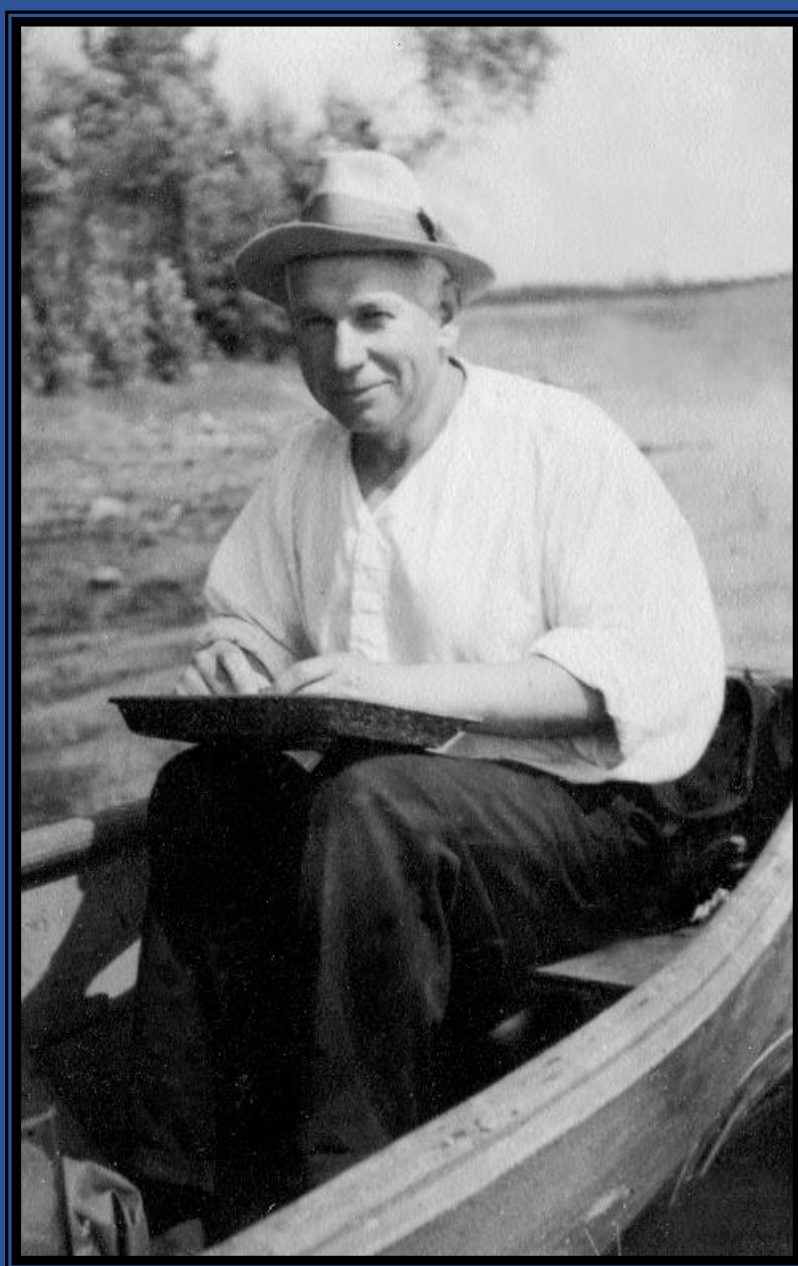


I-я ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
(С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ)

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ В.И. ЖАДИНА

К 125-летию со дня рождения

Россия, Санкт-Петербург, 18–22 апреля 2022 г.



Тезисы докладов

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова
Российской академии наук
Санкт-Петербургский филиал Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Зоологический институт Российской академии наук

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

Гидробиологическое общество при Российской академии наук

**I-я Всероссийская научная конференция
(с международным участием)**

**Чтения памяти В.И. Жадина
*К 125-летию со дня рождения***

Россия, Санкт-Петербург, 18-22 апреля 2022 г.

Тезисы докладов

Санкт-Петербург
2022

УДК 574.5(063)+594(063)

ББК 28.082я431+28.691.6я431

Ч-77

«Чтения памяти В. И. Жадина», всероссийская научная конференция (I; 2022; Санкт-Петербург).

I Всероссийская научная конференция (с международным участием) «Чтения памяти В. И. Жадина»: к 125-летию со дня рождения, Санкт-Петербург, 18-22 апреля 2022 г.: тезисы докладов. – Санкт-Петербург: СПбФ ИИЕТ РАН; Ярославль : Филигрань, 2022. – 106 с. – ISBN 978-5-6047785-2-4.

В сборнике представлены тезисы докладов конференции, посвященных общим вопросам пресноводной гидробиологии, разным аспектам исследования водных сообществ и экосистем, систематике, фауне и биогеографии пресноводных моллюсков, прикладным проблемам рыбного хозяйства, биологическим методам мониторинга гидросферы, истории зоологии и гидробиологии.

Издание рассчитано на гидробиологов, зоологов, специалистов в области рыбного хозяйства и охраны природы, историков науки, студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК 574.5(063)+594(063)

ББК 28.082я431+28.691.6я431

ISBN 978-5-6047785-2-4

© Коллектив авторов, 2022

© СПбФ ИИЕТ РАН, 2022

***К участникам конференции «Чтения памяти В.И. Жадина»
(Историко-научные и концептуальные основы
современной пресноводной гидробиологии и малакологии)***

Заслуженный деятель науки РСФСР профессор Владимир Иванович Жадин (1896-1974) внес существенный вклад в развитие пресноводной гидробиологии и малакологии XX века. Достаточно сказать, что он разработал одну из первых в истории экологии концепций целостности водоема (теория биологической продуктивности водоемов, 1940 г.), в которой смена сообществ зообентоса рассматривается в тесной связи с особенностями круговорота веществ и с позиции единства водоема и водосбора. Владимир Иванович — автор капитальной монографии-определителя «Моллюски пресных и солоноватых вод СССР» (1952), до сих пор широко востребованной специалистами.

С 1959 г. Владимир Иванович был вице-президентом Международного общества теоретической и прикладной лимнологии (SIL), в 1965 г. удостоен SIL медали Э. Науманна за выдающиеся исследования рек, водохранилищ, и моллюсков.

Для научного стиля В.И. Жадина было характерно тесное соседство теоретических и прикладных проблем гидробиологии. Хозяйственные аспекты разрабатываемых им вопросов включали и прогноз изменений биологического режима рек при строительстве водохранилищ, и разведение моллюсков, которые могут служить источником перламутрового или жемчужного сырья, и поиск мер борьбы с обрастаниями гидротехнических сооружений дрейссеной, и удобрение прудов. Ученый также активно занимался проблемами санитарной гидробиологии и качества воды.

Большая часть профессиональной жизни Владимира Ивановича (с 1934 по 1974 гг.) прошла в стенах Зоологического института РАН, в котором он заведовал отделом гидробиологии, преобразованным в существующую поныне лабораторию пресноводной и экспериментальной гидробиологии. Долгие годы (1988-2013) эту лабораторию возглавлял ученик В.И. Жадина академик РАН А.Ф. Алимов.

I Всероссийская научная конференция «Чтения памяти В.И. Жадина» должна была состояться в апреле 2021 г., в год 125-летия ученого, но всем известная эпидемическая обстановка не позволила осуществить намеченные планы. Поэтому проведение мероприятия было перенесено на апрель 2022 г.

На предстоящую конференцию подали заявки около 100 участников из различных регионов России и также некоторых стран ближнего зарубежья. В заявленных докладах представлены все основные направления научной работы (как в теоретическом, так и в практическом отношении), которые охватывал в своей деятельности В.И. Жадин. Их развитие современными специалистами показывает, насколько плодотворными оказались многие идеи, заложенные Владимиром Ивановичем еще в середине XX века. Кроме того, на конференции будут заслушаны сообщения профессиональных историков науки, которые освещают биографию В.И. Жадина, его вклад в развитие конкретных областей исследований, воссоздают социальные особенности эпохи, в которую работал ученый.

Мы надеемся, что актуализация биографии и научного наследия В.И. Жадина послужит более продуктивному решению современных проблем водной экологии и малакологии и их истории.

*А.Л. Рижинашвили,
председатель оргкомитета конференции*

Концепция трофического статуса водных экосистем: столетнее развитие и современная имплементация

Трофический статус является ключевой гидроэкологической характеристикой водных объектов, без адекватной оценки которого невозможно понимание текущего состояния и перспектив развития водоема или водотока. Изучение трофического состояния (trophic state) водных объектов, а также выявление связей трофического статуса со структурой и уровнем развития водных сообществ остаются одной из главных задач современной лимнологии и основой эффективного и устойчивого использования водных ресурсов поверхностных вод. Исследования, связанные с трофностью водоемов, не теряют своей актуальности, несмотря на фактически столетний юбилей концепции трофического статуса водных экосистем, предложенной шведским лимнологом из Университета Лунда Эйнарм Науманном (Naumann, 1919). В основе терминологии своей концепции Э. Науманн применил термины, которые К. Вебер (Weber, 1907; цит. по Hutchinson, 1969) использовал для классификации содержания питательных веществ в болотах. Э. Науманн основал свою трофическую классификацию на продуктивности фитопланктона (Naumann, 1929). А. Тинеманн одновременно с Э. Науманном разработал схему классификации, основанную на видах бентосных организмов в озерах и концентрации кислорода в гипolimнионе (Thienemann, 1921). На раннем этапе развития концепции, в связи с ограниченностью данных натурных наблюдений, объединение этих двух классификаций представлялось разумным. Однако, как подчеркивал Э. Науманн, его трофическая классификация основана на продукции, а не на факторе, определяющем ее.

Проблема изменения трофического состояния водных объектов особенно обострилась во второй половине XX века, когда процессы эвтрофирования, то есть, повышения продуктивности водных экосистем преимущественно под действием антропогенных факторов, приобрели глобальный характер. Многолетняя дискуссия о биогенных элементах, лимитирующих развитие фитопланктона в пресных водоемах, была разрешена в пользу фосфора, во многом, благодаря работам Р. Фолленвайдера. Серия его работ (Vollenweider, 1968, 1975, 1976), подтвердила идею о том, что трофическое состояние напрямую связано с фосфорной нагрузкой с водосбора. Бесспорная важность вопросов, связанных с эвтрофированием и ухудшением качества воды, обусловила необходимость количественного выражения трофности, что нашло отражение в развитии и активном использовании индексов трофического состояния (Carlson, 1977; Kratzer, Brezonik, 1981; Adamovich et al., 2016; Georgia et al., 2019).

Связь трофического статуса с основными гидроэкологическими показателями озерных экосистем изучена нами на основании анализа данных по озерам Нарочанского региона (северо-запад Беларуси) за период 1978-2019 гг. Как показали результаты исследований, озера находятся в широком диапазоне трофности — от олиготрофных до гипертрофных условий. Изучение Нарочанских озер показало, что оценки, сделанные при расчете индекса трофического состояния Карлсона (trophic state index, TSI) по различным показателям (прозрачность, хлорофилл, общий фосфор) сопоставимы между собой и позволяют получать сравнимые оценки трофности даже при наличии только одного имеющегося показателя. Из всех рассмотренных гидроэкологических факторов между TSI и содержанием общего азота отмечена самая слабая связь, то есть, очевидно, что в изученных Нарочанских озерах отсутствует лимитирование развития фитопланктона по азоту и, следовательно, расчет индекса Карлсона на его основании неинформативен. Нами предложены модели расчета TSI по биомассе фитопланктона и концентрации сестона и показано, что эти оценки адекватно отражают трофический статус водоемов и сопоставимы с классическими вариантами оценки по TSI (Adamovich et al., 2016). Трофический статус, являясь интегральной характеристикой водоема, объективно реагировал на различные этапы современной эволюции экосистемы Нарочанских озер, такие как антропогенное эвтрофирование, ре-олиготрофирование

и бентификация вследствие вселения в озера моллюска *Dreissena polymorpha* (Adamovich et al., 2017). В многолетней динамике также показана связь трофического статуса со стабильностью и структурой сообществ фитопланктона (Mikheyeva et al., 2017; Kazantseva et al., 2019). Существуют аргументы в пользу необходимости использования показателей гетеротрофных сообществ для оценки трофического статуса водных экосистем, так как в пищевые сети включается не только органическое вещество, синтезированное в водоеме в процессе фотосинтеза, но и аллохтонные органические соединения (Dodds, Cole, 2007). На основании 20-летних наблюдений нами было показано, что относительно постоянная сезонная динамика гетеротрофного бактериопланктона позволяет адекватно оценить трофический статус водоема, причем даже на основании данных в отдельные периоды сезона (Adamovich et al., 2019).

Таким образом, несмотря на столетнюю историю развития концепции трофического статуса, очевидно, что она не утратила своей актуальности, требует дальнейшего развития с помощью получения, как эмпирических, так и модельных закономерностей. Оценка трофического статуса должна быть обязательным элементом проведения любых лимнологических исследований с целью формирования объективного представления о состоянии водного объекта, являющегося объектом наблюдения.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Б20У-003).

В.Р. Алексеев

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

E-mail: alekseev@zin.ru

Профессор Винфрид Ламперт и его эпоха в экспериментальной лимнологии

Профессор Винфрид Ламперт (Winfried Lampert, 1941-2021) является основателем целого направления экспериментальной лимнологии. С российской наукой его связывали не только формальные отношения как почетного зарубежного члена Гидробиологического общества при РАН и лауреата памятной медали профессора Г.Г. Винберга, но и хорошее знание достижений российской науки в области планктонологии, а также личная дружба со многими выдающимися деятелями отечественной науки.

В 1984 г., став директором Института Лимнологии Макса Планка (г. Плен, Северная Германия) он разработал и внедрил целую серию новых исследовательских приборов и методов, радикально изменивших возможности экспериментальной лимнологии. Важнейшим и наиболее известным из них является экспериментальная установка «Limno-tower». Установка представляет собой трубу из нержавеющей стали высотой 11 м и диаметром 1 м. К ней примыкают элементы охлаждения и подогрева, позволяющие воссоздать температурный градиент, аналогичный тому, что встречается в озерах в летний период. Предусмотрена также встроенная система отбора проб за счет деятельности микронасосов и особых ловушек по горизонтам через каждые 30 см. Устройство позволяло определенным образом подавать пищевые организмы (культуру *Scenedesmus obliquus*) и создавать клоны любого из видов кладоцер, получаемые от одной единственной самки. Специальный штат сотрудников в короткое время доводил этот клон до необходимой численности (50 000 особей). Это устраняло внутрипопуляционный полиморфизм и позволяло оценивать многие стороны биологии, минимизируя генетическую вариабельность. У ученых появилась возможность экспериментально проверять и изучать такие сложные поведенческие феномены, как суточные вертикальные миграции гидробионтов, оценивать пищевой баланс организмов в реальном времени и исследовать многие другие аспекты лимнологии, о которых прежде можно было только мечтать. Одной из догадок, высказанной еще в 1930-е гг. советским профессором М.М. Кожовым, была роль рыб как триггера вертикальной миграции зоопланктонных организмов. Много разных причин, определяющих вертикальные миграции, назывались в литературе на протяжении XX века, но экспериментальное доказательство гипотезы Кожова было получено

именно в Плене на этой установке. Не будет преувеличением сказать, что нигде в мире не существовало ничего подобного для обеспечения высококачественных экспериментов в лимноэкологии, и Плен почти на 20 лет стал Меккой для исследователей экологии озерного планктона. Здесь бывали и подолгу работали М. Линч, З. Гливич, А.М. Гиляров, Б. Демот, Й. Пьяновска, Л. Вейдер, А. Дункан, Ю. Соммер, Н. Йоргенсен, П. Ларсен, Дж. Ханей, П. Давыдович, Л.В. Полищук, Ю. Романовский и другие, трудами которых во многом написана современная лимнология.

Весьма примечательна была организация научного процесса в Плене. Склад оборудования и реактивов не имел заведующего. Все им пользовались без каких-либо согласований, и единственное, о чем просили в надписи на двери — занести в журнал, если замечалось исчерпание какого-либо ресурса. Единственный ресурс, который экономился и ценился здесь превыше всего — время эффективной работы исследователей. Основу коллектива по численности всегда составляли молодые ученые — студенты, аспиранты и приглашенные на несколько месяцев исследователи практически из всех стран мира.

Принцип, которому Ламперт следовал всю свою жизнь: «Без боязни принимайте все вызовы и используйте все шансы, которые предлагает вам жизнь!». Эти слова стали заключительными в речи, произнесенной им в день официального выхода ученого на пенсию, и именно благодаря такому подходу деятельность Ламперта стала эпохой в лимнологической науке.

В.Р. Алексеев, С.Я. Цалолихин
Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург
E-mail: alekseev@zin.ru

Коллекции пресноводных организмов как важнейшее творческое наследие лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии Зоологического института РАН

В Зоологическом институте РАН (ЗИН РАН) за почти 200-летний период его существования работали ведущие ученые-зоологи, составлявшие научную элиту своего времени. Наряду с проведением собственно исследовательской деятельности и опубликованием ее результатов ими велась коллекционная работа, как для нужд музейной экспозиции, так и для создания фактологической основы широкомасштабных фаунистических ревизий и сводок, сравнительно-морфологических исследований разного уровня, и для регистрационных целей, включая хранение типовых серий новых для науки таксонов. Эти задачи коллекционной работы, некогда составлявшие суть и смысл профессиональной деятельности любого зоолога, остаются актуальными и сейчас. По мере развития и специализации отдельных направлений зоологической науки к началу XX века в институте появились и отдельные гидробиологические коллекции организмов планктона и бентоса, что определялось, как спецификой сбора и хранения образцов, так и достаточно ранним разделением специалистов, их обрабатывающих. Одним из крупнейших собраний лаборатории и института является коллекция зоопланктона, насчитывающая несколько десятков тысяч единиц хранения. В пополнении этой коллекции принимали участие практически все сотрудники лаборатории за период наблюдений свыше 100 лет в таких крупномасштабных и продолжительных исследованиях нашей страны, как Каспийская экспедиция почетного академика АН СССР Н.М. Книповича (1914-1915) или Иссык-Кульская комплексная экспедиция члена-корреспондента АН СССР Г.Г. Винберга (1976). Ценность таких сборов нередко повышается за счет выдающихся имен систематиков, привлеченных к определению и описанию встреченных видов. К примеру, в обработке проб экспедиции Н.М. Книповича участвовал выдающийся систематик Г.О. Сарс, описавший из Каспия не только новые виды и роды, но и эндемичные семейства ракообразных. Пробы из этой коллекции, таким образом, приобрели статус типовых серий и подлежат в соответствии с Кодексом зоологической номенклатуры вечному хранению.

