

В XX веке из герпетофауны речного бассейна Усы исчез один вид ящериц.

Класс Пресмыкающиеся Reptilia Laurenti, 1768
Отряд Чешуйчатые – Squamata Oppel, 1811
Подотряд Ящерицы – Sauria Macartney, 1802
Семейство Настоящие ящерицы – Lacertidae Oppel, 1811
Род Ящурки – *Eremias* Fitzinger in Wiegmann, 1834
Вид Разноцветная ящурка – *Eremias arguta* (Pallas, 1773)



Фото 18. Обыкновенная гадюка – Самарская область, Ставропольский район, Усинский курган (гора Лепешка) (53.3928º N, 49.2666º E), 2 июня 2010 г., фото А.А. Клениной.

Разноцветная ящурка *Eremias arguta* отмечалась в первой половине XX в. без указания локалитетов на территории Самарской Луки (Емельянов, 1938; Кизерицкий, 1939), возможно, относящейся и к правобережной части речного бассейна Усы.



Фото 19. Вход в пещеру Вованова – Самарская область, Ставропольский район, скальный уступ у берега Усинского залива (53.344417º N, 49.235111º E), 23 июня 2010 г., фото А.Г. Бакиева.

В 2010 г. нами (Яковлев и др., 2013) были опробованы рыхлые отложения в пещере Вованова. Пещера расположена в Ставропольском районе Самарской области, на территории Национального парка «Самарская Лука», в 3,5 км к западу от с. Жигули, на правом берегу Усинского залива Куйбышевского водохранилища, в верхней части скального уступа. Вход 1,5×0,5 м ориентирован на запад (фото 19). В 2 м от входа в пещере был заложен разведочный шурф площадью 0,5×0,5 м и глубиной 0,45 м. Порода из шурфа извлекалась по условным горизонтам мощностью 0,05 м, что соответствовало одной пробе. Находка остатков разноцветной ящурки в слое 2, возраст которого составляет 100-200 лет, свидетельствует в пользу того, что всего несколько десятилетий назад вид обитал около устья Усы.

Не исключено, что исчезновение разноцветной ящурки в бассейне р. Уса во второй половине XX в. связано с созданием Куйбышевского водохранилища, заполнение которого происходило в 1955-1957 гг. К возможным причинам исчезновения вида можно отнести затопление стаций и изменение микроклимата рядом с водохранилищем (Бакиев, 2023).

Глава 3

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВИДОВОГО БОГАТСТВА СООБЩЕСТВ ЛОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

3.1. Многомерный статистический анализ гидросистем на примере донных сообществ реки Уса[1]

В разделе показана роль методов многомерного анализа в оценке экологии речных донных сообществ на примере равнинных рек для обработки информации с целью выявления значимых статистических связей таксономической структуры с абиотическими факторами воздействия.

В качестве примера рассматривается сообщество донных организмов малой равнинной р. Уса, являющейся притоком Куйбышевского водохранилища. Подробно обсуждаются результаты анализа данных гидробиологической съемки различными методами непрямой и прямой многомерной ординации, на основании которых формулируются выводы по экологическим особенностям водотока. Показаны основные перспективы и направления развития методов статистического анализа.

Многочисленными привлекательными свойствами для выполнения подобного анализа обладают многомерные статистические методы, успешно адаптированные к обработке экологических данных в 80-х годах прошлого столетия (Orloci, 1966; Whittaker, 1967; Greenacre, 1984; Digby, Kempton, 1987; Jongman et al., 1987; McCune, Grace, 2002). Применительно к экологии сообществ решаются задачи такого анализа разной степени сложности, постановка которых обусловлена, как правило, целью проводимого исследования и доступностью исходных данных.

Так, например, непрямая или «необъясненная» ординация (***unconstrained ordination***) **выполняется с использованием только таблицы «виды – местообитания» и ставит своей целью** получить отображение в ортогональной системе координат структурных закономерностей изучаемого сообщества в форме графических проекций распределения популяций по биотопам. При этом обычно формируется отчетливая и хорошо интерпретируемая группировка видов и/или местообитаний, появляется возможность выявить закономерности взаимосвязи между выделенными группами или сравнить ординационные графики за разные периоды времени. Однако непрямую ординацию считают «пассивным путем» (Kenkel, 2006), который ограничивается лишь фиксацией некоторого распределения точек на плоскости. Получаемым конфигурациям точек можно приписать влияние неких предположительных экологических градиентов, но никаких формальных доказательств этому не дается.

Прямая или объясненная (*constrained*) ординация ставит своей целью связать внутреннюю изменчивость видовой структуры сообщества с теми или иными факторами внешних воздействий. Концептуально эта форма многомерного анализа, называемая канонической, позиционируется как расширение идей регрессионного анализа на моделирование многомерного отклика при одновременном использовании алгоритмов редукции данных. Формально речь идет о построении модели регрессии: $\mathbf{Y} = f(\mathbf{X})$, где $\mathbf{Y}$ – матрица размером $n \times m$ содержит значения отклика y_{ij} (т.е. популяционные плотности j-го вида, $j = 1, .., m$, для каждого i-го местообитания, $i = 1, .., n$); $\mathbf{X}$ – матрица размером $n \times q$, в которой определены значения объясняющих абиотических факторов x_{ik}., измеренные в каждой i–й точке пространства.

Поскольку переменные отклика $\mathbf{Y}$ и объясняющих факторов $\mathbf{X}$, как правило, высоко коррелированны, возникают еще более сложные вопросы количественной оценки вклада их взаимодействий в совокупную многомерную дисперсию (*Inertia*) данных. Это обусловило появление группы новых методов, основанных на анализе ковариаций (*covariance-based methods*).

[1] Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Абросимова Э.В.

В табл. 65 приведена сводка наиболее известных многомерных методов статистического анализа, широко используемых в экологии, генетике и биохимии.

Таблица 65. Обзор многомерных методов статистического анализа (по: Hervé et al., 2018)

Тип анализа	Данные*	Аббревиатура	Наименование метода
Непрямая ординация	Y	PCA	Анализ главных компонент (Hotelling, 1933)
		CA	Анализ соответствий / Correspondence Analysis (Hill, 1973)
		DCA	Анализ соответствий с удаленной «аркой» / Detrended Correspondence Analysis (Hill, Gauch, 1980)
	D	PCoA (MDS)	Анализ главных координат = Метрическое многомерное шкалирование / Principal Coordinate Analysis = Metric Multidimensional Scaling (Gower, 1971)
		NMDS	Неметрическое многомерное шкалирование / Non Metric Multidimensional Scaling (Kruskal, 1964)
Прямая ординация	X, Y	CCA	Канонический анализ соответствий / Canonical Correspondence Analysis (ter Braak, 1986)
		RDA	Анализ избыточности / Redundancy Analysis (Rao, 1964)
	D, Y	db-RDA	Анализ избыточности, основанный на дистанциях / distance-based Redundancy Analysis (Legendre, Anderson, 1999)
	X, Y > 2	RGCCA	Обобщенный канонический корреляционный анализ с регуляризацией / Regularized Generalized Canonical Correlation Analysis (Tenenhaus, Tenenhaus, 2011)
Деревья	X, Y	MRT	Деревья многомерной регрессии / Multivariate regression trees (De'Ath, 2002)
Дискриминантный анализ и PLS-регрессия	X, Y	LDA	Линейный (канонический) дискриминантный анализ / Linear (Canonical) Discriminant Analysis (Fisher, 1936)
	X, Y	PLS	Семейство методов с использованием частных наименьших квадратов = проецирования латентных структур / Partial Least Squares = Projection to Latent Structures (Wold et al., 1985):
		OPLS-DA	- дискриминантный ортогональный анализ методом PLS / Orthogonal Partial Least Squares -Discriminant Analysis (Bylesjö et al., 2006);
		PPLS-DA	- дискриминантный приведенный анализ методом PLS / Powered Partial Least Squares -Discriminant Analysis (Liland, Indahl, 2009);
	D, Y	DPLS	- дискриминантный анализ неоднородности методом PLS / Dissimilarity Partial Least Squares (Zerzucha et al., 2012)
Дисперсионный анализ ANOVA	X, Y	ANOVA	Многомерные методы дисперсионного анализа:
		ANOVA-PCA	- с использованием главных компонент / ANOVA-Principal Component Analysis (Harrington et al., 2005)
		rMANOVA	- многомерный ANOVA с регуляризацией / regularized Multivariate ANOVA (Engel et al., 2015)
Ко-инерционный анализ	X, Y	CIA	Совместный инерционный анализ / Co-Inertia Analysis (Dolédec, Chessel 1994)
		PCIA	Прокрустовый совместный инерционный анализ / Procrustean Co-Inertia Analysis (Dray et al., 2003)
	X, Y > 2	MCIA	Множественный совместный инерционный анализ / Multiple Co-Inertia Analysis (Chessel, Hanafi, 1996)
	X, Y > 2	DIABLO	Интегрированный анализ данных с использованием латентных структур / Data Integration Analysis for Biomarker discovery using a Latent component for Omics studies (Singh et al., 2016)

Примечание: * Y – таблица популяционной плотности видов; D – матрица дистанций, X – таблица факторов среды.

Нами проведена систематизация практических рекомендаций по проведению многомерного статистического анализа данных по экологии сообществ, аналогично образцу М. Эвре с соавторами (Hervé et al., 2018), выполненного на примерах из химической эколо-

гии. Мы использовали несколько многомерных процедур из табл. 65, выбрав шесть основных алгоритмов (см. рис. 67-72). Подробности математических тонкостей реализации каждого метода изложены в фундаментальной монографии братьев Лежандров (Legendre P., Legendre L., 2012). Все методы, обсуждаемые нами, реализованы в программном обеспечении свободно распространяемой статистической среды R (Oksanen et al., 2011 [электронный ресурс]). Примеры скриптов, позволяющих самостоятельно выполнить основные процедуры многомерного анализа, обсуждаемые ниже, подробно представлены в главе 9 электронной книги (Шитиков, Мастицкий, 2017 [электронный ресурс]).

Материал и методы анализа

Выполнение процедур многомерного анализа иллюстрируются на примере исследований р. Уса. Многолетние исследования проведены в разные месяцы вегетационного периода на 10 постоянных станциях наблюдений в реке. Были отобраны образцы проб макрозообентоса, отдельные таксоны которого обладают признанными биоиндикационными свойствами и являются наиболее стабильными и разнообразными компонентами лотических экосистем (Зинченко, 2011, 2020). В качестве факторов среды, формирующих продольный экологический градиент реки, одновременно производились измерения комплекса показателей, описывающих гидрологию реки, морфологию прилегающего рельефа, качество воды и ее гидрохимический состав (табл. 66). Методы и основные результаты исследований структурно-функциональной организации сообществ донных организмов представлены в статье (Зинченко и др., 2017).

Выбор конкретного статистического метода зависит, как правило, от характера решаемой биологической проблемы. Каждый из методов настроен на использование одного из двух типов исходных данных об анализируемом сообществе: (а) непосредственно таблицы обилия видов **Y** и (б) предварительно рассчитанной матрицы дистанций **D**. Первый вариант (а) используется, если в первую очередь ставится задача количественной оценки сравнительной значимости отдельных видов и информация об индивидуальных показателях численности не должна потеряться в ходе вычислений. Методы (б), основанные на гипотезе «разделения на основе расстояния» (*isolation-by-distance*), становятся в центре внимания, если задача ограничивается оценкой общего таксономического сходства двух или более сообществ, пренебрегая при этом ролью отдельных видов. Как следствие, последующая декомпозиция матрицы **D** приводит к группировке местообитаний только на основе используемой метрики расстояний, и невозможно непосредственно определить, какие конкретно виды обусловили именно такую кластеризацию.

Результаты многомерного анализа в значительной мере зависят от исходных предпосылок и способов предварительной обработки данных, включая учет характера статистического распределения наблюдаемых показателей, механизмы их усреднения и трансформации, выбор метрики для матрицы расстояния и проч. Хотя большинство многомерных методов не предъявляют формальных требований к определенному закону распределения данных, форма их численного представления должна быть адекватна задачам исследования. Например, биомасса различных видов бентоса может различаться в десятки и сотни раз и непосредственное использование этого показателя при формировании матрицы **Y** приведет к тому, что итоговая ординационная диаграмма будет целиком определяться численностью 1-2 видов крупных моллюсков. Если же выполнить обычную стандартизацию, приведя биомассу каждого вида к нулевому среднему и единичной дисперсии, то это также не будет способствовать выяснению сути дела, поскольку доминирующие и функционально важные виды будут иметь ту же относительную значимость, что и виды-маргиналы, играющие незначительную роль в экосистеме. Поэтому, чтобы «приглушить» чересчур сильную вариацию показателя, часто выполняют логарифмическую или иную трансформацию данных. Используя общие правила построения хорошо интерпретируемых ординаций (Legendre, Gallagher, 2001), мы для нашего

примера выполняли преобразование численности видов, приводящее к χ^2-дистанции, которое является наиболее разумным компромиссом при учете как роли ведущих компонент, так и вклада редких (малочисленных) таксонов.

При обобщении многократно повторяющихся наблюдений часто возникает проблема: следует ли усреднять результаты проб, выполненные в разные годы, либо в течение сезонных периодов? В этом случае важно знать, что необходимо соблюдать правило «эквивалентности выборочного усилия», т.е. для каждого местообитания должно быть объединено примерно одинаковое число проб. Данные, полученные при изучении экологии сообществ, могут интерпретироваться как бинарные (т.е. в формате «есть/нет»), количественные или композиционные. Ранее (Шитиков и др., 2012) нами был проанализирован экологический смысл различий между качественными и количественными мерами сходства. В дополнение к этому обратим внимание на проблему «двойного нуля», когда задаются резонным вопросом: можно ли считать две пробы подобными на том основании, что в них обеих отсутствует какой-то вид? В связи с этим при формировании матрицы дистанций рекомендуется использовать меру сходства Брея–Кертиса (для количественных данных) или коэффициент Съеренсена (ее «бинарный аналог»), причем *использование любых количественных или балльных оценок обилия видов всегда предпочтительно.*

Композиционные данные представляют собой доли (%) отдельных компонентов, в сумме составляющие 100%. Это могут быть доли численности отдельных видов в пробе, проективные покрытия, химический состав почвы и проч. Анализ композиционных данных должен выполняться с особой осторожностью, поскольку эти переменные весьма зависят друг от друга и любые изменения приводят к нарушению пропорций, что может привести к «ложным корреляциям» – см. (Brückner, Heethoff, 2017) для детальных пояснений.

Важнейшая задача в экологии сообществ состоит в идентификации экологических градиентов или биологически значимых кластеров, объединяющих местообитания, основные воздействующие факторы и таксоны организмов, составляющих, в нашем случае, донное сообщество. Для этого используются различные по математической природе алгоритмы, шесть из которых мы представляем ниже блоками текста A-E. Отметим, что для всех демонстрируемых методов многомерная природа экологических данных приводит к использованию в той или иной форме методов редукции, т.е. такого оптимального проецирования больших исходных матриц в пространство низкой размерности (в наших примерах – на плоскости, см. рис. 67-72), чтобы при этом была обобщена большая часть имеющейся информации.

Непрямая ординация

Классическими методами непрямой ординации являются анализ главных компонент (PCA) и два алгоритма многомерного шкалирования (PCoA и NMDS), которые формируют в многомерном пространстве исходных данных новые оси оптимального проецирования и представляют обобщенную эмпирическую информацию в максимально компактной форме.

A. Матрица **X** факторов окружающей среды включает 18 разноплановых показателей (табл. 66), оцененных по данным многолетних наблюдений для 10 станций р. Уса. Рис. 67 содержит ординационную диаграмму, полученную методом PCA, в форме корреляционного круга, стрелки которого, соответствующие отдельным факторам. Концы стрелок соответствуют координатам новых латентных переменных, а косинус угла между стрелками и осями главных компонент равен коэффициенту корреляции между ними. В частности, максимальной положительной корреляцией с первой главной осью PCA1, объясняющей 73,5% общей вариации данных, обладают концентрации ионов NO_2^-, Fe^{2+} и ширина реки **Bs**, а максимальной отрицательной – расстояние до устья **L**. Длина и интенсивность окраски стрелок соответствуют вкладу (*contribution*) каждой переменной в формирование редуцированного пространства. Здесь легко сделать два важных вывода. Во-первых, все факторы среды составляют тесно связанный мультиколлинеарный комплекс, поскольку коэффициенты корреляции между ними (определяемые углами

между соответствующими стрелками) близки по модулю к 1. Во-вторых, первая главная компонента легко интерпретируется как комплексный продольный градиент реки, обобщающий факторы различной природы, во многом определяемые пространственным расположением станций. Вторая главная компонента частично связана с локальными условиями загрязнения реки сельскохозяйственными стоками: крутизной склонов **GA**, площадью сбора **MCA**, минерализацией **Min**, содержанием ионов $\mathbf{NO_2^-}$.

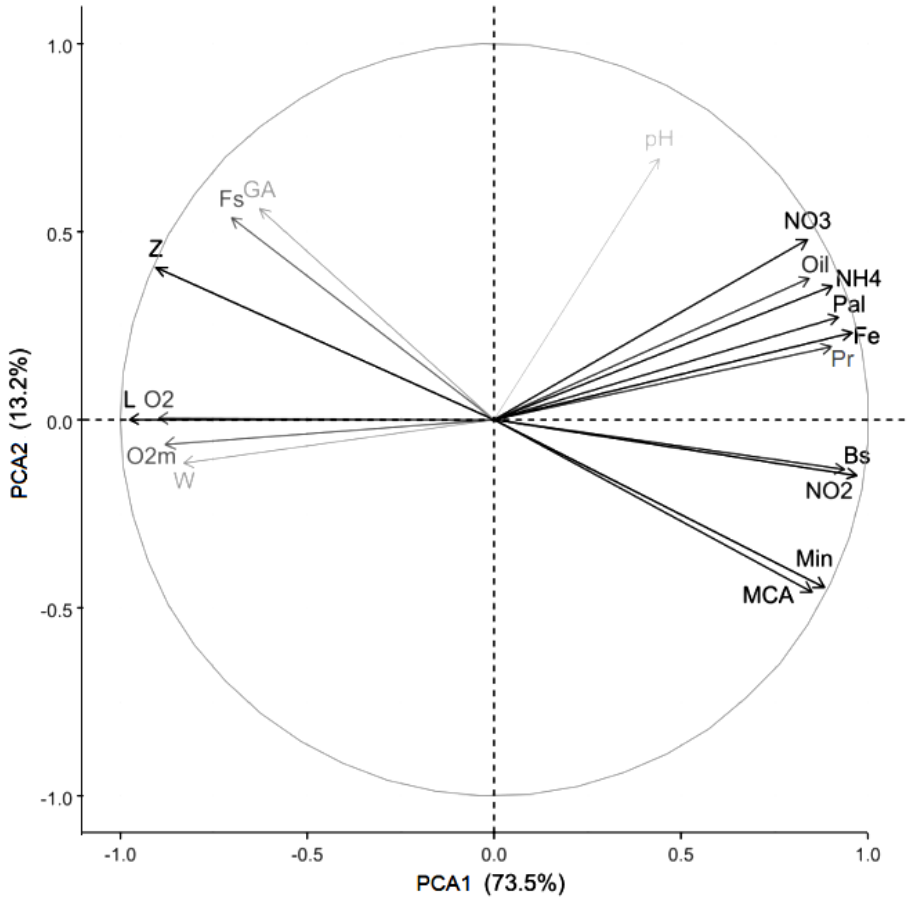


Рис. 67. Корреляционный граф показателей абиотических факторов на станциях {01 – 10} р. Уса, полученный методом главных компонент (PCA). Сокращения факторов среды приведены в табл. 66, коды видов расшифровываются по тексту.

Б. Метод PCA основан на жестко заданной процедуре вычисления собственных чисел и собственных векторов корреляционной матрицы, что при особой конфигурации данных может привести к нежелательным статистическим эффектам. Метод неметрического многомерного шкалирования NMDS позволяет использовать любую подходящую матрицу дистанций **D** и выполняет итерационную процедуру минимизации степени искажения взаимных расстояний между объектами при сокращении исходного многомерного пространства до двумерной плоскости (т.е. находится наилучшая проекция для конкретных, даже иногда «зашумленных» эмпирических данных).

Представим результаты гидробиологического мониторинга р. Уса матрицей **Y**, содержащей трансформированные численности каждого из 87 обнаруженных видов донных организмов на каждом из 10 участков водотока. После этого по формуле Брея-Кертиса рассчитаем матрицу **D** расстояний между каждой парой станций в многомерном пространстве видов. Ординационная диаграмма на рис. 68 позволяет выделить в латентных шкалах NMDS1–NMDS2 две характерные группы станций в верхнем (ст. 01-04) и среднем (ст. 06-08) ее течении реки. С группировкой станций тесно связано положение видов макрозообентоса на диаграмме, которое определяется средневзвешенными координатами нескольких его возможных

местообитаний. Можно отметить следующие виды, которые являются индикаторами обоих участков: в верховьях – *Baetis rhodani* (EpBst.r.), *Dicranota bimaculata* (LiDir.b.), *Micropsectra* gr. *praecox* (ChMir.p.), *Parametriocnemus lundbecki* (ChPrm.lu), *Limnius* sp. (CoLin.sp), в среднем течении – *Culicoides* sp. (CeCul.sp), *Cryptochironomus* gr. *defectus* (ChCry.d.), *Procladius* sp. (ChPrc.sp), *Limnodrilus udekemianus* (OlLim.u.). Характерные отличия установлены для ст. 09 в нижнем течении реки, которая испытывает эффект аккумуляции загрязнений с поверхностным стоком с/х полей и для устьевой ст. 10, испытывающей влияние подпора водами Куйбышевского водохранилища. Каждая из них занимает на диаграмме особое положение и характеризуется относительно локальным составом донной фауны, где важное место занимают виды *Cricotopus algarum* (ChCri.a.), *B. bioculatus* (EpBst.b.), *Hydropsyche angustipennis* (TrHyd.a.) для ст. 09 и *Mallochohelea setigera* (CeMal.sg), *Ablabesmyia monilis* (ChAbl.m.), *Paralauterborniella nigrohalteralis* (ChPal.n.), *Isochaetides michaelseni* (OlIso.m.) для ст. 10. Если говорить о распределении донных сообществ, то континуальность сообщества нарушается, уступая место биотопической мозаичности.

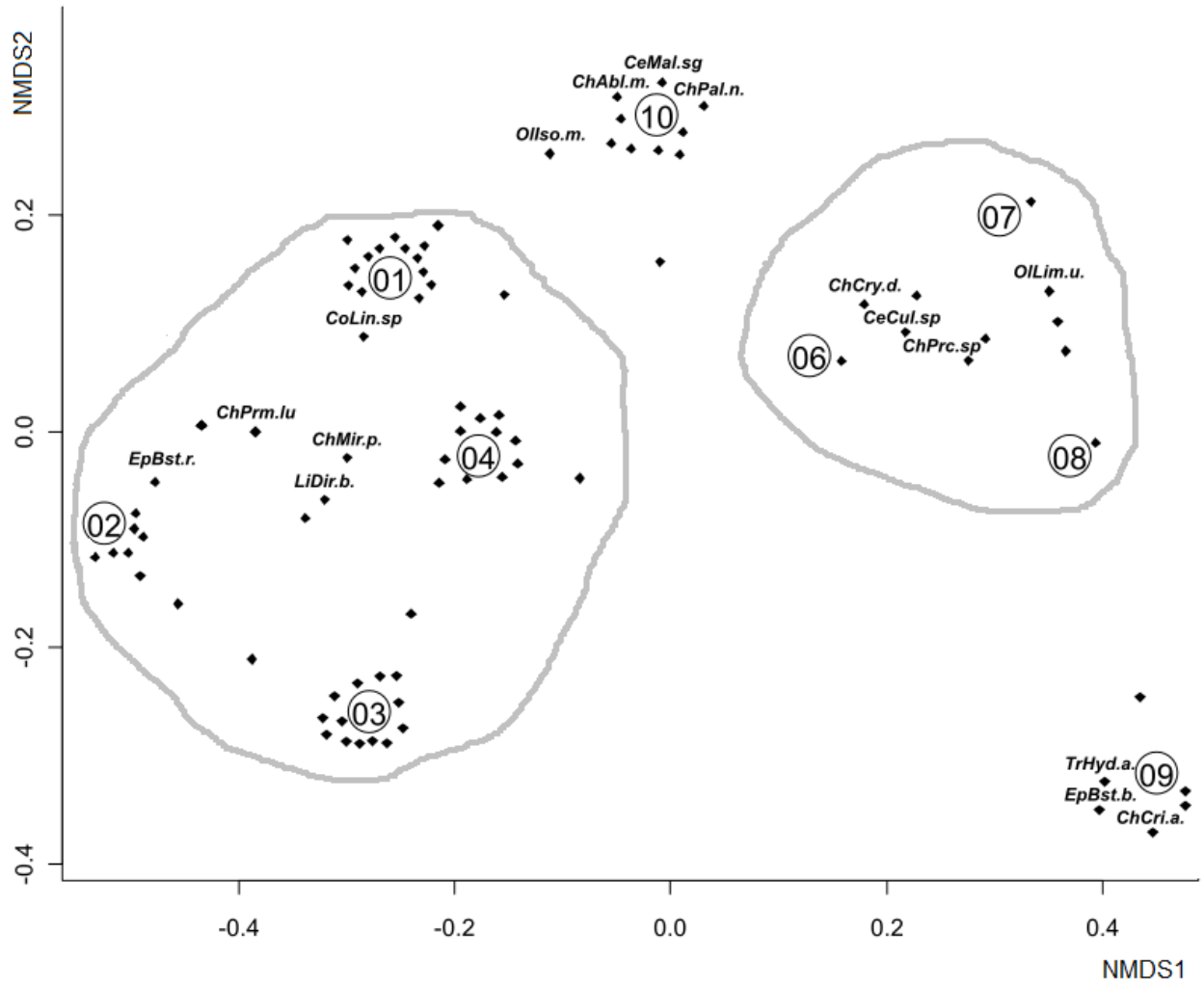


Рис. 68. Многомерная ординация донных сообществ, наблюдаемых на станциях {01–10} р. Уса методом неметрического многомерного шкалирования (NMDS). Коды видов расшифровываются по тексту.

Для оценки характера и силы влияния каждого физических показателя на видовую структуру и распределение донных сообществ легко рассчитать коэффициенты корреляции между изученными факторами среды и NMDS-шкалами. С использованием рандомизационной процедуры можно установить, что на 5-м уровне значимости изменчивость видового состава макрозообентоса связана лишь с 5 показателями из 18 (табл. 66).

Таблица 66. Оценка значимости связи отдельных факторов среды с ординационной структурой видов макрозообентоса (рис. 68)

Наименование показателей	Среднее значение	Коэффициенты корреляции			*p*-значение [*p*-values]
		с осью [axis] $\mathbf{S}_1$	с осью [axis] $\mathbf{S}_2$	общий квадрат R^2	
Расстояние до устья, км (**L**)	39,17±7,7	–0,926	–0,377	0,465	0,151
Течение, м/с (**W**)	0,279±0,079	–0,926	–0,376	0,679	0,03
Ширина, м (**Bs**)	12,89±1,829	0,995	0,097	0,483	0,127
Прозрачность, см (**Pr**)	43,89±6,81	0,864	–0,503	0,598	0,064
Высота, м (**Z**)	78,82±10,9	–0,989	0,150	0,428	0,183
Площадь водосбора, км^2 (**MCA**)	0,994±0,005	1,000	–0,006	0,502	0,12
Освещенность склонов, % (**Fs**)	57,4±0,46	–0,986	0,168	0,114	0,733
Крутизна склонов, град. (**GA**)	0,829±0,294	–0,547	0,837	0,438	0,168
pH дна (**pH**)	8,181±0,038	0,317	–0,948	0,254	0,412
Кислород дна, % (**O_2**)	78,26±5,68	–0,876	–0,482	0,909	0,003
Кислород дна, мг/л (**O_2m**)	6,836±0,573	–0,862	–0,507	0,900	0,002
Фосфор общий, мг/л (**Pal**)	0,412±0,118	0,969	0,245	0,652	0,045
Азот аммонийный, мг/л (**NH_4**)	0,176±0,049	0,988	0,152	0,583	0,077
Азот нитратный, мг/л (**NO_3**)	0,268±0,122	0,927	0,374	0,279	0,389
Азот нитритный, мг/л (**NO_2**)	0,023±0,004	0,999	0,036	0,360	0,257
Железо, мг/л (**Fe**)	0,391±0,081	0,990	0,142	0,577	0,076
Минерализация, мг/л (**Min**)	262±33,5	0,998	0,070	0,633	0,06
Нефтепродукты, мг/л (**Oil**)	0,041±0,01	0,936	–0,353	0,287	0,38

Прямая ординация

В. Большинство алгоритмов многомерного анализа связано с использованием аппарата линейной алгебры и, в частности, с нахождением собственных значений симметричной матрицы. Анализ избыточности (RDA), будучи версией PCA с инструментальными переменными, одновременно является расширением идей регрессионного анализа на случай многомерного отклика $\mathbf{Y} = f(\mathbf{X})$. Таким образом, в результате RDA-анализа рассчитывается матрица канонических коэффициентов, взвешивающих влияние объясняющих переменных **X**, и они совместно с нагрузками главных компонент PCA определяют положение точек (т.е. видов и местообитаний) на ординационной диаграмме – см. рис. 68. На графике избыточности, кроме главных осей RDA1–RDA2, проводятся дополнительные оси физических градиентов, интерпретация которых подчиняется тем же правилам корреляционных отношений, что и рис. 67. Например, высокая корреляция между вектором ст. 02 и осями **W** и **O_2** позволяет уточнить ведущие условия среды, определяющие состав донного сообщества на этой станции.

Отметим, что ординация на рис. 69 объясняет 100% статистической вариации наблюдаемых данных, поскольку 6 факторов среды и 2 главных компоненты позволяют точно определить положение всех 9 станций в многомерном пространстве. В данном случае это свидетельствует лишь о переусложненности и потенциальной неустойчивости полученной модели. С экологической точки зрения ординация (рис. 69) видится менее удачной, чем показанная на рис. 68, что определятся рядом причин: (а) недостаточно обоснованным предположением о линейном характере внутренних и внешних взаимодействий в экосистеме; (б) использованием корреляционной матрицы вместо более «экологичной» метрики Брея-Кертиса; (в) мультиколлинеарностью пространства факторов среды. По последней причине статистически значимыми оказались лишь канонические коэффициенты для скорости течения **W**, содержания фосфора **Pal** и прозрачности **Pr**, а остальные факторы незначимы, поскольку попросту тесно связаны с ними.

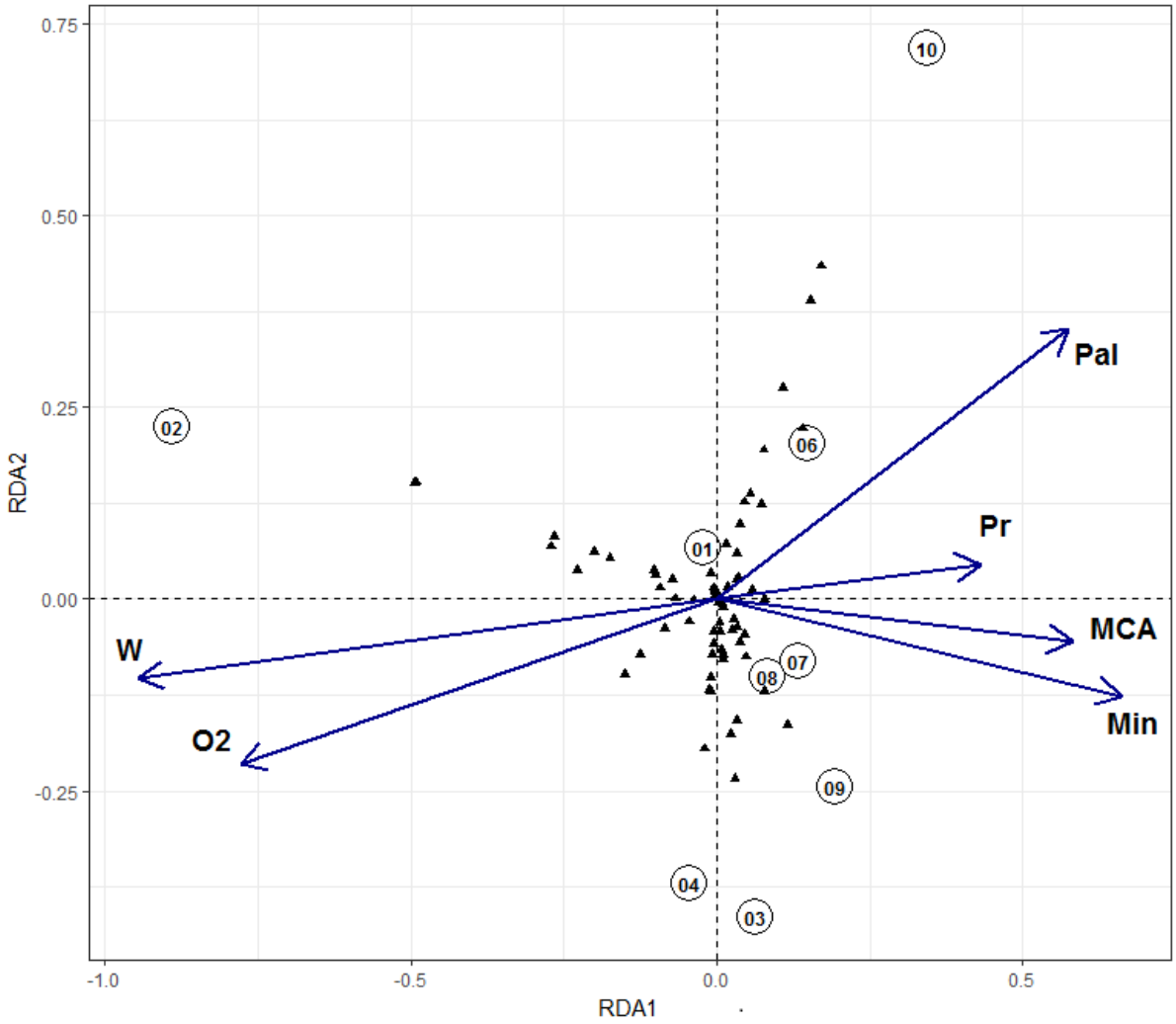


Рис. 69. Прямая ординация донных сообществ, наблюдаемых на станциях {01–10} р. Уса методом анализа избыточности (RDA). Сокращения факторов среды приведены в табл. 66.

Г. Алгоритм построения деревьев многомерной классификации и регрессии (MRT) не является проекционным методом и не формирует ординационной диаграммы, но позволяет эффективно осуществить отбор ключевых факторов среды. Деревья MRT формируются в результате рекурсивной процедуры разделения строк исходной таблицы многомерного отклика **Y** на все более и более гомогенные подмножества, в результате чего формируется древовидная иерархическая структура. С каждым узлом формируемого дерева связано значение одного из факторов **X**, найденное таким образом, чтобы минимизировать различия между точками в многомерном пространстве. Для первого узла дерева на рис. 70 таким граничным значением явилось насыщение кислородом $\mathbf{O_2}$ = 94,4 и была выделена группа близких сообществ на ст. {02: 03}. На следующем шаге разбиения при **Min** = 309,5 образованы два кластера станций с различным уровнем минерализации. На графике показано, как последовательно снижается сумма дистанций от объединяемых объектов до центра их группировки.

Д. Если RDA можно назвать асимметричным анализом (т.е. выполняется поиск зависимости **Y** от **X**, но не наоборот), то совместный инерционный анализ CIA совершенно равноправен по отношению к обоим наборам данных и с этой точки зрения является симметричным. На вход алгоритма CIA подаются две модели отображения таблиц Y и X в гиперпространстве, оптимальном относительно их максимальной вариации, после чего с использованием метода частичных наименьших квадратов (PLS) выполняется поиск новых осей в направлении наибольшей совместной инерции (т.е. многомерной дисперсии) обобщаемых дан-

ных. Основное преимущество этого метода – гибкость реализации, поскольку общая модель может включать различные аналитические комбинации для сравнения **Y** и **X**. Например, если допускается, что видовая структура и факторы среды связаны между собой линейно, то используют анализ CIA PCA(**X**)–PCA(**Y**), т.е. сопоставляются две модели разложения на главные компоненты. Вариант CIA dbRDA(**X**)–dbRDA(**Y**) сравнивает две произвольных матрицы дистанций одинаковой размерности. Метод широко используется, например, для выявления изменений видового состава одного и того же объекта до и после некоторого воздействия (например, антропогенного воздействия), а множественный инерционный анализ MCIA позволяет исследовать динамику структуры сообществ за несколько последовательных периодов времени.

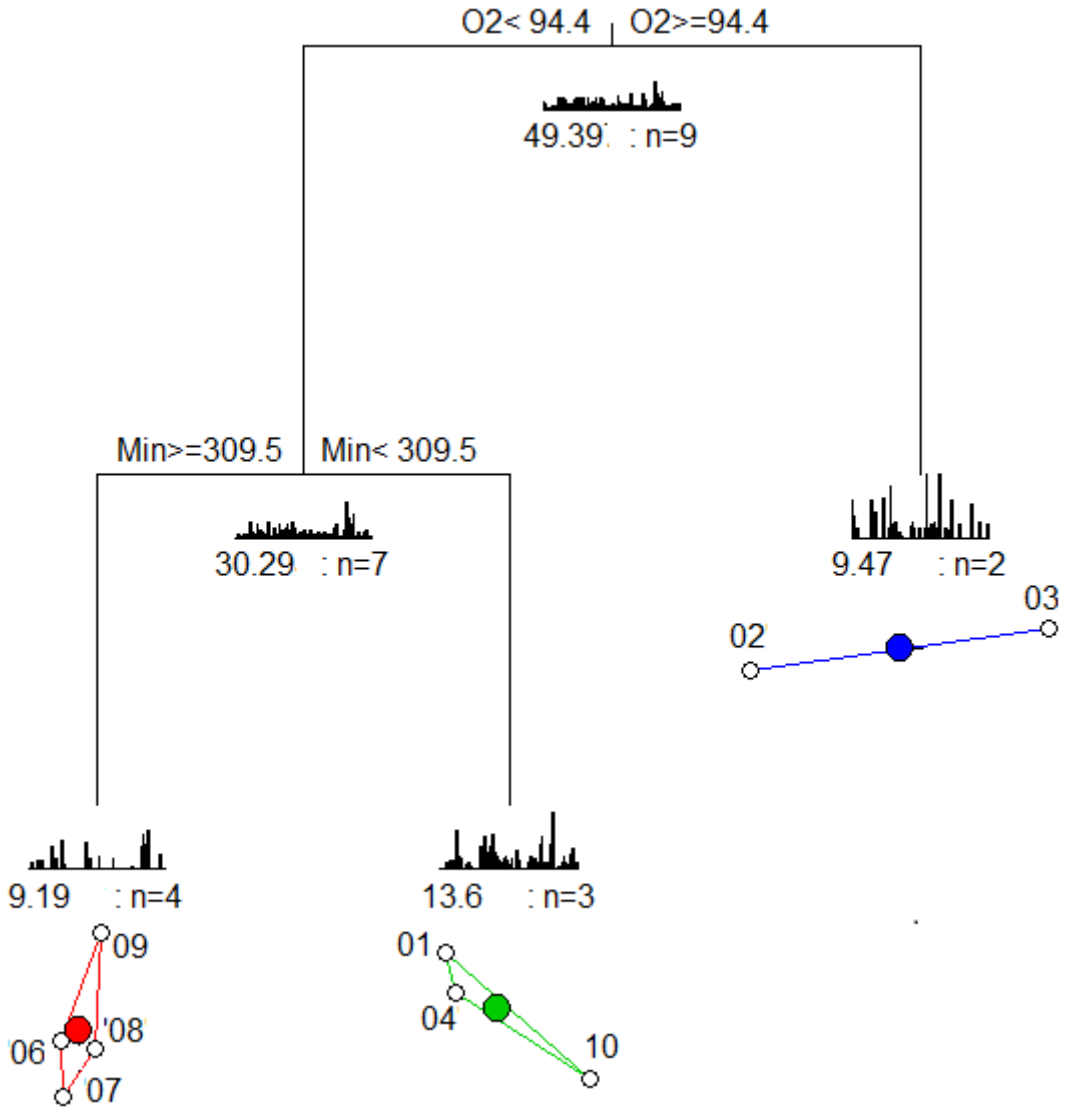


Рис. 70. Иерархическое многомерное дерево разбиений (MRT) донных сообществ на станциях {01–10} р. Уса. Сокращения факторов среды приведены в табл. 66.