Позднее коллекции водных организмов становятся более специальными в соответствии с узкой направленностью научных интересов ученых-систематиков, их формировавших. Так в лаборатории хранятся: спиртовая коллекция жаброногих раков, собранных и определенных С.С. Смирновым, коллекции ветвистоусых раков Е.Ф. Мануйловой, веслоногих раков — В.М. Рылова и Н.А. Акатовой, коллекция коловраток из различных климатических зон России Л.А. Кутиковой. Имеются и персональные коллекции известных ученых, поступившие из других научных учреждений России (Г.Ф. Мазеповой, А.Л. Бенинга, Г.Ю. Верещагина) и зарубежных стран (В.И. Монченко — Украина, Ф. Кифера — Германия, Б. Дюссара и Д. Дефайе — Франция, М. Миракле — Испания, Б. Пинел-Аллул — Канада, Ф. Юсоф — Малайзия, Л. Санаомунг — Таиланд, Т. Ишида — Япония). В качестве наиболее значительного по объему дара (несколько сот проб из более чем 40 стран Африки, Азии и Латинской Америки) выделяется коллекция тропического зоопланктона, поступившая из Канады от известного исследователя фауны тропиков — профессора С.Х. Фернандо.

Наряду с коллекцией планктонных организмов в лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии сохраняется и пополняется собрание организмов бентоса, главным образом, это олигохеты и нематоды. В основании коллекции нематод находятся материалы И.Н. Филиппева, собранные им в Финском заливе и в реке Неве и обработанные ученым еще в начале XX века, а также сбор из реки Оки В.И. Жадина. Начало коллекции олигохет было положено Д.А. Ласточкиным и продолжено О.В. Чекановской. Богатейшие сборы моллюсков В.И. Жадина и Я.И. Старобогатова в настоящее время объединены с морской частью коллекции и хранятся в лаборатории морских исследований ЗИН РАН.

Коллекция продолжает пополняться, несмотря на экономические, политические и эпидемические проблемы последних лет. Только в минувшем 2021 г. сотрудники отделения систематики лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии участвовали в многочисленных экспедициях и привезли весьма обширные материалы из водоемов Прибайкалья и самого озера Байкал, озер и рек южного Дагестана и Каспийского моря, древнего соленого озера Ван (Восточная Турция) и рек, впадающих в Средиземное море, озер заполярной Арктики, республики Карелия и Ленинградской области. После тщательной обработки морфологическими и молекулярно-генетическими методами эти материалы поступят на хранение в коллекцию лаборатории и займут свое место в истории нашей науки.

Н.И. Андреев, С.И. Андреева

Омский государственный университет путей сообщения, Омск

E-mail: siandreeva@yandex.ru

Соленость водных масс как фактор формирования специфических фаун моллюсков

Во второй половине XX века были проведены обширные исследования закономерного изменения физико-химических свойств вод по градиенту солености и населяющих их фаун, завершившиеся созданием классификации вод с учетом барьерных соленостей, положение которых обусловлено ионным составом. Оно различно в Аральском и Каспийском морях и морях с океаническим составом вод. Для последних выделены следующие соленостные барьеры: олигогалинный 1-3‰ (для вод Аральского моря 3-5‰), мезогалинный 5-8‰ (12-14‰), эугалинный 22-26‰ (24-28‰), гипергалинный 40-45‰, ультрагалинный 85-90‰. Главный барьер — мезогалинный, разделяющий пресноводную и морскую фауны. В пределах соленостных барьеров происходит резкое качественное изменение физико-химических свойств вод, тогда как между соленостными барьерами заключены водные массы, характеризующиеся относительной однородностью физико-химических свойств.

Гидросфера по фактору солености подразделяется на пресноводные, олигогалинные, мезогалинные, эугалинные, гипергалинные и ультрагалинные водные массы. Водные массы являются специфической ареной жизни (адаптивной зоной), которые населяют флора и фауна в соответствии с осморегуляторными возможностями составляющих их видов. Максимальное

число видов отмечается в пресных водах и при средней солености океана. Собственно воды океана входят в состав эугалинной водной массы, но длительное постоянство солевого состава и общей солености воды в океане привело к формированию большого числа видов, для которых незначительное изменение солености губительно. Бедность фауны других водных масс обусловлена кратковременностью их существования в геологических временных масштабах.

Пресные воды суши стекают в океан или (в аридной зоне) в замкнутые котловины с конечными озерами с разной соленостью. В некоторых мезогалинных и эугалинных озерах встречаются брюхоногие моллюски рода *Caspihydrobia*, в гипергалинных или ультрагалинных озерах моллюски отсутствуют. В местах впадения рек в океан вдоль оси смешения пресных вод реки и вод океана наблюдаются олигогалинные и мезогалинные водные массы. Обычно они весьма динамичны в пространстве и во времени, поэтому лишены специфической фауны. Заселяют олигогалинные водные массы наиболее эвригалинные представители пресноводной фауны, а мезогалинные — морской. Только в понто-каспийском бассейне, в условиях замкнутых или полужамкнутых водоемов, олигогалинные и мезогалинные водные массы существовали довольно длительное геологическое время, необходимое для формирования специфических фаун (представленных видами, способными обитать только в одной водной массе). При этом процесс формирования повторялся многократно соответственно изменениям водоемов и смене их фаун. Комплекс видов, сформированный в данных водоемах, получил название понто-каспийского, в котором большинство видов были или являются эндемиками. Наибольшее число видов этого комплекса сохранилось в Каспийском море, в водах которого олигогалинный барьер приходится на соленость 2-4‰, мезогалинный — 7-10‰, а основная акватория занята мезогалинными водными массами с соленостью 11-13‰. Именно к такой солености проходили адаптации моллюсков. Наибольшее число видов моллюсков понто-каспийского комплекса сохранилось только в Среднем и Южном Каспии, представляя собой специфическую фауну мезогалинных вод. Олигогалинные водные массы занимали ограниченное пространство в Северном Каспии и были не столь устойчивы в пространстве и времени, как мезогалинные водные массы, поэтому специфическая олигогалинная фауна не столь многочисленна. В современной фауне Каспийского моря разные виды или подвиды одного рода распространены от пресных до мезогалинных вод (например, *Dreissena*), в пресных и мезогалинных (*Gyraulus*), или только в мезогалинных (*Didacna*), водах. Небольшое число видов населяет все три водные массы (*Theodoxus pallasii* (Lindholm, 1924)).

В середине прошлого века котловина Аральского моря была заполнена олигогалинными водными массами, где обитали немногочисленные вселенцы понто-каспийского комплекса: *Adacna minima minima* Ostroumoff, 1907, *A. vitrea bergi* (Starobogatov, 1974), *Hypanis sidorovi* Starobogatov, 1974, *Dreissena polymorpha obtusecarinata* (Andrusov, 1897). При повышении солености в море выше мезогалинного барьера они выпали из фауны. Напротив, *Dreissena caspia pallasii* (Andrusov, 1897) из осолоненных заливов расселилась в мезогалинных водах, но при приближении солености воды к эугалинному барьеру вымерла. Неожиданно при осолонении Аральского моря средиземноморско-атлантический интродуцент (вселен при солености 10‰) *Abra segmentum* (Récluz, 1843) остался единственным представителем моллюсков в фауне гипергалинных водных масс при солености 85-90‰.

Вазово-черноморских лиманов после прорыва 5 000-10 000 лет назад средиземноморских вод в Черное море из понто-каспийского комплекса сохранились лишь виды, способные жить только в олигогалинных водных массах. Специфическая мезогалинная фауна не выдержала биотического давления со стороны наиболее эвригалинных средиземноморско-атлантических видов.

Специфическая понто-каспийская фауна, сформировавшаяся в условиях олигогалинных и мезогалинных водных масс, способна существовать только в условиях географической или экологической изоляции.

Структура зообентоса рек Обь, Иня и Тула в районе города Новосибирска

Река Обь — одна из крупнейших рек России, занимающая первое место по водосборной площади и третье по объему водостока. Она протекает в Западной Сибири. В своем среднем течении водоток характеризуется наибольшим разнообразием ихтиофауны, кормовой базой которой является зообентос. Среднее течение Оби является относительно хорошо изученным с гидробиологической точки зрения, тогда как многочисленные ее притоки — недостаточно. Наибольший интерес среди притоков первого порядка в данном ключе вызывают реки Иня и Тула.

Река Иня — правый приток реки Обь первого порядка, относится к средним рекам. В соответствии с литературными данными изучение зообентоса реки Иня в основном проводилось в Кемеровской области, вдали от места впадения в реку Обь, и лишь единично близ устья. Река Тула — единственный левый приток реки Обь первого порядка, участок ее в районе города Новосибирска относится к малым рекам. Раннее полученных данных по зообентосу реки Тула обнаружено не было.

Цель настоящего исследования — изучение структуры зообентоса реки Обь и ее притоков первого порядка, рек Иня и Тула, в районе города Новосибирска.

Пробы зообентоса отбирали в период с 19 по 21 августа 2021 г. Отбор проб проводили с шести станций (по две на каждую из рек) по три повторности с использованием скребка Дулькейта. Станции на реках Иня и Тула располагались в устьях рек и в 30 км вверх по течению от устьевых станций, станции на реке Обь — выше и ниже мест впадения рек Иня и Тула. Грунт в местах отбора: река Обь — песчаный и песчано-илистый, река Иня — песчано-илистый, река Тула — илисто-песчаный. Температурный режим рек Обь и Иня на протяжении времени отбора проб был одинаков, температура колебалась от 18°C до 20,2°C. Температура реки Тула варьировала от 14,9°C до 15,9°C.

В составе зообентоса реки Обь зафиксировано 15 видов донных беспозвоночных: четыре вида личинок хирономид, по два вида олигохет, пиявок, брюхоногих моллюсков, по одному виду двусторчатых моллюсков, стрекоз, поденок, цератопогонид. Численность зообентоса в среднем за период исследования составила 130 ± 17 экз./м², биомасса — $0,30 \pm 0,03$ г/м².

В реке Иня установлено 16 видов зообентоса: девять видов личинок хирономид, два вида олигохет, по одному виду цератопогонид, пиявок, стрекоз, поденок. Численность зообентоса за период исследования составила 65 ± 4 экз./м², биомасса — $0,08 \pm 0,01$ г/м².

В реке Тула зарегистрировано 11 видов донных беспозвоночных: шесть видов личинок хирономид, по два вида олигохет и стрекоз. Численность зообентоса за период исследования составила 61 ± 4 экз./м², биомасса — $0,17 \pm 0,08$ г/м².

Во всех пробах по численности и биомассе доминировали хирономиды и олигохеты. Среди личинок хирономид преобладали *Chironomus* sp., среди олигохет — *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, 1862.

Отмечено сходство видового состава зообентоса по коэффициенту Серенсена–Чекановского рек Обь и Иня, а также рек Обь и Тула ($K > 0,5$). При этом между составом зообентоса рек Тула и Иня сходства не обнаружено ($K < 0,5$). Полученные данные могут свидетельствовать о внесении вклада в разнообразие видов зообентоса главной реки (Оби) как малыми, так и средними реками.

К фауне двустворчатых моллюсков (Mollusca, Bivalvia) заповедника «Витимский» (Восточная Сибирь)

Сведения о фауне двустворчатых моллюсков бассейна реки Витим — одной из крупнейших рек Восточной Сибири, правого притока Лены, в научной литературе весьма ограничены. В сводках «Биота Витимского заповедника: структура биоты водных экосистем» 2006 г. и «Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна» 2009 г. для бассейна Витима приведено девять видов семейства Sphaeriidae.

Актуальность данной работы обусловлена задачами государственного заповедника «Витимский» по охране и изучению фауны, пограничным зоогеографическим положением речного бассейна, принадлежащего Ангарской и Ленской малакофаунистическим провинциям. Кроме того, в регионе активно ведется добыча полезных ископаемых, в том числе, золота, водные экосистемы испытывают негативные воздействия, поэтому необходимы уточнение данных о биоразнообразии и мониторинг изменений. В этой связи была поставлена задача инвентаризации фауны двустворчатых моллюсков заповедника.

Материал собран с использованием стандартных орудий — гидробиологического скребка и дночерпателя Петерсена, а также непосредственно руками, в ходе полевых работ в заповеднике и на прилегающих территориях в июне — июле 2019 г. и в августе — сентябре 2020 г. Моллюски фиксированы этанолом, при определении видовой принадлежности учитывали признаки раковин и мягкого тела животных, для сравнения использованы материалы малакологической коллекции Зоологического института РАН (Санкт-Петербург). Обработка сборов пока не окончена.

По собственным сборам в составе пресноводной малакофауны заповедника и прилегающих территорий к настоящему времени определено 13 видов двустворчатых моллюсков из трех родов семейства Sphaeriidae: *Sphaerium*, *Musculium*, и *Euglesa*. Впервые для исследуемого района отмечены виды: *Sphaerium ovale* (Férussac, 1807), *Musculium lacustre* (O.F. Müller, 1774), *Euglesa personata* (Malm, 1855), *E. casertana* (Poli, 1791), *E. nitida* (Jenyns, 1832), *E. obtusale* (Lamarck, 1818), *E. lilljeborgii* (Clessin in Esmark et Hoyer, 1886), *E. hibernica* (Westerlund, 1894), *E. pulchella* (Jenyns, 1832), *E. globularis* (Clessin in Westerlund, 1873), *E. milium* (Held, 1836). Виды *E. personata*, *E. hibernica* и *E. globularis* впервые зарегистрированы в Восточной Сибири. Часть видовых определений выполнена по небольшому числу экземпляров и требует дополнительного подтверждения.

Из известных по литературным данным видов в сборах 2019-2020 гг. не обнаружены: *Sphaerium westerlundi* Clessin in Westerlund, 1873, *Odhneripisidium indigircense* Starobogatov et Streletskaja, 1967, *Pisidium decurtatum* Lindholm, 1909, *Henslowiana semenkevitschi* (Lindholm, 1909), *H. waldeni* (Kuiper, 1975), *Pseudeupera mucronata* (Clessin in Westerlund, 1876), *Conventus* sp. (названия в авторской редакции). Отчасти причины этого могут крыться в разном спектре обследованных водных объектов и изменениях химизма крупнейшего озера заповедника — Орон, фаунистически сильно обедневшего в последние годы. Однако все же основной причиной я склонен считать сложившуюся в систематике сфериид неопределенность. Так, более половины видов (четыре из семи), известных из литературы и не обнаруженных в ходе собственных исследований, имеют спорный таксономический статус, для подтверждения их валидности необходимы дальнейшие исследования. Еще один вид — *O. indigircense*, до находки в озере Орон (определение З.В. Слугиной) был известен только в ископаемом состоянии. К сожалению, коллекции предыдущих исследователей не были доступны, неизвестно, сохранились ли они. Таксономическая неопределенность еще раз убеждает в необходимости интегративной ревизии

семейства Sphaeriidae, потребность инвентаризации фауны — в дополнительных сборах и расширении района исследований.

В условиях современного состояния систематики группы видовое богатство района исследований предварительно можно определить в 18 видов из пяти родов семейства Sphaeriidae, среди которых преобладают широко распространенные голарктические, палеарктические и северо-палеарктические виды.

Наибольшее видовое богатство отмечено в материковых озерах, небольших спокойных водотоках и придаточных водоемах рек, наименьшее — в пойменных, временных водоемах и болотах. Двустворчатые моллюски не встречены в быстрых горных реках, источниках грунтовых вод и мадидных водоемах.

Частичная финансовая поддержка исследований получена от Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-04-00270). Автор благодарен сотрудникам Зоологического института РАН (Санкт-Петербург) Л.Л. Яронович и П.В. Кияшко за всестороннюю помощь в работе с коллекцией моллюсков, а также всем сотрудникам заповедника «Витимский», так или иначе помогавшим при сборе материала.

Е.С. Бабушкин^{1, 2, 3}, М.В. Винарский², Н.И. Андреев⁴, С.И. Андреева⁴

¹Государственный природный заповедник «Витимский», Бодайбо

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

³Сургутский государственный университет, Сургут

⁴Омский государственный университет путей сообщения, Омск

E-mail: babushkines@mail.ru

К фауне пресноводных брюхоногих моллюсков (Mollusca, Gastropoda) заповедника «Витимский» (Восточная Сибирь)

О фауне пресноводных брюхоногих моллюсков заповедника «Витимский», расположенного в Восточной Сибири на территории Иркутской области, известно немного. В монографии 2006 г. «Биота Витимского заповедника: структура биоты водных экосистем» на основании оригинальных исследований и обобщения имеющихся литературных данных приведено три вида пресноводных гастропод: *Cincinna sibirica* (Middendorff, 1851), *Lymnaea auricularia* Linnaeus, 1758 и *Anisus stroemi* (Westerlund, 1881) (видовые названия приведены как в оригинальной публикации). Актуальность изучения малакофауны заповедника обоснована в тезисах первого автора в настоящем сборнике. Целью данного сообщения является инвентаризация фауны пресноводных брюхоногих моллюсков заповедника «Витимский».

Описание материала, методов его сбора и обработки также дано в тезисах первого автора (настоящий сборник). Обработка сборов пока не окончена, однако предварительные результаты считаем достойными публичного обсуждения.

В составе пресноводной малакофауны заповедника и прилегающих территорий к настоящему времени выявлено 22 вида брюхоногих моллюсков из 11 родов четырех семейств: Amnicolidae, Valvatidae, Lymnaeidae и Planorbidae, в том числе, семь видов жаберных (подклассы Caenogastropoda и Heterobranchia) и 15 легочных (инфракласс Pulmonata).

Впервые в заповеднике были обнаружены моллюски рода *Kolhymamnicola*, эндемичного для северо-востока Азии, распространенные, главным образом, на Дальнем Востоке России. Собранный материал был предварительно отнесен к виду *K. kolhymensis* (Starobogatov et Streletzkaia, 1967). Кроме того, ранее были известны две находки *K. wasiliewae* Zatravkin et Bogatov, 1988 из озер бассейна верхнего Витима.