Прокрустовый совместный инерционный анализ CIA является одним из способов сравнения двух конфигураций точек методом «суперналожения». Для этого предварительно проводится подгонка геометрии пространства двух ординаций к сопоставимой форме путем масштабирования, центрирования и вращения. На рис. 71 показано, как передвинутся точки 9 станций р. Уса на RDA-диаграмме, если сходство между ними по обилию 87 видов донных организмов заменить вариацией 18 факторов среды. Эти изменения отражаются стрелками,

начало которых указывает координаты местообитаний в биотическом пространстве, а конец – в экологическом. Можно сделать вывод, что видовой состав ст. 6, 7 и 9 в целом соответствует продольному градиенту условий среды, тогда как структуру донных сообществ ст. 1 и 10, по всей вероятности, определяют какие-то иные факторы, кроме отмеченных в табл. 66. С использованием методов Монте-Карло можно проверить нулевую гипотезу о равенстве нулю среднего прокрустова расстояния. В нашем случае p = 0,165, т.е. нельзя категорически утверждать, что структура сообщества определяется только наблюдаемыми показателями, поскольку влияние неучтенных факторов все же велико.

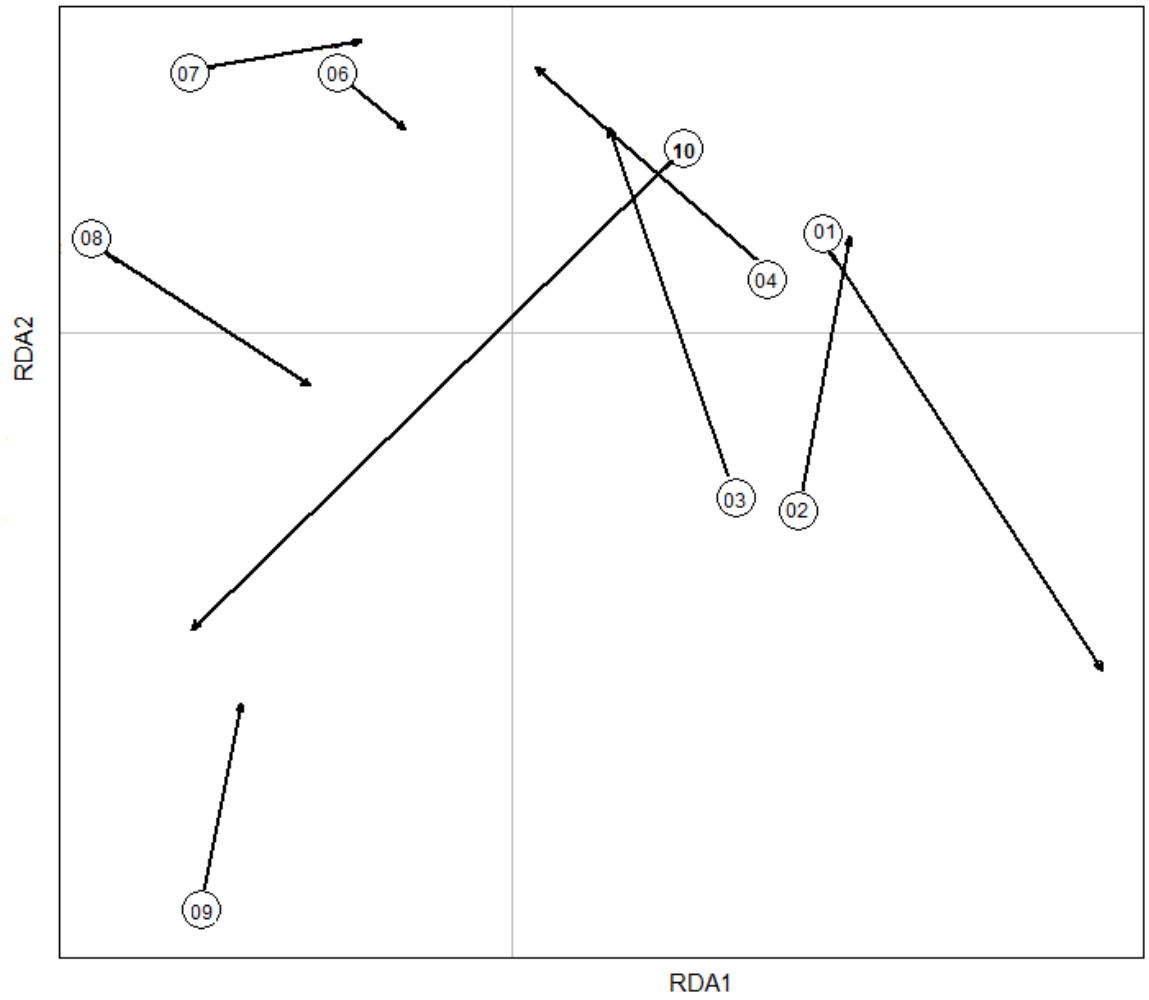


Рис. 71. Прокрустовые расстояния между ординациями, построенными по биотическим и абиотическим показателям, наблюдаемым на станциях {01–10} р. Уса. Цифрами указаны станции наблюдений.

Разложение по главным компонентам в ходе CIA-анализа позволяет вычленить значения факторных нагрузок отдельно для каждой переменной наборов **Y** и **X**. В нашем примере наибольшую ковариационную связь с факторами среды обнаруживают виды *Parametriocnemus lundbecki, Micropsectra* gr. *praecox, Cladotanytarsus mancus, Limnodrilus hoffmeisteri, Dicranota bimaculata, Oulimnius turbeculatus.* Ранжирование факторов среды по их ковариации с видовой структурой сообществ мало отличается от представленной в табл. 66.

E. Часто при анализе видовой структуры сообществ необходимо оценить вклад отдельных градаций нечисловых переменных. Если выше мы рассматривали «срез» гидробиологических наблюдений на р. Уса в ходе одной проведенной экспедиции, то для нового анализа матрицу **Y** сформируем из всех проб, в которых было обнаружено 158 видов донных организмов. Матрицу объясняющих переменных **X** составим из двух качественных переменных:

ГОД, отражающей три периода отбора проб, и УЧАСТОК, определяющей пробы, относящиеся к верховьям, среднему течению и устьевому участку.

Будем использовать канонический анализ соответствий CCA, который преобразует исходные данные **Y** в матрицу χ^2-расстояний, выполняет построение модели взвешенной линейной регрессии на переменные **X**, и, наконец, оценивает набор ординационных коэффициентов через разложение по сингулярным числам. Совокупная дисперсия многомерного отклика в нашем примере разлагается следующим образом: 24,4% связаны с первыми двумя «необъясненными» осями CCA1–CCA2 – см. рис. 72, а 22,6% – с компонентами, использующими независимые факторы **X**. Для качественных переменных последние не могут быть показаны в виде дополнительных осей (как на рис. 69), и поэтому представляются точками центроидов, координаты которых на рис. 72 обозначены прямоугольниками.

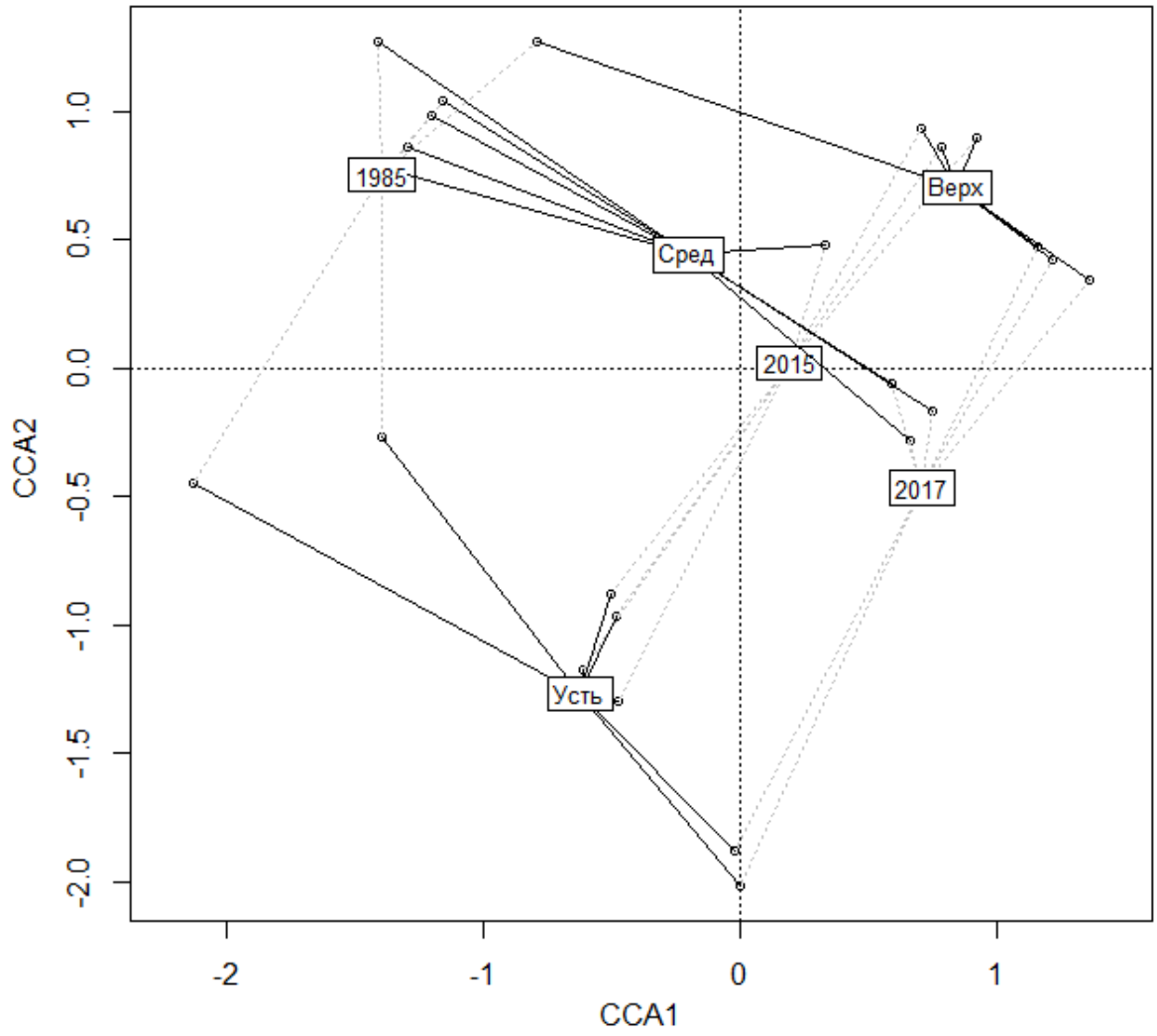


Рис. 72. Канонический анализ соответствий гидробиологических проб, взятых в разные годы и на разных участках реки (верхнее, среднее течение и устье).

Разброс точек отдельных наблюдений относительно соответствующих центроидов позволяет судить о степени влияния каждого из факторов. Количественную оценку этому также дает дисперсионный анализ с использованием рандомизационного теста, который показал статистически высоко значимое и приблизительно равное влияние обеих переменных ГОД и УЧАСТОК. Отметим при этом, что фактор ГОД отражает не только многолетнюю динамику донных сообществ, но и высокую стохастическую изменчивость видового состава, характерную для сообществ макрозообентоса, отобранные пробы которых не могут быть признаны истинными статистическими повторностями.

Обсуждение результатов

В целом, на основе всех блоков анализа A-E можно сделать следующие содержательные выводы относительно изучаемой экосистемы:

– от истоков к устью р. Уса существует продольный градиент условий среды, определяющий развитие сообществ макрозообентоса;

– наиболее важными влияющими факторами являются насыщение кислородом, содержание общего фосфора и общая минерализация воды;

– продольный градиент носит, однако, «прерывистый» характер, нарушаемый локальными биотопическими условиями и неучтенными факторами, что проявляется, например, в истоках реки и на устьевых участках;

– пробы бентоса характеризуются высокой многолетней, сезонной и локальной биотопической изменчивостью, т.е., мы никогда не имеем возможности «дважды войти в одну и ту же реку».

Следует всегда помнить, что, несмотря на общепризнанную необходимость использования многомерных методов для статистической обработки наблюдений в биологических науках, сохраняется значительная неопределенность в выборе оптимальной стратегии анализа, которая включает важные решения относительно преобразования данных, стандартизации переменных и общего методологического подхода. Эта стратегия должна основываться на тщательном и точном учете цели исследования, структуры обрабатываемых данных и основных статистических предпосылках. К сожалению, даже относительно свежие обзоры многомерных аналитических стратегий основываются в значительной степени на эмпирических представлениях сомнительной достоверности, которые появились в экологической литературе в 1970-х годах и некритически осмыслены и в настоящее время (Kenkel, 2006).

Используя рекомендации, данные Н. Кенкелем, мы, вместе с тем, предлагаем неметрическое многомерное шкалирование (NMDS) как метод, который, как показал наш опыт, является наиболее устойчивым и интерпретируемым методом ординации в экологии сообществ. Но, в любом случае, следует содействовать пониманию того, что нет плохих методов, а есть неудачные примеры некорректного их использования в конкретных условиях. Выбор подходящих многомерных методов анализа требует от авторов (кроме таланта) гармоничного сочетания опыта, знания исходного материала и интуиции.

Таким образом, в разделе представлены результаты анализа данных гидробиологической съемки на 10 участках р. Уса с использованием 6 методов непрямой и прямой многомерной ординации. С использованием анализа PCA выделены главные компоненты мультиколлинеарного комплекса с учетом 18 факторов окружающей среды, определяющих продольный градиент реки. На основе метода неметрического многомерного шкалирования (NMDS) выполнена кластеризация 87 видов макрозообентоса многолетних данных и установлена корреляционная связь таксономической структуры сообществ с абиотическими показателями. С использованием анализа избыточности (RDA) и построения многомерных деревьев классификации (MRT) установлены ведущие факторы, определяющие видовой состав донных организмов: скорость течения реки, содержание кислорода и фосфора, общая минерализация. Прокрустовый совместный анализ инерции (PCIA) показал, что статистическая связь видовой структуры с факторами среды носит «прерывистый» характер (p = 0,165) и на отдельных участках нуждается в привлечении дополнительных объясняющих переменных. На основе канонического анализа соответствий (CCA) показано, что изменчивость донных сообществ примерно в равной степени определяется продольным градиентом реки, многолетней и сезонной динамикой, а также некоторыми неучтенными факторами. Показаны основные перспективы и направления развития многомерных методов применительно к экологии сообществ лотических систем.

3.2. Особенности пространственного распределения донных сообществ р. Уса[1]

В разделе представлен анализ данных структурной изменчивости донных сообществ на участках малой равнинной реки Уса. Ведущая роль отводится проблеме гетерогенности видовой структуры сообществ по продольному профилю реки (Perry, Schaeffer, 1987; Ruse et al., 2000; Шитиков, Зинченко, 2014), где сильное влияние оказывают гидрологические и ландшафтно-геоморфологические факторы. При этом обычно рассматривается одна из трех, часто взаимно исключающих научных гипотез: 1) виды по течению распределены случайно; 2) видовой состав сообществ непрерывно и закономерно изменяется от истоков к устью; 3) в реке можно выделить обособленные, существенно различающиеся между собой «процессные зоны» (Montgomery, 1999) с характерным комплексом видов. Мы подразумеваем, что в любой реке в той или иной мере присутствуют и детерминированная и стохастическая составляющие изменчивости сообществ (Богатов, 1995).

Напомним, что анализ комплекса факторов и условий, определяющих функционирование экосистемы, привели к обоснованию ряда научных концепций, основными из которых являются теории речного континуума (Vannote et al., 1980), экологической ниши (Chase, Leibold, 2003) и ландшафтных фильтров (Poff, 1997). Согласно теории речного континуума, водоток рассматривается как целостная экосистема, в которой видовая структура сообществ представляет собой непрерывную последовательность экоморф с закономерной сменой доминантных комплексов. При этом основной движущей силой процесса, регулирующего таксономическую организацию сообществ, является транспорт органических макрочастиц (сестона), концентрация которых определяет U-образную кривую изменения составляющих энергетического баланса первичной продукции (Webster, 2007). Концепция экологической ниши декларирует, что видовую структуру сообщества на каждом участке континуума определяет совокупность экологических условий (в частности, факторов среды в сочетании с биотическими особенностями видов). На этой основе разрабатываются модели пригодности среды обитания (HSMs – habitat suitability models), оценивающие обеспеченность ресурсами, необходимыми для формирования и развития устойчивых комплексов гидробионтов в соответствии с функциями каждого из видов и его способности к адаптации (Hirzel, Le Lay, 2008).

Обратим внимание на то, что на фоне общей континуальной закономерности в большинстве исследованных нами водотоков наблюдается локальная биотопическая изменчивость, определяемая, в первую очередь, особенностями геоморфологии ландшафта, гидродинамического режима, при которых, например, интенсивная эрозия берегов вызывает переформирование русел и появление отмелей, а сброс техногенных сточных вод сопровождается аккумуляцией токсичных веществ и изменением характеристик грунтов; особенности рельефа могут менять условия освещенности, вызывать температурные перепады, что в условиях неоднородности потока согласуется с концепцией динамики пятен и т.д. (Townsend, 1989; Особенности пресноводных, 2011; Шитиков, Зинченко, 2014). Все это вызывает мозаичный характер размещения популяций гидробионтов. Таким образом, при формировании специфического комплекса видов происходит извлечение из регионального пула – т.е. из всех возможных видов (Шитиков и др., 2012) наиболее приспособленных гидробионтов, которые проходят отбор через многоуровневую систему «ландшафтных фильтров» (Poff, 1997).

Для анализа пространственной структурированности гидробионтов донных сообществ вводится понятие «экологической последовательности», т.е. цепочки срезов состояния экосистемы по продольному профилю реки от верхнего течения до зоны смешения вод р. Уса и Куйбышевского водохранилища.

[1] Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Шитиков В.К.

Материал и методы

Объект исследований – сообщества макрозообентоса р. Уса, отдельные таксоны которых обладают признанными биоиндикационными свойствами и являются наиболее стабильными и разнообразными компонентами лотических экосистем (Зинченко, 2011). Исходный материал получен по результатам обработки 85 гидробиологических проб, взятых в разные месяцы вегетационного периода в 1989 г. и рекогносцировочных исследований в 2009, 2010, 2012, 2015 гг. на 10 станциях р. Уса с учетом участков, расположенных ниже и выше притоков Камышинская, Теренгулька (рис. 73). Отметим, что р. Уса берет начало на Волжско-Свияжском водоразделе недалеко от пос. Гремячий и впадает в Усинский залив Куйбышевского водохранилища (рис. 73). Длина реки – 76 км, водосборная площадь – 2240 км^2, максимальная глубина – 3 м, скорость течения – 0,7 м/с, прозрачность воды – от 40 до 60 см. Рельеф водосбора волнистый, местами пересечен крутыми и обрывистыми оврагами. Долина реки пойменная, шириной до 2,5-4 км. Склоны долины высотой 20-30 м пологие, супесчаные, открытые. Русло реки умеренно извилистое, слабо деформирующееся, зарастающее водной растительностью. Среднемесячная температура воды в реке в вегетационный период исследованных лет изменялась от 2,8 °С в мае до 4,8 °С в октябре, с максимальной температурой в июле 18,7 °С.

Состояние экосистемы реки определяется особенностями водосборной площади, масштабом хозяйственного, бытового и сельскохозяйственного использования. Качество воды в реке оценивается как «загрязненная» (см. Голубая книга, 2007; Паспорт реки Уса).

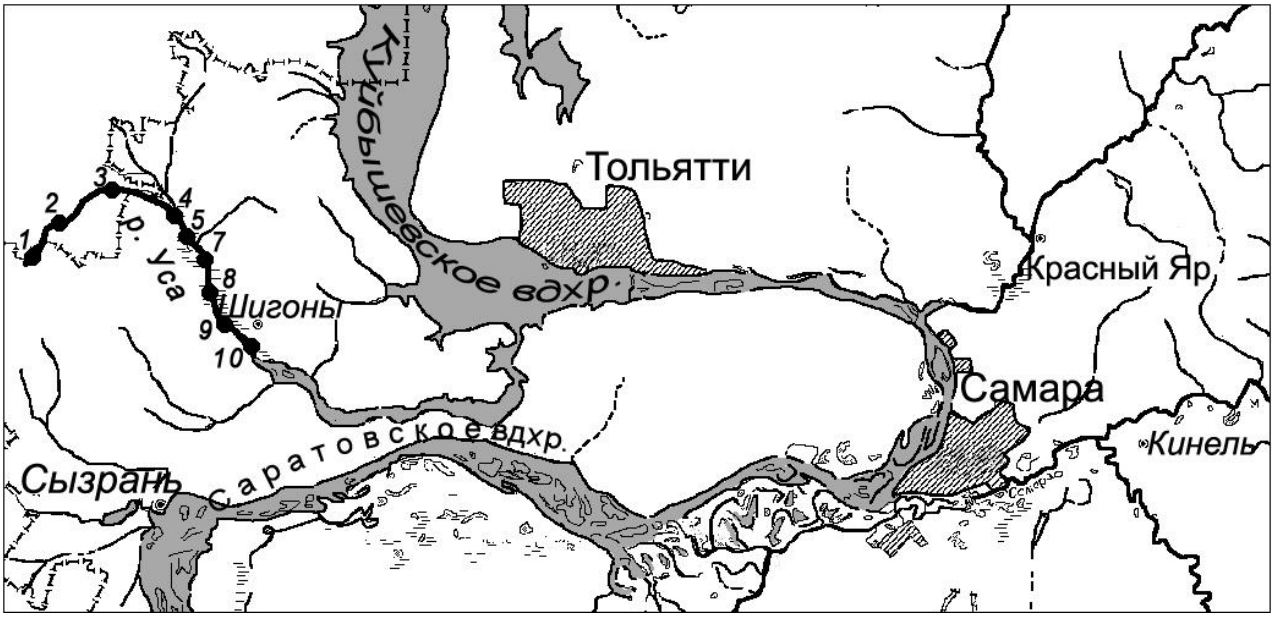


Рис. 73. Расположение станций наблюдений на р. Уса.

Образцы макрозообентоса собирали в рипали и медиали рек дночерпателем Экмана–Берджи по два подъема на станции или гидробиологическим скребком (длина ножа – 20 см, протягивание скребка – 0,5 м) с усреднением численности и биомассы). Грунт промывали через капроновое сито с размером ячеи 300-333 мкм. Фиксацию организмов и последующую камеральную обработку собранного материала проводили согласно общепринятым гидробиологическим методикам (Методические рекомендации.., 1983).

При выполнении статистического анализа провели анализ изменений гидробиологических показателей по продольному градиенту реки и дали оценку статистической значимости гипотезы о случайном характере пространственного распределения видов. Установили характерные таксономические группы, определяющие продольную изменчивость сообществ

макрозообентоса. Кроме того, из числа наблюдаемых гидрологических, гидрохимических и геоморфологических факторов осуществлялся отбор наиболее существенных параметров среды, определяющих комплексный градиент.

Для осуществления расчетов на основании обработанных проб были отобраны 9 последовательных композиций сообществ, включающих 89 видов и таксонов донных гидробионтов.

Экологическую последовательность интерпретировали как направленный ряд независимых величин $Y(r)$, принимающих случайные значения в дискретных срезах r продольного профиля реки. Для оценки статистической значимости распределения по градиенту проверялась гипотеза о стационарности анализируемой последовательности, в условиях которой математическое ожидание $m_Y(r)$, дисперсия $D_Y(r)$ и автоковариация остаются неизменными на всей траектории точек, а вариация экологических данных в ряду определяется случайной компонентой ε_r типа «белого шума». Проверка предположения о нестационарности ряда, вызванного комбинацией случайного блуждания с закономерным линейным трендом: $y_r = \alpha + \rho y_{r-1} + \mu r + \varepsilon_r$, осуществлялась с использованием теста Дики–Фуллера (Dickey, Fuller, 1979). Для оценки нулевой гипотезы H_0: $\rho = 1$, $\mu = 0$, состоящей в том, что ряд нестационарен, рассчитывали критерий $t = (\rho - 1)/s_Y$, который сравнивали с табличными критическими значениями $t_{крит}$, полученными методом Монте-Карло. Если t-статистика незначима и соответствующее ей p-значение > 0,05, то принимали нулевую гипотезу, а ряд считали нестационарным. Таким способом мы проверяли наличие закономерностей изменения по течению реки в рядах показателей видового разнообразия и обилия отдельных таксономических групп макрозообентоса.

Для оценки скорости изменения видового богатства S_r в каждой точке пространства использовали среднее значение $\Delta S_r / \Delta x$, где Δx – величина шага наблюдений в единицах длины, времени или иных факторов среды (Дыренков, Акатов, 1990). Выполняли $(n - 1)$ шагов, продвигаясь от первого узла экологической последовательности к последнему, и рассчитывали число видов, появляющихся S_{+i} и исчезающих S_{-i} на каждом i-ом шаге, а также интенсивность оборота видов $I_{si} = (S_{+i} + S_{-i})/2$. Среднее значение I_s в точности совпадает с формулой индекса видового β-разнообразия Уиттекера ***вдоль анализируемого экологического градиента*** (Wilson, Shmida, 1984).

Чтобы объективно судить, насколько статистически значима детерминированная тенденция в изменении структуры всего сообщества в целом вдоль продольного профиля реки, использовали метод случайного зондирования Пиелу (Pielou, 1984; Алимов, Богатов, 2013). Результаты мониторинга представляли таблицей, в строках которой расположены $S = 87$ обнаруженных видов, в столбцах – $(n = 9)$ выделенных участков водотока, а в ячейки заносилась численность каждого вида. «Случайный зонд» (random skewer), проходящий сквозь эту $S \times n$-мерную структуру, представлял собой произвольно ориентированный вектор со случайными координатами, на который проецируются экспериментальные точки. Процедуру «пронизывания данных зондом» проводили многократно (в частности, 500 раз), и каждый раз рассчитывали коэффициент ранговой корреляции τ Кендалла: если его значение близко к 1 (или –1), то некоторый многомерный «профиль» донного сообщества, определяемый направлением зонда, закономерно упорядочен по продольному градиенту водотока. Формировали частотное распределение значений τ и, если рассчитанный доверительный интервал не включал значение 0, то нулевая гипотеза о случайном распределении видов отклонялась.

Выделение характерных зон водотока и сопряженных с ними таксономических комплексов макрозообентоса проводилось с использованием многомерной ординации сообществ, которая заключается в оптимальном проецировании результатов гидробиологической съемки на плоскость с латентными осями $\mathbf{S_1}$ и $\mathbf{S_2}$ (Jongman, 1987). Исходную таблицу численностей таксонов предварительно преобразовывали с использованием χ^2-трансформации (Legendre P., Legendre L., 2012), которая позволяет учесть как удельное влияние таксонов-доминантов с высокой популяционной плотностью, так и несомненную роль в сообществе

комплекса редких видов. По формуле Брея-Кертиса рассчитывалась матрица **D** расстояний между каждой парой станций реки в многомерном пространстве разнообразия таксонов бентоса.

Ординация сообществ осуществлялась с использованием алгоритма неметрического многомерного шкалирования – NMDS - nonmetric multidimensional scaling (McCune, 2002). При этом находился минимум «стресса» Δ, который отражает степень искажения взаимных расстояний между станциями при сокращении исходного многомерного пространства до двумерной плоскости. Далее оценивались средневзвешенные координаты s_1 и s_2 отдельных таксонов макрозообентоса на NMDS-проекции, определяющие их положение по естественным градиентам, и строилась ординационная диаграмма.

В качестве факторов среды, объясняющих продольный экологический градиент, ранее рассматривался комплекс показателей, описывающих гидрологию реки (ширина, скорость течения и т.д.), морфологию прилегающего рельефа и гидрохимический состав воды. Базовые геоморфологические величины (высота, площадь сбора, крутизна и освещенность склонов) рассчитывались по данным SRTM разрешения 90 м в точках, соответствующих станциям наблюдений (Шарый, Пинский, 2013).

Факторы среды использовались для интерпретации распределения композиций видов вдоль построенных дополнительных осей, которые добавлены к осям непрямой ординации. Расположение этих векторов на ординационной диаграмме определялось моделью множественной регрессии, в которой каждый фактор среды использовался как зависимая переменная, а координаты станций s_1 и s_2 – как независимые. Значимость предикторов модели проверялась пермутационной процедурой (см. раздел 3.1).

Все вычисления выполнялись с использованием статистической среды R v. 3.02 и пакета *vegan* (Oksanen et al., 2011).

Результаты исследования

Статистический анализ последовательностей гидробиологических показателей по продольному градиенту р. Уса с использованием теста Дики-Фуллера, представленный в табл. 67, показал, что наличие линейного тренда в сочетании со случайным распределением характерно для рядов общей биомассы макрозообентоса, индекса разнообразия Шеннона и численностей организмов таких таксонов, как поденки (семейство Baetidae), малощетинковые черви (семейство Tubificidae), личинки жуков (семейство Elmidae), личинки двукрылых семейств Limoniidae и Chironomidae (подсемейства Prodiamesinae и трибы Tanytarsini). Пространственное распределение остальных гидробиологических показателей табл. 67 считается однородным (стационарным).

Нестационарность продольного распределения экологических последовательностей проявлялась по-разному. Характер изменения индекса разнообразия Шеннона и обилия некоторых основных таксономических групп по участкам реки представлен на рис. 74. Для удобства интерпретации графиков значения величин численности групп были преобразованы путем приведения к χ^2-дистанции (Legendre P., Legendre L., 2012) и построены сглаживающие аддитивные модели GAM (Wood, 2006). Очевидно, что высокая численность реофильных Limoniidae наблюдается в верховьях реки, тогда как присутствие лимнофильных таксонов хирономид Tanypodinae и олигохет Tubificidae характерно для заиленных участков в среднем течении (ст. 5-8), а стационарность плотности реофильных и фитофильных представителей личинок хирономид Orthocladiinae выражена ее периодическим трендом. Интересно, что к сходным результатам приходят авторы исследования, посвященного распределению органического вещества и бактериопланктона на разных биотопах в р. Енисей (Gladyshev et al., 2015), что свидетельствует о возможной общей тенденции пространственного распределения биоты для большинства равнинных водотоков.

Таблица 67. Результаты проверки гипотезы о нестационарности рядов гидробиологических показателей и численности отдельных таксонов макрозообентоса по продольному градиенту р. Уса с использованием теста Дики-Фуллера

Наименование показателей	Среднее значение	*t*-критерий	*p*-значение
Общая численность макрозообентоса, экз./м^2	2088±501	–6,04	<0,01
Общая биомасса, г/м^2	3,77±0,878	–2,94	**0,212**
Индекс видового разнообразия Шеннона, бит/экз.	2,06±0,108	–0,861	**0,941**
Семейство Baetidae, экз./м^2	53,3±32,6	–3,48	**0,067**
Семейство Elmidae, экз./м^2	45,5±29,6	–2,96	**0,209**
Семейство Hydropsychidae, экз./м^2	24,4±16,9	–38,3	0,01
Семейство Limoniidae, экз./м^2	107±0,54	–0,776	**0,952**
Семейство Tubificidae, экз./м^2	1076±0,522	–1,79	**0,652**
Семейство Orthocladiinae, экз./м^2	153±0,60	–4,38	0,01
Семейство Prodiamesinae, экз./м^2	40±22	–0,457	**0,977**
Семейство Tanypodinae, экз./м^2	142±0,66	–6,54	0,01
П/семейство Chironomini, экз./м^2	143±0,50	–7,59	0,01
Триба Tanytarsini, экз./м^2	186±0,108	–2,36	**0,433**

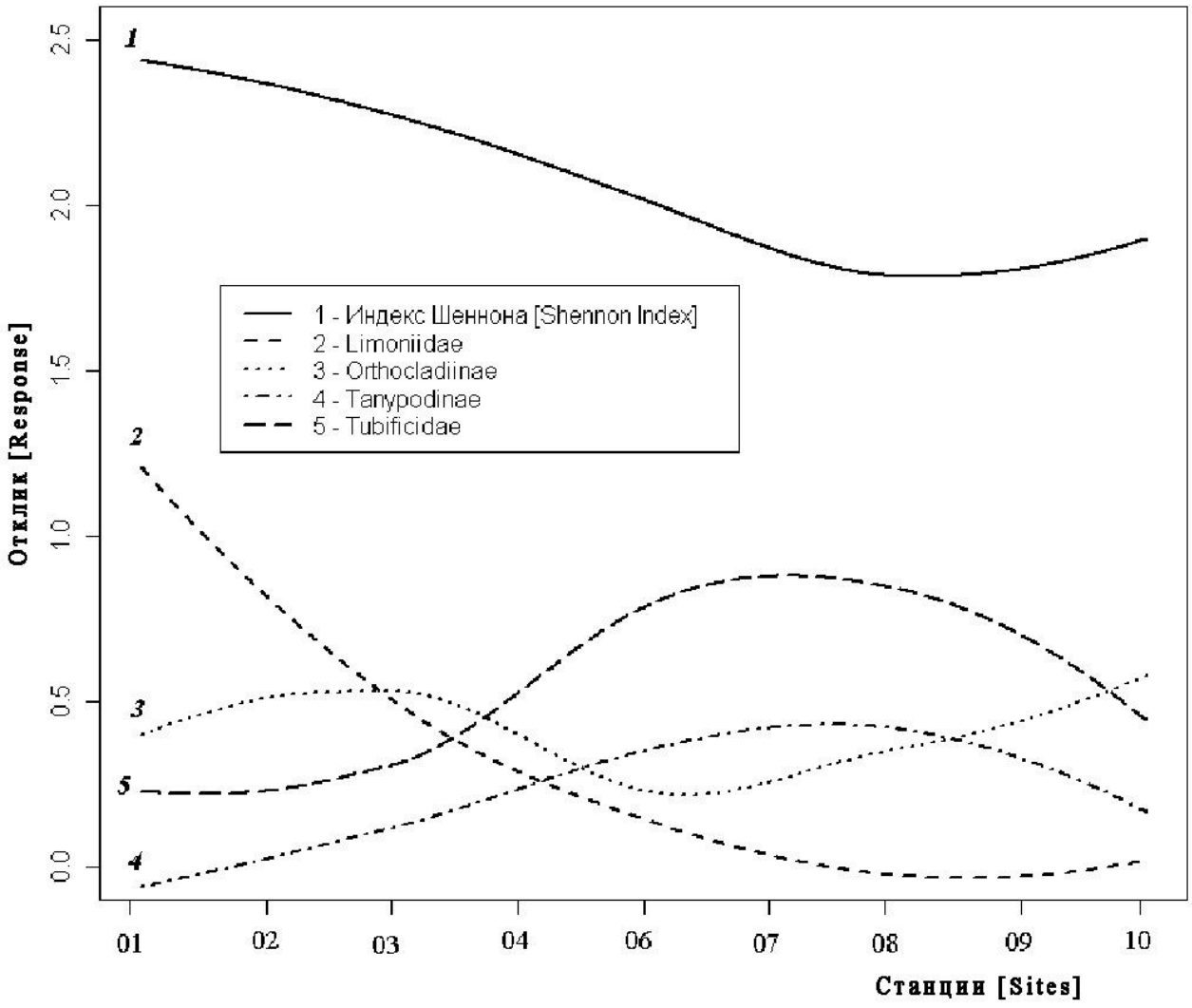


Рис. 74. Сглаженные модели распределения индекса разнообразия Шеннона и трансформированной численности отдельных основных таксономических групп макрозообентоса по продольному градиенту р. Уса.

Особый интерес представляет анализ «скоростей» изменения таксономического состава, в ходе которого вычисляется количество таксонов, появляющихся и исчезающих, по сравнению с предыдущим наблюдением. Например, на рис. 75, А в пробе бентоса, после впадения притока, в июне зарегистрировано 5 таксонов, ранее не отмеченных и не выявлено 8 видов, характерных для майских проб, т.е. интенсивность «видооборота» I_s составляет 6,5. Среднее значение этого показателя для наблюдений по продольному профилю (I_s = 10,3 – рис. 75, С) значительно превышает интенсивность сезонных изменений (I_s = 5,3 – рис. 75, А), но уступает динамичности видового состава в процессе многолетней динамики на ст. 10 (I_s = 12,4 – рис. 75, В). Однако нетрудно установить, что водоток в продольном направлении можно разделить на две зоны: верхнее течение ст. 01-04 с высокой вариабельностью видового состава (I_s = 14,6); среднее и нижнее течение ст. 06-10, где таксономический состав макрозообентоса весьма стабилен (I_s = 5,9).

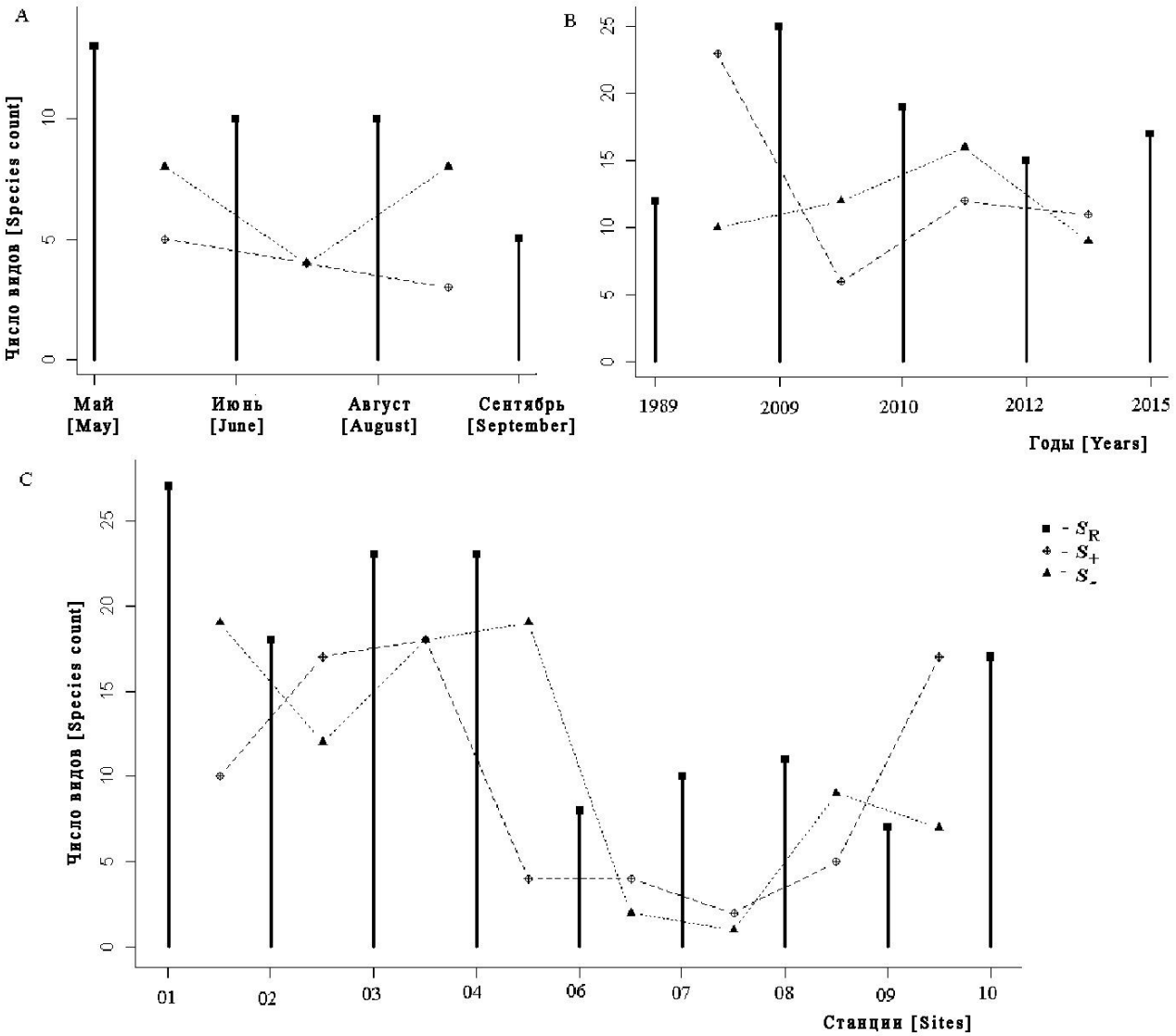


Рис. 75. Сезонная (А), многолетняя (В) и пространственная (С) изменчивость видового богатства сообществ макрозообентоса на р. Уса: S_r – наблюдаемое число видов, S_+ – появляется и S_- – исчезает видов при переходе к следующему наблюдению.

Так, приведенные ранее данные таксономического состава бентоса свидетельствуют о том, что в верхнем течении реки сообщество макрозообентоса формируется в значительной степени случайно, с преобладанием механизмов нейтральной теории, т.е. «организмы всех видов обладают определенной *экологической валентностью* и имеют адаптации к выживанию, размножению и заселению новых биотопов. Вследствие этого таксономический состав на биотопически разнородных станциях верхнего течения существенно отличается между собой. На станциях среднего течения происходит активный обмен видов, возможно, вследствие прямого и обратного дрифта, обусловленного впадением притоков и заселения видами из рефугиумов. Таксономическая структура перекрывается и поэтому велика доля общих видов, что соответствует теории речного континуума (Шитиков, Зинченко, 2014). В устьевом участке (ст. 09-10) при кумулятивном воздействии внешних факторов среды в составе донных сообществ характерными становятся виды и таксоны речных вод и Куйбышевского водохранилища. Континуальность сообщества нарушается, уступая место мозаичности.

Представленные выше методы анализа выполнялись без проверки гипотезы об изменчивости донного сообщества. В дополнение, с использованием теста случайного зондирования Пиелу вычислено среднее значение коэффициента ранговой корреляции $\tau = -0{,}051$ и оценены процентильным методом 95%-ные его доверительные интервалы от –0,042 до –0,06. Поскольку найденный доверительный интервал не включает значение 0, то делается вывод, что ориентация достаточно большого числа направлений случайного зонда совпадает с главными осями многомерного эллипсоида «облака» точек всего массива эмпирических данных по численностям видов и таксонов.

Таким образом, можно отклонить гипотезу о случайном характере распределения видов по продольному профилю реки. Ранее было показано, что пространственное распределение видов в сообществах макрозообентоса экосистемы р. Уса объясняется механизмами сложного объединения всех трех концепций: «нейтрального» водотока, речного континуума и «мозаики пятен» (см. раздел 3.1.). Видовой состав на каждом из участков малой равнинной реки специфичен и формируется в соответствии с совокупностью особенностей экологических условий, связанных с воздействующими климатическими изменениями и антропогенными факторами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования видового богатства в различных экологических системах и пространственных масштабах является краеугольным камнем изучения биологического разнообразия и наиболее существенным критерием происходящих экологических изменений (Динамика биологического.., 2012) в водных экосистемах. Для оценки состояния лотических экосистем необходима разработка методов сбора данных пространственных и временных шкал, индикаторных таксонов, выявления потребностей в менеджменте и адекватных экосистемных характеристиках. Значительную роль играют долговременные наблюдения в процессе мониторинга локальных физических, химических и биологических характеристик, но их недостаточно для интегрированного экосистемного подхода к оценке состояния рек. Необходим переход от локальных к системным оценкам с использованием вероятностных подходов и биоиндикаторов (водорослей, донных беспозвоночных, рыб) речных экосистем, включая и параметры водосборной площади. В настоящее время биоразнообразие большинства растительных и животных ассоциаций в экосистемах водотоков, озер и прибрежных участков рек изучено явно недостаточно, с учетом проблем проблем экономически развитых регионов, связанных с эвтрофированием, загрязнением, ацидофикацией, вселением чужеродных видов организмов, несмотря на успехи в понимании общих закономерностей функционирования водных экосистем (Алимов, 2000).

В системе мониторинга текучих вод бассейновый принцип исследования является основополагающим. В его основе лежит описание экологического статуса водного объекта на основе результатов изучения речного бассейна в целом. Достижение удовлетворительного состояния воды для речного бассейна должно осуществляться таким образом, чтобы меры в отношении поверхностных вод были согласованными и скоординированными (Семенченко, 2004; Богатов, Федоровский, 2017). Выделение речного бассейна происходит на основании идентификации и типологизации отдельных водных объектов. Экологический статус водотока устанавливается на основании данных комплексной экологической характеристики отдельных водных объектов и суммирования результатов мониторинга (Особенности пресноводных.., 2011), в результате чего определяется их экологическое состояние, что служит основой для управления речным бассейном. Следует учитывать определяющий экологический фактор в зависимости от типологического статуса реки. Он определяется по отношению к эталонным створам и рекам. Эталонные створы (reference sites) реки – одно из необходимых и ключевых понятий в системе мониторинга поверхностных вод. Под речным эталонным створом (участком) понимают гидроморфологические, биологические, физико-химические условия на ненарушенных участках реки, к которым в системе бассейна р. Уса относятся участки верхнего течения реки и малые протоки. Таким образом, региональные створы, о которых идет речь в отдельных разделах книги, представляют собой створы в относительно гомогенном регионе со сходным типом местообитания. Для разработки основных принципов создания сети эталонных створов в Европейском Сообществе в рамках WFD был создан специальный проект, в рамках которого регламентируются основные требования к сети эталонных створов с учетом специфики той или иной страны ЕС (Water Framework.., [электронный ресурс]). В настоящее время этот метод считаем приемлемым, но он требует региональных подходов к процессу создания эталонных створов и установления эталонных показателей для рек.

Исходя из знаний об экологической ситуации равнинных рек бассейна Средней и Нижней Волги (Особенности пресноводных.., 2011), выбор р. Уса (с учетом ее географического и исторического положения, зональной уникальности и привлекательности региона), был преднамеренным. К наиболее важным природным характеристикам, которые определяют земельно-ресурсный потенциал региона, относятся: пойменная долина; волнистый пересеченный характер рельефа; деформирующееся извилистое, местами зарастающее русло; климатические условия; очень плодородные почвы, пригодные для высокопродуктивного зем-

леделия; богатая травянистая растительность заливных и влажных лугов пойм рек и днищ крупных балок, позволяющая заниматься разными видами хозяйственной деятельности; лесные массивы с ценными породами деревьев, имеющие как важное народно-хозяйственное значение, так и являющиеся прекрасными местами отдыха; многочисленные малые реки, ручьи и родники, которые служат источниками водоснабжения населения и хозяйственных предприятий. Встречаются различные виды лекарственных растений, промысловые виды зверей и рыб. Регион обладает достаточно благоприятными климатическими условиями, что положительно влияет на рекреационные и бальнеологические свойства территории.

Цель исследований базировалась на основополагающих принципах и подходах к исследованию малой реки, имеющей в нижнем течении подпор водами Куйбышевского водохранилища, с применением методологических подходов, широко используемых в последние годы, к анализу и оценке экологического состояния типичных равнинных рек бассейна Средней и Нижней Волги (Биоиндикация экологического.., 2007; Особенности пресноводных.., 2011).

Нам представляется, что комплексные исследования экосистемы р. Уса и ее бассейна, проводимые на протяжении последних десятилетий, результаты которых и составляют содержательную часть настоящей коллективной монографии, преследовали цель демонстрации интегрального подхода к оценке разнообразия лотических систем в условиях влияния процессов эвтрофирования (нижний устьевой участок реки) на качество воды с учетом современного экологического состояния малых рек Волжского бассейна. Не вызывает сомнения, что главной причиной эвтрофирования служит повышенная нагрузка на единицу поверхности (объема) реки биогенных элементов (в первую очередь, фосфора и азота), что подтверждается данными химического анализа ниже с. Шигоны, где участок реки (нижнее течение р. Уса) обладает низкой способностью к самоочищению. Достоверность полученных биоиндикационных оценок подтверждается скоррелированностью «ответа» планктонных и донных сообществ.

Несомненно, что восстановление благоприятной экологической обстановки на реках Волжского бассейна – задача актуальная, требующая для своего решения разработки системы продуманных и широкомасштабных подходов. Также очевидно, что первым этапом решения этой задачи должна стать классификация водотоков и их водосборных площадей по климатическим, флористическим, фаунистическим и другим показателям, позволяющая в дальнейшем в системе мониторинга проводить комплексные экологические исследования на модельных водотоках, характерных для больших площадей. В этой связи, р. Уса может стать эталонным объектом проведения детальных комплексных исследований для выработки конкретных рекомендаций по сбалансированному природопользованию на конкретной территории и получения обобщенных сравнительных данных о состоянии экосистем типологически разных рек.

Главная идея устойчивого развития, как нам представляется, – это забота о Земле, обеспечение несущей емкости биосферы (в региональном аспекте – любой территории). О необходимости такой заботы дают знать глобальные и локальные экологические катастрофы, которые особенно ярко проявляются в последние десятилетия, и 2023-2024 годы не стали исключением. Примером тому – недавний размыв дамб на р. Урал и других реках, подтопление–затопление огромных территорий в регионах России, что потребует решения практических задач, экологической экспертизы для решения региональных и глобальных задач, в том числе и предотвращения деградации природных комплексов Волжского бассейна.

С.В. Краснов, Т.Д. Зинченко

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абакумов В.А. Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе гидробиологической службы СССР // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям: труды сов.-англ. семинара. Л: Гидрометеоиздат, 1977. С. 93-99.

Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л., 1970. 442 с.

Алимов А.Ф. Изменения структуры сообществ животных при эвтрофировании и загрязнении водных экосистем // Докл. Акад. наук. 2010. Т. 433, № 2. С. 1-4.

Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. 147 с.

Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. Продукционная гидробиология. СПб.: Наука, 2013. 342 с.

Ананьева Н.Б., Боркин Л.Я., Даревский И.С., Орлов Н.Л. Земноводные и пресмыкающиеся. Энциклопедия природы России. М.: ABF, 1998. 576 с.

Андреева В.А., Быкова С.В., Уманская М.В., Тарасова Н.Г. Свободноживущие инфузории Усинского залива (Куйбышевское водохранилище) в разгар цианобактериального «цветения». Изв. Самар. НЦ РАН. 2021. Т. 23, № 5. С. 127-134.

Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.

Атлас земель Самарской области / гл. ред. Л.Н. Порошина. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 2002. 99 с.

Атяшева Т.Н., Бакиев А.Г., Горелов Р.А., Кленина А.А. Рептилии Волжского бассейна в фондах зоологических коллекций. Тольятти: Анна, 2021. 76 с.

Афанасьева Н.И., Зорина С.О. О возрасте палеоценовых литостратонов Среднего Поволжья // Ученые записки КФУ. Сер. Естественные науки. Т. 150, № 1. 2008. С. 147-156.

Афанасьева Н.И., Зорина С.О., Никашин К.И., Хамада Н. Песчаные интрузии в палеогеновых отложениях Ульяновско-Сызранского Поволжья (восток Русской плиты). Известия УГГУ. 2023, вып. 1 (69). С. 46-56.

Баканов А.И. О некоторых методологических вопросах применения системного подхода для изучения структур водных экосистем // Биол. внутр. вод. 2000, № 2. С. 5-19.

Бакиев А.Г. Изменение видового состава ящериц и змей Самарской Луки в XX веке // Вопросы палеонтологии и региональной стратиграфии фанерозоя Европейской части России: Всеросс. науч.-практич. конф-я (г. Ульяновск, 22-25 сентября 2023 г.): сб. науч. тр. Ундоры: Ундоровский палеонтологический музей им. С.Е. Бирюкова, 2023. С. 15-16.

Бакиев А.Г., Гаранин В.И., Гелашвили Д.Б., Горелов Р.А., Доронин И.В., Зайцева О.В., Зиненко А.И., Кленина А.А., Макарова Т.Н., Маленев А.Л., Павлов А.В., Петрова И.В., Ратников В.Ю., Старков В.Г., Ширяева И.В., Юсупов Р.Х., Яковлева Т.И. Гадюки (Reptilia: Serpentes: Viperidae: *Vipera*) Волжского бассейна. Часть 1. Тольятти: Кассандра, 2015. 234 с.

Бакиев А.Г., Гаранин В.И., Литвинов Н.А., Павлов А.В., Ратников В.Ю. Змеи Волжско-Камского края. Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2004. 192 с.

Бакиев А.Г., Маленев А.Л., Зайцева О.В., Шуршина И.В. Змеи Самарской области. Тольятти: Кассандра, 2009. 170 с.

Бакиев А.Г., Файзулин А.И. Лягушка травяная *Rana temporaria* Linnaeus, 1758 // Красная книга Самарской области. Т. 2. Редкие виды животных / под ред. С.В. Симака, А.Е. Кузовенко, С.А. Сачкова и А.И. Файзулина. Самара: Изд-во Самар. гос. обл. акад-и Наяновой, 2019. С. 218.

Бакиев А.Г., Файзулин А.И. Материалы к кадастру земноводных и пресмыкающихся Самарской области // Мат-лы к кадастру амфибий и рептилий бассейна Средней Волги. Н. Новгород: Междунар. Социально-экологический Союз; Экоцентр «Дронт», 2002. С. 97-132.

Балушкина Е.В. Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры по структурным характеристикам донных животных в разные годы // Биол. внутр. вод. 2002, № 4. С. 61-68.

Балушкина Е.В. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. Л.: Наука, 1987. 179 с.

Банников А.Г., Даревский И.С., Ищенко В.Г., Рустамов А.К., Щербак Н.Н. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. М.: Просвещение, 1977. 414 с.

Барышев И.А. Макрозообентос рек Восточной Фенноскандии / ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2023. 334 с.

Батанина Е.В. Бактериальное сообщество донных отложений водохранилища Бугач и его роль в оценке качества среды / Автореф. дисс. …. канд. биол. наук, 2008. 19 с.

Бедрицкий А.И., Блинов В.Г., Цатуров Ю.С. К 90-летию со дня рождения Юрия Антониевича Израэля (1930-2014 гг.) // Метеорология и гидрология. 2020, № 5. С. 22-39.

Берг Л.С. Рыболовство в бассейне Волги выше Саратова // Рыболовство в VII смотрительском районе. Отчет. Вып. 4. СПб.: Типография В.Т. Киршбаума, М-ва Финансов, на Дворц. площ., 1906. 85 с.

Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / под ред. О.В. Бухарина, Г.С. Розенберга. М.: Наука, 2007. 403 с.

Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / под ред. А.Ф. Алимова и Н.Г. Богуцкой. М.-СПб.: т-во науч. изд-й КМК, 2004. 436 с.

Биология речного окуня / Сб. науч. тр. ин-та эволюц. морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова / отв. ред. М.И. Шатуновский. М.: Наука, 1993. 128 с.

Бисерова Л.И. Паразитологические аспекты инвазий чужеродных видов // Тр. ВНИРО. 2010. Т. 148. С. 137-141.

Бисерова Л.И. Трематоды *Apophallus muehlingi* и *Rossicotrema donicum* – паразиты рыб дельты Волги: особенности экологии и ихтиопаразитозы, ими вызываемые: дис. … канд. биол. наук. М., 2005. 168 с.

Благовещенский В.В. Растительность Приволжской возвышенности в связи с ее историей и рациональным использованием. Ульяновск: УлГУ, 2005. 715 с.

Богатов В.В. Комбинированная концепция функционирования речных экосистем // Вестник ДВО РАН. 1995, № 3. С. 51-61.

Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1994. 218 с.

Богатов В.В., Федоровский А.С., 2017. Основы речной гидрологии и гидробиологии. Владивосток: Дальнаука. 384 с.

Богданов М. Птицы и звери черноземной полосы Поволжья и долины средней и нижней Волги (биогеографические материалы) // Тр. Об-ва Естествоисп. при Имп. Казан. Ун-те. Казань, 1871. Т. 1. С. 3-226.

Бородич Н.Д. Каспийские Peracarida (Crustacea) в Саратовском водохранилище // Зоол. журн. 1978. Т. 57, вып. 5. С. 783-785.

Бородич Н.Д. Распространение и некоторые черты биологии мизид в водохранилищах Средней и Нижней Волги // Биол. внутр. вод. Информ. бюллетень АН СССР. 1979. № 44. С. 42-46.

Бочаров Н.А. Происхождение реки Усы (притока Волги) // Ульяновский гос. пед. ин-т им. И.Н. Ульянова. Ученые записки. Т. 11, вып. 2. Ульяновск, 1958. С. 127-144.

Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб: Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.

Васильков Г.В. Паразитарные болезни рыб и санитарная оценка рыбной продукции. М.: Изд-во ВНИРО, 2000. 190 с.

Васюков В.М., Саксонов С.В., Сенатор С.А. Эндемичные растения бассейна Волги // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2015. Т. IX, № 3. С. 27-44.

Вершинин В.Л. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий: Автореф. дис. … докт. биол. наук. Екатеринбург, 1997. 47 с.

Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ / в редакции от 25.12.2023 [электронный ресурс]. URL: normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=379488 (дата обращения: 09.04.2024).

Волга и ее жизнь / отв. редактор Ф.Д. Мордухай-Болтовской. Л.: Наука, 1978. 348 с.

Выхристюк Л.А., Варламова О.Е. Донные отложения и их роль в экосистеме Куйбышевского водохранилища. Тольятти: изд-во СамНЦ РАН, 2003. 174 с.

Выхристюк Л.А., Цыкало В.А., Лаптева Е.В. Антропогенное воздействие на бассейн р. Чапаевка // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. М.: Наука, 2007. С. 137-145.

Гавлена Ф.К. Звездчатая пуголовка *Benthophilus stellatus* (Sauvage) в Куйбышевском водохранилище // Вопросы ихтиологии. 1973. Т. 13, № 1. С. 174-175.

Гавлена Ф.К. Каспийский бычок-кругляк *Neogobius melanostomus affinis* (Eichwald) – новый элемент ихтиофауны Средней Волги // Биология внутренних вод. Инф. бюлл. 1970. № 6. С. 44-45.

Гавлена Ф.К. Черноморская пухлощекая игла-рыба *Syngnathus nigrolineatus* Eichwald – новый элемент ихтиофауны Волжских водохранилищ // Вопросы ихтиологии. 1974. Т. 14, № 5. С. 919-920.

Гаевская А.В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2005. 223 с.

Гаевская А.В. Мир паразитов человека. I. Трематоды и трематодозы пищевого происхождения. Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2015. 410 с.

Гаевская А.В. Мир паразитов человека. II. Нематоды и нематодозы пищевого происхождения. Севастополь: Экоси–Гидрофизика, 2016. 442 с.

Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. М.: ГЕОС, 2001. 500 с.

Гаранин В.И. Земноводные и пресмыкающиеся Волжско-Камского края. М.: Наука, 1983. 175 с.

Гелашвили Д.Б., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. Паспортизация городских водоемов (методические рекомендации) // Биржа интеллектуальной собственности. Т. VI, № 7. 2007. С. 17-21.

Геология и полезные ископаемые мезокайнозойских отложений Ульяновской области / Гл. ред. А.Е. Арбузов / Тр. Казанского филиала АН СССР. Сер. геологических наук. Вып. 11. Казань, 1964. 331 с.

Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д. Биотические идентификаторы в оценке качества воды эталонной реки: сравнительный анализ биоиндикационных индексов реки Байтуган (Высокое Заволжье) // Ученые записки Казанского ун-та, 2020. Т. 162, кн. 1. С. 134-150.

Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д. Применение биотических идентификаторов для оценки качества вод притоков р. Сок (рр. Байтуган, Камышла, Сосновка) // Вестн. Волжск. ун-та им. В.Н. Татищева. Сер. «Экология». 2011. Вып. 11. С. 10-19.

Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д., Шитиков В.К. Географические аспекты пространственного распределения биоразнообразия донных сообществ Среднего и Нижнего Поволжья // Принципы экологии. 2021, № 2. С. 38-53.

Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д., Шитиков В.К. Индикаторная оценка организмов макрозообентоса текучих вод // Биология внутренних вод, 2008, № 3. С. 66-79.

Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П.П., Евдокимова Е.Б., Юхименко Л.Н. Ихтиопатология. М.: Мир, 2003. 448 с.

Голуб В.Б., Лысенко Т.М. Травянистая растительность нижней части поймы р. Тишерек (Самарская область) // Самар. Лука: Бюллетень. 1999. № 9/10. С. 119-142.

Голубая книга Самарской области: Редкие и охраняемые гидробиоценозы / под ред. Г.С. Розенберга и С.В. Саксонова. Самара: Самар. НЦ РАН, 2007. 200 с.

Горелов М.С. О некоторых особенностях распространения ящерицы живородящей (*Lacerta vivipara* Jacq.) на южной границе ареала // Первая конференция герпетологов Поволжья: Тез. докл. Тольятти, 1995. С. 15-16.

Горелов Р.А. Ядовитые змеи Самарской области и свойства их ядов. Тольятти: Кассандра, 2017. 124 с.

Горохова О.Г. Биоиндикационная значимость таксономических и структурных показателей альгоценозов малой реки при оценке точечного источника антропогенного воздействия // Изв. СамНЦ РАН. 2023. Т. 25, № 5. С. 119-124.

Горохова О.Г. Состав и структура сообществ фитопланктона Усинского залива Куйбышевского водохранилища в период «цветения» воды» // Изв. Самар. НЦ РАН. 2016. Т. 18, № 5. С. 122-130.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Центрально-Европейская. Лист N-39: Казань–Самара. Объяснительная записка / Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ». СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2021. 467 с.

Государственный водный реестр / Цит. по: Поиск по данным государственного водного реестра [электронный ресурс]. URL: textual.ru/gvr (год обновления: 2011, дата обращения 09.04.2024).

Грищенко Л.И., Акбаев М.Ш., Васильков Г.В. Болезни рыб и основы рыбоводства. М.: Колос, 1999. 456 с.

Давлетшин К.А., Косов С.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Средневолжская. Лист N-39-XXVI (Новокуйбышевск). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2000. 111 с.

Давлетшин К.А., Косов С.А., Доронина А.П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Средневолжская. Лист N-39-XXV (Сызрань). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2017. 92 с.

Демидова А.Н., Прилепский Н.Г. Комплексный подход к анализу флоры // Вестн. Московск. ун-та. Сер. 16. Биология. 2014, № 2. С. 46-53.

Дзержинская И.С. Питательные среды для выделения и культивирования микроорганизмов. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. 348 с.

Дзюбан А.Н. Бактериобентос водохранилищ Верхней Волги как показатель экологического состояния водоемов // Водные ресурсы, 2003. Т.30, № 6. С. 741-749.

Дзюбан А.Н. Деструкция органического вещества и цикл метана в донных отложениях внутренних водоемов. Ярославль: Принтхаус, 2010. 192 с.

Дзюбан А.Н. Численность некоторых видов маслянокислых бактерий в грунтах волжских водохранилищ и озер разного уровня трофии в зависимости от содержания органического вещества // Тр. ИБВВ РАН, 1993. Вып. 66. С.47-64.

Дзюбан А.Н. Экологическое состояние Шекснинского водохранилища: оценка на основе микробиологических исследований // Водные ресурсы, 2005. Т.32, № 1. С. 70-78.

Дзюбан А.Н., Косолапов Д.Б., Кузнецова И.А. Микробиологические процессы в донных отложениях Рыбинского водохранилища и озера Плещеево как факторы формирования качества водной среды // Гидробиол. журн. 2005. Т. 41, № 4. С. 82-88.

Дзюбан Н.А. О районировании Куйбышевского водохранилища // Бюл. ИБВВ АН СССР. 1960, № 8-9. С. 53-56.

Динамика биологического разнообразия и биоресурсов континентальных водоемов / под ред. А.Ф. Алимова, С.М. Голубкова. СПб.: Наука. 2012. 369 с.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2017 год. 2018. Москва. 69 с. [электронный ресурс]. URL: www.igce.ru/wp-content/reports/Доклад2017%20о%20климате%20РФфинSam.pdf (дата обращения 07.01.2023)].

Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2019 год. Самара: Изд-во Самар. НЦ, 2020. 174 р.

Дрейссена *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae). Систематика, экология и практическое значение. М.: Наука, 1994. 240 с.

Дунаев Е.А., Орлова В.Ф. Земноводные и пресмыкающиеся России. Атлас-определитель. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Фитон XXI, 2017. 328 с.

Дыренков С.А., Акатов В.В. Экологическое пространство второго порядка: скорости изменений функций отклика на градиенте экологических факторов // Экология. 1990. Т. 21, № 3. С. 13-21.

Евланов И.А., Козловский С.В., Антонов П.И. Кадастр рыб Самарской области. Тольятти: Бузони, 1998. 222 с.

Емельянов М.А. Жигули и «кругосветка». Куйбышев: Куйбышевское изд-во, 1938. Изд. 3-е, доп. 266 с.

Епланова Г.В. Распространение живородящей ящерицы на юге ареала в Поволжье // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Теория ареалов: виды, сообщества, экосистемы (V Любищевские чтения). Тольятти: Кассандра, 2010. С. 41-44.

Ермаков О.А., Файзулин А.И., Закс М.М., Кайбелева Э.И., Зарипова Ф.Ф. Распространение «западной» и «восточной» форм озерной лягушки *Pelophylax ridibundus*s. l. на территории Самарской и Саратовской областей (по данным анализа митохондриальной и ядерной ДНК) // Изв. Самар. НЦ РАН. 2014. Т. 16, № 5 (1). С. 409-412.

Жариков В.В. Инфузории–индикаторы сапробного состоянии среды Волжских водохранилищ // Биоиндикация: теория, методы, приложения. 1994. С. 88-98.

Жохов А.Е., Пугачева М.Н. Первая находка нематоды *Eustrongylides excisus* (Dorylaimea: Dioctophymatidae) у рыб в Рыбинском водохранилище // Росс. журн. биол. инвазий. 2019, № 3. С. 25-28.

Жохов А.Е., Пугачева М.Н., Молодожникова Н.М., Беречикидзе И.А. Чужеродные виды паразитов рыб в бассейне Волги: обзор данных по числу видов и распространению // Росс. журн. биол. инвазий. 2019. Т. 12, № 1. С. 38-55.

Завьялов Н.А., А.В. Крылов, А.А. Бобров, В.К. Иванов, Ю.Ю. Дгебуадзе. Влияние речного бобра на экосистемы малых рек М.: Наука. 2005. 186 с.

Зайков Б.Д. Очерки по озероведению. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1960. 240 с.

Законнов В.В., Законнова А.В., Цветков А.И., Шерышева Н.Г. Гидродинамические процессы и их роль в формировании донных осадков водохранилищ Волжско-Камского каскада // Тр. ИБВВ РАН. 2018. Вып. 81(84). С. 35-46.

Захаров А.С. Рельеф Куйбышевской области: пособие по краеведению / под ред. А.В. Ступишина. Куйбышев: Куйбышев. кн. изд-во, 1971. 87 с.

Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика и практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

Зеленая книга Самарской области: редкие и охраняемые растительные сообщества. Самара, 2006, 201 с.

Зинченко Т.Д. К характеристике малых рек Самарской области // Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994. С. 82-97.

Зинченко Т.Д. Методологический подход к проведению мониторинговых исследований природных гидросистем (на примере Волжского бассейна) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып.4. 2008. Владивосток. С. 25-30.

Зинченко Т.Д. Распределение хирономид (Diptera: Chironomidae) и их индикационная значимость в оценке качества воды рек Самарской области. Тольятти: Анна, 2020. 198 с.

Зинченко Т.Д. Унифицированные методы для оценки качества поверхностных вод Волжского бассейна // Сб. тр. VIII Междунар. конгресса «Чистая вода. Казань». 30 ноября – 1 декабря 2017 г. Казань: Новое знание, 2017. С. 119-122.

Зинченко Т.Д. Хирономиды поверхностных вод бассейна Средней и Нижней Волги (Самарская область). Эколого-фаунистический обзор. Самара: ИЭВБ РАН, 2002. 174 с.

Зинченко Т.Д. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней Волги (атлас). Тольятти: Кассандра, 2011. 258 с.

Зинченко Т.Д., Абросимова Э.В., Горохова О.Г., Головатюк Л.В., Кузнецова Р.С., Болотов С.Э. Состояние планктонных и донных сообществ равнинной реки Уса (бассейн Средней Волги, Куйбышевское водохранилище) в условиях климатических изменений // Экосистемы: экология и динамика. 2023. Т. 7, № 2. С. 3-41.

Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. Комплексная оценка экологического состояния р. Чапаевка (по интегральному индексу) // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / под ред. О.В. Бухарина и Г.С. Розенберга. М.: Наука, 2007. С. 348-356.

Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. Методологический подход к оценке экологического состояния речных систем по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Изв. Самар. НЦ РАН, 2000. Т. 2, № 2. С. 233-243.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Биоразнообразие и структура сообществ макрозообентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтонье) // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16. № 3 (43). С. 25-33.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Изменение состояния бентоса малых рек бассейна Средней Волги // Изв. Самар. НЦ РАН, 2000. Т. 2, № 2. С. 257-267.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Горохова О.Г., Абросимова Э.В., Уманская М.В., Попченко Т.В., Шитиков В.К., Гусаков В.И., Болотов С.Э., Лазарева В.И., Селиванова Е.А., Балкин А.С., Плотников А.О. Функциональные особенности организации структуры планктонных и донных сообществ высокоминерализованных рек бассейна гипергалинного озера Эльтон (Россия) // Экосистемы: экология и динамика. 2021. Т. 5, № 1. С. 5-73.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Шитиков В.К. Особенности пространственного распределения донных сообществ равнинной реки бассейна Средней Волги // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2017. № 40. С. 163-180. DOI: 10.17223/19988591/40/12

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Шитиков В.К., Выхристюк Л.А., Даирова Д.С., Абросимова Э.В., Шарый П.А. Мониторинг, биоразнообразие и оценка состояния равнинных рек бассейна Средней и Нижней Волги // Ресурсы экосистем Волжского бассейна. Водные экосистемы. Т. 1. Тольятти: ИЭВБ РАН, Кассандра, 2008. С. 223-257.

Зинченко Т.Д., Курина Е.М. Распределение видов вселенцев в открытых мелководьях Саратовского водохранилища // Росс. журн. биол. инвазий. 2011, № 2. С. 74-85.

Зинченко Т.Д., Моллер Пилот Х.К.М. Индикационная роль экзувиев куколок хирономид при оценке качества водных экосистем равнинных рек // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / под ред. О.В. Бухарина и Г.С. Розенберга. М.: Наука, 2007. С. 237-242.

Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. Большие проблемы малых рек // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2012. Т. 21, № 4. С. 207-213.

Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. Опыт исследования малых рек в Институте Экологии Волжского бассейна РАН // В сб.: Экология речных бассейнов: Тр. 10-й Междунар. науч.-практ. конф-и / под общ. ред. Т.А. Трифоновой; Владимир. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. Владимир: Аркаим, 2021. С. 25-34.

Зинченко Т.Д., Саксонов С.В., Сенатор С.А., Минеев А.К., Головатюк Л.В., Горохова О.Г., Болотов С.Э., Курина Е.М., Абросимова Э.В., Уманская М.В., Кузнецова Р.С., Михайлов Р.А., Попченко Т.В. Экологический паспорт реки Усы (правобережный приток Волги) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. Т. 28, № 2. С. 156-188.

Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Абросимова Э.В. Статистический анализ популяционной структуры водных экосистем // Астраханский вестник экологического образования. 2015, № 1 (31). С. 32-40.

Иванов В.М. Мониторинг, структурные изменения и экологические особенности трематодофауны позвоночных животных дельты Волги и Северного Каспия (фауна, систематика, биология, экология, патогенное значение): дис. … докт. биол. наук. М., 2003. 323 с.

Извекова Г.И., Тютин А.В. Встречаемость партенит у моллюсков и влияние метацеркарий *Apophallus muehlingi* (Jagerskiold, 1898) и *Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832) на некоторые биохимические характеристики рыб // Биология внутренних вод. 2011, № 3. С. 72-77.

Информационный бюллетень о состоянии недр территории Приволжского федерального округа за 2021 г. Вып. 21, кн. 1. Подземные воды / Шпагина О.Н. (отв. исп.). Ниж. Новгород, 2022. 318 с.

Казарникова А.В., Степанова Ю.В. К изучению зараженности бычка-сирмана, *Ponticola syrman*, личинками нематоды *Eustrongylides excisus* в дельте реки Дон // Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция «Аквакультура 2021»). Ростов-на-Дону, 2021. С. 37-39.

Камелин Р.В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л.: Наука, 1973. 353 с.

Кесслер К.Ф. Об ихтиологической фауне р. Волги // Тр. Санкт-Петербургского об-ва естествоиспытателей. 1870. Т. 1, вып. 2. С. 236-310.

Кизерицкий В.А. Водяной уж на Средней Волге // Природа. 1939. № 3. С. 71-72.

Кленина А.А., Бакиев А.Г. Материалы для второго издания Красной книги Самарской области: ужовые змеи // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27, № 2. С. 257-262.

Козловский С.В. Новые данные о звездчатой пуголовке *Benthophilus stellatus* (Sauvage) в Куйбышевском водохранилище // Биология внутренних вод: Инф. бюлл. 1978. № 40. С. 47-50.

Козловский С.В. Рыбы. Определитель в иллюстрациях, краткий справочник по экологии рыб, любительскому рыболовству и рыбоводству в Самарской области. Самара, 2001. 224 с.

Колешко О.И. Экология микроорганизмов почвы: лаб. практикум. Минск: Высш. школа, 1981. 176 с.

Комулайнен С.Ф. Экология фитоперифитона малых рек Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 182 с.

Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Бактериопланктон водохранилищ Верхней и Средней Волги. М.: Изд-во СГУ, 2008. 377 с.

Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома, Костромской печатный дом. 2015. 284 с.

Красная книга Самарской области. Т. 1. Растения и грибы / под ред. С.А. Сенатора и С.В. Саксонова. Самара: Изд-во Самар. гос. обл. академии (Наяновой), 2017. 384 с.

Красная книга Самарской области. Т. 2. Редкие виды животных. Самара: Изд-во Самар. гос. обл. академии (Наяновой), 2019. 354 с.

Красная книга Ульяновской области / под науч. ред. Е.А. Артемьевой, А.В. Масленникова, М.В. Корепова. М.: Буки Веди, 2015. 550 с.

Кривошеев В.А. Гребенчатый тритон // Красная книга Ульяновской области / под науч. ред. Е.А. Артемьевой, А.В. Масленникова, М.В. Корепова. М.: Буки Веди, 2015а. С. 426-427.

Кривошеев В.А. К распространению и экологии зеленой жабы *Bufo viridis* Laurenti, 1768 в Ульяновской области // Методология и методы научных исследований в области естествознания: мат-лы Всеросс. науч.-практич. конф-и, посв. 100-летию д.б.н., профессора Л.В. Воржевой. Самара: изд-во СамГПУ, 2006а. С. 102-106.

Кривошеев В.А. К распространению и экологии остромордой лягушки *Rana arvalis* Nilsson, 1842 в Ульяновской области // Проблемы экологии и охраны природы. Пути их решения. Мат-лы III Всеросс. науч.-практич. конф-и. 2006б. С. 92-94.

Кривошеев В.А. Кадастр фауны: амфибии и рептилии Ульяновской области. Экология и

охрана. Ульяновск: УлГУ, 2006в. 234 с.

Кривошеев В.А. Кадастр фауны: амфибии и рептилии Ульяновской области. Экология и охрана. Ульяновск: Издательская группа «Артишок», 2008. 228 с.

Кривошеев В.А. Травяная лягушка // Красная книга Ульяновской области. М.: Буки Веди, 2015б. С 427-428.

Кривошеев В.А., Салтыкова О.Г., Салтыков А.В. Материалы к кадастру земноводных и пресмыкающихся Ульяновской области // Мат-лы к кадастру амфибий и рептилий бассейна Средней Волги. Н. Новгород: Междунар. Социально-экологический Союз; Экоцентр «Дронт», 2002. С. 133-153.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М.: Минприроды, 1992. 37 с.

Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.

Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 288 с.

Кузнецова Р.С., Саксонов С.В., Сенатор С.А. Охраняемые природные территории бассейна реки Уса // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26, № 3. С. 229-234.

Кузовенко А.Е., Киреева А.С., Зяткина Г.А., Андрианова М.М. Редкие виды животных и растений Самарской области, отмеченные участниками областного экологического конкурса «Зимородок» в 2019 году // Самарский край в истории России. Вып. 7. Мат-лы Межрегиональной науч. конф-и, посвящ. 195-летию со дня рождения П.В. Алабина. Самара: СОИКМ им. П.В. Алабина, 2020. С. 149-157.

Кузовенко А.Е., Файзулин А.И. Жаба серая *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) // Красная книга Самарской области. Т. 2. Редкие виды животных / под ред. С.В. Симака, А.Е. Кузовенко, С.А. Сачкова и А.И. Файзулина. Самара: Изд-во Самар. гос. обл. акад-и Наяновой, 2019. С. 217.

Кузовенко А.Е., Файзулин А.И. Состояние охраны земноводных (Amphibia) особо охраняемых природных территорий регионального значения Самарской области // Изв. Самар. НЦ РАН, 2023. Т. 25, № 5(115). С. 44-51.