Из семейства Valvatidae были встречены только представители подрода *Sibirovalvata*. В живом состоянии отмечены *Valvata aliena* Westerlund, 1877, *V. brevicula* Kozhov, 1936, *V. confusa* Westerlund, 1897, *V. sibirica* Middendorff, 1851 и *V. frigida* Westerlund, 1873, а *V. mergella* Westerlund, 1883 — исключительно в виде пустых раковин. Вид *V. aliena* впервые встречен восточнее бассейна Енисея, а *V. mergella* ранее был известен только из водоемов Чукотки

и северо-западных районов Северной Америки. Остальные виды подрода *Sibirovalvata* распространены в водоемах Сибири и на восток до Охотского моря.

В составе легочных гастропод семейств Lymnaeidae и Planorbidae преобладают широко распространенные голарктические, палеарктические и северо-палеарктические виды родов *Ampullaceana*, *Galba*, *Gyraulus*, *Peregriana* и *Radix*. Сибирские эндемики представлены *Galba sibirica* (Westerlund, 1885), *Peregriana dolgini* (Gundrizer et Starobogatov, 1979), *Helicorbis kozhovi* Starobogatov et Streletzkaja, 1967 и *Kolhymorbis shadini* Starobogatov et Streletzkaja, 1967. Особенно интересна находка последнего вида, известного ранее из типового местообитания — устья Колымы, а также из района Анадыря.

Наибольшее видовое богатство отмечено в придаточных водоемах рек и материковых озерах, наименьшее — в пойменных водоемах и источниках грунтовых вод. Гастроподы встречаются в водотоках с медленным течением (ручьях и протоках), временных, мадидных водоемах и болотах, они отсутствовали лишь в быстрых горных реках, ручьях с высокой скоростью течения воды, и крупном горном озере Орон.

По причине труднодоступности на территории заповедника до сих пор не охвачены малакологическими исследованиями приледниковые водоемы хребта Кодар и многие горные озера, в которых, однако, вряд ли стоит ожидать значительного богатства видов. Наиболее перспективные для выявления биоразнообразия моллюсков районы — Верхне-Ангарская котловина, Муйско-Куандинская и Верхне-Чарская впадины Станового нагорья, лежат за пределами заповедника.

Частичная финансовая поддержка исследований получена от Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-04-00270). Авторы благодарны сотрудникам Зоологического института РАН (Санкт-Петербург) Л.Л. Ярохнович и П.В. Кияшко за предоставленную возможность работы с коллекцией моллюсков и помощь в ней. Мы также благодарим всех сотрудников заповедника «Витимский», так или иначе помогавших при сборе материала.

Н.Э. Багиров¹, Е.Е. Ежова¹, М.И. Орлова²

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

²Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург

E-mail: nizamibgrv@gmail.com

Новая регистрация чужеродного вида *Rangia cuneata* (Bivalvia, Mactridae) в Лужской губе Финского залива Балтийского моря

Атлантическая рангия, *Rangia cuneata* (G.B. Sowerby I, 1832) — солоноватоводный моллюск, исходно распространенный в эстуариях и прибрежных водах северного побережья Мексиканского залива, относительно недавний вселенец в европейских морях. В 2005 г. *R. cuneata* была впервые отмечена в Северном море, в 2010 г. — в Вислинской лагуне Балтийского моря. Моллюск быстро распространился по Балтике — в 2012-2019 гг. он найден в портовых акваториях Литвы, Эстонии, Польши, Швеции, Германии, что заставляет предполагать в качестве основного вектора расселения перенос с судами. В 2019 г. вид был впервые обнаружен в Копорской губе Финского залива на глубинах до 5 м, в техногенно трансформированных биотопах, подверженных воздействию постоянного подогрева. Актуальным является вопрос, сохранит ли популяция локализацию только вблизи источника подогретых вод, что в условиях этой части Балтийского моря благоприятно для тепловодного вида, или границы приобретенного ареала моллюска в Финском заливе будут расширяться.

30 августа 2021 г., в ходе маршрутного обхода литоральной зоны в районе поселка Логи, на востоке Лужской губы, в специфическом биотопе закрытого участка осушаемой псевдолиторали с литоральными ваннами, обнаружено незарегистрированное ранее местообитание *R. cuneata*. Отобраны пробы для получения количественных характеристик и анализа размерно-возрастной структуры поселения. Температура воды в период сбора

составляла 18,5°C, соленость — 2,83 епс.

Полевые наблюдения позволили выявить особенности биологии *R. cuneata*, не отмеченные ранее: способность молоди переживать осушку при зарывании в песчано-илистый субстрат, а также активно и быстро (со скоростью несколько сантиметров в минуту) передвигаться по поверхности грунта. Эти данные не согласуются с общепринятым мнением о неподвижном образе жизни моллюска после оседания личинки и об отсутствии толерантности к экспозиции на воздухе. Выявленные особенности могут способствовать успешной адаптации вселенца к факторам среды, типичным для Финского залива — значительным, неправильно-периодическим колебаниям уровня, зимнему промерзанию литорали.

Количественные показатели описываемого поселения ювенильных *R. cuneata* высоки: численность и биомасса в пробе составили 8 400 экз./м² и 180 г/м² (в поселениях, зарегистрированных в Копорской Губе в сентябре 2019 г., численность варьировала от 970 до 9 554 экз./м², биомасса составила 0,3-32,0 г/м²). Поселение было представлено особями 1,7-11,6 мм, размерная структура характеризовалась преобладанием моллюсков размером 2-5 мм (87%), большинство имели размеры 2-4 мм. Все особи — сеголетки, экземпляров старше 1 года не отмечено ни в биоценозе, ни в тафоценозе. Недостоверно выделяются две размерные группы — от 1,7 до 5,9 мм и от 6,7 до 11,6 мм, которые могут представлять собой две волны пополнения или результат оседания разновозрастных личинок. Таким образом, данное поселение может быть определено как ювенильная популяция, а обнаруженное местообитание представляет собой классическую «зону выселения». Исходя из размерного состава и с учетом литературных данных о размерах и скорости роста *R. cuneata* в ранний постларвальный период, мы предполагаем, что личинки, давшие начало рассматриваемому поселению, появились в планктоне в конце июня — начале июля 2021 г.

Размерная структура этой ювенильной популяции была иной, чем у популяции Копорской губы (2019 г.) и отличалась от размерного состава младших возрастных групп в Вислинском заливе (2011 г.). В Копорской Губе 30 сентября 2019 г. преобладали особи длиной менее 2 мм, что свидетельствует о недавнем, не более 1 месяца назад (конец августа — начало сентября), появлении личинок в планктоне. В Вислинском заливе 21 июля 2011 г. среди молоди преобладали особи длиной 6-8 мм, что может указывать на более раннее начало нереста: конец мая — начало июня. Таким образом, в Финском заливе — наиболее восточной и относительно холодноводной части Балтийского моря, нерест рангии, вероятно, происходил позднее, чем отмечено в Южной Балтике. Разница в сроках наступления нереста предположительно связана с гидрометеорологическими особенностями указанных годов и разными сроками прогрева воды до температуры, инициирующей нерест у *R. cuneata*. Наиболее вероятным источником личинок для найденного 30 августа 2021 г. поселения может быть популяция *R. cuneata*, выявленная в 2019 г. в отепленной части Копорской Губы. Расстояние от района первой регистрации вида до поселка Логи составляет около 20 км. Факт переноса течениями на такие расстояния личинок моллюска с последующим оседанием неоднократно отмечен в Южной Балтике.

Учитывая высокую степень экологической пластичности вида, а также выявленные нами черты биологии, предполагаем, что обнаруженное ювенильное поселение *R. cuneata* сохранится в осенне-зимний период и станет одним из источников дальнейшей экспансии вселенца.

Анализ данных выполнен в рамках госзадания Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (проект № 0128-2021-0007), Санкт-Петербургского научного центра РАН (проект № 075-01336-20-02), сбор материала в ходе экспедиции — по проекту ER 55 (Estonia-Russia CBC Programme 2014-2020).

Методологические проблемы оценки токсичности среды обитания гидробионтов

Известно, что биотическая концепция экологического контроля окружающей среды базируется на использовании биологических методов (биоиндикация и биотестирование). Характеристика качества поверхностных вод, являющихся средой обитания гидробионтов, включает такое опасное свойство воды, как токсичность. Оценка качества поверхностных вод зависит от целей исследования. Так, для получения информации о химическом загрязнении водного объекта достаточно оценки качества воды с помощью индексов загрязнения (УКИЗВ, ИЗВ). В то же время для характеристики водного объекта как экосистемы одних гидрохимических характеристик недостаточно. Учитывая биологическую основу токсичности, ее следует расценивать как интегральную характеристику качества воды, обусловленную проявлением негативных в отношении водной биоты свойств всего комплекса химических веществ, присутствующих в испытываемой воде. Важная роль в изучении этой проблемы принадлежит биотестированию — экспериментальной оценке токсичности водной среды, основанной на регистрации физиологических, этологических и биологических откликов биологических тест-объектов.

В настоящее время биотестирование является одним из направлений совершенствования системы оценок и контроля качества объектов окружающей среды. Использование гидробионтов в биотестировании позволяет оценивать токсичность поверхностных вод как среды их обитания. Как показала практика, биотестирование представляет собой незаменимый чуткий элемент системы биодиагностики качества не только водных экосистем, но и всех компонентов окружающей среды. Не заменяя количественный химический анализ, биотестирование предваряет и дополняет его благодаря экспрессности, простоте исполнения и невысокой стоимости анализа.

Методик биотестирования разработано на сегодняшний день несколько десятков. Часть из них изложена в виде нормативно-методических документов. К настоящему моменту стало очевидно, что для адекватной оценки токсичности компонентов окружающей среды, целесообразно использовать не один биотест, а набор биотестов (biotest battery).

На данном этапе развития методологии биотестирования можно выделить следующие современные направления и проблемы:

1. «Адресность» биотестирования, то есть, использование тест-объекта, экологически соответствующего гидрохимическому составу водного объекта, с учетом уровня чувствительности, разрешающей способности и экологической значимости применяемого тест-показателя.

2. Инструментализация существующих биотестов, то есть, выход на использование специализированных приборов.

3. Разработка, как правило, на микроуровне, биотестов, основанных на новых информативных тест-функциях, позволяющих экспрессно получать информацию о сублетальном действии распределенных в водной экосистеме загрязняющих веществ.

4. Формирование и использование набора биотестов (biotest battery). За рубежом существует представление о целесообразности использования в качестве тест-культур для экспрессных анализов представителей трех основных звеньев трофической цепи биогеоценозов: продуцентов, консументов, редуцентов. Для этого используют микробиотесты (Protoxkit F, Rotoxkit F и Daphtoxkit F) и микробный анализ Microtox.

5. Оценка токсичности воды по набору биотестов или комплексу тест-показателей

одного тест-объекта — наиболее востребованное на данном этапе направление. Однако при этом возникает ряд следующих проблем:

- итоговая оценка токсичности в общепринятых нормативных документах основана на отклике наиболее чувствительного тест-объекта или тест-показателя, то есть, учитывается только «наихудший» результат. В этом случае, к сожалению, неучтенными остаются результаты отклика других тест-объектов;

- оценка и интерпретация результатов. Стимулирующее действие тестируемых проб в плане оценки токсичности является спорным. Часто его просто игнорируют, в некоторых случаях расценивают как токсическое. Спорным также является оценивание токсичности тестируемых проб по отклонению значений тест-показателей от контроля на 10% (принято в некоторых руководствах), что находится в пределах ошибки биотестового анализа;

- разница в оценке степени токсичности отдельных тестируемых проб и оценке состояния всей водной экосистемы на основе токсичности.

Решение указанных проблем позволит усовершенствовать методологию биотестирования.

В.П. Беляков, А.И. Бажора

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,

Санкт-Петербург

Институт озераедения РАН — Санкт-Петербургский

Федеральный исследовательский центр РАН,

Санкт-Петербург

E-mail: victor_beliakov@mail.ru

Структурно-функциональные характеристики сообществ макрозообентоса озер, расположенных в разных ландшафтах Карельского перешейка

Комплекс природных зональных, а зональных и локальных факторов, безусловно, определяет состав и структурно-функциональные показатели сообществ макрозообентоса. Природные особенности ландшафта в совокупности с рельефом и геохимическими характеристиками создают особые условия для формирования гидрохимических и биологических свойств расположенных в этих ландшафтах озер. В частности, буферные свойства вод в отдельных ландшафтах могут обуславливать различные сценарии изменений экосистем озер при антропогенном воздействии на них, другим комплексным фактором может быть микроклимат территории, что приводит к различиям в скорости протекания сезонных химических и биологических процессов в озерах, меняя динамику и среднесезонные показатели зообентоса. В связи с усилением антропогенного влияния необходимо учитывать природные особенности каждого ландшафта при анализе современного экологического состояния озер и отдельных компонентов их экосистем.

Зообентос множества малых озер Карельского перешейка изучался слишком давно или не изучался вовсе. В связи с интенсивным освоением региона представляется весьма актуальным выявление современных характеристик зообентоса малых водоемов, как для практической цели — определения емкости кормовых ресурсов, так и для теоретических обобщений при изучении воздействия на сообщество разных сочетаний экологических факторов.

Исследование сообществ макрозообентоса проводилось в составе комплексных лимнологических работ в период 2009-2019 гг. в 60 малых разнотипных озерах Карельского перешейка, расположенных в семи основных типах ландшафтов: озерно-ледниковых песчаных равнин (приморском, привуоксинском и приозерском); озерно-ледниковых заболоченных песчаных равнин (южно-приладожский); моренных заболоченных равнин (Верхне-Охтинский); камовый и камово-озерно-ледниковый (Лемболовская возвышенность); сельговый (Выборгский и северо-западное Приладожье). Для большинства озер получены данные по составу, доминированию, видовой и трофической структуре, продуктивности

сообществ в основных биотопах в летний сезон, а для ряда водоемов также данные за период весна — осень.

Для сообществ зообентоса видовой состав в целом не характеризует специфику озер отдельных ландшафтов, поскольку большинство массовых видов их современной фауны имеют широкий диапазон адаптаций к различным условиям среды. При сравнении состава зообентоса исследованных водоемов отмечено довольно высокое сходство основного ядра донной фауны. Обычно это эврибионтные виды с широким диапазоном толерантности к основным факторам среды. Различия озер разных ландшафтов можно выявить на основе встречаемости видов второго ряда или редких видов в фаунистических списках.

Средневзвешенные количественные и продукционные характеристики сообществ зообентоса определяются трофическим уровнем озер и их морфометрией, вне зависимости от типа ландшафта. Но структура и, частично, количественное развитие зообентоса в литоральной зоне зависят от характеристик биотопа, а, следовательно, и от особенностей ландшафта, тогда как развитие зообентоса профундали — от морфометрии озера и трофического статуса. Для зообентоса исследованных озер характерна зависимость от развития других биологических сообществ. Связь зообентоса озер по составу, структуре и количественному развитию с особенностями ландшафтов прослеживается через действие таких факторов, как минерализация и гумификация вод. Наличие гуминовых веществ или карбонатов в некоторых водоемах, возможно, снижает токсическое воздействие загрязнений на зообентос.

Особенности сезонной динамики зообентосных сообществ различаются в озерах разных ландшафтов. В водоемах, где проявляются крайние значения природных факторов или антропогенное воздействие, отмечается спад количественного развития зообентоса в середине лета, а максимум приходится на весну или осень.

Основные факторы среды, такие как температурный и водный режим, определяющие межгодовые различия условий количественного развития зообентоса, действуют синхронно в озерах разных ландшафтов, не подверженных существенной антропогенной нагрузке.

С.В. Бердник, Р.П. Токинова

Институт проблем экологии и недропользования

Академии наук Республики Татарстан, Казань

E-mail: svberdnik@mail.ru

Мейозообентос родников Казани и ее окрестностей

Родники являются одними из наиболее распространенных и многочисленных водных объектов и, как правило, населены специфической фауной. Между тем, сообщества мейозообентоса в родниках Среднего Поволжья остаются слабо изученными.

Материалом для исследования послужили пробы грунта из восьми родников бассейнов рек Киндерка и Солонка, являющихся притоками реки Казанки (г. Казань и Высокогорский район Республики Татарстан). Исследованы безымянные родники № 1, 3, 6, 7, Серебряный родник, Покровский родник (бассейн реки Киндерка), родники Анисьины грядки и Семиозерский (бассейн реки Солонка). Отбор проб произведен в июне — августе 2018 г., изучено 703 экземпляра мейобентосных организмов.

Всего в пробах выявлено 47 видов эумейобентоса, относящихся к шести систематическим группам: Platyhelminthes, Rotifera, Nematoda, Harpacticoida, Ostracoda, и Tardigrada. Также в пробах встречены представители семи таксонов из трех групп псевдомейобентоса — Oligochaeta, Aphanoneura и Insecta. Наиболее разнообразны нематоды, относящиеся к 34 видам из девяти отрядов: Dorylaimida, Mononchida, Enoplida, Triplonchida, Araeolaimida, Chromadorida, Desmodorida, Monhysterida, и Rhabditida. Ресничные черви представлены несколькими видами из Catenulida, Macrostomorpha и Rhabdocoela. Из гарпактицид обнаружены *Bryocamptus pygmaeus* (Sars G.O., 1863), *Maraenobiotus brucei brucei* (Richard, 1898), *Attheyella* sp. и *Parastenocaris* sp. Из остракод отмечены *Potamocypris zschokkei* (Kaufmann, 1900) и представитель семейства

Cyprididae. Тихоходки представлены видом *Hypsibius sp.*

Из кренобионтных форм, встречающихся только в родниках, отмечена остракода *P. zschokkei*. Вероятно, к кренобионтам относятся гарпактициды *Attheyella sp.* и *Parastenocaris sp.*

Для оценки степени сходства видового состава эумейобентоса изученных водных объектов проведен кластерный анализ с использованием качественного индекса Чекановского–Серенсена. На дендрограмме родники разделились на уровне 20% сходства на два основных кластера — №6 и №7 (поселок Чебакса), Семиозерский родник (отнесены к группе геокренов) и остальные пять родников (реокрены). Геокрены отличаются присутствием в составе мейофауны фитопаразитических и почвенных форм нематод из отряда Rhabditida и отсутствием представителей таких групп, как гарпактициды и остракоды.

В исследованных родниках-реокренах численность мейобентоса колеблется от 32 000 до 790 000 экз./м². Преобладающими группами являются нематоды (составляя в среднем 43%) и личинки насекомых (в среднем 32%). В роднике Серебряный отмечена наиболее высокая численность ресничных червей — 140 000 экз./м², представленных, в основном, отрядом Catenulida. Биомасса мейобентоса колеблется от 0,44 до 5,1 г/м². По этому показателю преобладают представители псевдомейобентоса — олигохеты (в среднем 43%) и личинки насекомых (в среднем 33%).

По индексу доминирования Папия–Ковнацки к доминантным формам в населении реокренов относятся нематоды *Epitobrilus allophysis* (Steiner, 1919) и представители хирономид, к субдоминантам — ресничные черви Catenulida, олигохеты семейства Enchytraeidae и нематоды *Monhystera sp.* Значения индекса видового разнообразия Шеннона по численности в среднем составляют $2,75 \pm 0,82$ бит/экз.

В геокренах численность мейобентоса колеблется от 24 000 до 180 000 экз./м². Преобладающими группами являются нематоды (составляя в среднем 86%) и личинки насекомых (в среднем 11%). Биомасса в пробах колеблется от 0,04 до 0,22 г/м². По биомассе преобладают нематоды (составляя в среднем 38%) и представители псевдомейобентоса — олигохеты (в среднем 33%) и личинки насекомых (в среднем 20%).

По индексу доминирования Папия–Ковнацки к доминантным формам в населении геокренов относятся фитопаразитические нематоды *Rotylenchus sp.*, к субдоминантам — нематоды *Prodorylaimus filiarum* Andrassy, 1964, *Alaimus primitivus* de Man, 1880, *Ethmolaimus pratensis* de Man, 1880, *Prodesmodora circulata* Micoletzky, 1925, *Eumonhystera filiformis* (Bastian, 1865), *Criconema sp.*, *Filenchus sp.*, и личинки насекомых семейства Ceratopogonidae. Значения индекса видового разнообразия Шеннона по численности в среднем составляют $3,05 \pm 0,32$ бит/экз.

Деление исследованных родников на рео- и геокрены является довольно условным. Все исследованные выходы родниковых вод заключены в трубы, колодцы и другие устройства для удобства использования населением. Прилегающая к роднику территория также преобразовывается в удобные площадки. Из-за этого русло родникового стока (реокрен) на местности иногда трансформируется и приводит к образованию диффузных просачиваний (геокрен). В последних формируется специфический, отличающийся от типично родниковых, видовой состав мейофауны, вероятно, близкий к фауне влажной почвы с растительным покровом.

М.Г. Бирюкова

Астраханский государственный заповедник, Астрахань

E-mail: mizuirono@yahoo.com

Трансформация угодьев нижней зоны дельты Волги и изменения показателей биоразнообразия зоопланктонного сообщества

Дельта Волги с ее специфическим гидрологическим режимом, обусловленным взаимодействием крупной реки и замкнутого бассейна Каспийского моря, является одной

из самых динамичных дельт мира. Низовья дельты — уникальный регион, где сохранились природные экосистемы с высоким ландшафтным и биологическим разнообразием. С экологической точки зрения мелководья переходной и подводной дельты с преобладающими глубинами менее 1 м имеют исключительную ценность, по сути, являясь так называемой «зоной сгущения жизни».

Формирование рельефа дельты Волги тесно связано с историей развития Каспийского моря, испытывающего колебания уровня, намного превосходящие по амплитуде и скорости изменения для Мирового океана. В настоящее время формирование рельефа на морском крае дельты и в авандельте в условиях зарегулированного каскадом ГЭС речного стока происходит на фоне понижающегося уровня Каспия и при отсутствии гидравлического подпора авандельтовых вод со стороны моря. С 2006 г. по 2020 г. уровень Каспийского моря снизился на 119 см и достиг отметки -28,23 м абс. (БС), исчез ранее существовавший морской подпор речного стока, что обусловило дальнейшее понижение уровней воды на морском крае и в авандельте. Дополнительным фактором, вызывающим локальное обмеление, является дноуглубление расположенных в этих зонах каналов-рыбоходов. Все эти изменения вызывают трансформацию растительности и животного комплекса, приводя к смещению ценных участков аквальных ландшафтов в сторону моря, вплоть до южной границы открытой авандельты.

По результатам трехлетних мониторинговых работ в русловой, култушной и авандельтовой частях нижней зоны дельты Волги общая тенденция сезонных изменений показателей биоразнообразия следующая:

1) В русловой части индексы видовой плотности и выравненности достигают своих максимальных значений к середине августа и началу сентября. Именно в эти месяцы достигаются максимальные значения индекса Маргалефа (2,7) и Шеннона–Уивера (3,8 бит/экз.), однако при межвидовом взаимодействии внутри зоопланктонного сообществ увеличивается доля фоновых зоопланктеров: индекс Симпсона достигает значений в 0,8 с плавным снижением значений индексов биоразнообразия к ноябрю. Здесь следует сделать акцент на обогащение реопланктона фитофильными видами и хищным планктоном в летний период вплоть до середины сентября, что фиксируется высокими значениями индексов биоразнообразия Маргалефа и Шеннона–Уивера на этот период.

2) В култушной зоне индексы видовой плотности и выравненности достигают своих максимальных значений к июлю (индекс Шеннона–Уивера — 4,3 бит/экз., Маргалефа — 2,9) с незначительным понижением в августе (индекс Шеннона–Уивера — 3,7 бит/экз., Маргалефа — 2,3) и повторным незначительным ростом в середине сентября (индекс Шеннона–Уивера — 3,6 бит/экз., Маргалефа — 2,6). Прослеживается доминирование в зоопланктонном сообществе некоторых фоновых видов (индекс Симпсона 0,8-0,9). Индекс доминирования лишь незначительно варьирует, даже, несмотря на естественное отмирание фитопланктона в сентябре и снижение доли фитофильных зоопланктеров. Зоопланктон култушной зоны имеет в составе много различных групп и также личиночные формы зообентоса, что выражено в более высоких значениях индекса Шеннона–Уивера и Маргалефа в течение летне-осеннего периода. Серьезной зависимости от естественного уменьшения доли фитофильных зоопланктеров не отмечается.

3) В открытой авандельтовой части показатели биоразнообразия не настолько высоки, как в култушной зоне. Относительно высокие значения плотности и обилия видов здесь фиксируются в течение длительного периода времени. Наивысшие свои значения индекс Маргалефа и Шеннона–Уивера достигают в апреле (2,2 бит/экз. и 3,5 бит/экз.). В июле и в августе показатели этих индексов несколько снижаются: плотностной индекс снижается до 1,5, а показатель видового обилия до значений 2,5-2,8 бит/экз. Осенью снова происходит незначительный рост. Однако в тех местах открытой авандельты, которые подверглись трансформации угодий (выступление кос, покрытие растительностью с последующим увеличением площадей тростниково-рогозовых ассоциаций, смена ассоциации валлиснерии на рдесты и уруть в системе подводных лугов), динамика показателей биоразнообразия за весенне-летний период наглядно отражает развитие зоопланктонного сообщества, свойственного

култучной зоне. Индекс Маргалефа увеличивает свои значения к августу, достигая значений 2,9, а максимум значений индекса Шеннона–Уивера приходится на июнь и август (4 бит/экз.).

В заключение следует отметить, что фауна водных беспозвоночных достаточно чутко реагирует на трансформационные изменения угодий. Это выражается не только в мозаичном характере распределения зоопланктона, но также и в снижении доли присутствия пелагических форм солоноватоводного комплекса.

М.Г. Бирюкова

Астраханский государственный заповедник, Астрахань

E-mail: mizuirono@yahoo.com

Проблематика вселенцев в Прикаспийском регионе

Вселение в водоемы новых видов зачастую сопровождается заметными изменениями в структурно-функциональной организации их экосистем. Однако объектом пристального внимания эти явления становятся только в тех случаях, когда появление чужеродного вида приводит к ущербу для эндемичной фауны или отражается на численности хозяйственно ценных промысловых видов. Так, в истории Каспийского бассейна примером является вселение средиземноморских и атлантических видов. Здесь имеются общие закономерности: первоначально новый вид вселяется в Черное море, расселяясь по его акватории, а при стечении благоприятных обстоятельств происходит дальнейшее его вселение в Азовское море. Развитие нового вида в Азовском море указывает на возможность его проникновения в Каспийское море. В XX веке произошло лавинообразное увеличение численности вселенцев, которое было связано с деятельностью человека. Некоторые из них проникли сюда случайно (*Acartia tonsa* (A. clause), *Mnemiopsis leidyi*, *Rhithropanopeus harrissii*), некоторые намеренно были вселены человеком для укрепления кормовой базы каспийских рыб (*Hediste diversicolor*, *Mytilaster lineatus*, и др.). Возможно, что обмен водными организмами между этими водоемами существовал и ранее, так как люди многие века использовали в качестве водных путей Волгу и Дон с «переволоком» судов в районе нынешнего Волгограда. В настоящее время процесс вселения новых видов усиливается. Основным путем попадания вселенцев в Каспийское море по-прежнему являются балластные воды судов, донные осадки балластных танков и обрастания подводной части судового корпуса.

Из последних вселенцев в акватории Каспийского моря отмечается мизида *Mesopodopsis slabberi* (van Beneden, 1861). Впервые новый для Каспийского бассейна вид высшего ракообразного был обнаружен осенью 2019 г. в северной части Каспийского моря в прибрежной зоне острова Малый Жемчужный (памятник природы федерального значения). На фоне продолжающегося снижения уровня Каспийского моря, снижающегося стока реки Волга с последующим увеличением солености в среднем на 1‰, для ряда морских вселенцев создаются весьма комфортные условия. Учитывая, что *M. slabberi* является олигогалинным видом с массовым распространением в Черноморско-Азовском бассейне, его появление в акватории Каспийского моря оставалось лишь вопросом времени. Предполагается, что в воды Каспия мизида попала случайным образом.

Beroe ovata (Bruguière, 1789) по литературным сведениям был отмечен в сентябре 2020 г. на траверзах мыса Песчаный (поселок Кызыл Узень) и мыса Меловой в восточной части Среднего Каспия. Плотность популяции гребневика невысока и не превышает 0,1 экз./м³ относительно средних 324 экз./м³ для мнемипсиса. Следует отметить, что в последние годы зафиксировано снижение биомассы мнемипсиса относительно максимумов начала 2000-х гг. На осень 2021 г. в акватории Северного Каспия *B. ovata* не зафиксирован. Остается открытым и спорным вопрос о преднамеренной интродукции *B. ovata* или же имеет место проникновение гребневика с балластными водами судов.

Еще одним значимым способом вселения чужеродных видов является аквакультура. Ввоз объектов аквакультуры из других регионов в виде посадочного материала способствует

расселению множества чужеродных видов пресноводной фауны. Так, впервые в протоке Обуховская Астраханской области были отловлены особи *Sinodiaptomus sarsi* (Rylov, 1923). Данный вид калянусов изначально был обнаружен в рыбоводных прудах вместе с посадочным материалом, состоящим из креветок и австралийского рака, привезенным из Краснодарского края. Рассматривая географическую распространенность *S. sarsi* следует отметить, что ближайшими регионами, где данный вид калянусов имеет естественные местообитания, являются Республика Казахстан, Республика Дагестан, Краснодарский край, и первые находки зафиксированы в реке Сура (Чувашская республика). Как поведет себя в дальнейшем популяция нового для нижней зоны дельты Волги планктонного ракообразного, составит ли *S. sarsi* конкуренцию калянусам родов *Eurytemora*, *HeterosCOPE*, *Calanipeda*, *Eudiaptomus*, и др., или займет свою экологическую нишу, неизвестно. Проблема вселенцев через объекты товарной аквакультуры заключается в слабом, либо полном отсутствии контроля со стороны надзорных органов. Также остается до конца неясным вопрос о карантинных видах водных беспозвоночных для того или иного региона, когда производится ввоз не только из-за рубежа, но и внутри страны.

В заключение следует отметить, что существует огромный пробел в изученности фауны не только самого Каспийского моря, но и нижней зоны дельты Волги. Несмотря на то, что Понто-Каспийским видам удастся распространиться по Северному полушарию и стать инвазивными из-за вмешательства человека, такая же тенденция отмечается и в самом Прикаспийском регионе, и некогда эндемичная фауна претерпевает ряд изменений. Безусловно, все стороны и пути проникновения вселенцев отследить невозможно, однако существуют инструменты, позволяющие несколько притормозить этот глобальный процесс. К сожалению, эти инструменты не работают должным образом (ни на законодательном уровне, ни с технической точки зрения). По этой причине проблематика вселенцев для Прикаспийских регионов будет актуальной еще очень длительный период.

О.Н. Вдовина¹, Л.В. Яныгина², Д.М. Безматерных³

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

E-mail: ¹olgazhukova1984@yandex.ru; ²yan_lv@mail.ru; ³bezmater@iwerp.ru

Высотный градиент как фактор формирования сообществ донных беспозвоночных озер Русского Алтая

В 2002-2020 гг. исследованы состав и структура сообществ донных беспозвоночных 36 озер низко-, средне- и высокогорья Русского (Горного) Алтая, расположенных на высотах от 321 м до 2 899 м над уровнем моря. В озерах низкогорья (до 1 000 м) выявлено 103 вида макробеспозвоночных из семи классов: Oligochaeta (15 видов), Hirudinea (4 вида), Phylactolaemata (1), Gastropoda (5), Acari (11), Crustacea (1) и Insecta (66). Среди насекомых большинство видов относилось к отряду двукрылых (37 видов, из которых 30 — хирономиды), также из насекомых встречались стрекозы, поденки, клопы, ручейники и жуки. Наибольшая частота встречаемости отмечена у семейств Tubificidae (*Limnodrilus hoffmeisteri* — 66%) и Chironomidae (60%). Из хирономид чаще остальных отмечены рода *Cricotopus* (33%), *Procladius* (33%), *Chironomus* (26%), *Ablabesmyia* (26%). Видовое богатство зообентоса было сравнительно высоким (8,5±2,3 видов в пробе), индекс видового разнообразия Шеннона в среднем для озер составлял 1,7±0,3 бит/экз.

В составе зообентоса озер среднегорья (от 1 000 м до 2 000 м) отмечено 94 вида из десяти классов: Demospongiae (1 вид), Turbellaria (1), Nematoda (1), Oligochaeta (9), Hirudinea (4), Bivalvia (2), Gastropoda (5), Acari (2), Crustacea (4) и Insecta (65). Амфибиотические насекомые составили 69% от числа обнаруженных таксонов, большая их часть (39 видов) принадлежала к отряду двукрылых, также отмечены поденки, жуки, ручейники, веснянки и сетчатокрылые. Среди двукрылых преобладали личинки хирономид (30 видов), представленные в основном подсемейством Orthoclaadiinae. Наиболее часто встречались личинки родов *Cricotopus* (28%),

Synorthocladius (25%) и *Eukiefferiella* (23%). Из других таксонов в 40% проб отмечены представители семейства Gammaridae, в 30% — семейства Naididae. Видовое разнообразие донных беспозвоночных невысоко — от 0 до 11 видов в пробе (в среднем $5,1 \pm 0,3$ вида), индекс видового разнообразия Шеннона изменялся в пределах 0-2,85 бит/экз. (в среднем $1,4 \pm 0,1$ бит/экз.).

В озерах высокогорья (более 2 000 м) выявлено 36 видов донных беспозвоночных из семи классов: Demospongiae (1 вид), Nematoda (1), Oligochaeta (2), Hirudinea (2), Bivalvia (2), Crustacea (2) и Insecta (26). Максимальное число видов пришлось на класс насекомых, среди которых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые, также встречались жуки, поденки, ручейники и клопы. Хирономиды отмечены в 86% проб, из них наиболее часто встречались *Chironomus* sp. (44%), *Stictochironomus* sp. (27%), *Cladotanytarsus* sp. (27%). Среди других таксонов чаще отмечены ракообразные рода *Gammarus* (50%). Бентосное сообщество исследованных озер небогато в таксономическом отношении (в среднем $4,4 \pm 0,6$ видов в пробе), индекс Шеннона изменялся от 0 до 3,04 бит/экз. (в среднем $1,11 \pm 0,2$ бит/экз.).

Низкогорные озера по структуре зообентоса были близки к равнинным озерам, с увеличением высоты таксономическая структура усложнялась, доминирующие таксоны макрозообентоса изменялись. Особенностью донных зооценозов средне- и высокогорных озер является высокая частота встречаемости (40% и 50% соответственно) гаммарид, а также их большой вклад в общую биомассу, что характерно для горных и высокогорных озер Алтае-Саянской горной страны и отличает их от прочих горных систем. Среди других особенностей таксономического состава донных сообществ можно отметить низкое разнообразие моллюсков, что объединяет эти озера с другими озерами окрестностей Телецкого озера и связано с неблагоприятной слабокислой реакцией водной среды этих водоемов. Дискриминантный анализ данных показал существенные различия структуры сообществ макробеспозвоночных озер, расположенных в разных высотных зонах. Подобное почти линейное снижение богатства местных таксонов макрозообентоса с увеличением высоты была отмечена для альпийских озер, озер Пиреней, альпийских рек, а также рек Непала, Эквадора и Колорадо.

Охарактеризована трофическая структура зообентоса, выделены пять основных трофических групп: 1) собиратели-детритофаги, факультативные фильтраторы; 2) собиратели — облигатные фильтраторы; 3) соскребатели; 4) измельчители; 5) хищники. По количеству видов во всех озерах в трофической структуре доминировали группа собирателей-детритофагов и хищников. По биомассе трофические группы при увеличении высоты представлены по-разному, отмечено увеличение роли фильтраторов и измельчителей. По результатам дисперсионного анализа выявлено, что на распределение трофических групп в исследованных озерах влияют высота, высотная поясность и характер грунтов. Меньшее значение имел размер озера, этот фактор достоверно влиял только на долю группы соскребателей в биомассе бентоса.

В последнее время в мировой практике уделяется большое внимание исследованиям, посвященным влиянию высотного градиента на сообщества донных беспозвоночных. Исследование этого фактора в отдаленных районах Русского Алтая с низкой антропогенной нагрузкой позволит определить основные тенденции естественной динамики сообществ, а также даст возможность использовать эти озера в качестве индикаторов экологических изменений при разработке программ мониторинг трансформированных озерных экосистем.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-27-20134).