Кузовенко А.Е., Чихляев И.В., Файзулин А.И. Обыкновенный тритон *Lissotriton vulgaris* (Linnaeus, 1758) // Красная книга Самарской области. Т. 2. Редкие виды животных / Под ред. С.В. Симака, А.Е. Кузовенко, С.А. Сачкова и А.И. Файзулина. Самара: Изд-во Самар. гос. обл. акад-и Наяновой, 2019. С. 215.

Кузьмин С.Л. Земноводные бывшего СССР. 2-е изд. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2012. 370 с.

Кузяхметов Г.Г., Мифтахова А.М., Киреева Н.А., Новоселова Е.И. Практикум по почвоведению: учебное пособие. Уфа: РИО БашГУ, 2004. 120 с.

Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник) / Отв. ред. Г.С. Розенберг, Л.А. Выхристюк. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. 123с.

Курина Е.М. Особенности распределения чужеродных видов макрозообентоса в заливах водохранилищ (на примере водоемов Средней и Нижней Волги) // Росс. журн. биол. инвазий. 2020. Т. 13, № 1. С. 20-29.

Курина Е.М. Распространение чужеродных видов макрозообентоса в притоках Куйбышевского и Саратовского водохранилищ // Изв. Самар. НЦ РАН, 2014. Т. 16, № 1. С. 236-242.

Курина Е.М. Сравнительная оценка размерных характеристик чужеродных видов макрозообентоса Куйбышевского и Саратовского водохранилищ // Изв. Самар. НЦ РАН, 2018. Т. 20, № 2. С. 73-84.

Курина Е.М. Чужеродные виды амфипод (Amphipoda, Gammaridea) в составе донных сообществ Куйбышевского и Саратовского водохранилищ: особенности распространения и стратегий жизненных циклов // Росс. журн. биол. инвазий. 2017, № 2. С. 69-80.

Курина Е.М., Селезнев Д.Г. Анализ закономерностей организации комплексов видов макрозообентоса понто-каспийского и понто-азовского происхождения в водохранилищах Средней и Нижней Волги // Экология. 2019, № 1. С. 62-71.

Курина Е.М., Селезнев Д.Г., Шерышева Н.Г. Зависимость распространения чужеродных видов макрозообентоса от типа и состава грунта в волжских и камских водохранилищах // Биология внутренних вод. 2023, № 2. С. 243-251.

Львова А.А., Извекова Э.И., Соколова Н.Ю. Роль донных организмов в трансформации органического вещества и в процессах самоочищения водоемов // Бентос Учинского водохранилища. М.: Наука, 1980. С. 171-177.

Ляховская Л.Ф. Тишерек // Энциклопедия Самарской области / в 6-и т. с прил. / Т. 6: Т-Я / М-во образования и науки Самарской обл.; ред. совет: Ю.Н. Горелов и др. Самара: СамЛюксПринт, 2011. С. 419.

Максимова А.М., Нестеров Д.А. Экологические проблемы малых водотоков // Изв. Росс. гос. педагогического ун-та им. А.И. Герцена. 2014. С. 132-138.

Малые реки Волжского бассейна / под ред. Н.И. Алексеевского. М.:.Изд-во МГУ, 1998. 234 с.

Марголина Г.В. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. М.: Наука, 1989. 120 с.

Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Методические указания. Ростов-на-Дону: Гидрометеоиздат, 2002. 49 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоѐмов / под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. М.: Наука, 1975. 240 с.

Методические рекомендации по обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / под ред. Г.Г. Винберга и Г.М. Лаврентьевой. Л.: Зоологический ин-т АН СССР, 1984а. 52 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах (зообентос, фитопланктон, бактериопланктон, зоопланктон). Л.: ГосНИОРХ, 1984б. 32 с.

Методические указания по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей, утвержденные приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 08 октября 2014 г. № 432.

Минеева О.В. Макропаразиты обыкновенного гольяна *Phoxinus phoxinus* L., 1758 (Osteichthyes, Cyprinidae) малых рек юга Среднего Поволжья // Экологический сборник 8: Тр. Всеросс. (с междунар. участием) науч. конф-и. Тольятти: Анна, 2021а. С. 85-88.

Минеева О.В. Макропаразиты усатого гольца малых рек юга Среднего Поволжья // Ветеринария. 2021б, № 10. С. 35-38.

Михайлов Р.А. Видовой состав пресноводных моллюсков водоемов Среднего и Нижнего Поволжья // Изв. СамНЦ РАН. 2014. Т. 16, № 5(5). С. 1765-1772.

Михайлов Р.А. Малакофауна разнотипных водоемов и водотоков Самарской области. Тольятти: Кассандра, 2017. 103 с.

Михеева, Т.М. Структура и функционирование фитопланктона при эвтрофировании вод: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Минск, 1992. 63 с.

Мордухай-Болтовской Ф.Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 288 с.

Мороз Т.Г. Потребление кислорода моллюсками при разных температурах в лабораторных условиях // Экология. 1980, № 10. С. 100-102.

Мошу А. Гельминты рыб водоемов Днестровско-Прутского междуречья, потенциально опасные для здоровья человека. Кишинэу: Eco-TIRAS, 2014. 88 с.

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.

Населенные пункты Ульяновской области [электронный ресурс]. URL: wikipedia.org/wiki/Населённые_пункты_Ульяновской_области (дата обращения 10.04.2024).

Нестеров Е.М., Тимиргалеев А.И., Маслова Е.В. Оценка техногенного воздействия на городскую среду на основе изучения геохимии донных отложений // Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион: Естественные науки. 2008, № 2. С. 96-99.

Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 608 с.

Ноинский М.Э. Самарская Лука. Геологическое исследование / Тр. Об-ва естествоиспытателей при Императорском Казанском Ун-те. Т. XLV, вып. 4-6. Казань, Типо-литография Императорского Ун-та, 1913. 768 с.

Номоконова В.И. Динамика содержания хлорофилла «а» в водных массах и донных отложениях Нижневолжских водохранилищ // Бассейн Волги в XXI-м веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ. 2012. С. 197-200.

Номоконова В.И., Паутова В.Н. Первичная продукция и деструкция органического вещества в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах в 2009-2010 гг. // Бассейн Волги в XXI-м веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ. 2012. С. 200-203.

Обедиентова Г.В. Эрозионные циклы и формирование долины Волги. М.: Наука, 1977. 240 с.

Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П., Линник П.Н., Кузьменко М.И., Кленус В.Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29, № 4. С. 62-76.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 2. Л.: Наука, 1985. 425 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3. Л.: Наука, 1987. 583 с.

Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Роскомгидромета. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. РД 52.24.309-92. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 67 с.

Орлова М.И., Щербина Г.Х. О распространении *Dreissena bugensis* (Dreissenidae, Bivalvia) в верхневолжских водохранилищах // Зоол. журн. 2002. Т.81, вып. 5. С. 515-520.

Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / под ред. Г.С. Розенберга, Т.Д. Зинченко. Тольятти: Кассандра, 2011. 322 с.

Охапкин А.Г. Видовой состав фитопланктона как показатель условий существования в водотоках разного типа // Бот. журн. 1998. Т. 83, № 9. С. 1-13.

Охапкин А.Г. Динамика видовой структуры потамофитопланктона в водотоках разного типа // Биология внутренних вод. 2000, № 1. С. 53-61.

Охапкин А.Г., Горохова О.Г., Генкал С.И., Паутова В.Н. К альгофлоре нижнего течения реки Оки // Бот. журн. 2010. Т. 95, № 10. С. 1422-1436.

Палий В.Ф. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоол. журн. 1961. Т. 60, № 1. С. 3-12.

Пластовые воды палеозойских отложений Куйбышевского Поволжья / под ред. М.И. Зайдельсона и А.Н. Козина. Куйбышев: НИИНП, 1963. 199 с.

Поддубный А.Г. Состояние ихтиофауны Куйбышевского водохранилища в начальный период его существования // Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. 1959. Вып. 1 (4). С. 269-297.

Поддубный А.Г., Козловский С.В. Ихтиофауна. В кн.: Куйбышевское водохранилище. Л.: Наука, 1983. С. 148-170.

Положенцев П.А. Классы пресмыкающиеся и земноводные // Животный мир Среднего Поволжья (полезные и вредные животные) / Сб. ст. [Куйбышев]: Тип. им. Мяги, 1937. С. 91-99.

Положенцев П.А. Классы пресмыкающиеся и земноводные // Животный мир Среднего Поволжья (полезные и вредные животные). 2-е изд. Куйбышев: ОГИЗ, 1941. С.103-114.

Полтева А.В. Микробиологическая оценка экологического состояния заливов острова Сахалин с различной антропогенной нагрузкой // Автореф. дисс. …. канд. биол. наук, Хабаровск, 2009. 24 с.

Потехина Ж.С., Шерышева Н.Г., Бычек-Гущина И.А., Готтшалк Г. Анаэробный рост бактерий на метане с Fe(III) восстановлением, как электронакцептирующим процессом // Изв. Самар. НЦ РАН, 2000. Т. 2, № 2. С. 371-379.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). Москва: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.

Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. Владивосток: Дальнаука, 2008. 320 с.

Приказ Министерства экологии и природных ресурсов Российской Федерации № 320 от 23.05.2023 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации».

Прыткая ящерица. Монографическое описание вида. М.: Наука, 1976. 376 с.

Раков Н.С. Степи с ковылем Коржинского на западе Самарской Луки // Самар. Лука: Бюллетень. 1991. № 2. С. 101-108.

Растительность европейской части СССР / под ред. С.А. Грибовой, Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. Л.: Наука, 1980. 429 с.

Рахуба А.В., Шерышева Н.Г. Влияние гидродинамических условий на распределение бактериобентоса в верхнем бьефе Жигулевской ГЭС Куйбышевского водохранилища // Поволжский экол. журн., 2023, № 2. С. 214-228.

Реки // Губернатор и Правительство Ульяновской области (официальный сайт) [электронный ресурс]. URL: ulgov.ru/page/index/permlink/id/1325 (дата обращения 10.04.2024)

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 1. Нижнее Поволжье / под ред. О. М. Зубченко. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 287 с.

Рогов М.А. Аммониты и инфразональная стратиграфия кимериджского и волжского ярусов Панбореальной надобласти / Тр. геологического института. Вып. 627. М.: ГИН РАН, 2021. 732 с.

Рогов М.А., Савельева Ю.Н., Шурекова О.В. Биостратиграфия верхней юры карьера Валы (Самарская Лука) по аммонитам, остракодам и диноцистам // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. Т. 66, вып. 3. 2021. С. 510-532.

Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию (в 2-х тт.). Тольятти: Кассандра, 2013. Т. 1. – 556 с.; т. 2. – 445 с.

Розенберг Г.С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2009. 478 с.

Розенберг Г.С., Бухарин О.В., Захаров В.М., Зинченко Т.Д. Введение // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. М.: Наука, 2007. С. 8-12.

Романенко В.И. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоемах. Л.: Наука, 1985. 295 с.

Рубанова М.В., Мухортова О.В., Поддубная Н.Я. Динамика фауны гельминтов пищеварительного тракта *Perca fluviatilis* (Actinopterygii: Perciformes) и ее взаимосвязь с зоопланктоном национального парка «Самарская Лука» (Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2020. Т. 5, № 1. С. 64-86.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 541 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 1. Ростов-на-Дону, 2009. 1045 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 2. Ростов-на-Дону, 2012. 720 с.

Рыбы севера Нижнего Поволжья: в 3 книгах. Кн. 1. Состав ихтиофауны, методы изучения. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 2007. 208 с.

Селезнев Д.Г., Шитиков В.Д. Веб-приложение Shiny для анализа ассоциативности объектов в сетевых структурах [электронный ресурс]. URL: www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/R/Blog/26_Hyper.pdf (дата обращения: 07.09.2023).

Селезнева К.В., Селезнева А.В., Селезнев В.А. Повышение температуры воды Куйбышевского водохранилища и риски водопользования // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023, № 3. С. 49-62.

Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 540 с.

Семенов Д.Ю. Данные о морфологии и биологии каспийского бычка-головача *Neogobius gorlap* (Perciformes, Gobiidae) Куйбышевского водохранилища // Вопросы ихтиологии. 2009. Т. 49, № 6. С. 856-859.

Семенов Д.Ю. Экология окуня (*Perca fluviatilis* L.) Центральной части Куйбышевского водохранилища: дис. … канд. биол. наук. М., 2004. 21 с.

Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: Орех, 2004. 125 с.

Семенченко В.П., Мороз М.Д., Тищиков И.Г. Использование структурных показателй сообществ макрозообентоса для биоиндикации качества текучих вод // Гидробиол. журн. 2006. Т. 42, № 5. С. 57-65.

Сенатор С.А. Богатство и анализ систематической структуры флоры Среднего Поволжья // Экология и география растений и растительных сообществ Среднего Поволжья / под ред. С.А. Сенатора, С.В. Саксонова, Г.С. Розенберга. Тольятти: Кассандра, 2014. С. 349-356.

Сенатор С.А. Болота Самарской области: общая характеристика, особенности, заторфованность // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016а. Т. 25, № 4. С. 44-65.

Сенатор С.А. Флористическое богатство физико-географических районов и схема флористического районирования Среднего Поволжья // Поволж. экол. журн. 2016б, № 1. С. 94-105.

Сенатор С.А. Характеристика растительного покрова бассейна реки Уса (Среднее Поволжье) // Эколого-географические проблемы регионов России: мат-лы X всеросс. науч.-практич. конф-и с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рожд. д.г.н., проф. В.И. Прокаева и 90-летию естественно-географич. ф-та СГСПУ. 15 января 2019 г., г. Самара / отв. ред. И.В. Казанцев. Самара: СГСПУ, 2019. С. 129-135.

Сенатор С.А., Васюков В.М. Конспект чужеродных растений Среднего Поволжья. Фиторазнообразие Восточной Европы. 2019. Т. XIII, № 4. С. 353-396. DOI: 10.24411/2072-8816-2019-10057

Сенатор С.А., Васюков В.М., Саксонов С.В. Материалы к флоре бассейна р. Уса (Среднее Поволжье) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27, № 1. С. 153-178. DOI: 10.24411/2073-1035-2018-10005

Сенченко Г.С. Геологическая карта Среднего Поволжья. Лист N-39-XIX (Сенгилей). М.: М-во геологии и охраны недр СССР, 1954. 1 л.

Сергеева И.В. Экология и фауна хирономид подсемейства Tanypodinae (Diptera, Chironomidae) разных зоогеографических зон России: Автореф. дис. … докт. биол. наук. Саратов: ФГОУ ВПО СГУ, 2006. 40 с.

Скорняков В.А. Учет распределения природных факторов и антропогенных нагрузок при оценке качества воды в реках // Проблемы гидрологии и гидроэкологии. М., 1999. Вып. 1. С. 238-262.

Слынько Ю.В., Терещенко В.Г. Рыбы пресных вод Понто-Каспийского бассейна (Разнообразие, фауногенез, динамика популяций, механизмы адаптаций). М.: Изд-во Полиграф Плюс, 2014. 328 с.

Смирнова Ю.А., Рябов С.А., Ананьева Н.Б. Изучение внутривидовой структуры в комплексе *E. dione – E. bimaculata* с использованием молекулярных маркеров РАПД // Змеи Восточной Европы: Материалы междунар. конф-и. Тольятти, 2003. С. 80-82.

Снигиревская Е.М. Куйбышевский государственный заповедник // Природа Куйбышевской области. Сб. ст. Куйбышев: Облгиз, 1951. С. 363-384.

Старцева Н.А., Охапкин А.Г., Воденеева Е.Л., Рябова А.А. Таксономическая и эколого-географическая структура фитопланктона некоторых правобережных малых рек г. Нижнего Новгорода // Вестник Нижегородск. ун-та, Сер.: Биология, 2012, № 2 (2). С. 40-44.

Столбунов И.А., Стрельникова А.П., Жгарева Н.Н., Шляпкин И.В. Размерно-массовая характеристика и питание молоди обыкновенного гольяна *Phoxinus phoxinus* L. в притоках Рыбинского водохранилища // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия: Рыбное хозяйство. 2016, № 2. С. 15-22.

Ступишин А.В. Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1967. 291 с.

Судариков В.Е., Ломакин В.В., Атаев А.М., Семенова Н.Н. Метацеркарии трематод – паразиты рыб Каспийского моря и дельты Волги // Метацеркарии трематод – паразиты гидробионтов России. Т. 2. М.: Наука, 2006. 183 с.

Терентьев П.В., Чернов С.А. Определитель земноводных и пресмыкающихся. М.: Сов. наука, 1949. 340 с.

Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Самарской области [электронный ресурс а]. URL: 63.rosstat.gov.ru/main_indicators (дата обращения: 01.03.2024).

Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ульяновской области [электронный ресурс б]. URL: 73.rosstat.gov.ru/municipal_statistics (дата обращения: 01.03.2024).

Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. Аналитический обзор. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2002. 114 с.

Топографическая карта РККА. 1950. [выходные данные листа отсутствуют].

Туниев Б.С. О валидности колхидской веретеницы (*Anguis fragilis colchicus* (Nordmann, 1840)) // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий. Краснодар, 2001. С. 144-146.

Тютин А.В., Вербицкий В.Б., Вербицкая Т.И., Медянцева Е.Н. Паразиты гидробионтов-вселенцев в бассейне Верхней Волги // Росс. журн. биол. инвазий. 2012, № 4. С. 96-105.

Уманская М.В., Быкова С.В., Горбунов М.Ю., Краснова Е.С., Тарасова Н.Г. Трансформация одноклеточного планктона в системе река – залив – равнинное водохранилище в начальной фазе цианобактериального цветения // Изв. Самар. НЦ РАН. 2021. Т. 23, № 5 (103). С. 144-151.

Уманская М.В., Горбунов М.Ю., Быкова С.В., Тарасова Н.Г. Разнообразие и трансформация сообщества планктонных пресноводных протистов в эстуарной зоне притока крупного равнинного водохранилища: метабаркодинг гена 18s-рибосомной РНК // Изв. РАН. Сер. биологическая. 2023, № 4. С. 426-443.

Файзулин А.И. Земноводные в коллекции Института экологии Волжского бассейна РАН // Бюл. «Самарская Лука». 2009а. Т. 18, № 1. С. 13-23.

Файзулин А.И. Земноводные Среднего Поволжья: фауна и экология. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2019. 180 с.

Файзулин А.И. Земноводные Среднего Поволжья: фауна и экология. 2-е изд., испр. и доп. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2022. 196 с.

Файзулин А.И. Распространение, статус охраны и оценка численности земноводных на территории национального парка «Самарская Лука» (материалы к кадастру) // Бюл. «Самарская Лука». 2009б. Т. 18, № 3. С.165-173.

Файзулин А.И., Чихляев И.В., Кузовенко А.Е. Амфибии Самарской области. Тольятти: Кассандра, 2013. 140 с.

Файзулин А.И., Чихляев И.В., Кузовенко А.Е. Обыкновенный тритон *Lissotriton vulgaris* (Linnaeus, 1758) (Caudata, Amphibia) в Самарской области: распространение, экология, состояние и проблемы охраны // Самарская Лука: Проблемы региональной и глобальной экологии. 2011. Т. 20, № 1. С. 104-110.

Файзулин А.И., Чихляев И.В., Саксонов С.С. Дополнение фондовой коллекции земноводных (Amphibia) Института экологии Волжского бассейна РАН // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2021. Т. 30, № 4. С. 75-79.

Федеральный закон «О внесении изменений в Водный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 21.10.2013 г. № 282-ФЗ.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (с изм. от 19, 29 июля 2018 г.).

Физико-географическое районирование Среднего Поволжья / под ред. А.В. Ступишина. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1964. 197 с.

Филипенко С.И. Современное состояние донной фауны Кучурганского водохранилища в условиях изменения режима работы Молдавской ГРЭС // Conservarea biodiversitatii bazinului Nistrului. Materialele Conferintei Internationale. Chisinau, 7-9 octombrie 1999. Chisinau: Societatea Ecologica; «BIOTICA», 1999. С. 240-243.

Фитопланктон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки. / под ред. И.С. Трифоновой. СПб.: Наука, 2003. 232 с.

Харченко Т.А., Ємельянова Л.В., Ляшенко А.В. и др. Використання нетрадуційных біоресурсів внутрішніх водойм на основі підвищення їх біорізноманітності методами культивування та інтродукції. Київ: ІГБ НАН України, 2000. 64 с.

Харьковский А.А., Михеев В.А. Сезонная динамика уловов рыбы в Черемшанском заливе Куйбышевского водохранилища // Изв. Самар. НЦ РАН. 2013. Т. 15, № 3-1. С. 528-531.

Численность и размещение населения Самарской области: Статистический сборник. Самарастат, 2012. 113 с.

Чубинишвили А.Т. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.), обитающих в условиях химического загрязнения в районе Средней Волги // Экология. 1998. № 1. С. 71-74.

Шапошников В.М. Животные Куйбышевской области, нуждающиеся в особой охране // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. Вып. 3. Куйбышев, 1978. С. 120-131.

Шаронов И.В. Расширение ареалов некоторых видов рыб в связи с зарегулированием Волги // Волга-1. Проблемы изучения и рационального использования биологических ресурсов водоемов: Материалы первой конф. по изучению водоемов бассейна Волги. Куйбышев: Книжн. изд-во, 1971. С. 226-233.

Шарый П.А., Пинский Д.Л. Статистическая оценка связи пространственной изменчивости содержания органического углерода в серой лесной почве с плотностью, концентрацией металлов и рельефом // Почвоведение. 2013, № 11. С. 1344-1356.

Шерышева Н.Г. Пространственное распределение бактериобентоса в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища в осенний период // Изв. СамНЦ РАН. 2021. Т. 23, № 5. С. 152-159.

Шеуджен А.Х., Громова Л.И., Онищенко Л.М. Методы расчета доз удобрений: учеб. пособие / Кубан. гос. агр. ун-т. Краснодар, 2010. 61 с.

Шигин А.А. Трематоды фауны СССР. Род *Diplostomum*. Метацеркарии. М.: Наука, 1986. 253 с.

Шиклеев С.М. Земноводные (амфибии) // Природа Куйбышевской области. Сб. ст. Куйбышев, 1951. С. 288-289.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. Анализ пространственно-временной изменчивости водных экосистем при статистической обработке данных мониторинга // Проблемы экологического эксперимента (планирование и анализ наблюдений / под ред. Г.С. Розенберга, Д.Б. Гелашвили. Тольятти: СамНЦ РАН; Кассандра, 2008. С. 129-150.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. Изменение таксономического и функционального разнообразия сообществ макрозообентоса по продольному градиенту рек // Успехи современной биологии. 2013. Т. 133, № 6. С. 566-577.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. Комплексные критерии экологического состояния водных объектов: экспертный и статистический подход // Количественные методы экологии и гидробиологии (сб. науч. тр., посвящ. памяти А.И. Баканова) / отв. ред. Г.С. Розенберг. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 134-147.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. Многомерный статистический анализ экосистем на примере донных сообществ малой равнинной реки. Обзор. // Астраханский вестник экол. обрния. 2018, № 6 (48). С. 110-126.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. Статистические методы анализа видовой структуры сообществ (на примере речного макрозообентоса) // Журн. общей биологии. 2011. Т. 72, № 5. С. 355-368.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. Статистический анализ структурной изменчивости донных сообществ и проверка гипотезы речного континуума // Водные ресурсы. 2014. Т. 41, № 5. С. 530-540.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Абросимова Э.А. Анализ структурной изменчивости донных сообществ в свете теорий речного континуума и динамики «пятен» // Всерос. конф. с междунар. участием «Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем» со школой-семинаром молодых ученых по изучению хирономид (Diptera, Chironomidae). Тольятти, 2011. С. 189.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Абросимова Э.В. Непараметрические методы сравнительной оценки видового разнообразия речных сообществ макрозообентоса // Журн. общей биологии. 2010, № 3. С. 263-274.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Модели максимальной энтропии и пространственное распределение видов донных сообществ на территории Среднего и Нижнего Поволжья // Журн. прикладной экологии, 2021, № 2 (26). С. 10-16.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели. Тольятти: Кассандра, 2012. 257 с.

Шитиков В.К., Мастицкий С.Э. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R. Электронная книга. 2017. 351 с. [электронный ресурс]. URL: www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/R/DM (дата обращения: 24.07.2018).

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2-х кн. М.: Наука, 2005. Кн. 1 – 281 с.; кн. 2 – 337 с.

Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль: Изд-во Ярославского гос. техн. ун-та, 2001. 427 с.

Экологические проблемы малых рек республики Татарстан. Казань: Фэн, 2003. 289с.

Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (биологическая индикация). Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Вып. 3. / Отв. ред. Т.Д. Зинченко и Г.С. Розенберг. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1997. 342 с.

Экологическое состояние малых рек Верхнего Поволжья / под ред. В.Г. Папченкова. М.: Наука, 2003. 389 с.

Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды. 2007. М.: Т-во научн. изданий КМК. 372 с.

Яковлев А.Г., Яковлева Т.И., Бакиев А.Г., Горелов Р.А. Пресмыкающиеся и млекопитающие из голоценовых местонахождений на Самарской Луке. Сообщение 1. Пещера Вованова // Изв. Самар. НЦ РАН. 2013. Т. 15, № 3. С. 164-168.

Яковлев В.А., Ахметзянова Н.Ш., Кондратьева Т.А. Зообентос реки Казанка // Экологические проблемы малых рек Республики Татарстан. Казань: Фэн, 2003. С. 181-184.

Яковлев В.А., Ахметзянова Н.Ш., Яковлева А.В. Встречаемость, распределение и размерно-весовые характеристики *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda: Hydrobiidae) в верхней части Куйбышевского водохранилища. Росс. журн. биол. инвазий. 2009, № 1. С. 50-65.

Яковлева А.В. Фауна и экология бентосных вселенцев верхней части Куйбышевского водохранилища: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Казань, 2010. 27 с.

Яндекс Карты [электронный ресурс]. URL: yandex.ru/maps (дата обращения 12.04.2024).

Al-Hassany J.S., Alrubai G.H., Jasim I.M. The potential use of the diatom *Nitzschia palea* (Kutzing) W. Smith For the Removal of Certain Pollutants from Al-Rustumeyah Wastewater Treatment Plant in Baghdad-Iraq? // IOP Conf. Ser.: Earth and Environ. Sci. Vol. 779. 2021. Pp. 1-5.

Asztalos M., Dinçer A., Bayrakci Y., Afsar M., Tok C.V., Kindler C., Jablonski D., Fritz U. It takes two to tango – Phylogeography, taxonomy and hybridization in grass snakes and dice snakes (Serpentes: Natricidae: *Natrix natrix, N. tessellata*) // Vertebrate Zoology. 2021. Vol. 71. Pp. 813-834.

Bakiev A.G., Böhme W., Joger U. Vipera (*Pelias*) [*berus*] *nikolskii* Vedmederya, Grubant und Rudaeva, 1986 – Waldsteppenotter // Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band 3/IIB: Schlangen (Serpentes) III. Viperidae. Wiebelsheim: AULA-Verlag, 2005. S. 293-309.

Barbour M.T., Stribling J.B., Carr J.R. The multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition // Biological assessment and criteria – tools for water resource planning and decision making. Lewis Publ, Boca Raton, 1995. Pp. 63-80.

Beaver J.R., Crisman T.L. The role of ciliated protozoa in pelagic freshwater ecosystems // Microbial Ecology. 1989. Vol. 17. No. 2. Pp. 111-136.

Brückner A., Heethoff M. A chemo-ecologists' practical guide to compositional data analysis // Chemoecology. 2017. Vol. 27. Pp. 33-46.

Bykova S.V. Spatial distribution of planktonic ciliates in autumn at the Priplotinny reach of the Kuibyshev reservoir, the Volga River, Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 818. Bristol, 2021a. 012005.

Bykova S.V. Structure and spatial distribution of planktonic ciliates from the Middle and Lower Volga reservoirs // Inland Water Biology. 2021b. Vol. 14. No. 4. Pp. 377-390.

Bylesjö M., Rantalainen M., Cloarec O., Nicholson J.K., Holmes E., Trygg J. OPLS discriminant analysis: combining the strengths of PLS-DA and SIMCA classification // J. Chemom. 2006. Vol. 20. Pp. 341-351.

Chase J.M., Leibold M.A. Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches. Chicago, USA: The University of Chicago Press, 2003. 221 p.

Chessel D., Hanafi M. Analyses de la co-inertie de K nuages de points // Rev. Stat. Appliquée. 1996. Vol. 44. Pp. 35-60.

De'Ath G. Multivariate regression trees: a new technique for modeling species environment relationships // Ecology. 2002. Vol. 83. Pp. 1105-1117.

Dickey D.A., Fuller W.A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root // J. American Statistical Association. 1979. Vol. 74. Pp. 427-431.

Digby P.G.N., Kempton R.A. Multivariate analysis of ecological communities. London (UK): Chapman and Hall, 1987. 206 p.

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ L327, 22.12.2000 [электронный ре-

cypc]. URL: eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32000L0060 (accessed on 09.04.2024).

Dolédec S., Chessel D. Co-inertia analysis: an alternative method for studying species – environment relationships // Freshw. Biol. 1994. Vol. 31. Pp. 277-294.

Dray S., Chessel D., Thioulouse J. Procrustean co-inertia analysis for the linking of multivariate datasets // Écoscience. 2003. Vol. 10. Pp. 110-119.

Engel J., Blanchet L., Bloemen B., van den Heuvel L.P., Engelke U.H.F., Wevers R.A., Buydens L.M.C. Regularized MANOVA (rMANOVA) in untargeted metabolomics // Anal. Chim. Acta. 2015. Vol. 899. Pp. 1-12.

Fauna Europaea [электронный ресурс]. URL: www.fauna-eu.org (accessed on 14.09.2023).

Fisher R.A. The use of multiple measurements in taxonomic problems // Ann. Eugenics. 1936. Vol. 7. Pp. 179-188.

Foissner W., Berger H., Schaumdurg J. Identification and Ecology of Limnetic Plancton Ciliates // Informationsberichte des Bayern. Hf. 3/99. Munchen: Landesamtes für Wasserwirtschaft, 1999. 793 p.

Gladyshev M.I., Kolmakova O.V., Tolomeev A.P., Anishchenko O.V., Makhutova O.N., Kolmakova A.A., Kravchuk E.S., Glushchenko L.A., Kolmakov V.I., Sushchik N.N. Differences in organic matter and bacterioplankton between sections of the largest Arctic river: Mosaic or continuum? // Limnol. Oceanogr. 2015. Vol. 60. Pp. 1314-1331.

Goodnight C.G., Whitley L.S. Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15th Indust. Waste Conf., Purdue Univ. Ext. 1961. Vol. 106. Pp. 139-142.

Google Карты [электронный ресурс]. URL: https://www.google.ru/maps/@53.5899069,48.4206154,1861m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?entry=ttu (дата обращения: 12.04.2022)

Gorokhova O.G., Zinchenko T.D. Phytoplankton of the Usa River (Kuibyshev Reservoir Basin) // Biology Bulletin (Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Biologicheskaya). 2019, Vol. 46, No. 10. Pp. 1382-1389.

Gower J.C. Statistical methods of comparing different multivariate analyses of the same data // Mathematics in the archaeological and historical sciences / Tautu P. (ed). Edinburgh: Edinburgh University Press, 1971. Pp. 138-149.

Greenacre M.J. Theory and applications of correspondence analysis. New York: Wiley, 1984. 364 p.

Gvoždík V., Jandzik D., Lymberakis P., Jablonski D., Moravec J. Slow worm, *Anguis fragilis* (Reptilia: Anguidae) as a species complex: Genetic structure reveals deep divergences slow worm // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2010. Vol. 55. No. 2. Pp. 460-472.

Harrington P.B., Vieira N.E., Espinoza J., Nien J.K., Romero R., Yergey A.L. Analysis of variance – principal component analysis: a soft tool for proteomic discovery // Anal. Chim. Acta. 2005. Vol. 544. Pp. 118-127.

Hervé M.R., Nicolè F., Lê Cao K.A. Multivariate Analysis of Multiple Datasets: a Practical Guide for Chemical Ecology // J. Chem. Ecol. 2018. Vol. 44. Pp. 215-234.

Hill M.O. Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination // J. Ecol. 1973. Vol. 61. Pp. 237-249.

Hill M.O., Gauch H.G. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique // Vegetatio. 1980. Vol. 42. Pp. 47-58.

Hirzel A.H., Le Lay G. Habitat suitability modelling and niche theory // J. Appl. Ecol. 2008. No. 45. Pp. 1372-1381.

Hotelling H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components // Educ. Psychol. 1933. Vol. 24. Pp. 417-441.

Jongman R.H.G., ter Braak C.J.F., van Tongeren O.F.R. Data Analysis in Community and Landscape Ecology. Wageningen (The Netherlands): Pudoc, 1987. 299 p. [Пер. с англ.: Джонгман

Р.Г.Г., тер Браак С.Дж.Ф., ван Тонгерен О.Ф.Р. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. М.: РАСХН. 1999. 306 с.].

Kenkel N.C. 2006. On selecting an appropriate multivariate analysis // Can. J. Plant Sci. Vol. 86. Pp. 663-676.

Kent M.L., Wall E., Sichel S. et al. *Pseudocapillaria tomentosa*, *Mycoplasma* spp., and intestinal lesions in experimentally infected zebrafish *Danio rerio* // Zebrafish. 2021. Vol. 18. No. 3. Pp. 207-220.

Kopylov A.I., Kosolapov D.B., Rybakova I.V. Assessing the abundance, biomass, and production of heterotrophic Bacteria in Upper Volga reservoirs // Water Resources. 2019. Vol. 46. No. 1. Pp. 45-51.

Kosiba J., Wilk-Woźniak E., Krztoń W. The effect of potentially toxic cyanobacteria on ciliates (Ciliophora) // Hydrobiologia. 2019. Vol. 827. No. 1. Pp. 325-335.

Kotov A.A., Seleznev D.G., Garibian P.G., Korovchnsky N.M., Neretina A.N., Sinev A. Y., ... Lee W. History of colonization of Jeju island (Republic of Korea) by the water fleas (Crustacea: Cladocera) is reflected by the seasonal changes in their fauna and species associations. Water. 2022. 14(21). 3394.

Kownacki A. Taxocens of Chironomidae in streams of the Polish Hight Tarta, Mts // Acta Hydrobiol. 1971. Vol. 13, No. 2. Pp. 439-464.

Kruskal J.B. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method // Psychometrika. 1964. Vol. 29. Pp. 115-129.

Kvach Yu., Matvienko N., Bryjová A., Ondračková M. Aquaculture as a possible vector in the spread of *Posthodiplostomum centrarchi* (Hoffman, 1958) (Digenea: Diplostomidae) in Europe // BioInvasions Records. 2018. Vol. 7. Iss. 4. Pp. 427-432.

Leeds-Harrison P.B., Quinton J.N., Walker M.J. Harrison K.S., Tyrrel S.F., Morris J., Mills H.T. Buffer Zones in headwater catchments // Report on MAFF / English Nature Buffer Zone Project CSA 2285. Cranfield University, Silsoe, UK, 1996. 22 p.

Legendre P., Anderson M.J. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments // Ecol. Monogr. 1999. Vol. 69. Pp. 1-24.

Legendre P., Gallagher E. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data // Oecologia. 2001. Vol. 129. Pp. 271-280.

Legendre P., Legendre L. Numerical Ecology. Amsterdam: Elsevier Sci. BV, 2012. 1006 p.

Liland K.H., Indahl U.G. Powered partial least squares discriminant analysis // J. Chemom. 2009. Vol. 23. Pp. 7-18.

Mastitsky S.E., Samoilenko V.M. The gravel snail, *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda: Hydrobiidae), a new ponto-caspian species in lake Lukomskoe (Belarus) // Aquatic invasions. 2006. Vol. 1. No. 3. Pp. 161-170.

Mazaev A.V. Sakmarian gastropods from the Samarskaya Luka (Lower Permian, Volga-Urals) // Paleontological Journal. 2020, Vol. 54, No. 10. Pp. 1152-1177.

McCune B., Grace J.B., Urban D.L. Analysis of Ecological Communities. Gleneden Beach (Oregon): MjM Software, 2002. 285 p.

Mills E.L., Rosenberg G., Spidle A.P., Ludyansky M., Pligin Y. A review of biology and ecology of the quagga mussel (*Dreissena bugensis*), a second species of freshwater Dreissenid introduced to North America // Amer. Zool. 1996. Vol. 36. Pp. 271-286.

Mineeva O.V. The trematoda fauna of Ponto-Caspian gobies (Pisces, Gobiidae) in the Saratov reservoir // Russian Journal of Biological Invasions. 2019. Vol. 10. No. 1. Pp. 22-29.

Mineeva O.V., Semenov D.Yu. First data on parasites of *Neogobius iljini* (Perciformes, Gobiidae) of the Middle Volga // Russian Journal of Biological Invasions. 2021b. Vol. 12. No. 4. Pp. 362-372.

Mineeva O.V., Semenov D.Yu. The parasite fauna of the round goby *Neogobius melanostomus* (Perciformes, Gobiidae) in the Kuybyshev reservoir (Middle Volga) // Russian Journal of Biological Invasions. 2021a. Vol. 12. No. 1. Pp. 83-93.

Molnar K., Szekely Cs., Perenyi M. Dynamics of *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculoida) infection in eels of Lake Balaton, Hungary // Folia Parasitol. 1994. Vol. 41. Pp. 193-202.

Montgomery D.R. Process domains and the river continuum concept // J. American Water Resources Association. 1999. Vol. 35. Pp. 397-410.

Oksanen J., Blanchet F.G., Kindt R. et al. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-2. 2018 [электронный ресурс]. URL: cran.r-project.org/web/packages/vegan (accessed on 24.07.2022).

Oksanen J., Blanchet F.G., Kindt R. et al. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-2. 2011 [электронный ресурс]. URL: cran.r-project.org/web/packages/vegan (accessed on 24.07.2017).

Ondračková M., Šimková A., Civáňová K., Vyskočilová M., Jurajda P. Parasite diversity and microsatellite variability in native and introduced populations of four *Neogobius* species (Gobiidae) // Parasitology. 2012. Vol. 139. Iss. 11. Pp. 1493-1505.

Orloci L. Geometric models in ecology. I. The theory and application of some ordination methods // J. Ecol. 1966. Vol. 54. Pp. 193-215.

Orlova M.I., Khlebovich V.V., Komendantov A.Y. Potential euryhalinity of *Dreissena polymorha* (Pallas) and *Dreissena bugensis* (Andr.) // Russ. Aquat. Ecol. 1998. Vol. 7. Pp. 17-28.

Perry J.A., Schaeffer D.J. 1987. The longitudinal distributions of or riverine benthos: a river discontinuum? // Hydrobiologia. No. 148. Pp. 257-268.

Pielou E.C. Probing multivariate data with random skewers: a preliminary to direct gradient analysts // Oikos. 1984. Vol. 42. Pp. 161-165.

Pittman J.K., Dean A.P., Osundeko O. The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources // Bioresource Technology Vol. 102. I. 1. 2011. Pp. 17-25.

Poff N.L. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology // J. North Am. Benthol. Soc. 1997. No. 16. Pp. 391-409.

Porter K.G., Feig Y.S. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. Journal of Limnology and Oceanography. 1980. Vol. 25, Iss. 5. Pp. 943-948.