В.И. Жадин как малаколог-систематик

Изучение пресноводных моллюсков составляло один из главнейших научных интересов В.И. Жадина. Работая как гидробиолог широкого профиля, он уделял особое внимание именно этой группе беспозвоночных, причем исследовал ее одновременно и как систематик и как биогеограф и как эколог. Период активности В.И. Жадина как малаколога, если опираться на список его трудов, охватывает три десятилетия и длился с 1923 по 1952 гг. Последним и наиболее известным его печатным трудом в этой области стал определитель пресноводных моллюсков СССР, вышедший в серии «Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом АН СССР» (Жадин, 1952). Это пособие служило основным источником таксономической информации о пресноводных моллюсках СССР вплоть до конца 1970-х гг., было издано на английском языке (Zhadin, 1965). Нельзя не упомянуть и его монографию о двустворчатых моллюсках семейства Unionidae, опубликованную в серии «Фауна СССР» в 1938 г. и суммировавшую всю доступную на тот момент информацию о представителях этого сложного для классификации семейства в водоемах СССР. Эти и другие, более ранние, монографии В.И. Жадина (1926, 1933) служили не только интересам систематики, но и удовлетворяли потребность многочисленных гидробиологов-практиков, нуждавшихся в пособиях для видовой идентификации моллюсков на основе конхологических признаков, не требовавших углубленного изучения морфологии этих животных.

Вклад В.И. Жадина в развитие таксономии моллюсков был довольно многопланов. Не будучи крупным систематиком-теоретиком, он сосредоточился на описании видового состава пресноводной фауны СССР (в первой половине прошлого века изученной далеко не достаточно), написании определителей, а также на поиске точных методов классификации. Именно В.И. Жадину принадлежит заслуга широкого введения в отечественную малакологическую систематику биометрического подхода на основе современных ему методов вариационной статистики. При этом он сосредотачивался преимущественно на проблемах внутривидовой систематики (микротаксономии), в частности, его интересовал вопрос об однозначном определении и диагностике внутривидовых категорий, таких как «расы» и подвиды. В 1928 г. он опубликовал целую монографию о внутривидовой структуре вида *Vivipara fasciata* O.F. Müller, 1774 (в современной номенклатуре — *Viviparus viviparus* (L., 1758)) из семейства Viviparidae (Gastropoda), в которой применял весьма дробный подход к выделению внутривидовых категорий и выстраиванию их в иерархической последовательности. При этом методика и практика использования им биометрического подхода к классификации семейства Unionidae подвергались серьезной критике (Алпатов, 1939), а использование количественного анализа для разграничения видов им практически не применялось. Все предложенные им новые таксоны в семействе Unionidae (один новый вид и серия вариететов) не признаются в современной систематике и давно сведены в синонимы. Не использовал он и анатомические признаки, что в середине XX века выглядело уже достаточно архаичным подходом. Таким образом, как малаколог-систематик В.И. Жадин не вышел за пределы конхологического этапа развития этой дисциплины. Та скудная информация о строении мягкого тела отдельных видов моллюсков, которую можно найти в его монографии (Жадин, 1952), целиком взята из литературных источников.

В области альфа-таксономии В.И. Жадин оставил наследие из семи новых описанных им видов (шесть видов Gastropoda, один — Bivalvia), большинство которых относится к семейству Hydrobiidae Stimpson, 1865 (Gastropoda). Он стал одним из пионеров в изучении малакофауны Армении, Грузии и Средней Азии, причем большая часть описанных им видов из этих регионов

признается и современными систематиками. Для таксономических исследований В.И. Жадина характерен комплексный подход к «инвентаризации» фауны, при котором описание таксонов не является единственной целью, а всегда проводится в увязке с вопросами биогеографии, исторической географии, экологии. Также он всегда уделял большое внимание и практическим аспектам малакологии.

Безусловно, в 1930-1960-е гг. В.И. Жадин был крупнейшим в нашей стране авторитетом в области систематики пресноводных Mollusca. Совершенно неизбежно, что прогресс в области теории и методологии малакологической систематики привел к значительному устареванию его работ, уровень которых отражает достижения мировой малакологии первой половины XX в. Тем не менее, его монографии и статьи, посвященные систематике пресноводных моллюсков, составляют важную часть истории изучения этой группы в СССР. Работая в Зоологическом институте АН СССР, он внес большой вклад в становление пресноводной малакологии в нашей стране, преемственность традиций которой сохраняется и сегодня. Еще одним крайне ценным результатом его труда является собранная им коллекция пресноводных моллюсков, хранящаяся в настоящее время в Зоологическом институте РАН и доступная для изучения всем заинтересованным специалистам.

И.С. Ворошилова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок

E-mail: issergeeva@yandex.ru

Можно ли применять значения величины полярного угла логарифмической спирали для определения видовой принадлежности моллюсков?

Предполагается, что нарастание края раковины идет путем приращения подобных частей, располагающихся таким образом, чтобы занять минимальный объем. Таким образом, рост раковин моллюсков соответствует логарифмической (равноугольной) спирали или же формируются характерные для вида отклонения, которые обусловлены генетически. Основное свойство логарифмической спирали заключается в постоянстве величины угла между касательной к любой точке спирали и полярным радиусом. Предполагается, что для разных видов значения постоянных (полярных) углов, а, следовательно, и формы спиралей, различны. Графический метод определения полярного угла спирали впервые применен А.Ф. Алимовым в 1967 г. на примере видов *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758) и *Musculium lacustre* (Müller, 1774). Показано, что величина этого признака у особей *S. corneum*, обитающих в разных экологических условиях, постоянна.

В дальнейшем определение значений полярного угла было заменено на менее трудоемкий компараторный метод, который предполагает сопоставление кривых фронтального сечения раковин. Таким образом, основой компараторного метода стала интересная, на мой взгляд, идея анализировать форму раковины моллюска как фрагмент логарифмической спирали. Целью нашей работы стал анализ внутривидового и межвидового полиморфизма полярного угла, определяемого для контуров раковин моллюсков.

Брюхоногие моллюски. Значения полярного угла определены для представителей вида *Viviparus viviparus* Linnaeus, 1758 на разных стадиях онтогенеза (включая эмбриональную стадию), а также из географически удаленных популяций. Проанализировано 478 экземпляров. В исследуемых выборках обнаружены следующие варианты значений полярного угла: 79°, 80°, 81°. У отдельных особей верхние и нижние обороты раковины имели разные значения полярного угла. В тех случаях, когда верхние обороты раковины составляли 81° или 79°, значения нижних оборотов составляли 80°. Такие варианты обозначены нами как 79°-80°, 81°-80°. Во всех изученных нами выборках из географически удаленных популяций и на разных стадиях онтогенеза преобладали моллюски с полярным углом 80°. Таким образом, установлено, что рост *V. viviparus*, действительно, в большинстве случаев происходит путем приращения подобных частей, но возможны и исключения.

Значения полярного угла 80° также обнаружены у представителей других семейств пресноводных брюхоногих моллюсков: Planorbidae Rafinesque, 1815 (четыре вида) и Lymnaeidae Rafinesque, 1815 (пять видов). Следовательно, предположение о видоспецифичности величины полярного угла для брюхоногих моллюсков не подтвердилось.

Двустворчатые моллюски. По фотографиям раковин *S. corneum* отчетливо видно, что фронтальные контуры состоят из отдельных сегментов разной величины, разделенных участками, соответствующими резким изменениям темпов роста. При неблагоприятных условиях, например, осушении, темпы роста замедляются. В дальнейшем, при наступлении более благоприятных условий темпы роста возрастают. При этом процессы снижения темпов роста и их нарастания могут происходить с разной скоростью. Таким образом, фрагменты раковины могут смещаться относительно друг друга. Размеры отдельных сегментов контура также могут варьировать. При этом формы контуров двустворчатых моллюсков, естественно, не будут соответствовать одному отрезку логарифмической спирали, а скорее нескольким ее фрагментам. Поэтому возможны ошибочные определения значений полярного угла для целого контура или частей створки, включающих разные сегменты. В нашей выборке для части раковины *S. corneum*, формирующейся до первой остановки роста, значения полярного угла соответствовали таковым, определенным ранее А.Ф. Алимовым, и составляли 70° . Тем не менее, учитывая большую вероятность ошибочных определений значений полярного угла, его применение для идентификации видовой принадлежности и классификации моллюсков, на мой взгляд, нерационально. Следует отметить, что для выявления взаимного расположения, формы и размеров отдельных сегментов, образующихся по мере роста двустворчатых моллюсков, более оптимально применение компараторного метода.

Справедливо будет признать, что Я.И. Старобогатовым и сторонниками компараторного подхода выполнена поистине колоссальная работа по классификации многообразия вариантов контуров раковины и деталей строения внутренних органов моллюсков. Вполне вероятно, что далеко не для всех таксонов, выделенных с применением этого подхода, будет в дальнейшем подтвержден видовой статус. Тем не менее, этот вариант классификации пресноводных моллюсков вполне может стать хорошей основой для последующих таксономических ревизий.

П.Е. Гарлов, Н.Б. Рыбалова, Т.А. Нечаева

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург

E-mail: wba2009@mail.ru

Разработка системы управления биотехникой воспроизводства популяций рыб на основе полносистемного эколого-гистофизиологического исследования

Эколого-гистофизиологическим исследованием гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы (ГГНС) рыб с применением морфометрических методов, световой и электронной микроскопии, иммуоцитохимии, впервые установлено, что она вызывает энергозатратные доминантные состояния возбуждения ЦНС в форме «миграционного импульса» и «нерестового поведения». Одновременно ГГНС изменяет водно-солевой и метаболический гомеостаз организма. Размножение рыб завершается участием системы в преодолении естественного физиологического стресса. Функциональная роль ГГНС в размножения заключается в инициировании энергозатратных процессов миграции и нереста и завершении их путем обратного перевода организма на энергосберегающий пластический обмен. Анализ ключевой роли ГГНС в интеграции размножения рыб путем саморегуляции позволил разработать конструктивную рабочую схему, на основе которой были сформулированы принципы и предложены новые методы эффективного управления размножением, выживаемостью производителей и темпами роста молоди. Эти методы, сочетающие воздействия физиологически адекватными комплексами экологических и гормональных факторов, представлены в виде 10 изобретений. Они составляют систему управления биотехникой воспроизводства популяций рыб, которая предлагается к использованию в рыбохозяйственной

и природоохранной областях.

Конкретно, с целью повышения степени рыбоводного использования производителей рыб путем стимуляции их полового созревания был разработан и внедрен в осетроводство препарат изолированной передней доли гипофиза. Для этого же разработан способ стимуляции созревания самцов осетровых и костистых рыб изолированной задней долей гипофиза, обеспечивающий безотходную технологию. Производственными проверками эффективности применения этих препаратов на осетровых рыбоводных заводах нижней Волги и Дона доказано повышение степени рыбоводного использования производителей в среднем на 15% и экономии гипофизов до 40%.

С целью задержки полового созревания производителей разработан метод их длительного промышленного резервирования в среде «критической» солености 4-8‰, оптимальной для содержания ремонтно-маточных стад рыб. На этой основе для круглогодичного заводского воспроизводства популяций ценных видов рыб разработана биотехнология управления их размножением. Эколого-физиологический принцип управления заключается в резервировании производителей в среде «критической» солености при видоспецифических преднерестовых пороговых значениях «сигнальных» факторов (температуры и освещенности) и в последующей стимуляции созревания рыб и получении потомства путем плавного перевода в комплекс оптимальных экологических условий. Новый полносистемный метод искусственного воспроизводства разработан на основе использования систем видовых филогенетических адаптаций морского нагула, обеспечивающих наибольшую продуктивность популяций. Метод осуществляют путем массовой заготовки производителей в море и получения здесь потомства в морских садках. Затем, после заводской инкубации икры, выращивания личинок и молоди в реке до признаков готовности к миграции, заводскую молодь ускоренно доращивают в морских садках. Многолетними производственными проверками метода впервые были установлены наиболее высокие выживаемость и рыбоводное качество производителей, акселерация развития и роста молоди. Для реализации компенсаторного механизма обратной связи в этой системе улучшенного природопользования, исключающей заготовку производителей в реке на нерестилищах, впервые предложено использовать наши инновации в области рекреационной аквакультуры.

Для дальнейшего развития методов в аквакультуре, особенно круглогодичного рыборазведения в континентальных установках замкнутого водоснабжения, начата разработка универсального способа выращивания рыб в искусственно модифицированной биостимулирующей среде. Его сущность заключается в резервировании производителей, получении потомства и ускоренном выращивании молоди в растворах поваренной соли с концентрацией, близкой к изотонической. С целью промышленного внедрения всей предложенной биотехники, развития круглогодичной аквакультуры и защиты продукции от загрязнений разработаны крупномасштабные системы замкнутого водоснабжения рыбоводных заводов и хозяйств, основанные на энергосберегающем принципе внесезонного подземного гидрокондиционирования среды, оптимальной для разведения и выращивания гидробионтов. Эти системы, включающие подземные резервуары-отстойники, функционируют по новому биотехнологическому методу управления воспроизводством адекватным комплексом экологических факторов и на принципах инженерной экологии. Техничко-экономическими расчетами показано, что с увеличением объема таких термостатированных гидрокондиционеров пропорционально возрастает продуктивность системы и снижается ее удельная себестоимость при сохранении максимальной надежности, доступной для любой культуры производства.

Обилие, распределение и смертность гидробионтов на участке Горьковского водохранилища в зоне влияния подогретых вод Костромской ГРЭС

В основу работы положены материалы полевого изучения обилия и распределения зоопланктона и рыб на речном участке Горьковского водохранилища в зоне влияния подогретых вод Костромской ГРЭС, выполненного в вегетационный период (май — ноябрь) 2021 г. Сброс теплых вод, отличающихся по температуре, осуществляется по каналу из водоема-охладителя и по боковому притоку реке Шаче. Отбор проб зоопланктона осуществляли на семи станциях: 1, 5 и 8 — фоновые; 2 и 6 находятся непосредственно в потоке теплой воды на устьевых участках сбросных каналов; 3, 7 — в акватории водохранилища ниже по течению от мест поступления теплой воды. Зоопланктон собирали планктобатором Дьяченко–Кожевникова ($V=5$ л) в столбе воды от поверхности до дна с последующим процеживанием через ситоткань с размером ячеек 64 мкм. Для характеристики летального действия повышенной температуры воды на зоопланктон оценивали смертность планктонных животных методом прижизненного окрашивания.

Исследование плотности и распределения рыб выполняли при помощи малогабаритного многолучевого научно-исследовательского комплекса «PanCor» (ООО «Промгидроакустика», Россия), установленного на моторной лодке. Видовой состав рыб определяли по траловым уловам при тралении разноглубинным тралом с научно-исследовательского судна «Академик Топчиев».

Зоопланктон Горьковского водохранилища в зоне влияния подогретых вод Костромской ГРЭС сравнительно богат по таксономическому составу, в нем преобладают виды всесветного и бореально-арктического распространения, он характеризуется повышенной долей фитофильных и планктоно-бентосных форм. Зоопланктон в зоне сброса подогретых вод отличается своеобразным таксономическим составом. В устьевой области реки Шачи наблюдается пониженное видовое богатство, которое, однако, быстро возвращается к исходным значениям на участке реки, расположенном ниже. Сообщества отличаются сложной видовой структурой, перестройки которой в значительной степени определяются природной сезонностью.

В отношении количественных параметров (удельное разнообразие, численность, биомасса, продукция) сообщества зоопланктона демонстрируют разнонаправленную реакцию на приток подогретых вод: в одном случае (сбросной канал водоема охладителя) наблюдается тенденция к стимулирующему воздействию на планктон, во втором (устье реки Шача) — угнетение относительно фоновых показателей.

В условиях воздействия подогретых вод ГРЭС наблюдается тенденция к увеличению смертности планктона относительно фоновых величин. Летальное действие теплых вод на зоопланктон проявляется преимущественно в летний период, когда на естественный прогрев реки накладывается влияние подогретых вод ГРЭС. Осенью отепляющий эффект подогретых вод, наоборот, способствует лучшей выживаемости организмов. Результаты статистического анализа указывают на достоверно повышенную относительно фоновых значений смертность планктона низовой устьевой области реки Шачи. Смертность планктона других станций статистически неотличима от таковой на фоновых участках рек Волга и Шача.

Рыбы на данном участке представлены в основном ранней молодью. В мае и первые летние месяцы они составляют размерную группу <30 мм, к осени они переходят в размерную группу 30-50 мм. Обе размерные группы являются доминирующими по численности в летне-осенний сезон. Наиболее высокой численности рыбы на данном участке Горьковского водохранилища достигают к концу лета, когда молодь выходит с нерестилищ и мелководий при понижении уровня водохранилища. В осенний период отмечается достоверное превышение

численности рыб на участках акватории, принимающих подогретую воду, по сравнению с фоновыми.

Полученные результаты свидетельствуют об эффективной адаптации зоопланктона и рыб к хроническому действию повышенных температур и демонстрируют отсутствие экологически значимого летального эффекта. Локальные потери планктона в низовьях устьевой области реки Шачи быстро компенсируются вблизи впадения в Волгу за счет высоких темпов размножения и короткой цикличности развития беспозвоночных. Летальный эффект воздействия повышенных температур на рыб не отмечен.

С.М. Голубков

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

E-mail: golubkov@zin.ru

Теория биологической продуктивности водоемов В.И. Жадина в свете современных данных

Теория биологической продуктивности (ТБП) водоемов, предложенная В.И. Жадиным в 1940 году в монографии «Фауна рек и водохранилищ», была значительным этапом в развитии гидробиологии того времени. Однако многие ее положения по прошествии более чем 80 лет нуждаются в уточнении и иногда в пересмотре. В основу ТБП положены представления об аккумуляции органических веществ в водоемах и их биоэкологической обеспеченности, под которой понимается обеспеченность водоема организмами, «отвечающими по своей экологической природе условиям существования в нем». При этом автор оговаривается, что речь в основном идет о вторичной продукции, преимущественно зообентоса.

В.И. Жадин справедливо считал, что аккумуляция органических веществ в водоеме и использование их его биотой может происходить не только за счет автохтонных процессов создания первичной продукции, но и за счет аллохтонных органических веществ, поступающих с водосбора. К моменту публикации его монографии методы оценки этих процессов только зарождались. В дальнейшем их развитие в основном пошло по пути создания методов оценки первичной продукции и ее использования в пищевой цепи водных экосистем. Надежные количественные методы оценки интенсивности поступления аллохтонных органических веществ с водосбора и их роли в планктонных и донных пищевых цепях появились лишь в последнее время. Одним из таких методов является метод анализа содержания стабильных изотопов в среде и теле гидробионтов. Используя этот метод, можно проследить степень утилизации органических веществ различного происхождения в пищевых цепях водоема. С его помощью в последние годы показано, что многие животные планктона и бентоса, а также рыбы, широко используют углерод аллохтонного происхождения для своей продукции. Так, например, углерод, поступающий в эстуарий реки Нева с водосбора, является базовым источником этого элемента для большинства представителей зообентоса. При этом большая часть автохтонных органических веществ, создаваемых в результате интенсивного эвтрофирования побережья и открытой части эстуария, очень слабо используется в пищевых цепях его экосистемы.

К другим важным концепциям В.И. Жадина, изложенным в теории продуктивности водоемов, можно отнести его представления о возможности управления качеством воды в водоеме за счет увеличения продукции донной растительности и снижения продукции планктонных водорослей. Эти представления впоследствии были с успехом реализованы в гидробиологии в рамках так называемого метода «биоманипуляции» трофическими цепями в водоеме. Интересны и важны представления В.И. Жадина о биоэкологической обеспеченности водоема и предлагавшиеся на их основе меры по сохранению и акклиматизации ценных видов рыб и других гидробионтов. В дальнейшем они стали широко использоваться в практике рыбного хозяйства и аквакультуры.

К недостаткам теории В.И. Жадина относится, прежде всего, его необоснованная критика балансового подхода к изучению продукционных процессов и методов оценки

первичной продукции водных экосистем. Этот подход в последующие десятилетия лег в основу современной теории продуктивности (трофодинамики) экосистем водоемов. В значительной мере умозрительны и не вполне корректны и его представления о процессах аккумуляции веществ в водоемах. Эти представления во многом противоречат современной количественной теории эвтрофирования озер. Контрпродуктивно также объединять в один процесс автохтонное образование органического вещества в водоеме и поступление аллохтонных веществ с его водосбора.

Несмотря на многие недостатки, в целом теория биологической продуктивности В.И. Жадина, как и вся его монография «Фауна рек и водохранилищ», явилась важным этапом в становлении и развитии отечественной гидробиологии. В ней не только подведены итоги многих исследований того времени, но также высказаны идеи и сформулированы задачи, не потерявшие актуальности до настоящего времени.

Работа подготовлена в рамках гостемы № АААА-А19-119020690091-0 и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 13-04-00962-а, № 14-04-00207-а).

А.Т. Гридасова

*Северный филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Архангельск*

E-mail: gat29rus@gmail.com

Результаты исследований кормовой базы озера Волохница

Представлены результаты исследований озера, проводимых с 2018 по 2020 гг. При выборе объекта работ значимую роль сыграло большое внимание к озеру как рекреационному водоему. Ранее гидробиологические показатели озера не исследовались. Водоем находится в черте г. Архангельск, в непосредственной близости от крупных автотранспортных и железнодорожных развязок. Основной целью работы послужило исследование кормовой базы рыб водоема. Применены стандартные методики отбора, фиксирования и обработки проб зоопланктона и зообентоса.

Пробы отбирались ежегодно в августе — сентябре на трех станциях, расположенных по длине водоема. Пробы зоопланктона отбирались при помощи сети Джеди методом мягкой обратной фильтрации (проливание через сеть 100 л воды, зачерпываемой с определенной точки, с глубины до 1 м, градиента глубин не выделено). При проливании вода отфильтровывалась, а планктон попадал в стакан внизу сети и затем сливался в емкость для хранения пробы с этикеткой. Фиксация проводилась 4% раствором формалина. Пробы обрабатывались в лабораторных условиях под бинокуляром в камере Богорова с определением таксономического (до максимально низшего таксона) состава и количественным учетом организмов.

Пробы зообентоса отбирались при помощи дночерпателя Экмана–Берджа в тех же точках, где и зоопланктон. Далее зачерпнутая проба грунта фильтровалась через мелкую сеть (в основном для промывания и отфильтровывания ила) и перемещалась в сосуд с этикеткой для пробы. Фиксация проводилась 4% раствором формалина. Обработка пробы в лабораторных условиях также проводилась под бинокуляром после промывания от формалина и ила, в чашке Петри. Определяли таксономический состав (до максимально определяемого низшего таксона) и выполнялся количественный учет организмов.

Результатом трехлетнего мониторинга стали данные по динамике состояния биоразнообразия беспозвоночной фауны озера.

Разнообразие зоопланктона представлено 27 таксономическими группами. Таксоны-доминанты по балансу численности и биомассы: *Cyclops* sp., *Bosmina* sp., *Daphnia* sp. При анализе численности и биомассы отдельно к числу доминирующих также относятся *Megacyclops* sp., Nauplii Copepoda (численность), *Heterocope* sp., *Asplanchna* sp. (биомасса). При этом выраженность доминирования разная и существенно возрастает от 2018 г. к 2020 г.

Пространственно наивысшие значения численности организмов наблюдались в центральной части озера, где наблюдаются наибольшие глубины. Напротив, самые высокие величины биомасс организмов отмечены в пробах, взятых из северо-западной части озера с малых глубин. Малые глубины в сочетании с илисто-песчаным дном дают возможность воде быстрее прогреваться и аккумулировать тепло, что благоприятно сказывается на росте высшей водной растительности, а это, в свою очередь, обеспечивает комфортную среду обитания беспозвоночным.

Разнообразие таксономических групп бентосных организмов было небольшим. Выделены таксоны-доминанты: Chironomidae, Oligochaeta, Gastropoda. Представители последнего и по численности и по биомассе показывают наибольшие значения.

Индекс Шеннона для зоопланктона по годам составил 3,32, 4,20, и 1,57 экз./м³ соответственно. Общая численность организмов в пробах возрастала от 2018 к 2020 гг. В последний год исследований отмечено резкое возрастание численности планктонных организмов (сравнительно: 2019 г. — 4 450 экз./м³, 2020 г. — 62 760 экз./м³).

Минимальное значение индекса сапробности зоопланктона составило 1,32, что соответствует значениям олигосапробной зоны, максимальное — 1,52 (α-мезосапробная зона).

Для оценки состояния зообентоса вычислен олигохетный индекс Гуднайта–Уитлея, снижавшийся от 42,2% в 2018 г. до 35,3% в 2019 г. и далее до 34,9% в 2020 г. В расчете данного индекса учитывается численное отношение олигохет к остальным бентосным организмам. Его величина указывает на санитарное состояние озера (при индексе менее 60% состояние можно считать «хорошим», до 80% — «сомнительным», более 80% — сильное загрязнение водоема, к которому чувствительны бентосные организмы). Оценивая максимальное значение индекса, можем сделать вывод о хорошем состоянии водоема.

Индекс Шеннона, рассчитанный для зообентоса, принимает следующие значения соответственно годам исследования: 1,75, 1,77, 2,0 экз./м². Такие результаты и их динамика свидетельствуют о несложной структуре бентосного сообщества. При этом наибольшая численность бентосных организмов наблюдалась в 2019 г., наименьшая — в 2020 г., то же соотношение отмечалось и в количестве таксонов.

Г.А. Дворянкин

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск
E-mail: dga130157@gmail.com*

**Современное состояние популяций европейской жемчужницы
(*Margaritifera margaritifera* L.) на территории Онежского полуострова
(национальный парк «Онежское Поморье»)**

Пресноводная жемчужница является редким пресноводным моллюском, который отнесен к исчезающим видам и внесен в международную Красную книгу, Красные книги Российской Федерации и Архангельской области. Данные по популяциям европейской жемчужницы есть для большинства регионов Северной Европы, тогда как северо-восточный край ареала обитания, который расположен в Архангельской области, изучен фрагментарно, а современных данных о состоянии популяций вида в реках Онежского полуострова очень мало. В 1975 г. экспедицией СевНИИРХа (г. Петрозаводск) жемчужница была обнаружена в притоке реки Лопшеньга — Каменном ручье. С этого времени и вплоть до образования в 2013 г. национального парка «Онежское Поморье» исследования по изучению популяций жемчужницы в ручьях Онежского полуострова не проводились. В 2015 г. научными сотрудниками парка было подтверждено наличие жемчужницы в ручье Каменный и найдена популяция этого вида в ручье с характерным названием Жемчужный (который также является притоком реки Лопшеньга).

Целью нашей экспедиции, проведенной в июле 2018 г., было продолжение изучения

популяций жемчужницы в бассейне реки Лопшеньга, в том числе, на генетическом уровне, подтверждение ее систематического статуса, а также проведение поиска жемчужниц в других реках северо-восточного побережья Онежского полуострова, протекающих по территории национального парка «Онежское Поморье».

На ручье Каменном была заложена трансекта площадью 50 м^2 (50 м в длину, 1 м в ширину, вдоль берега). На обследованном участке ручья была обнаружена 221 особь жемчужницы. Плотность населения моллюсков в ручье Каменном составила 4,42 экз./м².

На ручье Жемчужном была заложена трансекта площадью 90 м^2 (30 м в длину, 3 м в ширину). На обследованном участке ручья были обнаружены 11 экземпляров жемчужниц. Плотность ее населения составила 0,12 экз./м². Обращает на себя внимание тревожный факт того, что в Жемчужном ручье, кроме выявленных 11 моллюсков, других экземпляров жемчужницы ниже по течению обнаружено не было.

У 135 жемчужниц промерены длина раковины (L), ее максимальная высота (H) и выпуклость (B) с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. После исследования все животные возвращены на место изъятия. Согласно литературным данным, критический уровень молодых особей в популяции должен составлять $\geq 20\%$ для успешного обновления популяции. Длина створок молодой особи составляет не более 70 мм. Ни в одном из ручьев нами не были обнаружены особи с длиной створок менее 80 мм. Возможно, такая ситуация связана с падением численности семги и кумжи в реке Лопшеньга и ее притоках (особенно в верхнем течении, где проводились работы 2018 г.). Лососевые рыбы жизненно необходимы для развития личинок жемчужницы — глохидиев. Этот факт вызывает беспокойство, требует особого внимания и дальнейшего изучения.

Все предыдущие исследования априори предполагали принадлежность найденных на Онежском полуострове моллюсков к виду *Margaritifera margaritifera*, европейская жемчужница. В ходе генетического анализа эти предположения нашли подтверждение. Были определены нуклеотидные последовательности митохондриального гена COI из 28 образцов жемчужницы. Всего в двух популяциях моллюсков из реки Лопшеньга было выявлено четыре варианта последовательности COI (четыре гаплотипа). При этом они отличаются друг от друга не более чем на три нуклеотида из 657, то есть, менее чем на 0,5%. В каждой популяции выявлены по три гаплотипа, при этом в каждой из них доминируют разные последовательности. Так, в ручье Каменный преобладает I гаплотип (11 экземпляров), тогда как в Жемчужном ручье таковым является гаплотип III (6 экземпляров). Представляет интерес тот факт, что в каждой популяции были обнаружены свои уникальные последовательности COI: гаплотип II в Каменном ручье и гаплотип IV в Жемчужном. Все это может указывать на то, что между исследуемыми популяциями практически отсутствует обмен генетическим материалом и в каждой из них происходят свои независимые эволюционные процессы.

В ходе экспедиции были изучены другие реки Онежского полуострова — Галдарея, Усть-Яреньга, Яреньга, где по литературным данным в первой половине XX века велся промысел жемчужницы. К сожалению, моллюски здесь обнаружены не были.

Отсутствие жемчужниц на старых местах ее промысла, низкая доля ювенильных особей в двух выявленных популяциях свидетельствуют фактически об угрозе самого существования этого краснокнижного вида на территории национального парка «Онежское Поморье». В связи с этим необходимы дальнейшее тщательное изучение, как самих моллюсков, так и среды их обитания, а также поиск других возможных мест обитания жемчужниц на Онежском полуострове.

Распределение фитопланктона по продольному профилю Ириклинского водохранилища

Водохранилища по продольному профилю характеризуются весьма различными гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими условиями (Беркович, 2012; Даценко и др., 2017, 2020; Копылов и др., 2019). Изучение горизонтального распределения сообществ гидробионтов в водохранилищах имеет важное фундаментальное и прикладное значение. Мы полагаем, что характер изменений сообществ в пределах от незарегулированного участка реки до приплотинной зоны определяют сезонные и межгодовые колебания стока реки, уровневой и сбросный режимы водохранилища, а также количество атмосферных осадков. В докладе представлены закономерности и межгодовые изменения распределения основных количественных показателей фитопланктона (ФП) реки Урал и четырех русловых плесов Ириклинского водохранилища в мае, июле и октябре 2016-2019 гг.

Выявлено, что характер межгодовых изменений ФП на разных участках зависит, как от влияния одного ведущего фактора, так и от комплекса гидрологических и метеорологических факторов, которые обладают синергическим или антагонистическим эффектом. Среди первой категории факторов основное значение имеет поступление биогенных и органических веществ с водосбора. В условиях сочетания ряда факторов (колебания уровня и температуры воды, суммы атмосферных осадков, объемов притока и сброса) наблюдается усиление эффекта эвтрофирования, последствия которого выражаются в увеличении численности и биомассы ФП за счет цианобактерий, снижении индексов Шеннона, появлении в составе доминантов видов-индикаторов эвтрофных, α -мезо- и полисапробных вод.

Выявлены закономерности и межгодовые особенности распределения ФП по продольному профилю от незарегулированного участка реки Урал до приплотинного плеса водохранилища. В условиях комплексного влияния антропогенных факторов (распашка земель, уничтожение лесополос, коммунальные стоки, интенсивное освоение месторождений) ФП реки Урал на протяжении всего периода исследования отличался высокими численностью и биомассой, которые в отдельные годы и/или сезоны значительно превышали аналогичные показатели в водохранилище. Первыми речные воды принимают верхние плесы водохранилища, где, благодаря снижению скорости течения, аккумулируются органические и биогенные вещества, о чем свидетельствует их высокая концентрация в воде (Павлейчик, Сивохин, 2013; Шашуловская и др., 2020). В результате этого сообщество здесь отличалось максимально высокими численностью и биомассой. Наиболее ярко это проявлялось весной и летом, когда температура воды верхнего плеса была выше, чем на остальных участках. Однако в отдельные годы и практически ежегодно осенью зона формирования количественно богатого ФП наблюдалась в среднем плесе. Механизм этого явления заложен в переменном режиме уровня водохранилища и динамике границ зоны переменного подпора (Маккавеев и др., 1958; Беркович, 2012). В ее пределах выделяются три подзоны, различающиеся по гидрологическому режиму и транспорту наносов (Lin et al., 2007): 1) эпизодического подпора; 2) регулярного периодического подпора; 3) глубокого длительного подпора. Верхний плес водохранилища находится в границах второй и третьей подзон, средний — третьей. Следовательно, при уменьшении уровня водохранилища в отдельные годы и практически ежегодно осенью граница переменного подпора снижалась, и питательные вещества в большей степени проникали до среднего плеса. Необходимо отметить, что осенью температура воды в среднем плесе была выше, чем в реке и в верховье водохранилища. Кроме этого, в отдельные годы осенью наибольшие количественные показатели ФП отмечались в нижнем плесе, что обеспечивалось максимальным проникновением питательных веществ при оптимальном сочетании суммы атмосферных осадков, объемов притока и сброса. В этих условиях

большую роль в развитии ФП играла максимальная температура воды, ежегодно отмечаемая в нижнем плесе, характеризующемся наибольшей глубиной и, следовательно, инертностью при снижении температуры воздуха.

Полученные данные показали, что верхние плесы водохранилища представляют собой не просто переходную зону от речных к озерным условиям, но также выступают гидрологическим, морфологическим, седиментологическим и биологическим барьером между рекой и плесами, расположенными ниже. Максимальные численность и биомасса ФП свидетельствует о проявлении здесь краевого эффекта, что позволяет определить эту зону как экотон (Харченко, 1991; Сахарова, 2017; Holland, 1988; Hillbricht-Ilkowska, 1989). Известно, что в водных экосистемах зоны проявления краевого эффекта менее постоянны во времени и пространстве, их динамика зависима от гидрофизических факторов (Одум, 1975, 1986; Харченко, 1991; Крылов, 2005; Гидроэкология устьевых ..., 2015). В Ириклинском водохранилище в зависимости от уровня воды, соотношения объемов притока и сброса, суммы атмосферных осадков и, как следствие, при разной динамике границ зоны переменного подпора, в разные сезоны и годы участок проявления краевого эффекта регистрировался либо в верхнем, либо в среднем плесах. В исключительных случаях по продольному профилю водохранилища значимых различий количественных характеристик ФП не выявлялось, либо осенью при высоком объеме притока и сброса, а также повышенной температуре воды наибольшие численность и биомасса наблюдались в нижнем плесе.

Ю.А. Дунаева

Библиотека РАН, Санкт-Петербург
E-mail: bibl@zin.ru; djdiuna@rambler.ru

Личная библиотека Арвида Либорьевича Бенинга (1890-1943) как источник дополнительных сведений к биографии ученого

Выдающийся исследователь и организатор науки Арвид Либорьевич Бенинг (1890-1943) прожил всего 53 года, причем несколько лет полноценной работы у него отняли аресты и ссылка. Тем не менее, деятельность А.Л. Бенинга оказала большое влияние на становление и развитие российской пресноводной гидробиологии. В своей исследовательской и организаторской работе он ориентировался на самые высокие международные стандарты. Например, «Русский гидробиологический журнал», выходивший под его редакцией с 1921 по 1929 гг., являлся лучшим российским научным периодическим изданием в данной области того времени. Молодые исследователи, которым посчастливилось поработать с А.Л. Бенингом, приобрели ценный опыт сотрудничества с выдающимся ученым, который установил им высокую планку для всей будущей научной карьеры.

К таким младшим коллегам А.Л. Бенинга относился и Владимир Иванович Жадин. Еще, будучи студентом реального училища, Владимир собирал ракообразных в окрестностях Муроме по заданию Бенинга. Летом 1918 г. Жадин учился определять пресноводных моллюсков, находясь на Волжской биологической станции, директором которой был Бенинг. В один из вечеров, во время общения с Арвидом Либорьевичем, была высказана идея о создании в Муроме Окской биологической станции. При всесторонней помощи Бенинга Жадин в том же году организовал станцию, которая затем на протяжении десяти лет работала в тесном сотрудничестве с Волжской биостанцией. В 1925 г. В.И. Жадин принимал участие в работе Третьего Международного лимнологического конгресса, одним из организаторов которого был А.Л. Бенинг. В длительной поездке участников конгресса по Волге В.И. Жадин имел возможность близкого общения со многими выдающимися отечественными и иностранными учеными.