Rao C.R. The use and interpretation of principal component analysis in applied research // Sankhya. 1964. Ser. A. Vol. 26. Pp. 329-358.

Raven J.A. The twelfth Tansley lecture. Small is beautiful: the picophytoplankton. Journal of Functional Ecology. 1998. Vol. 12. Pp. 503-513.

Rubanova M.V., Mukhortova O.V. Ecological aspects of the formation of the helminth fauna of *Perca fluviatilis* (Actinopterygii: Perciformes) of the Usinsky bay (Kuibyshev reservoir, Russia) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 818. Bristol, 2021. 012042.

Ruse L.P., Herrmann S.J., Sublette J.E. Chironomidae (Diptera) species distribution related to environmental characteristics of the metal-polluted Arkasas River, Colorado // Western North American Naturalist. 2000. Vol. 60. No. 1. Pp. 34-56.

SCOR-UNESCO Working group N 17. Determination of photosynthetic pigments in sea water // Monographs on oceanographic methodology. Paris: UNESCO. 1966. Pp. 9-18.

Senator S.A., Saksonov S.V., Vasjukov V.M., Rakov N.S. Invasive and potentially invasive plants of the Middle Volga region // Russian Journal of Biological Invasions. 2017. Vol. 8, No. 2. Pp. 158-167.

Shakirova F.M., Severov Y.A., Latypova V.Z. Modern composition of alien fish species in the Kuybyshev reservoir and possible introduction of new representatives into its ecosystem // Russian Journal of Biological Invasions. 2015. Vol. 6. No. 4. Pp. 278-291.

Shannon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana. Univ. of Illinois. Press., 1949. 117 p.

Sherysheva N.G. Ecological trends of spatial distribution and of size-morphological structure of bacteriobenthos in the Kuibyshev Reservoir, the Volga River, Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2021. Vol. 818. No. 1. 012049.

Shitikov V.K., Zinchenko T.D. Statistical analysis of structural variations of benthic communities and testing the hypothesis of river continuum // Water Resources. 2014. Vol. 41. No. 5. Pp. 543-552.

Shkolniy D.I., Zavadskiy A.S. Monitoring of Riverbanks as a Part of State Monitoring of Water Bodies: Current State and Development Prospects // Water Sector of Russia. 2021. No. 2. Pp. 22-39.

Simberloff D., Von Holle B. Positive interactions of non-indigenous species: invasional meltdown? // Biological Invasions. 1999. Vol. 1. Pp. 21-32.

Singh A., Gautier B., Shannon C.P., Vacher M., Rohart F., Tebutt S.J., Le Cao K.-A. DIABLO-an integrative, multi-omics, multivariate method for multi-group classification // BioRxiv. 2016. N 067611. DOI: 10.1101/067611

Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Achieves für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie. 1973. Vol. 7. No. 1. Pp. 1-218.

Small E.B. Lynn D.H. Phylum Ciliophora Doflein, 1901 // An Illustrated guide to the protozoa. 2nd ed / eds. J. J. Lee et al. Lawrence, Kansas: Allen Press, 2000. Pp. 371-675.

Species association analysis [электронный ресурс]. URL: apps.ibiw.ru/coobs (accessed on 07.09.2023).

Taylor W.D., Lambou V.W., Williams L.R., Hern S.C. Trophic state of lakes and reservoirs Technical Report E-80-3. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. 1980. 25 p.

Tenenhaus A., Tenenhaus M. Regularized generalized canonical correlation analysis // Psychometrika. 2011. Vol. 76. Pp. 257-284.

ter Braak C.J. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis // Ecology. 1986. Vol. 67. Pp. 1167-1179.

Tirjaková E., Krajčovičová K., Illyová M., Vďačný P. Interaction of ciliate communities with cyanobacterial water bloom in a shallow, hypertrophic reservoir // Acta Protozoologica. 2016. Vol. 55. No. 3. Pp. 173-188.

Townsend C.R. The patch dynamics concept of stream community ecology // J. North Amer. Benthological Soc. 1989. Vol. 8. Pp. 36-50.

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R, Cushing C.E. The river continuum concept // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1980. Vol. 37. Pp. 130-137.

Water Framework Directive [электронный ресурс]. URL: ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html (accessed on 09.04.2024).

Webster J.R. Spiraling down the river continuum: stream ecology and the U-shaped curve // J. North Am. Benthol. Soc. 2007. No. 26. Pp. 375-389.

Whittaker R.H. Gradient analysis of vegetation // Biol. Rev. 1967. Vol. 42. P. 207-264.

Wilson M.V., Shmida A. Measuring beta diversity with presence-absence data // J. Ecol. 1984. Vol. 72. Pp. 1055-1064.

Wold H. Partial least squares // Encyclopedia of statistical sciences / Kotz S., Johnson N. (eds). New York: Wiley, 1985. Pp. 581-591.

Wood S.N. Generalized Additive Models: An Introduction with R. Boca Raton, Florida: Chapman & Hall/CRC, 2006. 410 p.

Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the Trent Board // Chem. And Ind. 1964. Vol. 11. Pp. 443-447.

WoRMS [электронный ресурс]. URL: www.marinespecies.org (accessed on 14.09.2023).

Young K.D. The selective value of bacterial shape // Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2006. Vol. 70. No. 3. P. 660. DOI: 10.1128/MMBR.00001-06.

Zerzucha P., Daszykowski M., Walczak B. Dissimilarity partial least squares applied to non-linear modeling problems // Chemom. Intell. Lab. Syst. 2012. Vol. 110. Pp. 156-162.

Zhulidov A.V., Zhulidov D.A.Pavlov D.F. et al. Expansion of the invasive bivalve mollusk *Dreissena bugensis* (Quagga mussel) in the Don and Volga River Basins: Revisions based on archived specimens // Ecohydrology & Hydrobiology. 2005. Vol. 5, No. 2. Pp. 127-133.

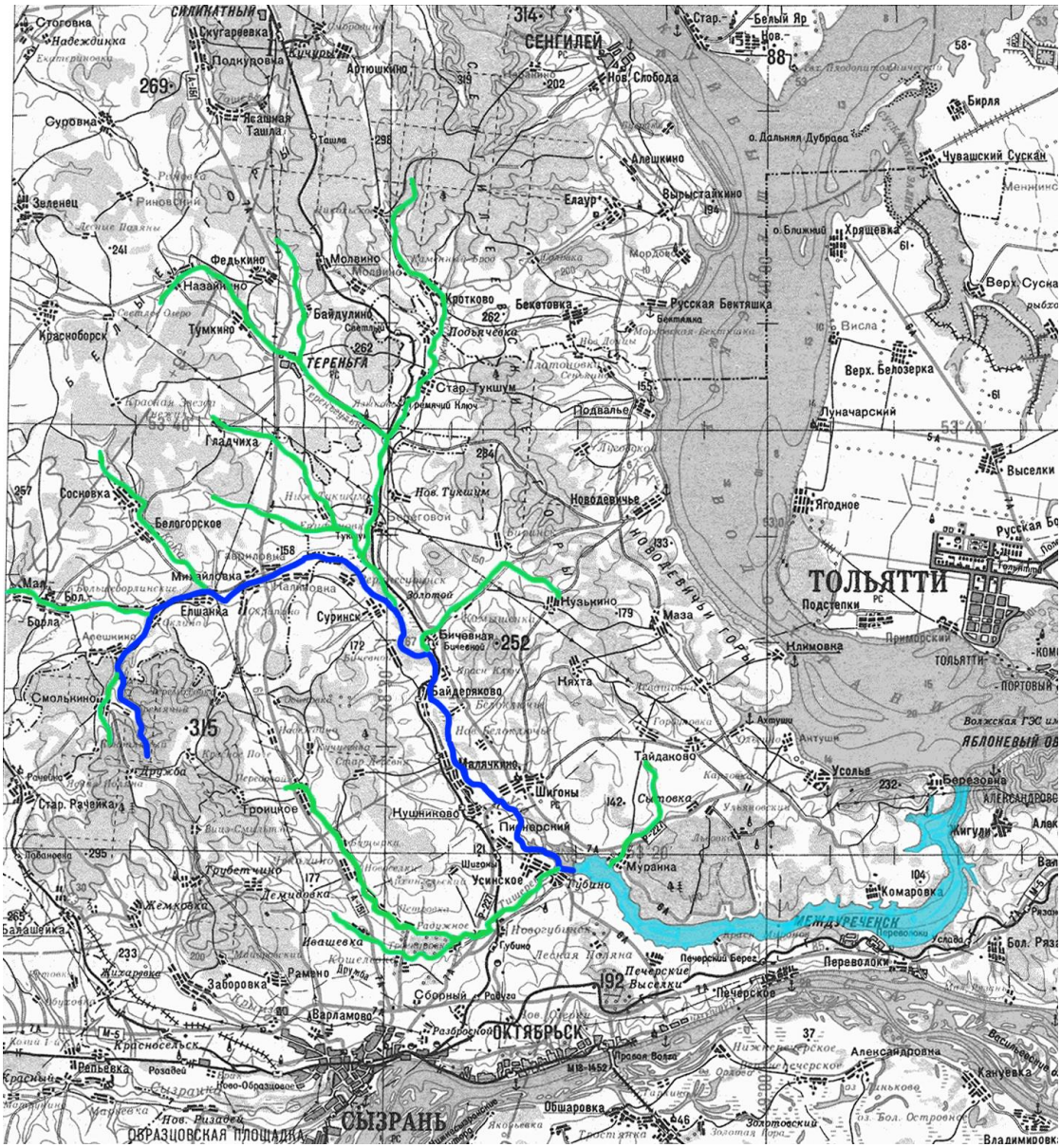


Усинский зал. в районе пос. Междуреченск (Зинченко и др., 2019).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Российская академия наук
Институт экологии Волжского бассейна

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ
реки УСА



Авторы-разработчики:

Зинченко Т.Д., д.б.н.; Саксонов С.В., д.б.н.; Сенатор С.А., к.б.н.; Минеев А.К., д.б.н.; Головатюк Л.В., к.б.н.; Горохова О.Г., к.б.н.; Болотов С.Э., к.б.н.; Курина Е.М., к.б.н.; Абросимова Э.В., м.н.с.; Уманская М.В., к.б.н.; Кузнецова Р.С., к.б.н.; Михайлов Р.А., к.б.н.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА р. УСА

Стр.

1. Общие положения 235
2. Термины, определения и сокращения 236
3. Природно-географическая характеристика водоохраной зоны р. Уса 242
   3.1. Растительный покров бассейна р. Уса 242
   3.2. Антропогенная трансформация растительного покрова бассейна р. Уса.. 245
   3.3. Охрана растительного покрова в бассейне р. Уса 247
   3.4. Рекреационная оценка 249
4. Гидрографическая и гидрологическая характеристика р. Уса 250
5. Гидрохимическая характеристика р. Уса 253
   5.1. Антропогенная нагрузка 253
   5.2. Химический состав воды и донных отложений 254
6. Гидробиологическая характеристика р. Уса 262
   6.1. Фитопланктон 262
   6.2. Зоопланктон 265
   6.3. Зообентос 267
   6.4. Ихтиофауна 271
   6.5. Бактериопланктон 275
7. Экологическое состояние р. Уса 276
8. Практические рекомендации по рациональному использованию водных ресурсов и восстановлению р. Уса 279

9. Перечень использованных нормативных и методических документов 281
10. Список использованной литературы..... 283

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Экологический паспорт водного объекта (река, ручей, канал) – научно-технический документ, включающий данные о состоянии водотока и его рекреационных ресурсах, необходимые для осуществления оперативного контроля за экологическим благополучием водного объекта.

1.2. Экологический паспорт водотока представляет собой комплекс данных, выраженных через систему показателей, отражающих экологическое благополучие водотока в соответствии с нормами охраны вод и требованиями к рекреационным зонам, регламентированными действующей научно-технической документацией.

1.3. Экологический паспорт водотока разрабатывается водопользователем. Порядок согласования и утверждения экологического паспорта водотока определяется органами местного самоуправления.

1.4. Основой для разработки экологического паспорта водотока являются данные комплексного гидрологического, гидрохимического, гидробиологического, ландшафтно-экологического и санитарно-бактериологического обследования, полученные аккредитованными организациями.

1.5. Экологический паспорт водотока не заменяет и не отменяет действующие формы и виды государственной отчетности.

1.6. Порядок заполнения и ведения экологического паспорта водотока определяется методическими рекомендациями, являющимися составной частью экологического паспорта.

Период обследования водного объекта	2017-2018 гг.
Дата составления экологического паспорта водного объекта	2018 г.
Даты внесения дополнений и изменений в экологический паспорт водного объекта	2023 г.

2. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Алкалифилы (алкалибионты) – Виды, обитающие в щелочных водах

Бактериопланктон – Совокупность микроорганизмов, населяющих толщу морских и пресных вод

Бенталь – Дно водотоков, заселенное микроорганизмами, растениями и животными, обитающими на его поверхности или в толще грунта (прибрежная, русловая или глубоководная зоны)

Биогенные элементы – Химические элементы, постоянно входящие в состав организмов и необходимые им для жизнедеятельности.

Для водных экосистем наиболее важны азот и фосфор, как факторы, ограничивающие их продуктивность.

Бонитет насаждения – Показатель продуктивности насаждения, зависящий от добротности условий произрастания. Бонитировочная шкала включает 5 основных классов: от 1-го (наиболее продуктивные насаждения) до V-го (наименее продуктивные насаждения).

БПК – Количество кислорода, потребляемого за определенное время при биохимическом окислении содержащихся в воде органических веществ в аэробных условиях.

БПК $_{полное}$ – полное химическое потребление кислорода (15-20 суток);

$БПК_5$ – химическое потребление кислорода за 5 суток.

Водоохранная зона – Территория, примыкающая к акваториям рек, озер, водохранилищ и другим поверхностным водным объектам, на которой устанавливается специальный режим хозяйственной и иных видов деятельности с целью предотвращения загрязнения, засорения, заиления и истощения водных объектов, а также сохранения среды обитания объектов животного и растительного мира

Гигрофиты – Наземные организмы, предпочитающие влажную или переувлажненную среду

Гидрографическая сеть – Система постоянно и временно действующих водотоков и озер

Гидрофиты – Растения – обитатели водной среды

Загрязнение окружающей среды – Поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду

Зарастаемость (%) – Площадь покрытия макроскопическими водорослями и другими водными растениями береговой зоны рек

Зона рекреации водного объекта – Водный объект или его участок с прилегающим к нему берегом, используемый для отдыха

Зона сапробности – Степень загрязненности вод органическими веществами, поступающими в водоемы преимущественно с хозяйственно-бытовыми сточными водами. Различают поли-, мезо- (α-мезо и β-мезо) и олигосапробную степень загрязнения (зону сапробности) в соответствии со снижением уровня органического загрязнения воды.

Зообентос – Совокупность животных организмов, обитающих на грунте и в грунте морских и континентальных водоемов

Зоопланктон – Совокупность животных, населяющих толщу морских и пресных вод и пассивно переносимых течениями

Индекс видового разнообразия – Величина, отражающая количество видов в природных сообществах и степень равномерности распределения обилий каждого из них

Индекс Вудивисса – Числовая оценка состояния загрязненности водоемов по организмам зообентоса. Основана на встречаемости устойчивых к загрязнению групп организмов или индикаторов чистых вод. Изменяется от 0 в очень загрязненных водах до 10 – в очень чистых.

Индекс загрязнения воды (комбинаторный индекс загрязненности воды), ИЗВ – Обобщенная числовая оценка качества воды по совокупности загрязняющих химических веществ, имеющих наибольшие ПДК

Индекс сапробности (по Пантле – Букку в модификации Сладечека) – Величина, показывающая принадлежность водных объектов или их частей к той или иной зоне сапробности

Индекс Шеннона – Информационный индекс: отображение сложности структуры биоценоза на основе информации о численности и видовом составе организмов, с учетом числа видов и степени их доминирования

Исток реки – Место начала реки

Ихтиофауна (фауна рыб) – Совокупность тех или иных видов рыб в водных объектах

КДА – Коэффициент донной аккумуляции, определяемый по формуле КДА = $С_{до}$ / $С_{в}$, где $С_{до}$ – концентрация загрязнения в донных отложениях, $С_{в}$ – в воде

Класс качества воды – Критерий, установленный в зависимости от градаций коэффициентов, дающих формализованную оценку состояния воды

Класс качества воды по гидробиологическим показателям – Критерий, установленный в зависимости от градации формализованных характеристик водных биоценозов. Диапазон измерения – от очень чистых (I класс) до очень грязных (VI класс). Соответствует значениям индекса сапробности от < 1 (I класс) до > 4,0 (VI) класс.

Класс качества воды по гидрохимическим показателям – Критерий, установленный в зависимости от градаций ИЗВ от I-го класса (очень чистая, ИЗВ < 0,3) до VII-го класса (чрезвычайно грязная, ИЗВ > 10)

Классы устойчивости насаждений – Характеристика биологической устойчивости насаждений к рекреационным нагрузкам по их состоянию (наличию вредителей, болезней и т.д.). Изменяется от 1-го класса (устойчивые насаждения) до 3-го класса (устойчивость утрачена).

Контролируемые показатели – Показатели состава и свойств воды, подлежащие контролю при проверке соблюдения установленных норм качества воды в водном объекте

Космополиты – Виды организмов, обитающие по всему (или почти по всему) земному шару

Ландшафтной таксации нормативы – Показатели оценки устойчивости насаждений, рекреационной нагрузки, общей благоприятности территории для массового отдыха, применяемые при лесоустроительных работах в рекреационных зонах

Литораль – Приливно-отливная зона моря, периодически (1 или 2 раза в сутки) заливаемая водой. В озерах литораль – прибрежная часть бентали, простирающаяся от уреза воды до границы произрастания макрофитов (до глубины 5-7 м).

Макрофиты – Совокупность высшей водной растительности водоема

Медиаль – Срединная часть реки

Межень – Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в одни и те же сезоны, характеризующаяся малой водностью. Различают две межени: летнюю и зимнюю.

Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – Комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов

Нормативы качества окружающей среды – Нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда

Нормы качества воды – Установленные значения показателей качества воды по видам водопользования

Нормы охраны вод – Установленные значения показателей, соблюдение которых обеспечивает экологическое благополучие водных объектов и необходимые условия для охраны здоровья населения и водопользования

Окружающая среда – Совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов

Охрана окружающей среды – Деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий (далее также - природоохранная деятельность)

Потамаль – Нижняя часть водотока с песчаным, заиленным или илистым грунтом, сравнительно небольшой скоростью течения, амплитудой среднемесячных температур выше 20° и с частыми проявлениями дефицита кислорода

Предельно допустимая концентрация, ПДК – Максимальная концентрация загрязняющего вещества в водотоках хозяйственно – питьевого и культурно-бытового водопользования, не оказывающая прямого или опосредованного влияния на человека в течение всей жизни или здоровье последующих поколений, а также не ухудшающая гигиенические условия водопользования

Приоритетные загрязняющие вещества – Вещества, главным образом, определяющие общий уровень загрязнения водотока

Природный ландшафт – Территория, которая не подверглась изменению в результате хозяйственной и иной деятельности и характеризуется сочетанием определенных типов рельефа местности, почв, растительности, сформированных в единых климатических условиях

Природный объект – Естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства

Река – Водоток значительных размеров, текущий в естественном русле и питающийся за счет поверхностного и подземного стока своего водосборного бассейна

Река малая – Река с резко колеблющимся стоком, имеющая площадь водосбора порядка 1-2 тыс. км^2 и протяженностью порядка 200 км

Река равнинная – Река с относительно медленным течением и широкими террасированными долинами

Река средняя – Река, протекающая в пределах одной географической зоны

Рекреационная нагрузка – Степень непосредственного влияния людей на рекреационный объект

Рекреационные леса – Леса, предназначенные для отдыха населения

Реофил – Организм, предпочитающий местообитания в проточных водах с быстрым течением

Рипаль – Прибрежная зона водотока

Ритраль – Часть водотока с каменистым или гравийно-галечным грунтом, высокой скоростью течения, насыщенной кислородом водой и амплитудой среднемесячных температур до 20^o

Русло – Углубление в суше, по которому движутся речные воды

Рыбопродуктивность – Продукция (органическое вещество), образованная за счет трансформации энергии при потреблении рыбами продукции растений и животных

Рыбохозяйственная классификация – Классификация водотока с позиций его использования для целей рыборазведения или промысла

Состав воды – Совокупность примесей в воде минеральных и органических веществ в ионном, молекулярном, комплексном, коллоидном и взвешенном состоянии, а также изотопный состав содержащихся в ней радионуклидов

Состояние водного объекта – Характеристика водного объекта по совокупности его количественных и качественных показателей применительно к видам водопользования

Токсикологический контроль воды – Проверка методом биотестирования соответствия токсических свойств воды установленным требованиям

Трофический тип водотока – Обобщенная характеристика водотока по степени трофности (кормности), определяемая уровнем первичной продукции, численностью и биомассой фитопланктона, количеством биогенных веществ, содержанием хлорофилла. Выделяют 4 основных трофических типа водных объектов: олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные и гиперэвтрофные.

УКИЗВ – Удельная величина комбинаторного индекса загрязненности воды. Значение определяется по частоте и кратности превышения ПДК по нескольким показателям и может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16 (для чистой воды принимается за 0). Большему значению индекса соответствует худшее качество воды.

Уклон водной поверхности – Падение напора на единицу длины потока – обычно отношение разности высотных отметок уровня воды на рассматриваемом участке к длине этого участка

Устье – Конечный участок течения водотока, где его режим сильно изменяется под воздействием водного объекта (море, озеро, водохранилище, река, болото и т. д.), в который он впадает, или создаются условия, вызывающие его прекращение

Фитопланктон – Растительная часть планктона, населяющая толщу воды морских и пресных водоемов, которая может осуществлять процесс фотосинтеза. К фитопланктону относятся протококковые водоросли, диатомовые водоросли, динофлагелляты, кокколитофориды и другие одноклеточные водоросли, а также цианобактерии (цианопрокариоты). Обитает в фотической зоне водоемов, населяя толщу воды. Источник органических веществ в водоеме – пищи для других водных организмов.

ПРИРОДНО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ РЕКИ УСА

3.1. Растительный покров бассейна р. Уса

Согласно ботанико-географическому районированию (Растительность европейской..., 1980), бассейн р. Уса лежит на границе двух крупных подразделений растительного покрова – Европейской широколиственнолесной области (Восточноевропейская провинция, Среднерусская подпровинция) и Евразиатской степной области (Восточноевропейская лесостепная провинция, Среднерусская [Верхнедонская] подпровинция).

В схеме флористического районирования Среднего Поволжья (Сенатор, 2016), бассейн р. Уса является частью Свияго-Усинского района. За время проведенных исследований зарегистрировано 948 видов.

Растительность исследуемой территории представлена лесостепными комплексами сосновых, сосново-широколиственных и широколиственных лесов, остепненных разнотравных лугов и луговых степей. Отличительной чертой является значительная облесенность территории, которая в среднем составляет 25%. Вместе с тем, большая часть водосбора занята сельскохозяйственными землями на месте сосновых, сосново-широколиственных лесов и луговых степей.

Наибольшее распространение в районе получили сосновые леса и, прежде всего, сосновые леса-зеленомошники (*Pineta hylocomiosa*) и сосновые леса лишайниковые (*Pineta cladinosa*). Оба типа сосновых лесов занесены в Зеленую книгу Самарской области (2006).

Сосновые леса-зеленомошники располагаются, как правило, на песчаных слабогумусированных скрытоподзолистых почвах в условиях близкого залегания к поверхности грунтовых вод. Они представлены ассоциациями сосняк-брусничник (*Pinetum vacciniusum*), сосняк-черничник (*Pinetum myrtillosum*), сосняк брусничник–черничник (*Pinetum vacciniuso-myrtillosum*), сосняк грушанковый (*Pinetum pyroliosum*) и сосняк плевроциевый (*Pinetum pleurozioѕum*).

Сосновые леса лишайниковые встречаются на песчаных скрытоподзолистых почвах и представлены ассоциацией сосняк лишайниковый остепненный (*Pinetum cladinosum substepposum*).

Сосновые леса травяные (*Pineta herbosa*) распространены по исследуемой территории достаточно широко. Среди них выделяется ассоциация сосняки ландышевые (*Pinetum convallariosum*), располагающаяся на склонах и водоразделах на песчано-каменистых почвах и занимают большие площади. Также широко распространены в исследуемом районе сосновые леса травяные, которые не имеют строгой приуроченности к определенным условиям местообитания и встречаются крупными массивами, но чаще – островными участками среди других ассоциаций сосновых лесов. Наиболее распространенной ассоциацией сосновых лесов травяных является сосняк ракитнико-вейниковый (*Pinetum cytisoso-calamagrostidosum*), однако чаще наблюдаются ракитниковые заросли на месте вырубок. Другой ассоциацией сосновых лесов травяных является сосняк орляковый (*Pinetum pteridosum*), встречающийся на выровненных пространствах с песчаными и легкосупесчаными почвами.

Сосняки остепненные (*Pineta substepposa*) характерны для возвышенных элементов рельефа с более сухими почвами. Встречаются редко и обычно представлены небольшими островками. Среди них – сосняк узколистно-мятликовый (*Pinetum poeosum angustifolia*).

Небольшими участками по окраинам болот встречаются сосновые леса-долгомошники (*Pinetum polytrichosum*).

В.В. Благовещенский (2005) для возвышенных участков с каменистым субстратом, располагающихся на сливных песчаниках палеогенового возраста, предлагает выделять особый тип леса – сосняки горные палеогеновые (*Pineta montana*).

Сосново-широколиственные леса (*Pineta nemorosa*) встречаются в довольно разнообразных условиях рельефа (за исключением южных склонов и заболоченных местообитаний) в основном на серых лесных супесчаных и суглинистых почвах. Представлены ассоциациями сосново-дубовый лес остепненный (*Pinetum querceto-substepposum*), сосново-дубовый лес мятликово-полевицевый (*Pinetum querceto-poeto-agrostidosum*), сосново-липовый лес волосистоосоковый (*Pinetum tilieto-caricosum pilosae*), сосново-липовый лес волосистоосоково-снытевый (*Pinetum tilieto-caricoso-aegopodiosum*), сосново-липовый лес волосистоосоково-коротконожковый (*Pinetum tilieto-caricoso-brachypodiosum*), сосново-липовый лес ландышевый (*Pinetum tilieto-convallariosum*), сосновый лес сложный (*Pinetum compositum*).

Такие ассоциации сосново-широколиственных лесов, как сосняк дубово-коротконожковый (*Querceto-Pinetum brachypodiosum*), сосняк дубово-разнотравный (*Querceto-Pinetum herbosum*), сосняк липово-ландышевый (*Tilieto-Pinetum convallariosum*), сосняк березово-разнотравный (*Betuleto-Pinetum herbosum*), сосняк березово-осоковый (*Betuleto-Pinetum caricosum*), сосняк березово-орляковый (*Betuleto-Pinetum pteridosum*) занесены в Зеленую книгу Самарской области (2006).

Среди широколиственных лесов дубовые леса являются преобладающими. Они приурочены преимущественно к темно серым лесным почвам, суглинистым по механическому составу. Наиболее распространенной ассоциацией дубовых лесов являются дубовые леса травяные (*Querceta herbosa*), занимающие значительную долю в лесопокрытой площади. Травяные дубовые леса свойственны главным образом выровненным плато водоразделов и пологим склонам. К примеру, дубняк коротконожковый (*Quercetum brachypodiosum*). Другая группа ассоциаций – дубовые леса сложные (*Querceta composita*) –менее распространена: например, ассоциация дубняк ландышевый (*Quercetum convallariosum*). Дубовые леса остепненные (*Querceta sustepposa*) встречаются достаточно часто и характерны, главным образом, для склонов южных экспозиций с серыми лесными супесчаными почвами, иногда щебневатыми. Характерными ассоциациями остепненных дубрав являются: дубняк узколистномятликовый (*Quercetum poeosum angustifoliae*), дубняк береговокострецовый (*Quercetum bromopsiosum ripariae*), дубняк стоповидноосоковый (*Quercetum caricosum pediformae*), дубняк пристепной кустарниковый (*Quercetum fruticosum substepposae*).

Липовые леса по своей распространенности занимают второе место среди широколиственных лесов после дубняков. Поти всюду липа имеет порослевое происхождение. Самая распространенная ассоциация липовых лесов – липняк волосистоосоковый (*Tilietum caricosum pilosae*), типичный для выровненных или слабоволнистых плато возвышенных водоразделов. На пологих склонах водоразделов встречается липняк ландышево-волосистоосоковый (*Tilietum convallarioso-caricosum pilosae*) на серых лесных почвах.

Мелколиственные леса распространены достаточно широко и местами занимают большие площади. Всегда имеют вторичное происхождение. Представлены осиновыми и березовыми лесами.

По берегам р. Уса и ее притоков встречаются сообщества, образованные ольхой клейкой (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Кроме ольхи в древесном ярусе здесь встречаются *Padus avium* Mill., *Betula pubescens* Ehrh., *Salix cinerea* L. В подлеске – *Humulus lupulus* L., *Rubus caesius* L. Для травяного покрова характерно присутствие гигро- и мезофильных видов

(*Agrostis gigantea* Roth, *A. stolonifera* L., *Convallaria majalis* L., *Galium boreale* L., *G. rubioides* L., *Urtica dioica* L.). В нижнем течении р. Уса распространение получили тополевые (*Populus nigra* L.) леса.

В бассейне р. Уса встречаются преимущественно луговые степи, приуроченные к овражным склонам и приопушечным местам. Наибольшее распространение луговые степи получили в долине р. Тишерек. Ассоциациями луговых степей являются наземниковейниково-узколистномятликовая (*Calamagrostetum epigeios poeosum angustifoliae*), береговокострецово-лабазниковая (*Bromopsietum ripariae filipendulosum vulgaris*), кострецово-злаково-разнотравная (*Bromopsietum ripariae graminoso-herbosum*).

На выровненных участках и пологих склонах встречаются участки песчаных степей, среди которых преобладают ассоциации с доминированием полыни Маршала (*Artemisietum marschallianae herbosum*). Другие ассоциации песчаных степей – *Stipetum pennatae herbosum*, *Stipetum pennatae potentillosum arenariae*, *Stipetum pennatae phleuosum phleoides*. Между селами Троекуровка и Усинское на слаборазвитых черноземах карбонатного типа, щебнистых, супесчаных, обнаружены сообщества со *Stipa korshinskyi* Roshev., представленные ассоциациями разнотравно-коржинскоковыльной и разнотравно-овсецово-коржинскоковыльной (Раков, 1991). Вероятно, это самые западные местонахождения ковыля Коржинского, в связи с чем эти сообщества нуждаются к занесению в новое издание Зеленой книги Самарской области.

Крайне редко на исследуемой территории можно встретить участки каменистых степей (преимущественно в долине р. Тишерек), приуроченных к щебнистым маломощным почвам и обнажениям пород.

Долина р. Тишерек интересна также высокой представленностью галофитных сообществ, что является нетипичным явлением для пойменной растительности Самарской области (Голуб, Лысенко, 1999). Наиболее засоленные экотопы здесь занимает ассоциация *Atriplex prostrata – Salicornia perennans*, наиболее увлажненные экотопы – *Rumex stenophyllus – Hippuris vulgaris*. Также здесь встречаются бескильницево-триполиевые (*Tripolium pannonicum – Puccinelia distans*) и триостренниково-млечниковые (*Glaux maritima – Triglochin maritimum*) сообщества, занесенные в Зеленую книгу Самарской области (2006).

Участки остепненных лугов встречаются преимущественно по днищам и склонам оврагов, на водоразделах – по лесным полянам, опушкам и вырубкам и приурочены к выщелоченных черноземам или серым оподзоленным почвам. Большое распространение получили остепненные луга корневищнозлаковые, представленные ассоциациями разнотравно-безостокострецовой разнотравно-среднепырейной, разнотравно-узколистномятликовой, разнотравно-наземновейниковой.

В меньшей степени встречаются ассоциации остепненных лугов разнотравных узколистноковыльно-разнотравная, среднепырейно-разнотравная, безостокострецово-разнотравная, наземновейниково-разнотравная.

Крайне редко (Муранский бор) встречается разнотравно-перистоковыльная ассоциация (*Stipa pennata – Herbae stepposae*).

Настоящие мезофитные луга приурочены к аллювиально-черноземовидным почвам в долинах р. Уса и ее притоков и представлены ассоциациями узколистномятликово-разнотравной, безостокострецово-разнотравной, наземновейниково-разнотравной, ползучепырейно-разнотравной, лисохвостно-разнотравной, злаково-разнотравной.

В долине р. Уса встречаются пойменные болота, а в Рачейском лесном массиве – водораздельные. Первые представляют собой злаково-осоковые и гипново-осоковые неморальные болота, вторые – кустарничково-травяно-сфагновые мезотрофные бореальные (Сенатор, 2016).

Водная растительность представлена формациями *Potamogeton compresus* L., *P. crispus* L. и *P. natans* L., *Lemna minor* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum verticillatum* L., *Nuphar lutea* (L.) Sm., *Nymphaea candida* J. et C. Presl. Сообщества кубышки желтой (*Nuphar lutea*), кувшинки чисто-белой (*Nymphaea candida*), рдеста блестящего (*Potamogeton lucens*) и рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus*) занесены в Зеленую книгу Самарской области (2006).

Во флоре исследуемого района зарегистрировано 79 видов сосудистых растений, занесенных в Красные книги Самарской (2017) и Ульяновской (2015) областей. Большая часть из них связаны со степными и каменисто-степными экотопами – *Alyssum lenense* Adams., *Astragalus sulcatus* L., *A. tenuifolius* L., *A. zingeri* Korsh., *Clausia aprica* Korn.-Trotzky, *Ephedra distachya* L., *Globularia punctata* Lapeyr., *Hedysarum gmelinii* Ledeb., *H. grandiflorum* Pall., *Iris pumila* L., *Linum perenne* L., *Polygala sibirica* L., *Scabiosa isetensis* L., *Stipa korshinskyi* Roshev., *Syrenia cana* (Pall. et Mitt.) Neilr., *Thymus dubjanskyi* Klokov et Des.-Shost., *Th. zheguliensis* Klokov et Des.-Shost. и др.

К лесным массивам, прежде всего, Муранскому и Рачейскому, приурочены бореально-неморальные виды из родов *Lycopodium, Pyrola*, *Vaccinium*, представители семейства орхидные (*Dacthylorhiza fuchsii* (Druce) Soó, *D. maculata* (L.) Soó, *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Besser, *E. palustris* (L.) Crantz, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich.), *Drymochloa sylvatica* (Pollich) Holub, *Laser trilobum* (L.) Borkh., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt и др.

По песчаным экотопам распространены *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Dianthus volgicus* Juz., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Scirpoides holoschoenus* (L.) Sojak, по засоленным – *Plantago cornuti* Gouan., *P. salsa* Pall., *Triglochin maritimum* L.

По берегам водоемов и водотоков произрастают *Cicuta virosa* L. и *Ostericum palustre* Besser, на заболоченных территориях встречаются *Carex ericetorum* Pollich, *C. limosa* L., *Comarum palustre* L., *Menyanthes trifoliata* L., *S. lapponum* L., *S. rosmarinifolia* L. Из водных видов, находящихся под региональной охраной – *Nymphaea candida* J. et C. Presl.

9 видов, занесены в Красную книгу Российской Федерации (2008) – *Astragalus zingeri* Korsh., *Fritillaria ruthenica* Wikst., *Globularia punctata* Lapeyr., *Hedysarum grandiflorum* Pall., *Iris aphylla* L., *Iris pumila* L., *Koeleria sclerophylla* P.A. Smirn., *Stipa pennata* L., *Stipa pulcherrima* K. Koch.

Особую ценность растительному покрову придает наличие на исследуемой территории эндемичных видов. Так, эндемиками Волжского бассейна, зарегистрированными на территории водосбора р. Уса, являются *Dianthus volgicus* Juz., *Gypsophila volgensis* Krasnova, *Stipa praecapillata* Alechin, *Thymus dubjanskyi* Klokov et Des.-Shost., и *Th. zheguliensis* Klokov et Des.-Shost., субэндмичными видами – *Astragalus tenuifolius* L., *A. zingeri* Korsh., *Centaurea carbonata* Klokov, *Crataegus volgensis* Pojark., *Delphinium cuneatum* Steven ex DC., *Koeleria sclerophylla* P.A. Smirn., *Onosma volgensis* Dobrocz. (Васюков и др., 2015).

3.2. Антропогенная трансформация растительного покрова бассейна р. Уса

Растительный покров бассейна р. Уса сильно преобразован в результате хозяйственной деятельности человека. Об этом можно судить по степени трансформации природных ландшафтов, участии сегетально-рудеральных (сорных) видов в сложении растительного покрова. Под рудеральными растениями понимаются растения, произрастающие в антропогенных типах местообитаний (возникших в результате строительной, промышленной и бытовой деятельности). Сегетальные растения – это растения, специально

не культивируемые, но произрастающие (приспособленные к произрастанию) в агрофитоценозах.

Сообщества с участием сегетальных и рудеральных растений получили широкое распространение в бассейне р. Уса и приурочены, прежде всего, к населенным пунктам, транспортным коммуникациям, местам рекреации и прочим хозяйственно освоенным землям.

Состав аборигенных сорных видов не оригинален и соответствует таковому, приводимому для Среднего Поволжья. На территории бассейна р. Уса зарегистрировано 139 видов-апофитов, т.е. аборигенных видов, полностью или частично переселившихся на антропогенные местообитания, и 111 чужеродных видов растений. Видовое богатство чужеродной флоры на исследуемой территории составляет 22,6% от такового, известного для Среднего Поволжья (Senator et al., 2018).

Наиболее опасными для экосистем бассейна р. Уса являются инвазионные виды растений, внедрившиеся в естественные местообитания и вытесняющие местные виды (Senator et al., 2017):

Acer negundo L. Встречается, зачастую в массе, в лесных (по опушкам и полянам), пойменных и антропогенных местообитаниях.

Bidens frondosa L. Прибрежно-водные, часто в массе, сбитые сырые, иногда антропогенные местообитания.

Echinocystis lobata (Michx.) Torr. et A. Gray. Образует обширные заросли вдоль берегов водоемов в полосе прибрежных кустарников, иногда встречается по сорным местообитаниям.

Elaeagnus angustifolia L. Пойменные местообитания, а также нарушенные участки (балки, склоны оврагов), обочины дорог, пустыри, залежи.

Elodea canadensis Michx. Слабопроточные и непроточные водоемы.

Parthenocissus inserta (A. Kern.) Fritsch. Осветленные сосновые леса и лесопосадки, вдоль заборов.

Phragmites altissimus (Benth.) Mabille. Водоемы и их берега, канавы, реже – зарастающие карьеры и обочины дорог.

Ulmus pumila L. Активно расселяется по обочинам дорог, зарастающим карьерам и другим антропогенным местообитаниям.

Xanthium albinum (Widder) H. Scholz et Sukopp. Широко распространен по песчаным берегам рек, пустырям и обочинам дорог.

Другую группу чужеродных растений представляют виды, активно натурализующиеся в естественных и полуестественных местообитаниях:

Atriplex tatarica L. Встречается в массе по антропогенным местообитаниям, вдоль дорог проникает в лесопарки.