После окончания Великой Отечественной войны фонды библиотеки Зоологического института РАН (отдела Библиотеки Академии наук РАН при Зоологическом институте РАН, далее — отдел БАН при ЗИН) пополнили несколько крупных частных книжных собраний,

оставшихся после умерших или погибших зоологов, которые до и во время войны работали в институте. Среди этих собраний была и библиотека А.Л. Бенинга. В 1945 г. книги А.Л. Бенинга поступили в нешифрованный фонд отдела БАН при ЗИН. С 1946 по 1953 гг. издания, принадлежавшие выдающемуся гидробиологу, были постепенно переведены в шифрованный фонд.

В 2020-2021 гг. в отделе БАН при ЗИН было проведено специальное исследование для выявления книг с владельческими признаками А.Л. Бенинга. К таким признакам относятся владельческие автографы исследователя, адресованные ему дарственные надписи, и его гравированный экслибрис. К настоящему моменту в основном фонде отдела выявлено 760 изданий, принадлежавших ранее А.Л. Бенингу. Это издания 1778-1939 гг., в основном — западноевропейские публикации. В книжной коллекции предсказуемо преобладают издания по пресноводной гидробиологии (530 единиц), но представлены и другие направления, среди которых: прикладная гидробиология, морская биология, ихтиология и рыбозаводство, отчеты об экспедициях и путешествиях, история науки, география и геология. Хорошо представлена учебная и справочная литература по разным разделам зоологии и общей биологии.

На многих экземплярах из книжного собрания А.Л. Бенинга обнаружены адресованные ему дарственные надписи ведущих российских и зарубежных ученых того времени, говорящие об обширных и активных научных связях исследователя. Некоторые владельческие автографы на титульных листах снабжены указаниями места и времени приобретения книги. Такие автографы позволяют уточнять и получать дополнительную информацию о перемещениях исследователя. А.Л. Бенинг уделял большое внимание оформлению и организации своей библиотеки. Он составлял тематические конволюты из оттисков статей, заказывал для своих книг переплеты.

Те данные, которыми мы располагаем на данный момент, позволяют сказать, что библиотека А.Л. Бенинга заслуживает тщательного изучения. Анализ владельческих автографов и дарственных надписей должен не только дать интересные дополнительные сведения к биографии ученого, но и способствовать раскрытию связей между советскими и зарубежными специалистами в первые десятилетия существования СССР.

Охарактеризовать книжное собрание А.Л. Бенинга можно как многофункциональное. Библиотека ученого могла способствовать решению вопросов, связанных с основной специальностью исследователя, при необходимости давать сведения по разным разделам пресноводной гидробиологии, помогать в редакторской работе. А.Л. Бенинг имел возможность предоставлять разнообразную современную научную литературу коллегам. Судя по книжному собранию, в планах ученого было расширение редакторской деятельности, создание научной школы. Библиотека А.Л. Бенинга — это обширный, но при этом очень аккуратно и логично организованный справочный аппарат, которым удобно пользоваться. В целом книжное собрание говорит о чрезвычайно высоком научном потенциале владельца, раскрывает его личность как преданного библиофила.

В.С. Жихарев, Д.Е. Гаврилко, И.А. Кудрин, Г.В. Шурганова
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
E-mail: slava.zhiharev@bk.ru

Структурная организация зоопланктона устьевых областей эстуарного типа (на примере крупных притоков Чебоксарского водохранилища)

Анализ литературных данных показывает, что на участках рек, различающихся влиянием гидрологических, антропогенных и зоогенных факторов, имеет место разница в видовой структуре планктонных организмов. Многими авторами предпринимались попытки решения проблемы непрерывности и дискретности сообществ гидробионтов, в частности, зоопланктонных сообществ рек и равнинных водохранилищ. При этом для устьевых областей рек — притоков равнинных водохранилищ исследований, направленных на решение проблемы

пространственной организации сообществ зоопланктона, мало. Эта проблема остается открытой, а знания по-прежнему очень неоднородны по своему содержанию и полноте. Устьевые области рек являются биофондом для равнинных водохранилищ благодаря формированию экотон, в которых видовое разнообразие и количественное развитие зоопланктона существенно выше по сравнению с граничащими акваториями.

В рамках настоящей работы в августе 2020 г. было обследовано две устьевые области эстуарного типа крупных рек Ветлуга и Сура. В каждой устьевой области изучался десятикилометровый участок от свободного течения реки до ее слияния с водохранилищем. Кроме того, были отобраны пробы в водохранилище выше и ниже притока. Пробы собирали путем тотального лова от дна до поверхности планктонной сетью (ячей 70 мкм).

Для классификации сообществ зоопланктона был проведен кластерный анализ. В качестве метрики сходства использовали косинус угла между векторами. Выбор метода объединения проб проводили на основе расчета коэффициентов кофенетической корреляции и расстояний Говера. Наилучшую классификацию дал метод средней связи. Для выбора оптимального числа кластеров использовались ширина силуэта и коэффициент Мантеля. Максимальные значения этих показателей достигались при разбиении на четыре кластера. Итоговые дендрограммы иерархической кластеризации проб зоопланктона рек Сура, Ветлуга и Чебоксарского водохранилища позволили выявить четыре кластера, которые располагались в строгом соответствии с их расположением по ходу течения рек и приустьевым областям водохранилища. Таким образом, были выделены четыре сообщества зоопланктона, которые соответствуют определенным зонам: зона свободного течения реки, зона экотона, переходная зона между притоком и приемником и непосредственно зона приемника (водохранилище).

Для каждого выделенного сообщества зоопланктона были рассчитаны: средняя численность и таксономическое богатство, индексы видового богатства Маргалефа, Менхиника и видового разнообразия Шеннона. С использованием критерия Краскела-Уоллиса и Данна было установлено, что статистически значимо ($p \leq 0,05$) в зоне экотона увеличивается численность и таксономическое богатство зоопланктона, а также значения индексов видового богатства и разнообразия. Это подтверждает классические представления о проявлениях экотонного эффекта. Таким образом, устьевые области эстуарного типа, обладают особой буферной зоной — экотон, который является рефугиумом для большого количества видов зоопланктона и в котором происходит его массовое развитие. Анализ видовой структуры выделенных сообществ зоопланктона показал, что по продольному профилю устьевых областей по направлению к водохранилищу происходит смена комплекса доминирующих видов с типичных реофильных седиментаторов на крупных лимнофильных фильтраторов и хищников. В зоне экотона концентрируются как реофильные, так и лимнофильные виды. При этом доминирующий комплекс видов в зоне экотона расширяется и усложняется.

Для установления связи видовой структуры сообществ зоопланктона с факторами окружающей среды были построены модели на основе анализа избыточности с использованием следующих предикторов: температура воды, удельная электропроводность, pH, мутность, содержание растворенного кислорода, хлорофилла «а», фикоцианина, общего фосфора и прозрачность воды. Модели строились сначала для отдельных переменных, а затем для их комплекса. Статистический анализ изменчивости видовой структуры для каждого отдельного фактора показал, что статистической значимостью ($p \leq 0,05$) характеризовались все факторы, кроме pH и хлорофилла «а», однако многие из них обладали избыточной корреляцией. В итоговую экономную модель были отобраны только прозрачность воды, содержание растворенного кислорода и электропроводность воды. Данная модель значимо объясняла 48,4% от общей дисперсии видовой структуры сообществ зоопланктона. Статистически значимыми были первая (33,3%) и вторая (11,7%) оси. Установлено, что наибольшее влияние на видовую структуру исследуемых сообществ оказывала прозрачность воды: в Чебоксарском водохранилище данный показатель в среднем был в 1,5 раза выше, чем в исследованных реках. Различия видовой структуры сообществ рек Ветлуга и Сура объяснялись обратно коррелирующими между собой содержанием растворенного кислорода и электропровод-

НОСТЬЮ ВОДЫ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-34-90097), а также Русского географического общества в рамках грантовых экспедиций «Плавучий университет Волжского бассейна» № 07/2020-р и № 17/2021-Р.

Т.В. Золотарева¹, Г.В. Шурганова¹, В.С. Жихарев¹, Д.Е. Гаврилко¹,

И.А. Кудрин¹, А.А. Колесников¹, Е.В. Шурганова²

¹Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

²Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород

E-mail: tanyakuklina.nn@yandex.ru

Численность и размерные характеристики чужеродной коловратки *Kellicottia bostoniensis* Rousselet, 1908 в озерах особо охраняемых природных территорий Нижегородской области

В настоящее время не ослабевает интерес исследователей к изучению распространения и влияния на планктонные сообщества североамериканской коловратки *Kellicottia bostoniensis* Rousselet, 1908. *K. bostoniensis* обнаружена в разнотипных водоемах и водотоках Нижегородской области, в том числе, идентифицирована нами в 16 озерах, имеющих статус особо охраняемых природных территорий (ООПТ) или расположенных на таких территориях.

В результате исследований гидробиологического материала, собранного в летний период 2013-2018 гг., чужеродный вид был выявлен нами в карстовых, в том числе, глубиной до 16 м, озерах, расположенных на территории заказника «Пустынский» (озера Великое, Свято, Глубокое, Паровое, Долгое) и памятника природы «Озеро Чарское и прилегающий лесной массив» (озеро Чарское). Трофический статус водоемов колебался от мезотрофного до эвтрофного, реакция среды преимущественно нейтральная и слабощелочная, за исключением озера Чарского с кислой реакцией. Также коловратка *K. bostoniensis* была идентифицирована в мелководных (глубина до 4 м) полигуменных пойменных озерах реки Керженец (Сиротинное, Черный Яр, Драничное, Гришино, Новая старица, Чернозерское-1, Чернозерское-2), расположенных на территории Керженского биосферного заповедника. Трофический статус водоемов оценивался от дистрофного до мезотрофного, реакция среды — от кислой до нейтральной.

В 2019 г. было установлено два новых местообитания *K. bostoniensis*. Это озера Кочешковское и Жаренское — памятники природы регионального значения. Максимальная глубина этих озер составляла 13 м, рН воды изменялся от 8,36 до 9,37 (щелочная и сильнощелочная реакция среды). При этом озеро Жаренское характеризовалось самым низким значением электропроводности (19 мкСм/см) среди всех озер, где была обнаружена чужеродная коловратка.

В разные годы исследований *K. bostoniensis* входила в комплекс доминирующих видов зоопланктона, как относительно глубоких озер (Чарское, Свято, Жаренское, Глубокое), так и неглубоких пойменных озер реки Керженец (Новая старица, Чернозерское-2).

Проведенный анализ морфометрических характеристик *K. bostoniensis* исследованных водоемов показал следующее. Общая длина тела коловратки изменялась в широких пределах — 236-470 мкм, длина панциря варьировала от 102 мкм до 125 мкм, длина заднего шипа — от 80 мкм до 142 мкм, длина самого длинного переднего шипа — от 100 мкм до 162 мкм, ширина тела — от 50 до 60 мкм.

На основании непараметрического критерия Крускала–Уоллиса и множественного попарного сравнения значений исследованных параметров коловраток с помощью критерия Уилкоксона с поправкой Холма были установлены статистически значимые различия общей длины тела особей исследованных озер. Так, статистически значимо отличались ($p < 0,05$)

наиболее крупные коловратки *K. bostoniensis* мезотрофных глубоководных озер Свято (медианное значение общей длины тела составляло 417 мкм), Кочешковское (387 мкм), Жаренское и Чарское (370 мкм). Достоверно ($p < 0,05$) отличались мелкие (238 мкм) особи неглубокого (значения глубин составляли 1,1-2 м) озера Гришино. Отмечено сходство общей длины тела (339-346 мкм) особей неглубоких (до 3 м) пойменных озер Черный Яр, Драничное, Чернозерское-1. Статистически значимо ($p < 0,05$) отличались от остальных водных объектов коловратки мелководного эвтрофного озера Чернозерское-2, характеризовавшегося высоким содержанием растворенного кислорода. Вероятно, совокупное влияние небольшой глубины и эвтрофных условий при высокой концентрации кислорода обусловили большую длину тела коловраток здесь, чем в озере Гришино, но меньшую, чем в остальных водоемах. Установлено, что длина тела *K. bostoniensis* эвтрофных озер Великое, Глубокое, Паровое, Долгое сходна, но статистически значимо меньше, чем особей мезотрофных озер Свято, Кочешковское, Жаренское и Чарское. Сходными размерами также характеризовались коловратки, обитавшие в озерах со средней июльской температурой воды 20°C (карстовые озера Великое, Глубокое, Паровое, Долгое и пойменные озера Черный Яр, Чернозерское-1, Драничное).

Таким образом, коловратка *K. bostoniensis* выявлена в разнотипных озерах ООПТ Нижегородской области. В некоторых исследованных водоемах чужеродный вид входил в число доминантов. Морфологические показатели *K. bostoniensis* уменьшаются в направлении возрастания трофического статуса озер от мезотрофного к эвтрофному. Статистически значимое увеличение общей длины тела коловратки выявлено в глубоких озерах (более 10 м) по сравнению с более мелководными водоемами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-34-90013).

И.В. Зуев¹, П.Ю. Андрущенко^{1,2}, Н.О. Яблоков^{1,3}, Д.В. Дементьев², Т.А. Зотина^{1,2}

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск

²Институт биофизики Федерального исследовательского центра
«Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск

³Красноярский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Красноярск
E-mail: pandrushchenko1995@mail.ru

Идентификация оседлых и мигрирующих хариусов в реке Енисей с использованием чешуи

Зарегулирование стока рек плотинами гидроэлектростанций (ГЭС) оказывает существенное воздействие на популяции мигрирующих видов рыб, препятствуя их перемещению между участками верхнего и нижнего бьефа. Нарушение уровня и термического режима реки в нижнем бьефе ГЭС также может приводить к модификации миграционного процесса, как в пределах основного русла, так и между основным руслом и его придаточной системой. Мы предполагаем, что, вследствие установления комфортных летних температур воды в основном русле Енисея, обитающий здесь байкальский хариус *Thymallus baicalensis* Dybowski, 1874 частично перестал мигрировать в притоки, а также нарастил свою численность и характеризуется повышенным темпом роста. При этом притоки Енисея на данном участке также населены хариусом, происхождение которого остается неизвестным.

Естественным маркером хариусов, населяющих основное русло термически измененного участка реки Енисей в нижнем бьефе Красноярской ГЭС, является структура чешуи. Дополнительным маркером является повышение по сравнению с фоновым содержания техногенных радионуклидов, в частности, Cs-137, за счет радиоактивных сбросов Горнохимического комбината государственной корпорации «Росатом» (ГХК), расположенного в районе г. Железногорска.

В работе изучена возможность использования чешуи байкальского хариуса *T. baicalensis*

в качестве маркера мигрирующих и оседлых рыб на участке реки Енисей с измененным термическим режимом в нижнем бьефе Красноярской ГЭС. Для тестирования метода использована выборка из 161 особи хариуса, собранная на участке основного русла Енисея в районе устья реки Кан вблизи села Хлоптуново (56°28'05"с.ш., 93°38'53"в.д.) в июле — ноябре 2019 г. На основании ранее полученных данных о повышенном количестве склеритов во втором годовом кольце чешуи хариусов из основного русла Енисея выборка дифференцирована на две группы. Особи, имеющие 15 и более склеритов во втором годовом кольце, отнесены к потенциально оседлым; особи, имеющие менее 15 склеритов — к потенциально мигрирующим.

Доля мигрантов в общей выборке составила 18,6%. Наибольший их процент отмечен в июле (24%), в августе — сентябре он составлял 20-22%, в октябре — 15%, в ноябре мигранты не встречались. Статистически значимые ($p < 0,05$) различия по линейным размерам между оседлыми и мигрирующими рыбами 2–3-летнего возраста выявлены в июле — августе; различия по содержанию Cs-137 зафиксированы в августе. На основании полученных результатов предложена модель распределения хариуса, согласно которой особи в летнее время массово перемещаются из крупных прогретых притоков в основное русло Енисея, где температура воды не превышает 12°C. Предложенный подход позволяет выявлять особей, расселяющихся из притоков, но не пригоден для идентификации половозрелых рыб, осуществляющих кратковременные внутриречные миграции. Результаты исследования также показывают, что притоки по-прежнему обеспечивают заметный вклад в численность хариуса на термически измененном участке среднего Енисея. В районе устья реки Кан, одного из крупных притоков среднего Енисея, доля мигрантов в летне-осенний период 2019 г. составляла около 20% от общей численности хариуса.

К.В. Исакова

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: ksusha_isakova@mail.ru

Изучение возрастного состава реликтового рачка *Monoporeia affinis* в Петрозаводской губе Онежского озера

Реликтовый рачок *Monoporeia affinis* Lindström, 1855 имеет арктическое происхождение и относится к видам, широко распространенным в океанических и континентальных водах Голарктики. После схода ледника произошла миграция рачков из Северного Ледовитого океана и вселение их в глубоководные озера Фенноскандии. В крупных озерах Скандинавии выделяются три возрастные группы рачков. Отличительной особенностью этого вида является зимнее размножение. Спаривание происходит в конце осени — начале зимы, в конце третьего года жизни, после чего самцы погибают, а самки всю зиму вынашивают яйца в выводковой сумке. В весенний период после появления молоди самки отмирают.

Цель нашей работы состоит в изучении возрастного состава рачка *M. affinis* в Петрозаводской губе Онежского озера.

Донная фауна Онежского озера, второго по величине пресноводного водоема Европы, представлена множеством видов, среди которых выделяется рачок *M. affinis*, который доминирует среди представителей глубоководного бентоса озера. Важность исследования его биологии и необходимость мониторинга состояния популяции связано с заметной ролью в пищевых сетях. Детритофаг *M. affinis* питается оседающим на дно фитопланктоном, а также служит важнейшим кормовым объектом сигов Онежского озера. В связи с изменением климата и увеличением стока гумусовых веществ становится особенно актуальным мониторинг качества воды Онежского озера. Отметим, что рост концентрации железа в донных отложениях сказывается на макрозообентосе.

Отбор проб ракообразных производился в мае — ноябре 2015-2018 гг. в Петрозаводской губе на трех станциях (P_2, координаты 61°48'26,8"N, 34°26'1,1"E; P_3, координаты 61°46'7,7"N, 34°31'55"E; P_4, координаты 61°44'50"N, 34°35'24"E) на глубине 27-29 м.

Пробы отбирались с помощью дночерпателя автоматического коробчатого с площадью захвата 0,025 м² на научно-исследовательском судне «Эколог».