Caragana arborescens Lam. Вне мест культивирования встречается по вырубкам и опушкам.

Conyza canadensis (L.) Cronquist. Антропогенные местообитания, в том числе обочины дорог, пустыри, залежи, выгоны, вырубки.

Epilobium adenocaulon Hausskn. Берега водоемов и болот, в том числе пересыхающих, сырые лесные опушки, придорожные канавы.

Fraxinus lanceolata Borkh. Встречается в основном близ мест культивирования, однако в настоящее время начал проникать в поймы рек.

Fraxinus pennsylvanica Marshall. Населенные пункты, лесополосы, обочины дорог, пустыри, поймы рек.

Lepidium densiflorum Schrad. Антропогенные местообитания, иногда встречается на аллювиальных отложениях по берегам рек.

Lonicera tatarica L. Вне мест культивирования отмечается на пустырях, обочинах дорог.

Oenothera biennis L. Населенные пункты, вдоль дорог, песчаные степи, разреженные сосновые леса.

Oenothera rubricaulis Klebahn. Встречается, преимущественно, по обочинам дорог, на залежах, реже на пустырях.

Phalacroloma septentrionale (Fernald et Wiegand) Tzvelev. В настоящее время начал проникать в разновозрастные сосновые насаждения в черте населенных пунктов.

Populus balsamifera L. Вне мест культивирования встречается преимущественно по обочинам дорог, в населенных пунктах и по берегам водохранилищ.

Sambucus racemosa L. Встречается в разреженных, преимущественно сосновых и сосново-широколиственных лесах, в сосновых посадках. В лесах, на лесных опушках и склонах нередко встречается близкий вид – *Sambucus sibirica* Nakai со схожим инвазионным потенциалом.

Еще одну группу инвазионных растений представляют виды, натурализующиеся и активно расселяющиеся по антропогенным местообитаниям и встречающиеся в населенных пунктах, вдоль дорог, на пустырях, гарях, вырубках, сбитых лугах – *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia trifida* L., *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Artemisia sieversiana* Ehrh. ex Willd., *Bassia sieversiana* (Pall.) W.A. Weber, *Cardaria draba* (L.) Desv., *Cuscuta campestris* Yunck., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Galinsoga parviflora* Cav., *Hordeum jubatum* L., *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt.

3.3. Охрана растительного покрова в бассейне р. Уса

Система особо охраняемых природных территорий в бассейне р. Уса начала складываться сразу же после принятия в 1960 г. Закона РСФСР «Об охране природы» (Саксонов и др., 2017) и в настоящее время представлена 12 памятниками природы и одним ихтиологическим заказником (рис. 1). Большая часть особо охраняемых природных территорий (10 из 13) находится на территории Самарской области (Кузнецова и др., 2017). Ниже приведена краткая характеристика охраняемых природных территорий бассейна реки Уса.

1. Скрипинские Кучуры, памятник природы регионального значения. Ульяновская область, Елшанское лесничество, лесные кварталы 105-106, южнее д. Скрипино. Основан 16.06.1987 г., площадь – 204 га. Природоохранная ценность: обнажения останцов палеогеновых сливных песчаников, места произрастания видов, занесенных в Красные книги Ульяновской области и Российской Федерации (2008): *Polypodium vulgare* L., *Dianthus volgicus* Juz., *Iris aphylla* L., *Fritillaria ruthenica* Wikstr., *Stipa pennata* L. и др., хорошо сохранившиеся старовозрастные сосняки и участки луговых степей.

2. Родник Ильинский, памятник природы регионального значения. Ульяновская область, Тереньгульский район. Основан 24.02.2000 г., площадь – 0,2 га. Природоохранная ценность заключается в источнике чистой воды.

3. Тереньгульский ихтиологический заказник, памятник природы регионального значения. Ульяновская область, Тереньгульский район, 3 км от с. Федькино и севернее с. Байдулино (р. Баромытка), а также лесной квартал 44 Тереньгульского лесхоза. Основан 29.11.1994 г., площадь 117 га. Природный статус объекта, в силу слабой его изученности, не определен.

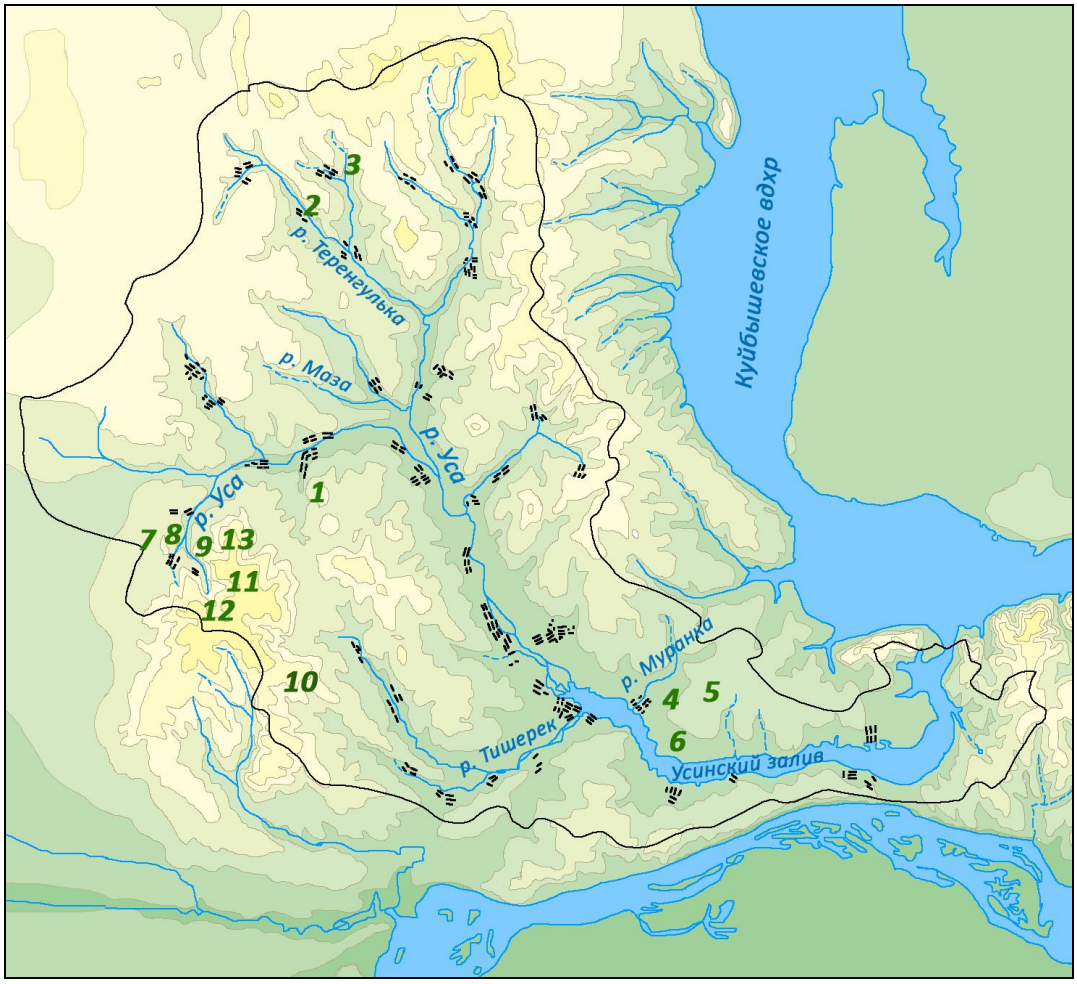


Рис. 1. Особо охраняемые природные территории бассейна р. Уса:
1 – Скрипинские Кучуры; *2* – Родник Ильинский; *3* – Тереньгульский ихтиологический заказник; *4* – Муранские брусничники; *5* – Муранские озера; *6* – Муранский бор; *7* – Рачейская тайга; *8* – Семь ключей; *9* – Рачейские скалы; *10* – Каменные деревья; *11* – Гремячий; *12* – Истоки реки Усы; *13* – Малоусинские нагорные сосняки и дубравы.

4. Муранские брусничники, памятник природы регионального значения. Самарская область, Шигонский район, в 12 км восточнее с. Шигоны, лесные кварталы 36-37, 47-48, 57-59, 67-69, 77-81, 87-95, 102-103 Львовского участкового лесничества. Образован 19.04.1983 г., площадь 2003,82 га. Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Dianthus vilgicus* Juz., *Carex ericetorum* Poll., *Drosera rotundifolia* L., *Vaccinium myrtillus* L. и др.

5. Муранские озера, памятник природы регионального значения. Самарская область, Шигонский район, в 12 км восточнее с. Шигоны, лесные кварталы 38-39, 48-49, 50, 59-62, 70-72, 80-81 Львовского участкового лесничества. Образован 19.04.1983 г., площадь 1224,10 га. Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Campanula latifolia* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Oxyccocus palustris* Pers. и др.

6. Муранский бор, памятник природы регионального значения. Самарская область, Шигонский район, в 12 км восточнее с. Шигоны, лесные кварталы 82-83, 91, 96-99, 100, 102-109, 112-115, 126 Львовского участкового лесничества. Образован 25.09.1967 г., площадь 1907,93 га. Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Pyrola rotundifolia* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Platanthera bifolia* (L.) Rich. *Rhodococcum vitis-id*aea (L.) Avrorin и др.).

7. Рачейская тайга, памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 2 км западнее с. Смолькино, лесные кварталы 15, 23, 25, 34-36, 43-35 Рачейского участкового лесничества. Основан 14.06.1989 г., площадь 969,32 га. Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендованы к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красные книги Самарской области (2017) и Российской Федерации (2008): *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Listera ovata* (L.) R. Br., *Neottiantha cucullata* (L.) Schlechter и др.

8. Семь ключей, памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 1 км западнее с. Смолькино, лесные кварталы 16, 26, 37, 47 Рачейского участкового лесничества. Основан 19.04.1983 г., площадь 494,03 га. Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендованы к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Carex bohemica* Schrad., *Scirpoides holochenus* (L.) Sojak, *Epipactis palustris* (L.) Crantz., *Dactyloriza fuchsii* (Druce) Soo и др.

9. Рачейские скалы, памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 1 км восточнее с. Смолькино, лесные кварталы 54, 61-62 Рачейского участкового лесничества. Основан 19.04.1983 г., площадь 114,63 га. Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красные книги Самарской области (2007) и Российской Федерации (2008): *Daphne mezereum* L., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Stipa pennata* L., *Pyrola rotundifolia* L. и др.

10. Каменные деревья, памятник природы регионального значения, состоит из двух участков, в бассейне реки Уса находится один участок: Самарская область, Сызранский район, в 3 км северо-восточнее с. Трубетчино, лесные кварталы 42, 45, 48, 52, 64 Троицкого участкового лесничества и квартал 5 Сызранского участкового лесничества. Основан 19.04.1983 г., площадь 362, 32 га (второй участок, расположенный северо-западнее с. Трубетчино в лесных кварталах 29, 82, 86-87, 91 Балашейского участкового лесничества на площади 190 га, находится в бассейне р. Сызранка). Природный статус объекта, в силу слабой его изученности, не определен.

11. Гремячий, памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 3 км юго-западнее пос. Гремячий, лесные кварталы 47, 56, 62-64, 69-71 Рачейского участкового лесничества. Основан 19.04.1983 г., площадь 445,97 га. Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm,

Botrichium lunaria (L.) Sw., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newm. и др.

12. Истоки реки Усы, памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, в 4 км южнее пос. Гремячий, лесные кварталы 4-6 Балашейского участкового лесничества и квартал 78 Рачейского участкового лесничества. Основан 14.06.1989 г., площадь 225,61 га. Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (2017): *Gentiana pneumonante* L., *Laser trilobum* (L.) Borkh, *Matteucia struthiopteris* (L.) Tod., *Trientalis europaea* L. и др.

13. Малоусинские нагорные сосняки и дубравы, памятник природы регионального значения. Самарская область, Сызранский район, севернее пос. Гремячий, лесные кварталы 28, 38 47 Рачейского участкового лесничества. Основан 14.06.1989 г., площадь 279.22 га. Природоохранная ценность: лесной массив на дюнных песках с хорошо выраженной бореальной флорой и характерной растительностью, ряд фитоценозов рекомендован к охране в Зеленой книге Самарской области (2006). Место произрастания видов, занесенных в Красные книги Самарской области (2017) и Российской Федерации (2008): *Bupleurum falcatum* L., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *Moneses uniflora* (L.) A. Gray, *Fritillaria ruthenica* Wikstr. и др.

3.4. Рекреационная оценка

Территория водоохранной зоны, согласно допустимым нормам интенсивности рекреационной нагрузки (Общесоюзные нормативы..., 1992), свидетельствует о пригодности ее для рекреационных целей, включая участок нижнего течения реки.

4. ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ И ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Р. УСА

Основные гидрографические и гидрологические данные реки и ее притоков, определенные на основании экспедиционных исследований, литературных и картографических материалов, представлены в таблице 1.

Берет начало на Волжско-Свияжском водоразделе недалеко от поселка Гремячий в Балашейском лесничестве Рачейского лесхоза от двух истоков-родников, образующих ручьи Большая и Малая Уса, с шириной русла 40-50 см. Прозрачность воды составляет 60 см в среднем течении (у Верхнесуринска) и 40 см в нижнем (в районе Междуреченска).

Река течет с юга на север, северо-восток, восток и юго-восток. Наиболее крупные притоки впадают в р. Уса слева: на территории Самарской области – Теренгулька (длина 54 км), Тишерек (длина 38 км), Камышинская (длина 26 км), Муранка(длина 18 км) и др. Общая длина всех притоков 210,9 км (рис. 2). Густота речной сети 0,13 км/км^2.

Русло реки умеренно извилистое, слабодеформирующееся, зарастает водной растительностью. На расстоянии 23 км от устья наблюдается выход грунтовых вод. На расстоянии 22 км от устья река перекрыта земляной плотиной. В верхнем течении русло р. Уса имеет ширину 2-2,5 м, глубину 10-15 см. В месте впадения в залив ширина реки составляет 20-50 метров, глубина – 1-2 метра. Коэффициент извилистости реки – 1,3; средний уклон реки 3,6‰ (табл. 1).

Средняя температура воды в реке колеблется от 2,1 °С в мае до 4,8 °С в октябре с максимальной температурой в июле 18,7 °С. До 80% годового стока р. Уса приходится на период половодья, которое обычно в середине апреля–мае, когда расходы воды возрастают более чем в 20 раз, а уровень повышается в 1,5 раза. Для наблюдений за режимом реки действует гидрологический пост в с. Байдеряково.

Рельеф водосбора волнистый, местами пересечен крутыми и обрывистыми оврагами. Долина реки пойменная, шириной до 3-4 км. Склоны долины высотой 20-30 м пологие, супесчаные, рассечены оврагами, открытые. Высота правого склона составляет 30-90 м, местами снижаясь до 10-20 м. Левый склон ниже – 10-30 м. В долине имеется множество родников.

Пойма – двусторонняя, шириной 2,5-3 км, ровная: левобережная – заболочена, пересечена протоками, старицами, покрыта кустарником; правобережная начинает затапливаться при высоте уровня воды 310 см.

Река активно используется для хозяйственного, бытового и сельскохозяйственного водоснабжения.

Р. Уса имеет хорошо выработанную долину шириной до 2 км. Средняя высота водосбора 184 м, максимальная 315 м. Средний уклон водосбора 23‰. На территории бассейна развита овражно-балочная сеть. Расчлененность территории составляет 0,57 км/км^2. Большая часть водосбора занята сельскохозяйственными полями. Лесистость водосбора составляет 25%. В долине выделяются четыре террасы: пойменная, две надпойменные и высокая древняя терраса. Пойма занимает дно долины и затапливается в половодье на высоту 3-5 м над уровнем реки, образуя большое число стариц и проток. Сложена пойменная терраса аллювиальными песками с включением линз суглинков.

По левому берегу пойма развита почти на всем протяжении р. Уса; по правому берегу на отдельных участках пойма отсутствует. Для р. Уса характерно смешанное снеговое и дождевое питание с участием подземного. В пределах Самарской обл. на территории водосбора зарегистрировано более 60 выходов подземных вод палеогенового и верхнемелового водоносных горизонтов. Характерны родники с пресными мягкими водами, с преобладающей минерализацией 0,1-0,4 г/л и общей жесткостью 1,2-4,5 моль/м ^{3}.

Таблица 1. Гидрографические и гидрологические характеристики р. Уса

Параметры	Значения
Географические координаты положения бассейна:	
Исток:	53° 24’ с.ш., 48° 12 в.д.
Устье:	53° 20” с.ш., 48° 41” в.д.
Средний уклон водосбора, ‰	23
Длина реки, включая Усинский залив, км	143
Длина реки до впадения в Усинский залив, км	76
Площадь водосборного бассейна, включая Усинский залив, км^2	3352
Площадь водосборного бассейна, без учета Усинского залива, км^2	2276
Средняя высота водосбора, м	184
Основные притоки (от устья), км	
Муранка	18
Тишерек	38
Камышинская	26
Теренгулька	54
Кока	57
Борла	61
Максимальная глубина, м	3-4
Расчлененность территории, км/км^2	0,57
Густота речной сети, км/км^2	0,13
Скорость течения, м/с	0,7
Общее падение, м	180
Средняя глубина на плесах, м	2-3
Средняя глубина на перекатах, м	0,1-0,5
Глубина в месте впадения в залив, м	1-2
Ширина реки, м:	
в верховье	0,9-2,5
в месте впадения в залив	20-50
в устьевой части	до 110
Среднегодовой расход воды, м^3/с	6,2
Коэффициент извилистости реки	1,3
Средний уклон реки, ‰	3,6

В режиме реки прослеживаются все фазы годового цикла: половодье, паводки, летняя и зимняя межени. До 80% годового стока р. Уса приходится на период половодья, которое наблюдается в середине апреля–в мае. В этот период расходы воды возрастают более чем в 20 раз, а уровень воды повышается в 1,5 раза. Режим реки контролируется гидрологическим постом в с. Байдеряково. На территории расположено большое количество родников: в Сызранском районе – 104, в Шигонском – 86. Дебиты составляют примерно 1 л/с.

5. ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Р. УСА

Гидрохимический фон реки формируется, главным образом, за счет привноса химических веществ с притоками, поверхностным стоком и за счет выщелачивания выстилающих речную долину осадочных пород. На фоновые показатели оказывают влияние последствия хозяйственной деятельности на водосборе. Накапливающиеся на водосборной площади биогенные элементы, сносятся поверхностным стоком в реку, усиливая процессы естественного эвтрофирования водотока; точечные источники загрязнения прибрежной зоны способствуют в определенной степени загрязнению водных масс и донных отложений тяжелыми металлами и биогенными веществами.

5.1. Антропогенная нагрузка

По неоднородности качества воды и по типу антропогенного воздействия на р. Уса выделяются три участка:

- участок верхнего течения реки – от истока реки до впадения р. Кока в районе с. Елшанка, слабо подверженный антропогенному воздействию;
- участок среднего течения реки – ниже с. Елшанка до впадения р. Теренгулька, испытывающий воздействие сточных вод от коммунальных хозяйств с. Белогорское и пгт. Теренгулька;
- участок нижнего течения – ниже впадения р. Теренгулька до устья реки, находящийся под влиянием вод стекающих с расположенных выше участков реки и водных масс Усинского залива.

Таблица 2. Сброс сточных вод в р. Уса за 2017 г. (по данным госстатотчетности предприятий по ф. 2ТП (водхоз))

Вид сточных вод	Объем сброса, тыс. м³/год
Всего	176,24
Загрязненные	159,44
Нормативно-очищенные	16,8

Таблица 3. Предприятия, сбрасывающие сточные воды в р. Уса в 2017 г.(по данным госстатотчетности предприятий по ф. 2ТП (водхоз))

Предприятие	Расстояние от устья, км	Год	Объем сточных вод, тыс. м³
Верхний участок реки			
Сбрасывающих предприятий нет	57	2017	–
Средний участок реки			
Белогорское коммунальное хозяйство	63	2017	16,8
Тереньгульское коммунальное хозяйство	58	2017	142,9
Нижний участок реки			
Управляющая компания жилищно-коммунального хозяйства, с. Шигоны	9	2017	16,54

Река Уса относится к равнинным рекам, испытывающим на отдельных участках локальную антропогенную нагрузку. Основными источниками поступления загрязняющих веществ в водоток являются сбросы коммунально-бытовых сточных вод и поверхностный сток с площадей, занятых сельскохозяйственной деятельностью и с водосборной площади реки (населенные пункты, лагеря, турбазы и др.) (табл. 2, 3, 4).

Таблица 4. Загрязняющие вещества, сбрасываемые со сточными водами в р. Уса за 2017 г. (по данным госстатотчетности предприятий по ф. 2ТП (водхоз))

Загрязняющие вещества	**Масса загрязняющего вещества в сточных водах, тонн**
Сухой остаток	4,23
Сульфат-анион (сульфаты) (SO_4^{2-})	0,73
Хлориды (Cl^-)	0,23
Нитрат-анион (NO_3^-)	0,20
Взвешенные вещества	0,13
БПК полный	0,05
Азот аммонийный	0,00
Нитрат-анион (NO_2^-)	0,00
ОП-10, СПАВ, смесь моно- и диалкилфеноловых эфиров полиэтиленгликоля	0,00
Железо (Fe^{2+}, Fe^{3+}) (все растворимые в воде формы)	0,00
Нефть и нефтепродукты	0,00
Всего:	5,57

5.2. Химический состав воды и донных отложений

В связи с тем, что водные ресурсы р. Уса одновременно используются в различных целях (рекреационных, рыбохозяйственных, хозяйственно-бытовых), для определения состояния воды реки взяты наиболее жесткие нормативы ПДК, характерные для водных объектов рыбохозяйственного назначения (Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями и дополнениями). Приложение. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения).

Отбор проб воды производился с поверхностного горизонта на станциях верхнего, среднего и нижнего течения водотока (10 станций, рис. 2) в летнюю межень (наиболее жесткий по водности период) в 2017-2018 гг.

Определение химического состава воды выполнено в гидрохимической лаборатории ИЭВБ РАН.

Из общесанитарных показателей состояния р. Уса определялись прозрачность воды, водородный показатель (pH), содержание растворенного кислорода и биохимическое потребление кислорода.

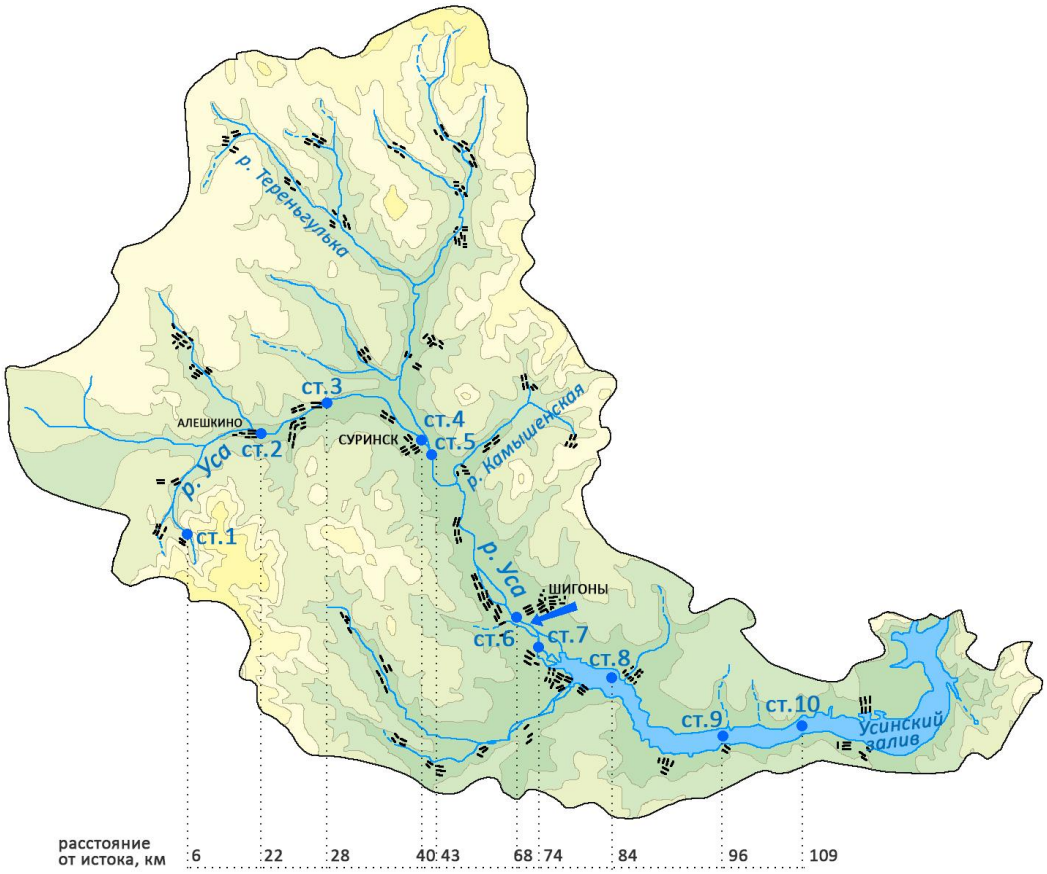


Рис. 2. Схема расположения станций отбора проб на р. Уса.

Прозрачность воды имеет определенную направленность: от истока до устья идет нарастание величины прозрачности от 0,3 м (верховье) до 1,3 м (Усинский залив). Малые глубины (0,3-0,5 м) в верхнем течении реки, способствующие взмучиванию грунтов и поступлению взвешенных веществ в воду, приводят к снижению прозрачности на этом участке.

Водородный показатель (ед. pH). По концентрации водородных ионов вода р. Уса в верхнем течении имеет нейтральную (6,71-7,46), а в среднем и нижнем – слабощелочную реакцию (7,90-8,22). Изменчивость pH по длине реки невелика; коэффициент вариации равен 5%. Средние значения pH воды в верхнем течении – 7,08; в среднем – 8,12, в нижнем – 7,90 (рис. 3).

Кислородный режим реки благоприятен для существования и развития гидробионтов; концентрации кислорода за период наблюдений не падали ниже нормативных показателей и находились в диапазоне 7,7-7,9 мг/дм^3, что соответствует 75-83% насыщения. Определенного тренда в изменении содержания растворенного кислорода по длине реки не выявлено; характер его изменчивости неустойчив, с относительно невысокой степенью вариабельности.

Биохимическое потребление кислорода. Содержание лабильной фракции органического вещества ($БПК_5$) не превышает установленные для природных вод рыбохозяйственного назначения нормативы. По концентрации $БПК_5$, согласно

классификации А.Д. Семенова с соавторами (1977), вода р. Уса на всем протяжении характеризуется как «чистая».

Общая минерализация воды в целом для реки не превышает нормы рыбохозяйственной ПДК и находится в диапазоне 90-535 мг/дм^3. Наибольшие значения минерализации (491-535 мг/дм^3) характерны для среднего и нижнего течений реки, минимальные (90-401 мг/дм^3) – для верхнего участка. По соотношению главных ионов вода реки на всех участках относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция (по: Алекин, 1977) (табл. 5). Изменения в соотношении ионного состава и общей минерализации воды связаны с химическим составом осадочных пород речного бассейна и влиянием точечных источников загрязнения.

Таблица 5. Макрокомпонентный состав вод р. Уса

Участок реки	Компонент, мг/л						Сумма ионов
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+}+K^{+}$	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}	
верхний	20,0	2,4	0,6	7,0	15,0	45,0	90,0
средний	85,6	10,6	29,6	17,0	36,0	235,7	414,5
нижний	77,0	43,7	23,0	32,7	98,2	175,3	449,9

Соответственно росту минерализации изменяется и жесткость воды: в истоке реки вода характеризуется, согласно О.А. Алекина (1970), как очень мягкая (1,1-1,2 мг-экв/дм^3), на верхнем, среднем и нижнем участках – как умеренно жесткая (4,5-5,5 мг-экв./дм^3).

Биогенные элементы. Из биогенных элементов определялись фосфаты, формы азота (нитритный, нитратный и аммонийный) и общее железо.

В ***азотной группе*** содержание *нитратного азота* на всех участках реки в несколько раз ниже ПДК. Концентрации а*ммонийного азота* находятся в пределах от 0,039 до 0,37 мг/дм^3, что соответствует 0,1-0,9 ПДК, соответственно. Диапазон *нитритной* формы азота 0,02-0,066 мг/дм^3 (1–3,3 ПДК). Превышение концентрации $N\text{-}NO_2$ отмечается на протяжении всей реки (табл. 6).

Содержание ***фосфатов*** в воде реки в верхнем течении превышает ПДК в 8-18 раз, в среднем участке – в 1,4-13 раз, в нижнем – в 8-9 раз; преобладающие концентрации 1,68-2,57 мг/дм^3 (рис. 3). Значительное превышение нормативного показателя содержания $P\text{-}PO_4$ в воде объясняется поступлением обогащенных фосфатами вод с поверхности водосборного бассейна в 2017 и в 2018 гг.

В целом, по содержанию фосфатов в воде по W.D. Taylor (1980), река Уса относится к водотокам эвтрофного типа.

Общее железо. На всем протяжении реки концентрации железа выше ПДК, диапазон изменений лежит в пределах от 1,1 ПДК до 7,6 ПДК (0,11-0,76 мг/дм^3) (рис. 3). Максимальное превышение ПДК (7,6 мг/дм^3) характерно для верхнего течения реки.

Таблица 6. Состояние загрязнения воды р. Уса

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ и показателей загрязнения	Участок реки	Содержание за период наблюдений (в ПДК р/х)		
			Пределы колебаний		Среднее значение
			min	max	
1	Марганец	верхний	0,8	7,0	3,9
		средний	0,8	0,8	0,8
		нижний	0,8	0,8	0,8
2	Медь	верхний	0,5	2,6	1,6
		средний	2,0	2,6	2,3
		нижний	2,1	2,2	2,2
3	$БПК_5$	верхний	0,5	0,6	0,6
		средний	0,5	0,6	0,6
		нижний	0,5	0,6	0,6
4	Азот нитритный	верхний	ПДК	2,6	1,8
		средний	1,2	3,3	2,3
		нижний	1,8	1,9	1,9
5	Цинк	верхний	0,5	0,9	0,7
		средний	0,6	0,7	0,7
		нижний	0,6	0,8	0,7
6	Фенолы	верхний	1,9	1,9	1,9
		средний	1,9	1,9	1,9
		нижний	1,9	1,9	1,9
7	Железо	верхний	1,1	7,6	4,4
		средний	1,2	4,8	3,0
		нижний	4,4	4,8	4,6
8	Нефтепродукты	верхний	0,5	0,7	0,6
		средний	0,6	0,8	0,7
		нижний	0,5	0,7	0,6
9	Азот аммонийный	верхний	0,1	0,9	0,5
		средний	0,1	0,2	0,2
		нижний	0,1	0,3	0,2
10	Фосфаты	верхний	8,0	18,0	13,0
		средний	1,4	13,0	7,2
		нижний	8,0	9,0	8,5
11	Растворенный кислород мг/л	верхний	7,7	7,9	7,8
		средний	7,6	7,8	7,7
		нижний	7,5	7,8	7,7
12	Хлорорганические пестициды	верхний	н/о	н/о	н/о
		средний	н/о	н/о	н/о
		нижний	н/о	н/о	н/о

Среди специфических органических соединений исследовались ***нефтепродукты (НПР) и фенолы*.** Содержание нефтепродуктов на всем протяжении реки было ниже ПДК. На верхнем и нижнем участках водотока концентрации НПР в среднем составляют 0,03 мг/дм^3 (0,6 ПДК), в среднем – 0,033 мг/дм^3 (0,7 ПДК) (рис. 3).

Фенольные соединения на всем протяжении р. Уса превышают ПДК в 1,9 раза, их концентрация на каждом из участков составила 0,0019 мг/дм^3 (табл. 6).

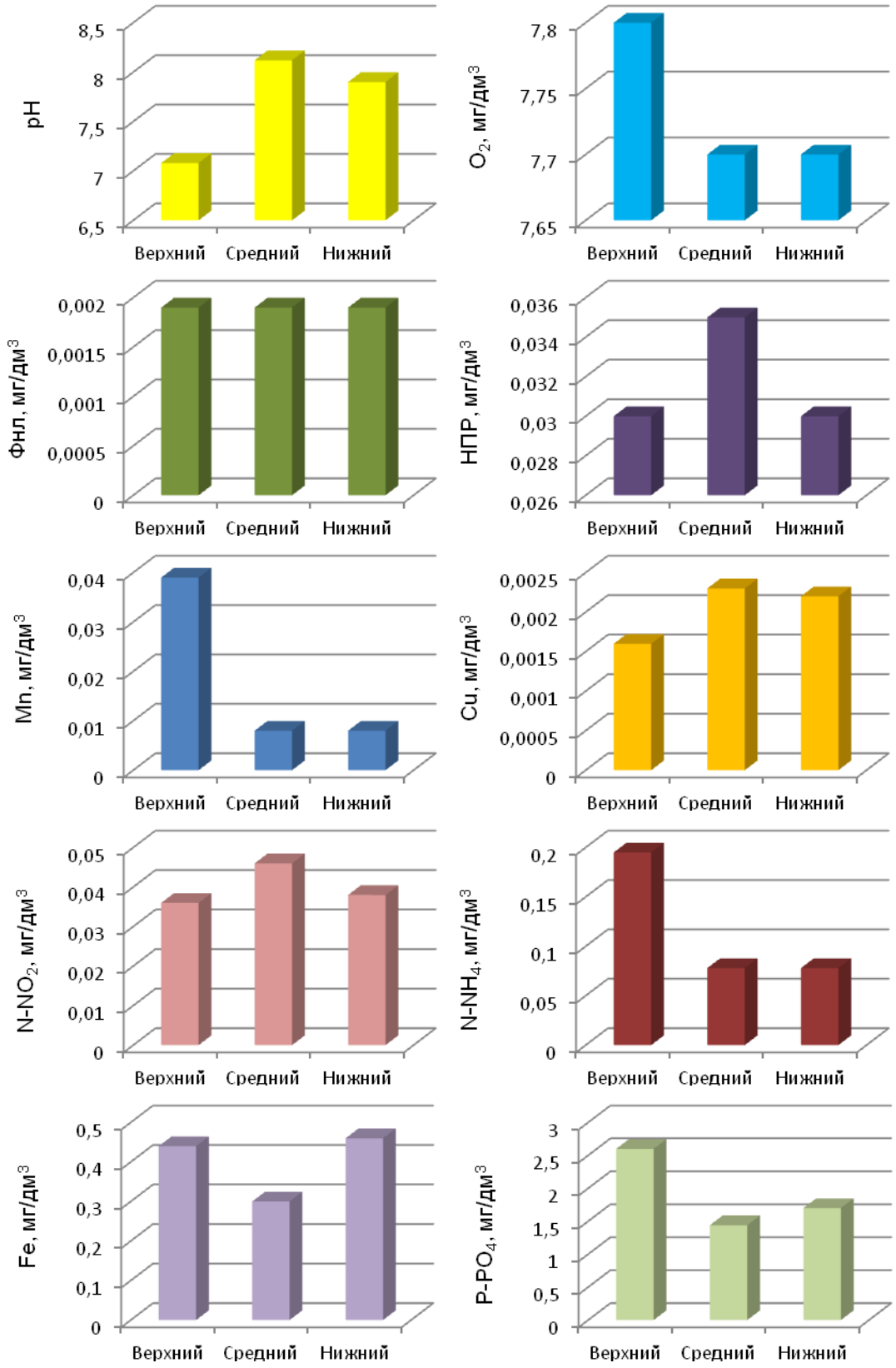


Рис. 3. Изменение концентраций химических характеристик в воде разных участков р. Уса.

Микроэлементы. Основными токсикантами неорганического происхождения в воде реки, встречающиеся в концентрациях, превышающих ПДК, являются **марганец** и медь (табл. 6; рис. 3). Высокий уровень токсического загрязнения реки марганцем зафиксирован локально, в истоке, где его содержание достигало 7 ПДК; на остальных участках концентрации марганца составили 0,8 ПДК. Превышение концентраций меди на уровне 2,0-2,6 ПДК зарегистрировано на всех обследованных участках реки. Превышения концентраций цинка, свинца, никеля и кадмия в воде реки не зарегистрировано.

Качество воды р. Уса, оцениваемое по значению удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) на основе комплекса контролируемых показателей, превышающих ПДК, в верхнем и нижнем течении соответствует IV классу, разряду «а» – «грязная», в среднем – III классу, разряду «б» – «очень загрязненная» (табл. 7, рис. 4).

Приоритетными загрязняющими веществами, накапливающимися в воде на всем протяжении р. Уса и превышающими в разной степени нормативные показатели, являются *медь, железо, нитритная форма азота*, *фосфаты, фенолы* (табл. 7). В истоке реки зарегистрировано загрязнение воды марганцем. Критическими показателями загрязненности воды (**КПЗ**) в верхнем и нижнем течении являются *фосфаты* и *железо*, в среднем – *фосфаты*.

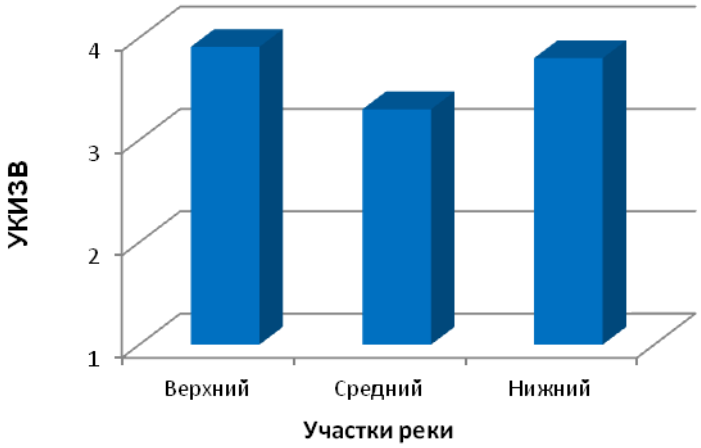


Рис. 4. Изменение индекса загрязнения воды (УКИЗВ) по течению р. Уса.

Таблица 7. Характеристика качества воды р. Уса по химическим показателям

Показатели качества	Участки		
	верхний	средний	нижний
УКИЗВ	3,91	3,30	3,80
Класс, разряд	IV, «а»	III, «б»	IV, «а»
Характеристика качества воды	Грязная	Очень загрязненная	Грязная
Приоритетные загрязняющие вещества, максимально превышающие ПДК	Cu (2,6); Fe (7,6); Mn (7,0); фосфаты (18,0); $N\text{-}NO_2$ (1,3); фенолы (1,9)	Cu (2,6); Fe (4,8); фосфаты (13,0); $N\text{-}NO_2$ (3,3); фенолы (1,9)	Cu (2,2); Fe (4,8); фосфаты (9,0); $N\text{-}NO_2$ (1,9); фенолы (1,9)

Экологическое состояние водных масс р. Уса по концентрациям приоритетных загрязняющих веществ (фосфаты), согласно (Критерии оценки..., 1992), относится к категориям: в верхнем течении – «экологическое бедствие», в среднем и нижнем течении – «чрезвычайная экологическая ситуация» (табл. 7).

Донные отложения реки представлены разнотипными грунтами. В верхнем участке в составе грунтов преобладают в основном каменисто-галечно-песчаные осадки. В среднем течении, как на русле, так и в прибрежье, грунты представлены преимущественно заиленными песками, а в устьевой части – заиленными песками и глинисто-песчаными отложениями. Илисто-песчаные и песчано-илистые отложения, обладающие более высокими сорбционными способностями к депонированию поллютантов (чем мельче осадок, тем выше его сорбционная способность), более обогащены микроэлементами.

В донных отложениях р. Уса из загрязняющих веществ определялись те же показатели, что и в воде (табл. 8).

Таблица 8. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях р. Уса

№ п/п	Загрязняющее вещество	Содержание, мг/кг	
		диапазон колебаний	Среднее
1	Свинец	7,4	7,4
2	Железо	9500-14000	11960
3	Марганец	245-630	402
4	Медь	6,8-14,0	11,2
5	Цинк	11,5-29,3	23

По накоплению микроэлементов, согласно коэффициенту донной аккумуляции (КДА – отношение величины концентрации вещества в грунтах к его содержанию в воде), состояние донных отложений изменяется от «**относительно удовлетворительной экологической ситуации**» до «**чрезвычайной экологической ситуации**» (табл. 8).

Величина КДА для меди и цинка находится в пределах $1,8\times10^3$-$6,5\times10^3$ и $1,4\times10^3$-$4,5\times10^3$, соответственно, что свидетельствует об «**относительно удовлетворительной экологической ситуации**» в грунтах по этому химическому показателю. По величине накопления железа ($4,4\times10^4$-$7,9\times10^4$) состояние осадков относится к классу «**чрезвычайной экологической ситуации**».

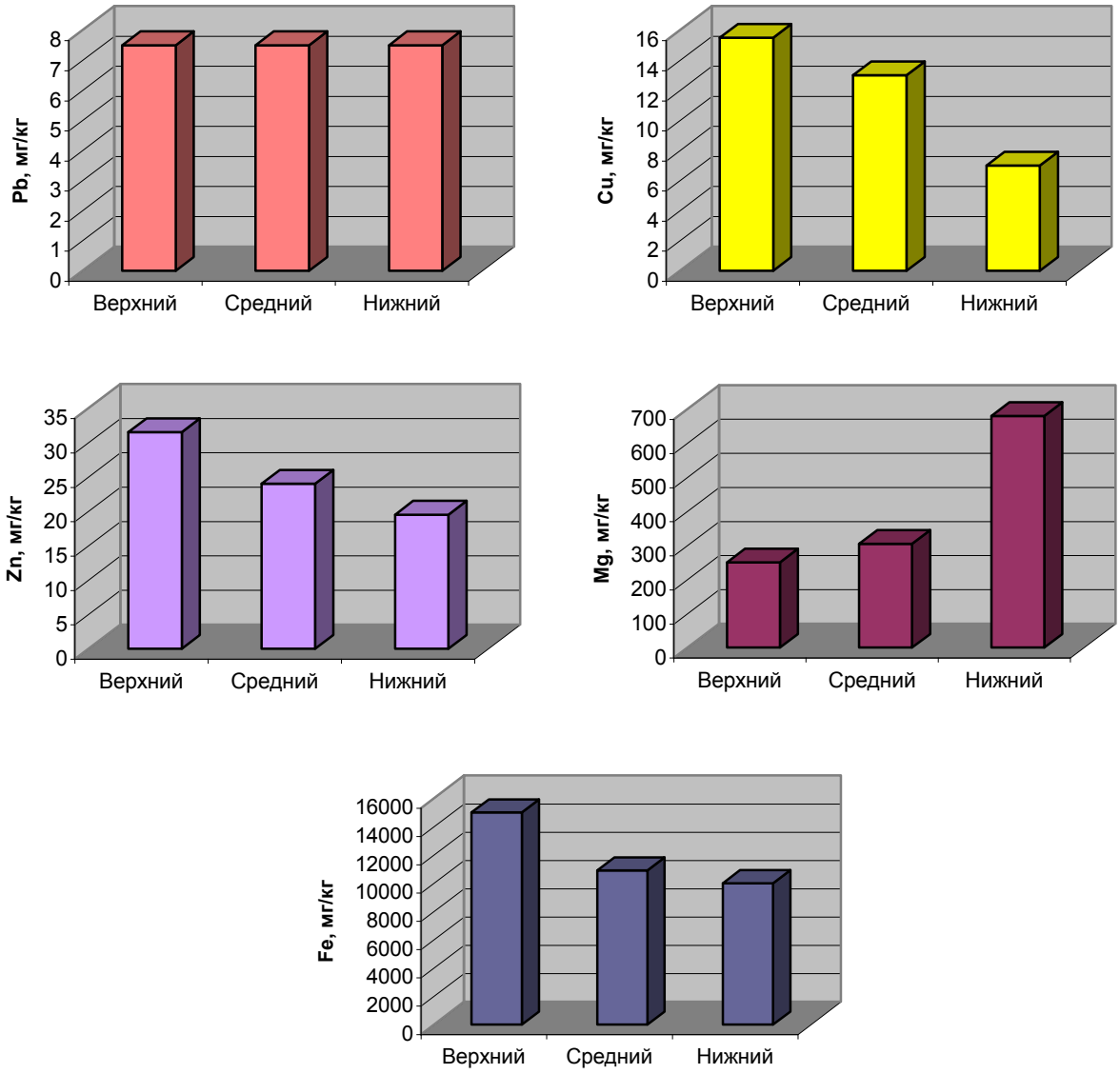


Рис. 5. Содержание свинца, меди, цинка, марганца и железа в грунтах р. Уса.

6. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Р. УСА

Отбор проб воды осуществлялся на всем протяжении реки в 2017-2018 гг. на 10 постоянных станциях (рис. 2) верхнего, среднего и нижнего участков, характеризующих экологическое состояние реки. Дополнительно образцы бентоса брали в прибрежье и на русле притоков, в Усинском заливе, в ритрали и потамали участков реки.

6.1. Фитопланктон

Мониторинговые исследования проводились в верхнем, среднем и нижнем течении р. Уса (2017-2018 гг., июнь, июль, сентябрь) и в Усинском заливе.

Гидробиологическое состояние р. Уса включает данные по качественному и количественному составу фитопланктона, зоопланктона и зообентоса за вегетационный период, по которым можно оценить качество воды и степень загрязнения водоема. Сбор и обработка альгологических проб и определение содержания хлорофилла «*a*» в воде проведены в соответствии с методами, принятыми при гидробиологических исследованиях (SCOR-UNESCO, 1966; Методика изучения.., 1975).

В планктоне р. Уса зарегистрирован 201 таксон рангом ниже рода из 7 отделов водорослей (табл. 9). По числу видов в реопланктоне Усы преобладают Bacillariophyta (56% состава) и Chlorophyta (28%), в лимнопланктоне Усинского залива соотношение ведущих отделов в альгофлоре изменяется за счет увеличения числе видов зеленых водорослей: Chlorophyta (45%), Bacillariophyta (24%), доля Cyanoprokaryota изменяется от 4% (в р. Уса) до 12% (в заливе).

В эколого-географическом отношении фитопланктон состоит из широко распространенных пресноводных форм, предпочитающих нейтральные и слабощелочные воды. К планктонным относится более 50% видов; значимую роль в альгофлоре реки играют обитатели бентоса и обрастаний (22 и 10% таксонов). В составе индикаторов органического загрязнения преобладают β-мезосапробы (45%).

Для р. Уса, имеющей подпор в нижнем течении, количественные и структурные показатели развития фитопланктона варьируют (табл. 10; рис. 6, 7), что связано с динамичностью гидрологических условий (глубиной, скоростью течения, прозрачностью), а также биотопической неоднородностью (наличие устьевых участков в притоках, зоны экотона на участках река–залив).

В целом отмечено увеличение видового разнообразия, численности, биомассы, концентрации хлорофилла «*a*» от истока к устью реки Уса. Характерной особенностью является выраженное скачкообразное увеличение количественных (численность, биомасса) и продукционных (содержание хлорофилла «*a*») показателей, а также изменение структуры альгофлоры на участках смешения и трансформации водных масс в притоках на границе с р. Уса (рр. Муранка, Тишерек) и самой р. Уса в месте ее перехода в Усинский залив (рис. 6, 7, 8).

Величины индексов сапробности на всех станциях находились в пределах 1,19-2,46. В верхнем течении воды реки Уса по фитопланктону относятся к олигосапробным, «чистые воды».

В среднем течении и в особенности в Усинском заливе экологическое состояние вод характеризуется как «удовлетворительное» и «относительно удовлетворительное». По сапробности вода этих участков относится к β-мезосапробным, умеренно загрязненным, III класса качества. Это может свидетельствовать о процессах увеличения загрязнения реки

органическими веществами и снижения самоочистительной способности реки в Усинском заливе.

Уровень биомассы и содержание хлорофилла «*a*» в р. Уса и ее притоках в основном соответствуют олиго-мезотрофии. В летнем планктоне Усинского залива, по данным 2017-2018 гг., биомасса и содержание хлорофилла «*a*» чаще на порядок-два выше, чем в реке и находятся в пределах эвтрофных значений.

Особенностью развития фитопланктона р. Уса является лидирующее развитие *диатомовых водорослей* на всех ее участках. По составу диатомовая флора отличается на различных участках реки.

Таблица 9. Основные структурные характеристики фитопланктона р. Уса в 2017-2018 гг.

Отделы	**Число видов и внутривидовых таксонов**
Bacillariophyta	85
Chlorophyta	70
Cyanoprokaryota	17
Euglenophyta	12
Dinophyta	9
Cryptophyta	6
Chrysophyta	2
Всего	201

Таблица 10. Основные структурные характеристики фитопланктона р. Уса (весна, лето–осень 2017-2018 гг.)

№	**Показатели**	**Участки реки**		
		Верхний	**Средний**	**Нижний**
1	Численность, млн. кл./л	0,02-0,48	0,47-0,83	6,10-14,84
2	Биомасса, мг/л	0,01-0,98	1,41-1,49	1,98-5,93
3	Индекс видового разнообразия Шеннона по численности	0,46-2,39	2,09-2,22	1,84-2,36
4	Индекс видового разнообразия Шеннона по биомассе	0,39-2,11	1,49-2,32	1,35-2,18
5	Индекс сапробности по численности	1,19-1,27	1,24-2,05	2,01-2,46
6	Индекс сапробности по биомассе	1,16-1,44	1,33-2,35	1,88-2,52
7	Зона сапробности	олиго-сапробная	олиго-β-мезосапробная	β-мезо-сапробная
8	Класс качества воды (по сапробности)	II – «чистая»	II-III – «чистая – умеренно загрязненная»	III – «умеренно Загрязненная»
9	Экологическое состояние	Хорошее	Хорошее – удовлетворительное	Относительно удовлетвори-тельное

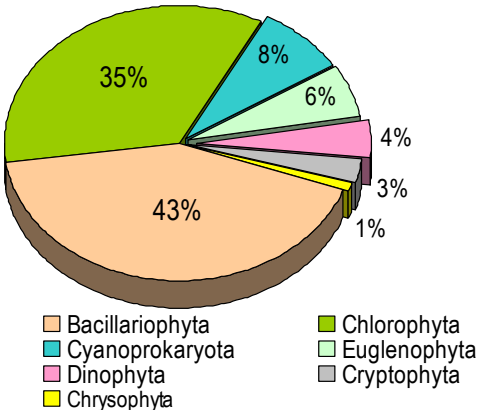


Рис. 6. Состав отделов в альгофлоре планктона р. Уса.

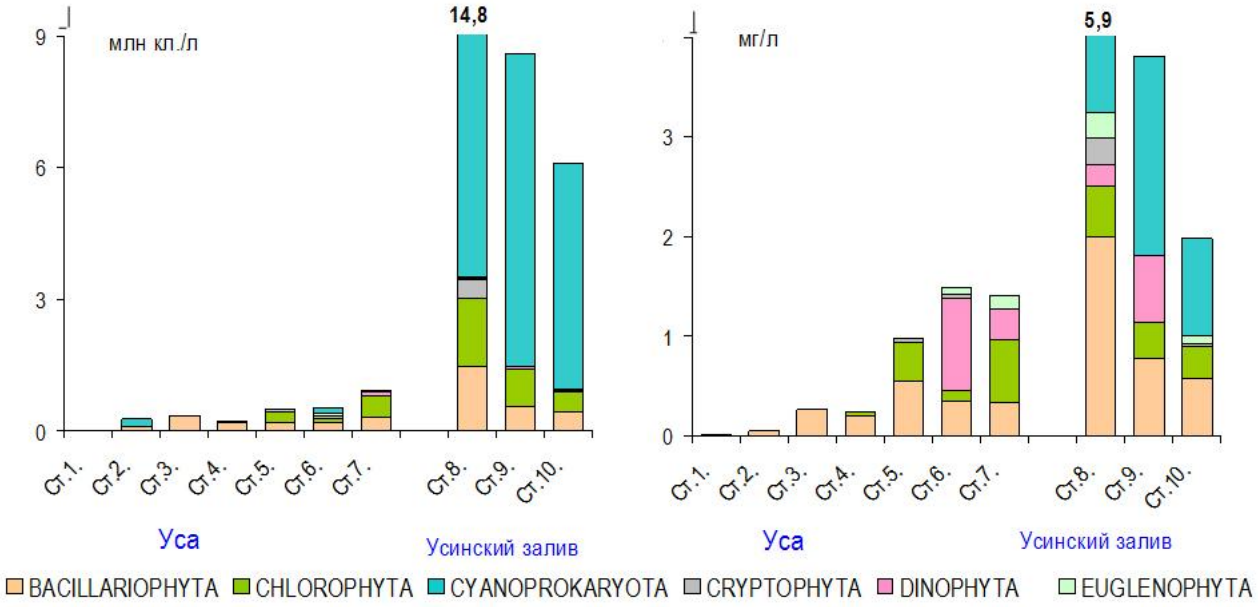


Рис. 7. Изменение численности (1) и биомассы (2) водорослей разных таксонов на станциях отбора проб р. Уса в 2017-2018 гг.

В верхнем и среднем течении развитие фитопланктона зависит, прежде всего, от светового режима. Значительная мутность воды при высоких скоростях течения и низкая освещенность русла под пологом леса приводят к тому, что, несмотря на высокое содержание биогенов, фитопланктон не сформирован или состоит из единичных и случайных форм (в основном Bacillariophyta), вынесенных из обрастаний и бентоса. Численность и биомасса водорослей, а также содержание хлорофилла «*a*» в воде низкие. В тоже время, на песчаных и каменистых грунтах могут быть обильно развиты нитчатые формы из родов *Cladophora*, *Monostroma* (Chlorophyta), *Vaucheria* (Xanthophyta) и др. На них развиваются диатомовые обрастания разнообразного состава (*Cocconeis*, *Gomphonema*, *Cymbella* и др.).

На некоторых участках среднего течения, в основном в запрудах, а также на открытых местах создаются условия повышенной освещенности и прозрачности. В таких биотопах наблюдается увеличение видового разнообразия. Развиты нитчатые формы водорослей в обрастаниях на субстрате. По величине биомассы фитопланктона состояние реки изменяется от олиготрофного на верхнем и среднем ее участках до мезотрофного. Ниже приводятся данные по структуре альгофлоры (табл. 9, 10).

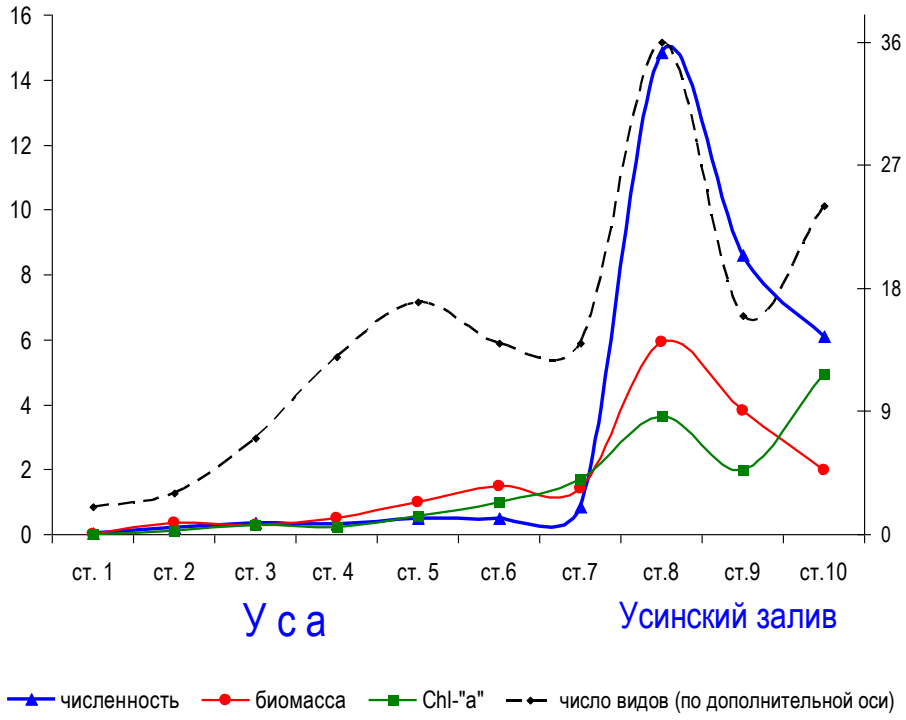
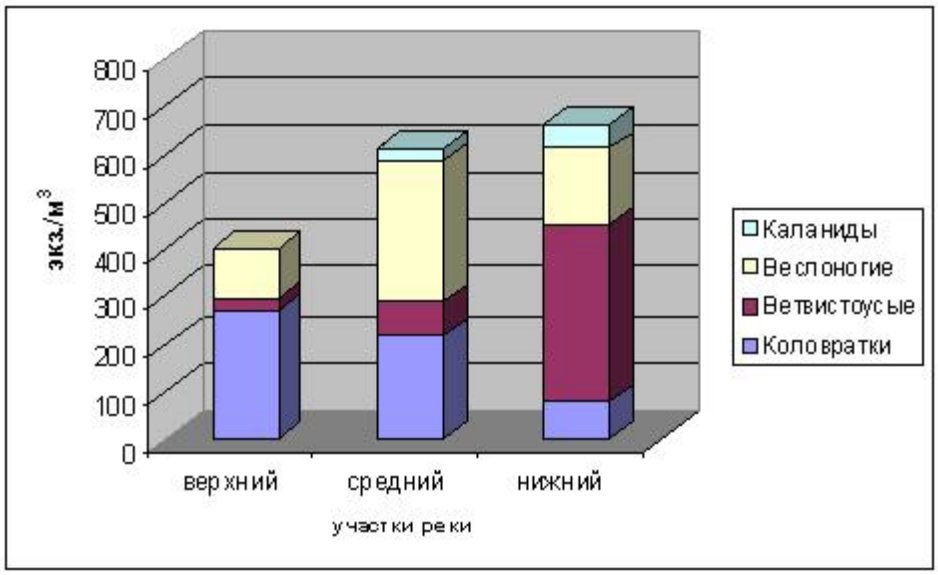


Рис. 8. Динамика суммарной численности и биомассы, содержания хлорофилла «*a*» и удельного числа видов в альгоценозах планктона на станциях отбора проб р. Уса в 2017-2018 гг.

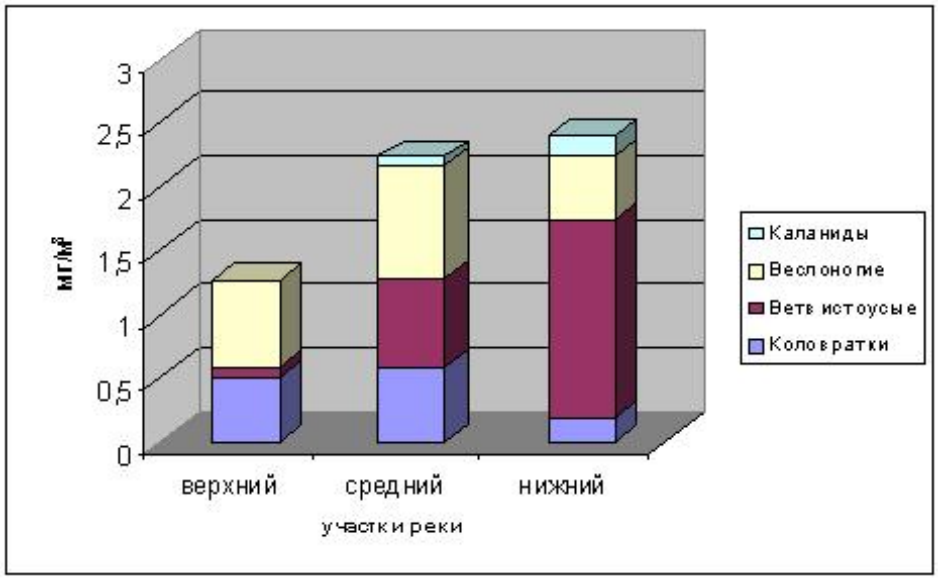
6.2. Зоопланктон

Отбор проб зоопланктона производили путем процеживания 100 л воды через количественную сеть Джеди и, в нижнем течении реки Уса, отбирали пробы воды батометром (V = 2.5 л) и объемом 10 л в столбе воды от поверхности до дна. Содержимое батометра процеживали через капроновую сеть из газа № 64 (с размером ячеи 0,076 мм) и фиксировали 4%-ным раствором формальдегида. Камеральную обработку проб зоопланктона проводили по стандартной методике (Методика изучения.., 1975). Параллельно с отбором проб зоопланктона портативным зондом «YSI-85» измеряли электропроводность (EC, мкСм/см) и температуру воды (t, ^{o}C). За период летних исследований в 2017-2018 гг. в р. Уса зарегистрировано 45 видов зоопланктона, в том числе 28 – коловраток, 13 – ветвистоусых раков и 4 вида веслоногих ракообразных (в том числе 3 циклопоиды и 1 каланоида). Наибольшее число видов отмечено в среднем участке реки и в притоках, где обнаружено 13 видов, из которых по численности преобладают копеподитные стадии циклопоид (470 экз./м^3). Таксономический состав в целом типичен для равнинных рек и представлен фитофильными видами (коловратки родов *Cephalodella*, *Lepedella*, *Testudinella*, *Epiphanes senta*, *Mytilina mucronata* и др.; ракообразные – *Pleuroxus aduncus*, *Simocephalus serrulatus*) и планктобентосными (бделлоидные коловратки, ветвистоусые ракообразные рода *Alona*) видами. На всем протяжении показатели численности и биомассы зоопланктона зависят от комплекса гидроэкологических условий и изменяются в широких пределах. Минимальные их значения (400 экз./м^3; 1,26 мг/м^3) характерны для верхнего проточного участка реки и обусловлены развитием коловраток; максимальные величины (750 экз./м^3; 2,6 мг/м^3) – в зоопланктоне участка реки, расположенного в нижнем течении. Биомасса варьирует от 0,2 мг/м^3 до 3,5 мг/м^3. В устьевой области реки обилие зоопланктона составляет 0,25 млн. экз./м^3, а биомасса –

1,5 г/м^3. Основу численности составляют веслоногие ракообразные, а биомассы – ветвистоусые ракообразные *Daphnia galeata*. Индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанный по численности и биомассе гидробионтов в зоопланктоне всей реки, имеет сходные величины – 2,8-3,1 бит/экз. На всем протяжении реки по составу и количественнным показателям зоопланктона водоток относится к β-мезосапробной зоне (по индексам сапробности). В среднем течении локально отмечены загрязненные участки за счет высокой численности мезосапробных видов.



а)



б)

Рис. 9. Распределение численности (***а***) и биомассы (***б***) зоопланктона на различных участках р. Уса в 2017-2018 г.

По комплексу показателей (индекс видового разнообразия, сапробность, численность, биомасса) вода реки относится к III классу качества («**умеренно-загрязненная**»). В Усинском заливе класс качества воды изменяется от III до IV (вода «**умеренно-загрязненная – загрязненная**») (табл. 11).

Экологическое состояние реки Уса на всем ее протяжении по показателям зоопланктона характеризуется как относительно удовлетворительное (табл. 11).

Таблица 11. Основные структурные характеристики сообществ зоопланктона *р. Уса* (лето, 2017-2018 гг.)

№	Показатели	Участки реки		
		верхний	**средний**	**нижний**
1	Численность, экз./м^3	400	750	840
2	Биомасса, г/м^3	3,5	2,82	5,4
3	Доминирующие виды	*Euchlanis sp., Chydorus sphaericus*	*Euchlanis sp., Brachionus sp., Asplanchna priodonta, Chydorus sphaericus*	*Daphnia galeata, Synchaeta* sp., *Thermocyclops crassus*
4	Соотношение основных групп, % (численность/биомасса) Коловратки Ветвистоусые Веслоногие Каланиды	 67,5 / 39,7 7,5 / 7,1 25,0 / 53,2 -	 29,3 / 29,8 9,3 / 31,9 58,7 / 35,8 2,7 / 2,5	 29,4 / 2,7 37,8 / 68,7 25,0 / 21,1 7,8 / 7,5
5	Индексы видового разнообразия Шеннона (численность/биомасса)	2,9 / 3,1	2,6 / 2,7	2,7 / 2,7
6	Индексы сапробности (численность)	1,7	1,73	1,56
7	Зона сапробности	β-мезосапробная	β-мезосапробная	β-мезосапробная
8	Класс качества воды	III, «умеренно загрязненная»	III, «умеренно загрязненная»	III-IV, «умеренно загрязненная – загрязненная»
9	Экологическое состояние	Относительно удовлетворительное	Относительно удовлетворительное	Относительно удовлетворительное

6.3. Зообентос

Отбор количественных проб бентоса осуществляли в верхнем, среднем и нижнем участках реки дночерпателем Экмана-Берджи (1/40 м^2) драгой и штанговым дночерпателем, в зависимости от глубины, биотопов, включающих: пески, гравий, галечные грунты, серые и черные илы, растительные остатки, глинисто-песчанистые грунты. В истоке р. Уса биотопы представлены заиленным песком, в верхнем течении – гравийно-галечниковыми и галечно-песчаными грунтами, в среднем и нижнем участках – заиленными песками, часто с примесью растительных остатков; серыми илами, заиленной глиной с песком. Камеральная и статистическая обработка образцов зообентоса проводилась согласно методикам (Методика изучения…, 1975; Методические рекомендации…, 1984; Зинченко, 2011, 2020; Зинченко и др., 2017) в лаборатории гидробиологии ИЭВБ РАН.

За период исследований (2017-2018 гг.) в составе фауны донных беспозвоночных р. Уса зарегистрировано 127 видов гидробионтов. Ведущей по видовому составу группой организмов являются двукрылые, из которых наибольшим числом видов представлены личинки хирономид (Chironomidae) – 50 видов. Из других таксономических групп зообентоса зарегистрировано 20 видов малощетинковых червей (олигохет), 18 видов моллюсков, 12 видов представлены личинками прочих двукрылых (мух, цератопогонид и др.); 8 – ракообразных, 6 – поденок, 5 – ручейников; 3 – клопов, по одному виду веснянок и стрекоз.

В донных сообществах реки отмечены также водяные клещи, нематоды и паукообразные (рис. 10).

На верхнем участке р. Уса установлено 83 вида и таксона (табл. 12), среди которых преобладают литореофильные формы бентоса (обитатели каменистых грунтов на участках с быстрым течением): поденки, ручейники, веснянки, личинки хирономид, мошки, жуки, водяные клещи.

В 2017-2018 гг. в верхнем течении р. Уса по численности доминировали реофильные личинки хирономид *Micropsectra* gr. *praecox*, поденки *Baetis rhodani*, комары-болотницы *Dicranota bimaculata*, а также эврибионтные малощетинковые черви *Tubifex tubifex*.

Средняя численность макрозообентоса в период исследований достигала 2521 экз./м^2, биомасса – 7,0 г/м^2. Основу численности составляли личинки хирономид (55% от суммарной численности бентоса), малощетинковые черви (16%) и представители отрядов поденок, ручейников и веснянок (9%) (табл. 12, рис. 10).

На среднем участке реки в составе макрозообентоса найдено 58 видов. Фауна характеризуется преобладанием таксонов равнинно-речного комплекса. В плесовых участках доминируют малощетинковые черви *Limnodrilus hoffmeisteri*, *T. tubifex* и личинки хирономид *Polypedilum scalaenum*, *Paralauterborniella nigrohalteralis*, а в местах с быстрым течением преобладают реофильные хирономиды *Orthocladius oblidens*.

Отмечается снижение средней численности бентоса до 730 экз./м^2, биомассы – до 0,98 г/м^2. В составе общей численности зообентоса личинки хирономид занимают 47%, олигохеты – 34%, поденки и ручейники – 6% (рис. 10, 11).

Снижение численности зообентоса, в сравнении с верхним участком реки, и возрастание доли малощетинковых червей обусловлено преобладанием серых илов и поступлением загрязняющих веществ с водосборной площади в реку в районе с. Шигоны.

В нижнем течении реки состав видов в донных сообществах, под влиянием транзитного потока, несущего загрязняющие вещества, снижается. Установлен 51 вид гидробионтов, что на 32 вида меньше по сравнению с верхним участком реки. Характерной особенностью нижнего участка, расположенного в зоне подпора водами Куйбышевского водохранилища, является высокая численность донных гидробионтов (до 6463 экз./м^2) за счет развития эврибионтных пелофильных видов хирономид *Cladotanytarsus mancus*, *Polypedilum nubeculosum*, *Chironomus plumosus, Dicrotendipes nervosus* и малощетинковых червей *L. hoffmeisteri*. В 2017-2018 гг. величины численности и биомассы бентоса на разных участках р. Уса значительно варьировали (рис. 11), достигая, например, в нижнем течении численности гидробионтов выше 6 тыс. экз./м^2 с биомассой 5 г/м^2 за счет развития чужеродных видов.

В нижнем течении реки отмечены виды – вселенцы Понто-Каспийского комплекса: ракообразные *Pseudocuma cercaroides*, *Pterocuma sowinskyi*, *Stenogammarus dzjubani*, моллюски *Lithoglyphus naticoides, Dreissena polymorpha*. В прибрежной зоне зарегистрированы многочисленные особи моллюска *Monodacna colorata*.

Индекс видового разнообразия Шеннона для донных сообществ верхнего течения реки Уса изменялся в пределах 1,5-3,1 бит/экз., для сообществ бентоса среднего течения – 1,9-3,5 бит/экз., для участка нижнего течения – 1,9-3,3 бит/экз., что соответствует показателям среднего и высокого разнообразия на всех участках реки.

Донное население ритрали и медиали верхнего участка реки относится преимущественно к олигосапробным и β-мезосапробным видам. Сапробность в прибрежье среднего течения р. Уса изменялась от олигосапробной до полисапробной, на русле – от β-мезосапробной до полисапробной. Нижний участок реки в прибрежье характеризовался как олигосапробный, а на русле – как α-мезосапробный и полисапробный (табл. 13).

Таблица 12. Таксономический состав зообентоса р. Уса (прибрежье и русло) в весенне-летний период 2017-2018 гг.

Организмы	Верхнее течение	Среднее течение	Нижнее течение
Малощетинковые черви (Oligochaeta)	10	10	11
Пиявки (Hirudinea)	1	1	1
Комары - звонцы (Chironomidae)	33	28	25
Веснянки (Plecoptera)	3	–	–
Поденки (Ephemeroptera)	7	4	2
Ручейники (Trichoptera)	4	1	2
Жуки (Coleoptera)	6	1	–
Прочие насекомые (Insecta*)	9	6	2
Ракообразные (Crustacea)	2	–	5
Моллюски	7	6	2
Водяные клещи	1	1	1
Всего видов	83	58	51

Примечание: * - личинки двукрылых (кроме хирономид), стрекоз, клопы

Качество воды верхнего участка реки, оцениваемое по показателям индекса Вудивисса, находилось в пределах II-III классов – «**вода чистая – умеренно загрязненная**». В среднем течении качество воды прибрежных участков характеризовалось как «**вода чистая – вода грязная**» (II-V классы); на русле качество воды изменялось от состояния «**вода умеренно загрязненная**» до «**вода грязная**» (III-V классы). В нижнем течении прибрежная зона оценивалась II-IV классами, «**вода чистая – загрязненная**», а качество воды на глубоководных участках соответствовало V классу – «**грязная**».

Экологическое состояние р. Уса, оцениваемое по состоянию сообществ макрозообентоса в прибрежье верхнего, среднего и нижнего участков, «**относительно удовлетворительное»** (табл. 13), тогда как локально, на русловых участках, вода соответствует зоне «**экологического кризиса**» (Критерии оценки…, 1992).

Можно констатировать, что верхний участок р. Уса по состоянию кормовой базы для бентосоядных рыб, согласно рыбохозяйственной шкале, характеризуется как «выше средней кормности», средний участок – «малокормный», нижний – «среднекормный».

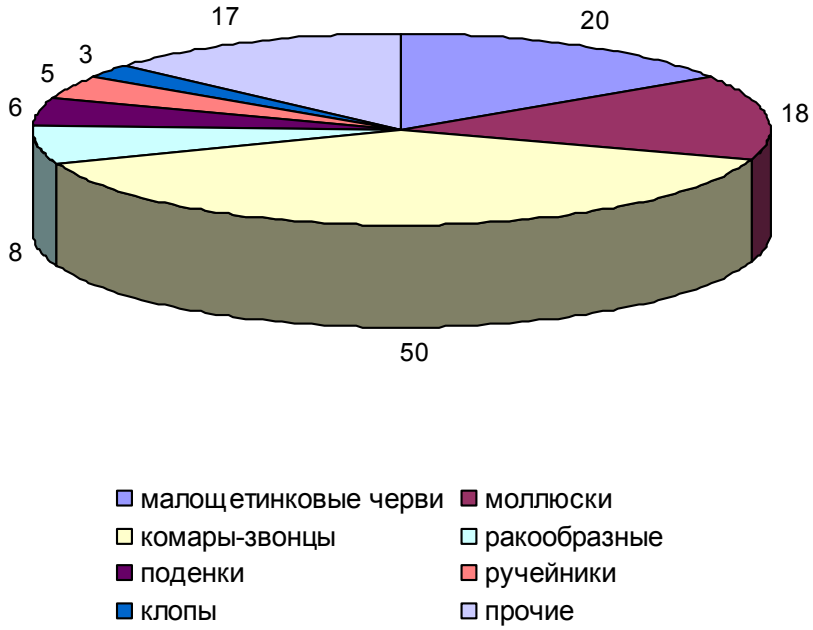


Рис. 10. Таксономический состав зообентоса р. Уса в 2017-2018 гг.

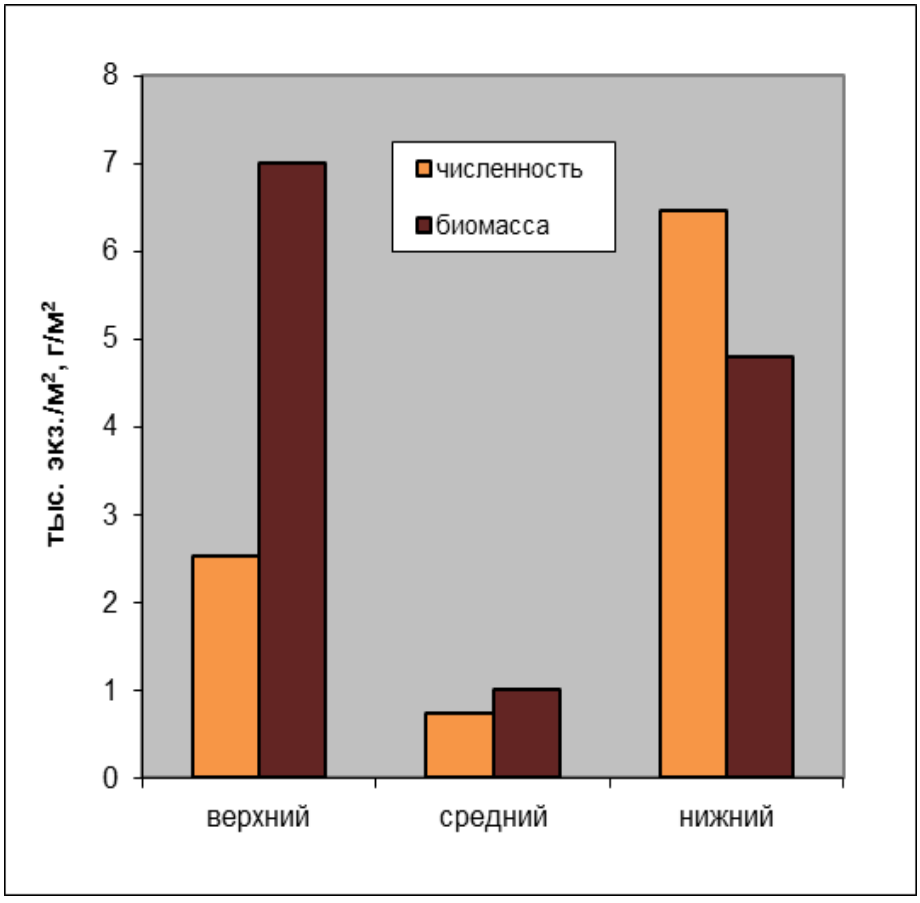


Рис. 11. Изменение численности и биомассы зообентоса на различных участках р. Уса в 2017-2018 гг.

Таблица 13. Основные структурные характеристики и оценка экологического состояния р. Уса по зообентосу в 2017-2018 гг.

№	Показатели	Участки реки		
		верхний	средний	нижний
1	Численность, экз./м^2: средняя максимальная	 2521 11750	 730 1170	 6463 15200
2	Биомасса, г/м^2: средняя максимальная	 7,0 20,3	 0,98 1,71	 4,8 11,1
3	Доминирующие виды, группы (по численности)	личинки хирономид *Micropsectra* gr. *praecox*, поденки *Baetis rhodani*, лимонииды *Dicranota bimaculata*; малощетинковые черви *Tubifex tubifex*	малощетинковые черви *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex tubifex*; личинки хирономид *Polypedilum scalaenum*, *Orthocladius oblidens*	личинки хирономид *Polypedilum nubeculosum*, *Chironomus plumosus, Limnodrilus hoffmeisteri*
4	Индекс видового разнообразия Шеннона (мин./макс.)	2,8 -3,1 / 1,5	2,5-3,5 / 1,9-2,9	1,9-3,2 / 3,3
5	Биотический индекс Вудивисса (прибрежье/русло)	6-9 / 6	2-7 / 3-6	4-7 / 3
6	Индекс сапробности по численности видов (прибрежье/русло)	1,0-1,6 / 1,8	1,5-3,6 / 1,7 -3,8	1,4-2,9 / 3,7
7	Зона сапробности (прибрежье/русло)	олигосапробная – β-мезосапробная / β-мезосапробная	олигосапробная – полисапробная / β-мезосапробная – полисапробная	олигосапробная – α-мезосапробная / полисапробная
8	Олигохетный индекс, % (прибрежье/русло)	0-48 / 15	19-38 / 0-16	1-12 / 5
9	Класс качества воды (по индексу Вудивисса) (прибрежье/русло)	II-III, «чистая – умеренно загрязненная» / III, «умеренно загрязненная»	II-V, «чистая – грязная» / III-V, «умеренно загрязненная – грязная»	II -IV, «чистая – / V, «грязная»
10	Экологическое состояние водотока (прибрежье/русло)	Относительно удовлетворительное / относительно удовлетворительное	Относительно удовлетворительное – зона экологического кризиса / зона экологического кризиса	Относительно удовлетворительное / зона экологического кризиса

6.4. Ихтиофауна

Исследования ихтиофауны проводили на 11 участках р. Уса, на 4 участках р. Тишерек, на 3 участках р. Муранка и на 5 участках реки Теренгулька в 2017-2018 гг.

Для лова половозрелых рыб и молоди разных стадий развития использовали крючковые снасти, набор жаберных сетей, сетчатые рыболовные сачки с размером ячеи 5 мм и сачки из мельничного газа.

Видовой состав рыб р. Уса и ее притоков включает 47 видов (с учетом временно заходящих), принадлежащих к 17 семействам (табл. 14). Из них 18 видов рыб шести семейств представлены молодью разных личиночных и мальковых стадий развития (табл. 15), что свидетельствует об успешном нересте этих видов в условиях их обитания в р. Уса и

ее притоках. Видовое богатство обусловлено разнообразием гидрологических и биотопических условий, а также наличием субстратов для нереста рыб. Доминирующие по численности виды рыб в бассейне р. Уса – уклейка (17,7%), окунь (16,9%), плотва (15,7%), которые заселяют сходные участки реки, преимущественно плесы, хотя и обитают в разных горизонтах. При этом уклейка встречается и на мелких длинных перекатах со сравнительно быстрым течением.

Высока общая численность бычка-кругляка (11,2%), зафиксированного только в нижнем течении Усы (Усинский залив), и усатого гольца (9,8%), обитающего только в верхнем и среднем течении реки.

На верхнем участке реки основными рыбами являются гольян (41,0%), голец (23,1%) и щиповка (17,9%). В небольшом количестве встречаются пескарь и уклейка. В период исследований хищников не обнаружено.

В среднем течении р. Уса, где формирование реки происходит за счет чередования плесовых участков и перекатов, наличия значительного количества заливов и пойменных озер, преобладают уклейка (32,1%), плотва (22,6%), усатый голец (19,0%), окунь и щиповка (по 8,8%).

В нижней части среднего течения встречаются гольян (3,6%), ювенильные особи леща (2,2%) и щуки (2,9%). Очень редки на перекатах язь и голавль. Щука также встречается преимущественно в среднем и нижнем течении р. Уса, но заходит и в притоки, где локализуется в коряжистых и заросших высшей водной растительностью местообитаниях. На устьевом участке р. Уса, находящемся под непосредственным влиянием вод Куйбышевского водохранилища, состав ихтиофауны значительно богаче.

В связи с зарегулированием стока р. Волга и созданием в Европейской части России судоходных каналов произошло саморасселение рыб. В устье р. Уса в настоящее время регистрируется ряд видов-вселенцев: европейская корюшка, головешка-ротан, бычок-кругляк, бычок-песочник, бычок-головач, бычок-цуцик, звездчатая пуголовка, черноморская пухлощекая игла-рыба (Евланов, 1998).

Распределение видов рыб на устьевом участке р. Уса неравномерно, в соответствии с их экологическими особенностями. Так, в литорали (прибрежной зоне) доминирующими видами являются окунь (26,7%) и бычок-кругляк (22,2%), являющийся видом-вселенцем, тогда как на долю плотвы и леща приходится 13,9% и 12,7% соответственно. Часто в этой зоне встречаются уклейка (8,3%) и бычок-головач (10,0%).

В пелагиали устьевого участка реки видовой состав меняется. Перестают встречаться или обнаруживаются единично бычок-головач, бычок-кругляк, бычок-цуцик. Встречаемость хищников: судака, берша и окуня составляет 4,3%, 2,5% и 12,7% соответственно. Наиболее многочисленными в этом районе являются плотва (31,6%), лещ (27,8%) и уклейка (19,0%). Остальные рыбы составляют лишь 2,1% от улова.

Мелкие притоки по видовому составу беднее, основными видами в них были плотва, уклейка, щиповка, гольян и голец, а из хищников – щука и налим. Наиболее разнообразный состав молоди рыб обнаружен в низовьях и среднем течении р. Уса (14 видов из 5 семейств) (табл. 15). Доминирующими видами являются карповые: плотва (54,3%), лещ (25,8%) и язь (14,5%).

В среднем течении р. Уса доминирующей становится молодь уклейки (32,1%), но встречаемость личинок и мальков плотвы также остается высокой (22,6%).

В верхнем течении продолжают единично встречаться мальки гольяна (из карповых) и усатого гольца. Молодь остальных видов рыб не встречается.

Таблица 14. Видовой состав ихтиофауны р. Уса

Видовой состав рыб	Нижнее течение	Среднее течение	Верхнее течение
1	2	3	4
***Сем. Осетровые**			
Белуга	+		
Осетр русский	+		
Стерлядь	+		
****Сем. Корюшковые**			
Европейская корюшка	+		
Сем. Сельдевые			
Тюлька	+	+	+
****Сем. Лососевые**			
Ручьевая форель			+
Сем. Сиговые			
*Белорыбица	+		
Ряпушка	+		
Сем. Щуковые			
Щука	+	+	
Сем. Карповые			
Плотва	+	+	
Елец	+	+	
Голавль		+	+
Язь	+	+	+
Гольян		+	+
Красноперка	+	+	
Белый толстолобик	+		
Жерех	+	+	
Линь	+	+	
Пескарь обыкновенный	+	+	+
Уклейка	+	+	+
Густера	+	+	
Синец	+		
Лещ	+	+	
Белоглазка	+		
Чехонь	+		
Карась золотой	+	+	
Карась серебряный	+		
Сазан	+	+	
Сем. Балиторовые			
Голец усатый		+	+
Сем. Вьюновые			
Шиповка	+	+	+
Вьюн	+	+	
Сем. Сомовые			
Сом	+		
Сем. Речные угри			
Угорь	+		
Сем. Налимовые			
Налим	+	+	+
****Сем. Игловые**			
Игла-рыба пухлощекая черноморская	+		

Таблица 14 (окончание)

1	2	3	4
Сем. Окуневые			
Судак	+		
Берш	+		
Окунь	+	+	+
Ерш	+	+	+
Сем. Головешковые			
Головешка-ротан	+		
****Сем. Бычковые**			
Бычок-кругляк	+		
Бычок-песочник	+		
Бычок-головач	+		
Бычок-цуцик	+		
Звездчатая пуголовка	+		
****Сем. Колюшковые**			
Девятииглая колюшка обыкновенная	+		
Таксономическое разнообразие в изученных водоемах			
Всего:	42 вида, 15 семейств	22 вида, 7 семейств	12 видов, 7 семейств

Примечание: * Гавлена , 1971; **Евланов, 1998

Таблица 15. Видовой состав молоди рыб р. Уса

Видовой состав рыб	Нижнее течение	Среднее течение	Верхнее течение
Сем. Щуковые			
Щука	+	+	
Сем. Карповые			
Плотва	+	+	
Голавль		+	+
Язь	+	+	+
Гольян		+	+
Красноперка	+	+	
Уклейка	+	+	+
Густера	+	+	
Синец	+		
Лещ	+	+	
Карась серебряный			
Сем. Балиторовые			
Голец усатый		+	+
Сем. Вьюновые			
Шиповка	+	+	+
Сем. Налимовые			
Налим		+	+
Сем. Бычковые			
Бычок-кругляк	+		
Бычок-песочник	+		
Бычок-головач	+		
Бычок-цуцик	+		
Всего видов:	**13**	**12**	**7**

Установлено, что основу ихтиофауны р. Уса и ее притоков составляют малоценные и сорные рыбы, обладающие высокой репродукционной способностью. Наблюдается также

стабильный рост численности короткоцикловых видов-вселенцев: бычков – головача, кругляка и цуцика.

Высокая численность рыбного населения обусловлена низкой конкуренцией со стороны ценных видов рыб: леща, сазана, линя, язя и др. и слабым воздействием хищников – щуки, сома, судака и налима, которые продолжают оставаться объектами промысла и любительского рыболовства и достигают половой зрелости значительно позже, чем рыбы, входящие в состав их рациона питания. В ихтиоценозах р. Уса на исследованных участках доминировали малоценные и сорные рыбы, обладающие высокой репродукционной способностью. Выявлено, что рыбохозяйственный потенциал бассейна р. Уса высок за счет разнообразного состава молоди рыб в низовьях и среднем течении р. Уса (14 видов из 5 семейств), где доминирующими видами являются карповые: плотва (54,3%), лещ (25,8%) и язь (14,5%).

6.5. Бактериопланктон

Исследовали развитие бактерий в планктоне устьевого участка р. Уса в июне–августе 2010, 2014, 2015, 2016 и 2017-2018 гг. Общая численность гетеротрофных бактерий составляла 2,67±1,29 млн. кл./мл, а биомасса – 0,35±0,17 мг/л. В условиях интенсивного развития цианобактерий («цветение» воды) зарегистрированы и максимальные величины численности и биомассы бактериопланктона, например, в июле 2010 г. – 5,48 млн. кл./мл и 0,72 мг/л.

Бактериопланктон устьевого участка р. Уса представлен преимущественно некрупными палочковидными клетками, хотя единично отмечены и длинные (до 10-15 мкм) нитевидные клетки. Средний объем бактериальных клеток мало менялся в различные периоды отбора и составлял 0,11-0,15 мкм^3. Необходимо отметить, что обычно в составе бактериопланктона преобладали одиночные свободноплавающие клетки, не объединенные в колонии и не связанные с микрочастицами детрита или клетками водорослей. Однако в периоды «цветения» 30-50% всех бактерий ассоциировано с цианобактериями – гетеротрофные бактерии развиваются либо в слизи колоний р. *Microcystis*, либо на поверхности нитчатых цианобактерий р. *Planctothrix, Limnothrix, Anabaena.*

По общей численности бактериопланктона вода р. Уса большую часть периода наблюдений соответствует III классу качества (умеренно загрязненные). В соответствии со шкалами, связывающими величины общей численности бактерий с уровнем продуктивности водных объектов, развитие бактериопланктона в устьевом участке р. Уса соответствует мезотрофному уровню; в отдельные годы в июле 2010 и 2016 гг. – мезо-эвтрофному (мезотрофному с признаками эвтрофирования).

Таблица 16. Сравнительная оценка общей численности и биомассы бактериопланктона в интегральных пробах из устьевого участка р. Уса в 2017-2018 гг.

Период	Численность, млн. кл./мл	Биомасса, мг/л	Класс качества	Трофический уровень
Июль 2010	**5,48**	**0,72**	**IV**	**М-Э**
Август 2014	1,72	0,22	III	М
Август 2015	2,23	0,29	III	М
Июль 2016	**4,12**	**0,55**	**IV**	**М-Э**
Июнь 2017	1,74	0,19	III	М
Июль 2018	1,71	0,26	III	М

***Примечание*:** М-Э – мезоэвтрофное состояние воды.

7. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ Р. УСА

По совокупности абиотических факторов, формированию структурных и продукционных показателей биоты, гидрологическим, гидрохимическим и микробиологическим характеристикам р. Уса относится к равнинным рекам, испытывающим умеренный антропогенный пресс с локальной повышенной нагрузкой в местах выпуска сточных вод и в Усинском заливе.

К основным источникам поступления загрязняющих веществ в речной водоток относятся: сброс загрязняющих веществ в составе коммунально-бытовых сточных вод, промышленных предприятий, поверхностного стока сельскохозяйственных предприятий и с водосборной площади.

Главными загрязняющими веществами (КПЗ – критические показатели загрязненности воды), являются **железо и фосфаты.** Приоритетными загрязняющими веществами, максимально превышающими ПДК, являются на разных участках реки нитриты, фосфаты, медь, марганец, железо, фенолы.

Максимальные величины ПДК характерны для фосфатов (18 ПДК), железа (7,6 ПДК), марганца (7 ПДК). Концентрации большинства из исследованных химических ингредиентов ниже ПДК или не превышают нормативные показатели более, чем в 1,3-2,6 раза.

Водные массы реки имеют широкий диапазон минерализации – от 90 до 535 мг/дм^3. Наибольшие значения минерализации (535 мг/дм^3) характерны для среднего течения реки; вода в верхнем течении и в Усинском заливе менее минерализована (90-415 мг/дм^3) по сравнению со средним участком реки и зонами смешения река–притоки. По соотношению главных ионов вода реки на всем ее протяжении относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция. Соответственно росту минерализации изменяется и жесткость воды: на верхнем участке реки вода характеризуется как очень мягкая, на среднем и нижнем участках – как умеренно жесткая.

Содержание растворенного кислорода на всем протяжении реки было удовлетворительным. Степень насыщения воды кислородом находилась в пределах 75-83% насыщения.

К биогенным элементам, определяющим уровень продуктивности реки и присутствующих в концентрациях, превышающих ПДК, относятся: минеральный фосфор (до 18 ПДК), нитритный азот (максимум 3,3 ПДК). Содержание нитратного азота в несколько раз или на порядок ниже ПДК.

По уровню концентрации фосфатов р. Уса относится к эвтрофному типу природных водотоков.

Химическое загрязнение воды реки, оцениваемое по УКИЗВ, соответствует III-IV классам качества воды – «очень загрязненная – грязная».

По большинству контролируемых гидрохимических показателей экологическая ситуация р. Уса «**относительно удовлетворительная**», тогда как по концентрации фосфатов на всем протяжении реки водоток характеризуется состоянием «**экологического бедствия**» (табл. 17).

Состояние донных отложений, согласно нормативным документам (Критерии…, 1992), по КДА железа определяется как «чрезвычайная экологическая ситуация», по КДА меди, цинка и свинца – «относительно удовлетворительная ситуация» (табл. 17).

По данным гидробиологического анализа прибрежье (рипаль) и русловая часть (медиаль) на всем протяжении реки по индикаторным видам фито- и зоопланктона относится к β-мезосапробной зоне, имеют III класс качества воды – «умеренно загрязненная».

По состоянию зообентоса качество воды верхнего участка реки находится в диапазоне II-III классов – вода «чистая – умеренно загрязненная». Качество воды среднего участка реки в рипали изменяется от II до V классов – вода «чистая – грязная». Медиаль среднего течения характеризуется III-V классами качества воды. Рипаль нижнего течения реки оценивается II-IV классом («чистая – загрязненная»), а медиаль – V классом – вода «грязная» (табл. 18).

Качество воды, определяемое по совокупности микробиологических показателей, соответствует II-III классам (вода «чистая – умеренно-загрязненная»), что характеризует состояние реки как удовлетворительное.

Таблица 17. Критерии оценки экологического состояния р. Уса по гидрохимическим показателям

№ п/п	Показатели	Параметры	Экологическое состояние
2	**Запахи, привкусы** (в баллах):		
	- верхний участок	2	Относительно удовлетворительная ситуация
	- средний участок	2	Относительно удовлетворительная ситуация
	- нижний участок	2	Относительно удовлетворительная ситуация
3	**Плавающие примеси** (нефть и нефтепродукты):		
	- верхний участок	отсутствие	Относительно удовлетворительная ситуация
	- средний участок	отсутствие	Относительно удовлетворительная ситуация
	- нижний участок	отсутствие	Относительно удовлетворительная ситуация
4	**Реакция среды, pH:**		
	- верхний участок	7,08	Относительно удовлетворительная ситуация
	- средний участок	8,12	Относительно удовлетворительная ситуация
	- нижний участок	7,90	Относительно удовлетворительная ситуация
5	**Растворенный кислород** (процент насыщения):		
	- верхний участок	83	Относительно удовлетворительная ситуация
	- средний участок	81	Относительно удовлетворительная ситуация
	- нижний участок	75	Относительно удовлетворительная ситуация
6	**Биогенные вещества:**		
	Нитриты (ПДК):		
	- верхний участок	1,8	Относительно удовлетворительная ситуация
	- средний участок	2,3	Относительно удовлетворительная ситуация
	- нижний участок	1,9	Относительно удовлетворительная ситуация
	Нитраты (ПДК):		
	- верхний участок	0,10	Относительно удовлетворительная ситуация
	- средний участок	0,15	Относительно удовлетворительная ситуация
	- нижний участок	0,08	Относительно удовлетворительная ситуация
	Соли аммония (ПДК):		
	- верхний участок	0,5	Относительно удовлетворительная ситуация
	- средний участок	0,2	Относительно удовлетворительная ситуация
	- нижний участок	0,2	Относительно удовлетворительная ситуация
	Фосфаты (мг/л):		
	- верхний участок	2,6	Экологическое бедствие
	- средний участок	1,8	Экологическое бедствие
	- нижний участок в целом	1,7	Экологическое бедствие
7	**Коэффициент донной аккумуляции (КДА):**		
	- железо	$6,3\times10^4$	Чрезвычайная экологическая ситуация
	- медь	$4,3\times10^3$	Относительно удовлетворительная ситуация
	- цинк	$3,7\times10^3$	Относительно удовлетворительная ситуация
	- свинец	$1,7\times10^3$	Относительно удовлетворительная ситуация

Интегральная оценка состояния р. Уса по результатам комплексного обследования, проведенная с учетом гидрохимических и гидробиологических характеристик в соответствии с рекомендациями, изложенными в «Критерии оценки экологической обстановки…» (1992), свидетельствует об относительно удовлетворительном состоянии реки на всем ее протяжении, с выделением участков реки, характеризуемых в 2017–2018 гг. по содержанию биогенных элементов (фосфаты) как «экологическое бедствие».

Таблица 18. Оценка экологического состояния р. Уса по данным гидробиологического и гидрохимического анализов

Индикатор экологического состояния водоема	Критерий экологического состояния водоема	Участки реки		
		Верхний	Средний	Нижний
Фитопланктон	Индекс сапробности (по биомассе)	1,27	2,35	2,51
	Зона сапробности	олигосапробная	о-β-мезосапробная	β-мезосапробная
	Класс качества воды (по сапробности)	чистая	II-III – чистая - умеренно загрязненная	III – умеренно загрязненная
Зоопланктон	Индекс сапробности	1,56	1,73	1,78
	Зона сапробности	β-мезосапробная	β-мезосапробная	β-мезосапробная
	Класс качества воды	III – умеренно загрязненная	III – умеренно загрязненная	III – умеренно загрязненная
Зообентос	Индекс сапробности (рипаль/медиаль)	1,0-1,6 / 1,8	1,5-3,6 / 1,7-3,8	1,4-2,9 / 3,7
	Зона сапробности (рипаль/медиаль)	олигосапробная – β-мезосапробная / β-мезосапробная	олигосапробная – полисапробная / β-мезосапробная-полисапробная	Олигосапробная – α-мезосапробная / полисапробная
	Биотический индекс Вудивисса (рипаль/медиаль)	6-9 / 6	2-7 / 3-6	4-7 / 3
	Класс качества воды (рипаль/медиаль)	II-III, «чистая – умеренно загрязненная» / III, «умеренно загрязненная»	II-V, «чистая – грязная» / III-V, «умеренно загрязненная – грязная»	II-IV, «чистая - загрязненная» / V, «грязная»
Химическое загрязнение	УКИЗВ	3,91	3,30	3,80
	Класс, разряд	IV, «а»	III, «б»	IV, «а»
	Характеристика качества воды	грязная	очень загрязненная	грязная

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ВОССТАНОВЛЕНИЮ Р. УСА

1. При проведении биоиндикационных исследований и оценке экологической обстановки реки Уса на всем протяжении установлено, что состояние водных масс удовлетворительное, за исключением локальных участков среднего течения реки, характеризующихся повышенными концентрациями отдельных поллютантов.

Отмечено, что прибрежная зона на отдельных участках распахивается вплоть до уреза воды. Русло реки зарегулировано в нижнем течении временной земляной плотиной, что приводит к переформированию русла, заиливанию и разрушению берегов.

Целесообразно произвести реконструкцию плотины согласно действующим СНИПам и нормам по соответствующим техническим проектам.

2. Вблизи населенных пунктов русло реки захламлено бытовыми отходами. В прибрежной полосе находятся объекты-загрязнители, включая туристические базы, лагеря отдыха, сельскохозяйственные фермы (в т. ч. свалки от сельскохозяйственной деятельности в бассейне реки) и сток с поверхности водосбора.

Экологическое состояние реки и качество ее воды на разных участках реки, включая и Усинский залив, находится в динамичном состоянии: от относительно **удовлетворительной ситуации до состояния экологического бедствия**, на что указывают результаты гидрохимических анализов.

Требуется контроль за очистными сооружениями районного центра Шигоны и локальными станциями, необходимость которого обусловлена ростом строительства коттеджных поселков и жилых домов, туристических баз и их физическим износом.

3. Вода р. Уса на современном этапе удовлетворяет требованиям, предъявляемым для водоемов рыбохозяйственного использования.

4. Донные отложения р. Уса, особенно в ее среднем и нижнем течении, содержат повышенные концентрации тяжелых металлов и могут являться источником вторичного загрязнения реки.

5. Научно обоснованных противопоказаний к использованию вод реки для целей рекреации и рыболовства не выявлено.

Использование воды р. Уса для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения возможно при условии соблюдения правил соответствующей водоподготовки.

6. Для улучшения экологической обстановки в бассейне р. Уса необходимо проведение комплексных природоохранных мероприятий, направленных на оздоровление санитарного состояния реки, а также создание рекреационной привлекательности водоохранной зоны, ликвидация источников антропогенного загрязнения реки.

7. В связи с введением в действие от 03.06.2006 г. Водного кодекса Российской федерации № 74-ФЗ (ред. от 03.08.2018 г.) изменились требования к обустройству водоохранных зон и их параметров. В связи с этим необходимо произвести корректировку ранее разработанного технического проекта по обустройству водоохранной зоны р. Уса.

8. На первом этапе необходимыми мероприятиями, способствующими повышению эффективности влияния водоохранных зон на качество воды в реке, выполнению режима хозяйственной деятельности в пределах водоохраной зоны и прибрежной полосы, являются:

- провести агротехнические, мелиоративные, берегоукрепительные, противоэрозионные, мероприятия по выносу и реконструкции объектов-загрязнителей; ликвидацию земляных плотин, построенных хозспособом;

- следует начать залужение и посадку, в первую очередь, хвойных деревьев в прибрежной и водоохранной зонах реки (где отсутствуют лесонасаждения), что будет служить естественным препятствием для смыва в реку загрязняющих веществ;
- ивняки должны охраняться особенно тщательно;
- необходимо предусмотреть расчистку русла реки в отдельных ее участках для **восстановления нормального гидрологического режима реки**, что создаст условия для снижения процессов эвтрофикации, улучшения кислородного режима, самоочищения реки и дополнительных ресурсов рекреации;
- провести обязательную расчистку и благоустройство родников, расположенных в водоохраной зоне р. Уса и ее притоков.

9. Одним из важнейших мероприятий улучшения санитарного состояния реки должны стать недопущение сброса неочищенных стоков с водосборной площади, туристических объектов, предприятий, животноводческих комплексов, расположенных в бассейне реки.

10. Необходимо ввести **единый контроль водопользования** для всего бассейна р. Уса и рационально использовать как поверхностные воды, так и запасы подземных вод.

11. Целесообразно ведение гидроэкологического мониторинга на эталонных участках реки.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ НОРМАТИВНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

1. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. Утв. Госкомитетом СССР от 22.09.1986 № 250-1163.
2. Водный кодекс Российской Федерации № 74-ФЗ от 03.06.2006 г. (ред. от 03.08.2018).
3. ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
4. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках.
5. ГОСТ 17.1.5.02-80. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов.
6. ГОСТ 17.6.3.01-78. Охрана природы. Флора. Охрана и рациональное использование лесов зеленых зон городов. Общие требования.
7. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб.
8. Древесные породы мира. В 3-х томах. М.: Лесная промышленность, 1982.
9. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утв. Минприроды РФ 30.XI-1992г.
10. Лесная энциклопедия. Т.2. М.: Сов. Энциклопедия, 1986.
11. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. М.: Наука, 1975. 240 с.
12. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах (зообентос, фитопланктон, бактериопланктон, зоопланктон). Л.: ГосНИОРХ. 1984. 32 с.
13. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / Загреев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалев А.Г. М.: Колос, 1992. 495 с.
14. Определитель сосудистых растений центра европейской России/ Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. М.: Аргус, 1995. 558 с.
15. ОСТ 56-84-85. Использование лесов в рекреационных целях. Термины и определения. М.: Изд. офиц., 1986. 7 с.
16. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 ноября 2007 г. № 800 «О внесении изменений в некоторые постановления правительства Российской Федерации по вопросам, связанным с регулированием водных отношений, и признании утратившим силу постановления правительства Российской Федерации от 23 ноября 1996 г. № 1404».
17. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 14.03.2002 № 10 о введении в действие с 1 июня 2002 года Санитарных правил и нормативов «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. СанПиН 2.1.4.1110-02» (с изменениями на 25 сентября 2014 года).
18. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30 апреля 2010 года № 45 «Об утверждении СП 2.1.4.2625-10 «Зоны санитарной охраны источников питьевого водоснабжения г. Москвы»».
19. Постановление о признании утратившими силу отдельных правовых актов Самарской области от 14.11.2005 № 285.
20. Приказ министерства лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской области от 21 декабря 2012 года № 352 «О признании утратившим силу приказа министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды

самарской области от 14 декабря 2005 г. № 6 «О минимальных размерах водоохранных зон водных объектов и их прибрежных защитных полос на территории Самарской области».

21. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

22. Реестр методик количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга (ПНД Ф) URL: http://fcao.ru/metodiki-kkha.html (дата обращения: 01.12.2015).

23. *Реймерс Н.Ф.* Основные биологические понятия и термины. М.: Просвещение, 1988. 320 с.

24. Рекомендации по организации и ведению хозяйства в лесах рекреационного значения. М.: Союзгипролесхоз, 1988.

25. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

26. РД 52.24.309-2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши.

27. РД 52.24.417-2011. Массовая доля хлорорганических пестицидов в донных отложениях. Методика выполнения измерений газохроматографическим методом.

28. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. Абакумова В.А. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.

29. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 541 с.

30. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 1. Ростов-на-Дону, 2009. 1045 с.

31. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 2. Ростов-на-Дону, 2012. 720 с.

32. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.

33. Унифицированные методы анализа вод / под ред. Ю.Ю. Лурье. Л., 1973. 376 с.

34. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (с изменениями от 19, 29 июля 2018 г.)

35. *Шиманюк А.П.* Дендрология. М.: Лесная промышленность, 1974. 264 с.

36. SCOR-UNESCO. Determination of Photosynthetic Pigments in Sea Water. Monographs on Oceanographic Methodology. Working Group 17. 1966. Pp. 9-18.

10. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л., 1970. 442 с.

Благовещенский В.В. Растительность Приволжской возвышенности в связи с ее историей и рациональным использованием. Ульяновск: УлГУ, 2005. 715 с.

Голуб В.Б., Лысенко Т.М. Травянистая растительность нижней части поймы р. Тишерек (Самарская область) // Самарская Лука: Бюлл. 1999. № 9/10. С. 119-142.

Зеленая книга Самарской области: редкие и охраняемые растительные сообщества. Самара, 2006. 201 с.

Зинченко Т.Д. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна средней и нижней Волги (Атлас). Тольятти: Кассандра, 2011. 258 с.

Зинченко Т.Д. Распределение хирономид (Diptera: Chironomidae) и их индикационная значимость в оценке качества воды рек Самарской области. Тольятти: Анна, 2020. 198 с.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Шитиков В.К. Особенности пространственного распределения донных сообществ равнинной реки бассейна Средней Волги // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 40. С. 163-180.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.

Красная книга Самарской области. Т. 1. Растения и грибы. Под ред. С.А. Сенатора и С.В. Саксонова. Самара: Изд-во Самар. гос. обл. академии (Наяновой), 2017. 384 с.

Красная книга Ульяновской области / под науч. ред. Е.А. Артемьевой, А.В. Масленникова, М.В. Корепова; Правительство Ульяновской области. М.: Изд-во «Буки Веди», 2015. 550 с.

Кузнецова Р.С., Саксонов С.В., Сенатор С.А. Охраняемые природные территории бассейна реки Уса. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26, № 3. С. 229-234.

Раков Н.С. Степи с ковылем Коржинского на западе Самарской Луки // Самарская Лука: Бюлл. 1991. № 2. С. 101-108.

Растительность европейской части СССР / под ред. С.А. Грибовой, Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. Л.: Наука, 1980. 429 с.

Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 540 с.

Сенатор С.А. Болота Самарской области: общая характеристика, особенности, заторфованность // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016. Т. 25, № 4. С. 44-65.

Сенатор С.А. Флористическое богатство физико-географических районов и схема флористического районирования Среднего Поволжья // Поволжский экологический журнал. 2016, № 1. С. 94-105.

Шашуловский В.А., Мосияш С.С. Методический подход к определению совокупного допустимого улова рыб малых водоемов // Тр. ВНИРО. Т. 151. 2014. С. 136-140.

Senator S.A., Saksonov S.V., Vasjukov V.M., Rakov N.S. Invasive and potentially invasive plants of the Middle Volga region // Russian Journal of Biological Invasions. 2017. Vol. 8, No. 2. Pp. 158-167.

Senator S.A., Vasjukov V.M., Saksonov S.V., Novikova L.A., Vorontsov D.O. Alien species in the flora of the Middle Volga region // The fourth International Scientific Conference on Ecology and Geography of Plants and Plant Communities, KnE Life Sciences, 2018. Pp. 190-196.

Taylor W.D., Lambou V.W., Williams L.R., Hern S.C. Trophic state of lakes and reservoirs // Technical Report E-80-3. U.S. Army engineer waterways experiment station. 1980. 25 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ФОТОИЛЛЮСТРАЦИИ





Верхнее течение р. Уса выше пос. Гремячий. *Фото Д.В. Варенова, июль 2020 г.*



Верхнее течение р. Уса у с. Елшанка. *Фото Р.А. Михайлова, июль 2015 г.*



Среднее течение р. Уса выше с. Суринск. *Июнь 2021 г.*



Среднее течение р. Уса у с. Суринск: станция 5. *Фото Р.А. Михайлова, июль 2015 г.*



Среднее течение р. Уса ниже с. Суринск (Зинченко и др., 2019).



Нижнее течение р. Уса у с. Шигоны. *Июль 2017 г.*



Нижнее течение р. Уса в районе пос. Пионерский (Зинченко и др., 2019).



Долина р. Уса выше с. Муранка. *Июль 2017 г.*



Нижнее течение р. Уса выше с. Муранка. *Фото Т.Д. Зинченко, май 2024 г.*



Нижнее течение р. Тишерек. *Фото Т.Д. Зинченко, май 2024 г.*



Вершина Усинского зал. в районе с. Муранка. *Июль 2017 г.*



Усинский зал. в районе пос. Красный Миронов. *Июль 2017 г.*



Усинский зал. в районе пос. Междуреченск. *Июль 2017 г.*



Молодецкий Курган (в центре), Девья гора (справа) и старое устье р. Уса до заполнения Куйбышевского водохранилища. *Почтовая карточка издательства «F. G. S. i. S», Париж (Франция), 1900-е гг.*



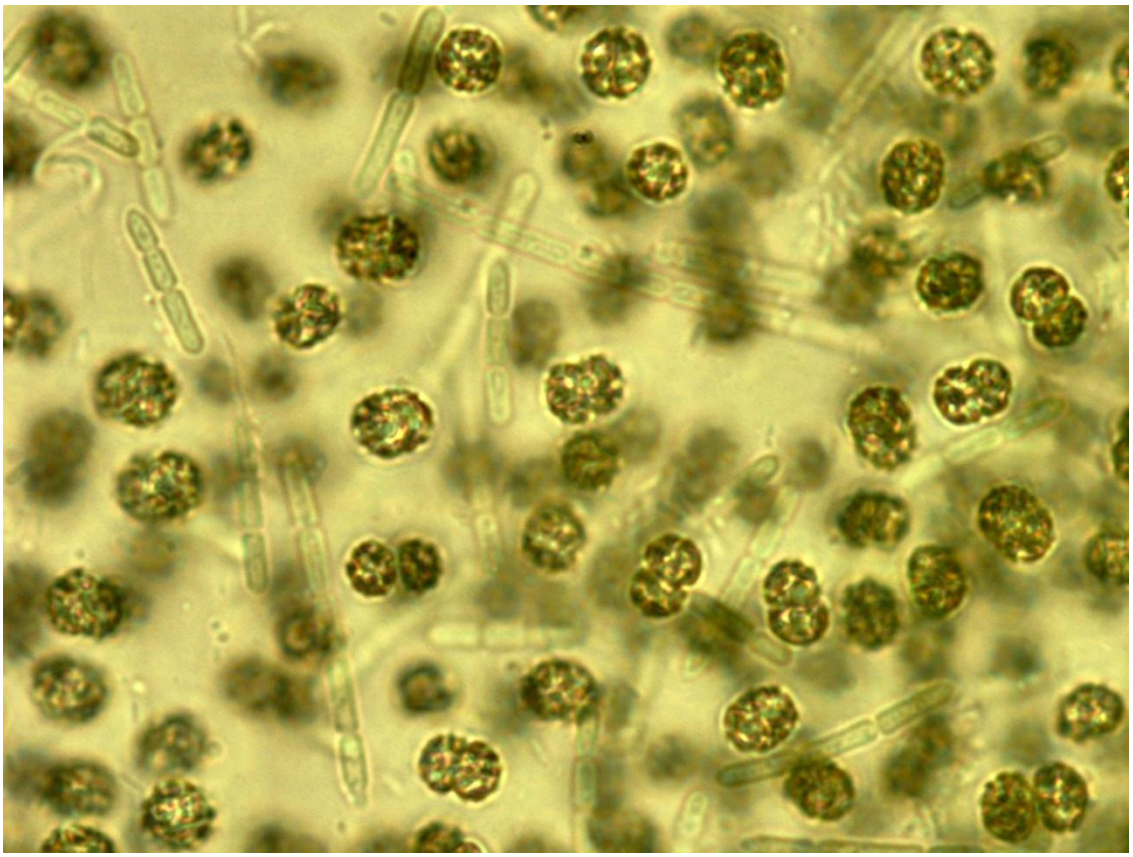
Раковины моллюсков рода *Hypanis*. Берег р. Уса при сработке уровня. *Фото Т.Д. Зинченко, март 2021 г.*



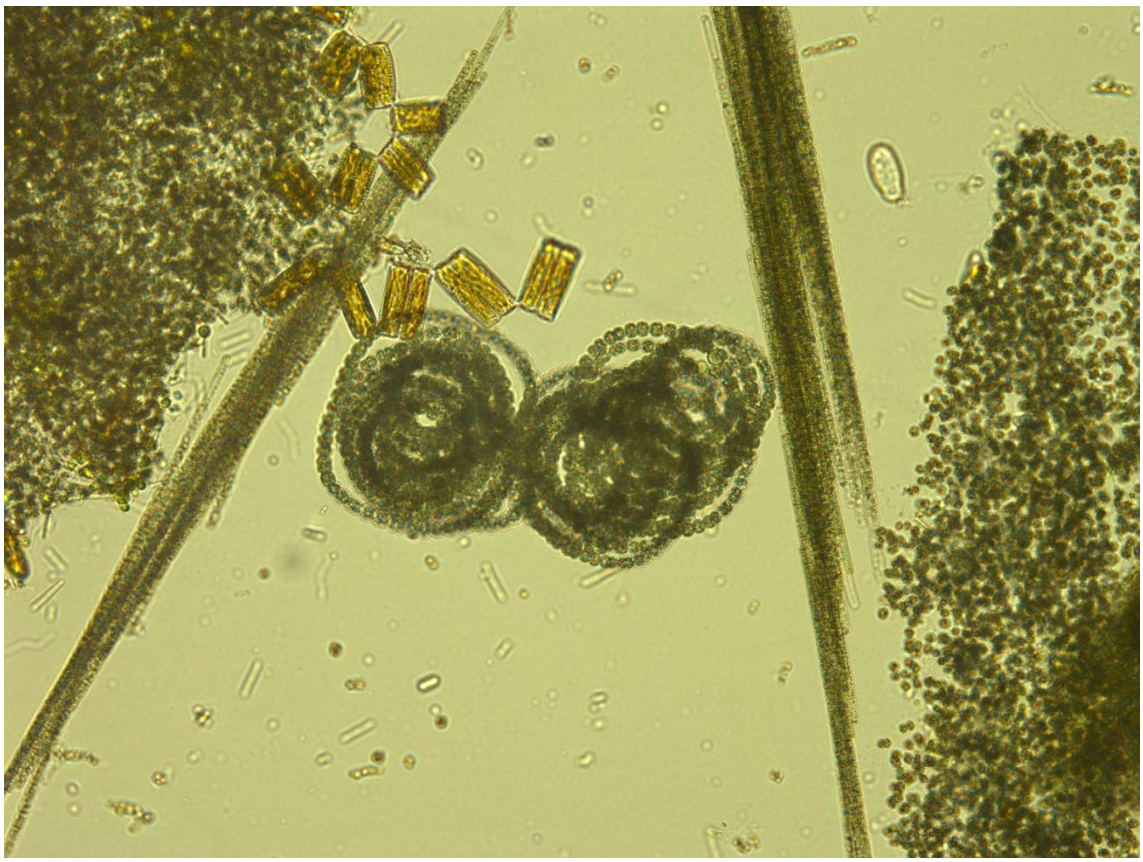
Раковины моллюсков. Левый берег р. Уса ниже с. Муранка при сработке уровня. *Фото Т.Д. Зинченко, март 2021 г.*



Раковины моллюсков. Левый берег р. Уса ниже с. Муранка при сработке уровня. *Фото Т.Д. Зинченко, март 2021 г.*



Цианопрокариоты: *Pseudanabaena mucicola* (нитчатые) в колонии *Microcystis aeruginosa* (шаровидные). Усинский зал. *Фото О.Г. Гороховой, июль 2020 г.*



Цианопрокариоты (общий вид). Усинский зал. *Фото О.Г. Гороховой, июнь 2017 г.*



Цианопрокариоты (общий вид). Усинский зал. *Фото О.Г. Гороховой, август 2018 г.*

Научное издание

Биоразнообразие и современное экологическое состояние малых рек Волжского бассейна (река Уса и притоки) /
Biodiversity and current ecological state of small rivers of the Volga basin (Usa river and tributaries)

Редакция и издатель: Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИЭВБ РАН – филиал СамНЦ РАН)

Дата выхода в свет: 23.09.2024

Издание не маркируется

Адрес редакции: 445003, Самарская область,
г. Тольятти, ул. Комзина, 10. Тел. 8 (8482) 48-94-28, 48-96-88

Сдано в набор 02.09.2024 г. Подписано в печать 02.09.2024 г.
Бумага офсетная. Печать оперативная.
Формат 60 х 84/8
Объем – 43,71 усл.печ.л. Тираж 150 экз. Заказ № 944

ISBN 978-5-6049262-3-9



Река сияет зеркала ясней.
Я отражусь в ней, подойдя поближе.
Но и сейчас я отражаюсь в ней,
Хоть отраженья своего не вижу.
Ведь если на тебя глядит река,
Ты отразился в ней наверняка.

Валентин Берестов