С использованием стереоскопического микроскопа МСП-2 выполнены замеры длины тела у 1 489 экземпляров рачка *M. affinis*. По результатам составлена база данных в среде MS Excel. Все расчеты и моделирование выполнены в среде R.

Изучение размерных характеристик показало сильную неоднородность состава популяции *M. affinis* Петрозаводской губы. Общее асимметричное распределение значений размеров тела всех возрастных групп с помощью имитационного моделирования было декомпозировано на три нормальных распределения (отдельно для каждого возрастного класса особей со своими параметрами — средними, дисперсиями и объемами выборок). Для стабилизации этих параметров в модель был введен эффект удельной смертности (S), «оптимизирующий» теоретическую численность разновозрастных рачков, в сумме дающих исходное распределение. Расчеты позволили выявить три разновозрастные группы (сеголетки, растущие и созревающие). Численность этих групп с возрастом снижается. Полученные результаты соответствуют литературным данным по другим водоемам, где популяция *M. affinis* также состоит из трех возрастных групп разных лет рождения.

А.С. Кадомцева, Е.В. Комарова, Т.Г. Стойко
Пензенский государственный университет, Пенза
E-mail: kadomtsevaa@bk.ru

Моллюски временных водоемов в пойме реки Старая Сура (г. Пенза)

Временные, или пересыхающие, водоемы — уникальный тип водных экосистем. Небольшая продолжительность существования и малые размеры позволяют использовать их в качестве модельных объектов для фундаментальных исследований закономерностей формирования популяций и сообществ гидробионтов, а их нестабильные условия обитания удобны для изучения адаптивных возможностей водной биоты.

Временные водоемы могут быть облигатными (пересыхающими всегда) и факультативными (пересыхающими периодически). В Пензенской области, которая лежит в умеренном географическом поясе, на стыке лесной, лесостепной и степной природных зон, временные водоемы чаще всего образуются весной, в период таяния снегового покрова и весеннего разлива рек (половодья). Этот период обычно приходится на конец апреля — начало мая. Временные водоемы могут возникать и после обильных дождей летом и следующих за этим разливов рек (паводки). Однако в связи с зарегулированностью стока равнинной реки (наличие плотин и водохранилищ) летние паводки и, соответственно, временные водоемы, стали редким явлением. Цель исследования — изучить видовой состав моллюсков некоторых старичных временных водоемов на территории г. Пензы.

Река Сура в г. Пензе и ее окрестностях с 1942-1943 гг. испытала значительное естественное и антропогенное (строительство плотин) воздействие, что вызвало изменение ее русла. В недавнем прошлом пойма старого русла, которое было основным, находилась под активным влиянием геологической деятельности реки. В настоящее время в черте города протекает не только река Сура, но и река Старая Сура. На некоторых участках по правому склону реки Старая Сура наблюдаются выходы коренных пород — мергелей верхнемеловой системы. На одном из таких участков правого высокого прибрежного склона в оврагах весной текут мощные ручьи, которые к концу лета пересыхают.

Нами были изучены моллюски во временных водоемах, расположенных в пойме реки Старая Сура в левобережье (микрорайон Барковка) и на расстоянии около 3 км на левом и правом берегах старицы (микрорайон Ахуны). Пробы были взяты весной 2018-2019 гг., весной и осенью в 2021 г., с использованием стандартных методов, применяемых при изучении макрозообентоса. Осенью в пересохших временных водоемах взяты почвенные пробы. При определении прудовиков препарировали копулятивный аппарат и рассчитывали индекс ИКА.

Линейные размеры мелких моллюсков измеряли под биноклем окулярной линейкой с точностью до 0,1 мм, а улиток, размеры которых превышали 10 мм, с использованием штангенциркуля. Также подсчитывали количество оборотов раковины и измеряли их высоту.

Всего отмечено 23 вида моллюсков: в Барковке — 14, в Ахунах — 19. Только во временных водоемах найдены следующие виды моллюсков: *Costatella acuta* Millet, 1813, *Aplexa hypnorum* (Linnaeus, 1758), *A. turrita* (O.F. Müller, 1774), *Aenigmomphiscola europaea* Kruglov et Starobogatov, 1981, *Lymnaea tumida* Held, 1836, *L. terebra* (Westerlund, 1884), *Anisus spirorbis* Linne, 1758, *A. leucostoma* (Millet, 1813). Большее разнообразие моллюсков в водоемах микрорайона Ахуны, возможно, связано с более близким расположением к реке Старая Сура и проникновением некоторых видов в эти водные объекты с экстремальными условиями.

Один из видов, обнаруженных во временных водоемах в Ахунах, *Costatella acuta*, наиболее успешный инвазионный пресноводный моллюск. Большинство исследователей он рассматривается как вид североамериканского происхождения, который был завезен в качестве аквариумного и успешно распространился по всей Евразии. Из прудовиков впервые обнаружен немногочисленный вид *Aenigmomphiscola europaea* (1-2 экз./м²). Еще один вид *Lymnaea terebra*, напротив, оказался многочисленным (26 экз./м²) на правом берегу реки Старая Сура в одном из пересыхающих водоемов (Барковка) и на склоне в пересохшем ручье (Ахуны). Этот вид широко расселен по Сибири и в водоемах Восточной Европы, но до настоящего времени достоверно не указывался для Европейской России. Параметры раковины вида *L. terebra* из ручья заметно отличались от популяции из равнинного временного водоема в Барковке: в пересохшем ручье у большинства прудовиков количество оборотов раковины — 7 и ее высота 21-26 мм, в то время как в равнинном временном водоеме максимальное количество оборотов — 5-6 и высота раковины — 15-18 мм.

Еще одним многочисленным видом во временных водных объектах оказались моллюски *Aplexa turrita*. При этом в пересохшем ручье преобладали раковины с 6 оборотами и высотой до 18 мм, а в равнинных водоемах левого берега — только с 5 оборотами и высотой до 13 мм.

Таким образом, нами установлены различия в размерах раковин двух видов улиток из разных популяций. На рост и развитие этих доминирующих видов моллюсков, обитающих в ручье, повлияли внешние условия — содержание в почве карбонатов, концентрация кислорода в воде и, возможно, особенности температурного режима.

А.В. Кондаков^{1,2}, И.Н. Болотов^{1,2}, Е.С. Коноплева^{1,2}, И.В. Вихрев^{1,2}, О.В. Аксенова^{1,2},
Ю.В. Беспалай^{1,2}, М.Ю. Гофаров^{1,2}, О.К. Клишко³, А.А. Томилова¹, М.В. Винарский⁴

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск

³Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

E-mail: akondakv@yandex.ru

Интегративная таксономия, биогеография и охрана пресноводных двустворчатых моллюсков (Unionidae) России

Пресноводные моллюски отряда Unionida являются экологически и экономически важной группой гидробионтов. Они чувствительны к загрязнению окружающей среды, деградации местообитаний, климатическим изменениям, и другим антропогенным и естественным факторам. Данные гидробионты широко распространены по всей территории России и играют роль ключевых таксонов в пресных водоемах Европейской части, Сибири и Дальнего Востока.

Первые работы по изучению систематики унионид России появились еще в середине XIX века, однако более обширные исследования начались только в XX веке. Большой вклад в изучение этой группы гидробионтов внесли такие крупные ученые-малакологи, как

А.Т. Булдовский, В.И. Жадин, И.М. Москвичева, Я.И. Старобогатов, и др. Однако все эти выдающиеся работы были основаны только на использовании морфологического подхода, который не всегда надежен при идентификации Unionidae в силу высокой фенотипической пластичности формы их раковины. В свою очередь, изучению основных вопросов систематики и закономерностей распространения унионид России с помощью методов интегративной таксономии уделяется недостаточно внимания. Имеется ряд работ иностранных коллег, поверхностно охватывающих фауну России из-за недостатка данных, а также исследования отечественных малакологов, освещающих таксономию таких родов, как *Cristaria*, *Sinanodonta*, *Anodonta*, *Unio*, *Nodularia* и *Middendorffinaia*. Таким образом, целью нашего исследования было провести комплексную таксономическую ревизию унионид России на основе обширного набора молекулярных данных, выяснить закономерности их распространения и оценить природоохранный статус.

На основании многолокусовой филогении, построенной по трем молекулярным маркерам (COI, 16S рРНК и 28S рРНК), было выявлено, что фауна унионид России включает 16 аборигенных видов, принадлежащих 11 родам и четырем трибам: *Anodonta*, *Pseudanodonta* (Anodontini), *Amuranodonta*, *Beringiana*, *Buldowskia*, *Cristaria*, *Sinanodonta* (Cristariini), *Middendorffinaia*, *Nodularia*, *Unio* (Unionini), и *Lanceolaria* (Lanceolariini). Кроме того, на территории России обитает инвазивный вид *Sinanodonta woodiana*, который был интродуцирован из Китая. *Anemina* согласно текущим данным включает три дивергентных линии, соответствующие отдельным родам: *Anemina* s. str. (встречается в Китае, Южной Корее и Японии), *Amuranodonta* (бассейн Амура в России и Китае), и *Buldowskia* (Дальний Восток России, Корея и Япония).

Анализ главных компонент, основанный на использовании данных об ареалах распространения унионид, показал, что территория России может быть разделена на два подрегиона: Западная Палеарктика и Восточная Палеарктика. Таким образом, существуют две группы фаун Unionidae. Первая группа включает шесть видов из трех европейских родов: *Anodonta anatina*, *A. cygnea*, *Pseudanodonta complanata*, *Unio tumidus*, *U. pictorum*, и *U. crassus*. Ареал их обитания охватывает территорию Европейской России до бассейна Лены. Вторая группа распространена в реках Сибири, расположенных восточнее бассейна Лены, бассейне Амура, водоемах бассейна Охотского и Японского морей, и на северных островах Тихого океана (Сахалин и Курильские острова). Фауна включает 10 видов внутри восьми родов из Восточной Азии: *Amuranodonta kijaensis*, *Beringiana beringiana*, *Buldowskia suifunica*, *B. shadini*, *Cristaria plicata*, *Lanceolaria grayii*, *Middendorffinaia mongolica*, *Nodularia douglasiae*, *Sinanodonta lauta*, и *S. schrenkii*.

В целом, фауна унионид России не отличается большим разнообразием, и число ранее зарегистрированных таксонов (около 100) было в значительной мере переоценено из-за использования морфологического подхода к идентификации видов. В соответствии с полученными результатами только шесть таксонов унионид, описанных в период развития компараторного метода, являются валидными. Среди них четыре рода (*Amuranodonta*, *Beringiana*, *Buldowskia*, и *Middendorffinaia*) и два вида (*Amuranodonta kijaensis* и *Buldowskia shadini*).

Большинство видов унионид России являются эврибионтами и имеют охранный статус вызывающих наименьшие опасения (Least Concern, LC). На основании данных о распространении унионид были даны рекомендации по включению пяти таксонов в Красную книгу России как редких (категория 3 статуса редкости видов), встречающихся на ограниченной территории (*Buldowskia suifunica* и *Sinanodonta lauta*) или спорадически распространенных на значительных территориях (*Amuranodonta kijaensis*, *Lanceolaria grayii* и *Middendorffinaia mongolica*).

Экспедиционные работы выполнены в рамках государственного задания FUUW-2022-0056, секвенирование образцов выполнено за счет средств Российского научного фонда (проекты № 21-74-10155 и № 21-74-10130).

О приоритетах в современной гидробиологии

В противоположность устоявшимся представлениям автор полагает, что гидробиология не представляет собой самостоятельной науки, а является по существу масштабным научным направлением, посвященным изучению жизни в водной среде. Это направление включает в себя целый спектр предметных и аспектных наук: зоологию, ботанику, ихтиологию, микробиологию, экологию, биоценологию, и пр., которые входят в гидробиологию в той их части, которая касается водной среды. Именно признание всех этих дисциплин важными составными частями гидробиологии, а не внешними к ней, не отождествление с ней одной лишь водной экологии (гидроэкологии), должно способствовать целостному и гармоничному развитию всего направления.

Изучение качественного состава или иначе биоразнообразия водной биоты легло в основание становления гидробиологии (Zacharias, 1891; Винберг, 1975). Но о значении развития данной тематики вскоре стали забывать, считая, что описательный период в ней вполне закончился (Зернов, 1949; Константинов, 1967; Винберг, 1988). Гидробиология стала рассматриваться как сугубо экологическая дисциплина, призванная в основном изучать продукционные процессы и биотический круговорот в водной среде.

Во второй половине XX столетия в гидробиологии наметилась смена парадигм, сдвиг интересов в сторону популяционной экологии (синэкологического редукционизма) (Гиляров, 1981, 1988), когда основное внимание стало уделяться внутри- и межпопуляционным взаимодействиям. В такой ситуации неизбежно возрастает значимость познания реального биоразнообразия водных сообществ, начало изменений представлений о котором, понимание его гораздо большей сложности, чем это представлялось ранее, также приходится на вторую половину прошедшего столетия (Freu, 1982, 1987; Balian et al., 2008).

Из примерно 1 500 000 известных видов животных около 430 000 (~30%) составляют представители водной фауны, из которых приблизительно 130 000 обитают во внутренних водоемах. Однако очень многие виды остаются неизвестными науке. Несмотря на определенную интенсификацию зоолого-гидробиологических исследований, имеется немало примеров недостаточной изученности большинства групп гидрофауны, в частности, в континентальных водоемах особенно слабо изученными остаются Nematoda, Gastrothricha и Turbellaria (Balian et al., 2008). Для Isopoda внутренних вод описано лишь около трети от ожидаемого числа видов (Wilson, 2008). Более половины из примерно 200 видов Cladocera, известных в России, имеют достаточно неопределенный таксономический статус.

Современная зоология, в частности, систематика и фаунистика, переживают несомненный кризис в плане понимания научной значимости, финансирования и дефицита специалистов (Agnarsson, Kutner, 2007; Kotov, Gololobova, 2016). В России, несмотря на определенные положительные сдвиги, продолжает наблюдаться недопонимание необходимости развития данных дисциплин. Отсутствие осмысленной программы стимулирования исследований биоразнообразия важнейших групп отечественной гидрофауны сообщает процессу стихийный характер. В России нет специалистов по систематике ряда важных групп беспозвоночных континентальных вод: Rotifera, крупным Branchiopoda (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata, Laevicaudata), Ostracoda и пр. По другим группам они единичны. Недостаточно внимание к зоологическим коллекциям, которые, по сути, являются бесценным национальным достоянием, и образовательным программам в данной области знания.

А.В. Кропотин, Ю.В. Беспалая, Д.М. Палатов, М.Ю. Гофаров,
А.В. Кондаков, И.В. Вихрев, И.Н. Болотов
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск
E-mail: alekscropotin@yandex.ru

Ассоциация поденок *Symbiocloeon* (Ephemeroptera) и двустворчатых моллюсков *Corbicula*

Симбионты, комменсалы и паразиты, обитающие в мантийной полости пресноводных двустворчатых моллюсков, активно изучаются в настоящее время (Brian, Aldridge, 2019, 2021; Bolotov et al., 2019, 2020). Большой интерес к этой теме вызван негативным влиянием паразитов на популяции моллюсков (Jokela et al., 2005; Walker, 2017) и неполной изученностью взаимоотношений в случае симбиоза и комменсализма (Brian, Aldridge, 2019). Двустворчатые моллюски выполняют важнейшую роль в экосистемах, в связи с этим, понимание взаимодействия между ними и их сожителями является одним из приоритетных направлений исследований (Ferreira-Rodríguez et al., 2019; Brian, Aldridge, 2019).

Моллюски рода *Corbicula* являются одними из наиболее успешных видов-вселенцев в водные экосистемы Америки и Европы (Pigneur et al., 2014; Bessalaya et al., 2019). Однако, несмотря на интенсивные исследования, информации об их паразитофауне, симбионтах и комменсалах в настоящее время недостаточно (Taskinen et al., 2021; Brian et al., 2021). Цель настоящего исследования — изучение организмов, обитающих в мантийной полости *Corbicula* в пределах нативного ареала. Экспедиционные исследования проводились в 2018-2020 гг. в Таиланде и Лаосе (бассейн Меконга). В ходе работ были обнаружены личинки поденок в мантийной полости *C. fluminea* (Müller, 1774). Их определение базировалось на применении молекулярных и морфологических методов (Bolotov et al., 2020). Это первая находка личинок рода *Symbiocloeon* (Ephemeroptera: Baetidae) в моллюсках рода *Corbicula*.

В целом было обследовано 175 особей *C. fluminea*, из них в 47 особях на жабрах или, в редких случаях, на основании ноги, были найдены личинки. Выявлено, что личинки имеют ряд морфологических адаптаций для обитания в специфической среде, а именно — значительную редукцию элементов хитома сегментов груди и брюшка (исчезновение жестких щетинок, зубцов, шипиков), увеличение площади дыхательной поверхности тергалий и специфическую модификацию ротовых придатков.

Проведенный молекулярно-генетический анализ позволил подтвердить, что обнаруженные образцы на 17% (по гену COI) отличаются от представленных в базах данных представителей семейства Baetidae. Это указывает на то, что это отдельный род насекомых, который в настоящий момент достаточно плохо изучен.

Впервые установлено, что поденки рода *Symbiocloeon* могут использовать двустворчатых моллюсков *Corbicula* в качестве хозяина для развития личинок. Однако пока неясно, следует ли классифицировать их взаимоотношения как симбиоз или же это комменсализм. Данный вопрос требует дальнейших исследований.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-14-00092, руководитель — Ю.В. Беспалая).

Л.Б. Кушникова
Алтайский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»,
Усть-Каменогорск, Казахстан
E-mail: lbk249157@mail.ru

Современное состояние макрозообентоса основных нерестовых рек Маркакольского заповедника

Интерес к гидробиологическим исследованиям рек, впадающих в озеро Маркаколь

(Восточно-Казахстанская область), на территории Маркакольского государственного природного заповедника обусловлен их малой изученностью. Эти водотоки относятся к лососевым и имеют важное рыбохозяйственное значение, так как в них происходит нерест производителей и нагул молоди узкоареального, эндемичного подвида лососевых рыб — маркакольского ленка *Brachymystax lenok savinovi* Mitrofanov, 1959. Целью настоящего исследования было определение структурной организации сообществ макрозообентоса рек Еловка, Урунхайка, Тополевка, Матабай на современном этапе, оценка их импактного состояния для дальнейшего использования в качестве «регионального фона» при проведении гидробиологического мониторинга, а также для расчета рыбопродуктивности водных объектов.

Исследования проводили в период открытой воды с апреля по октябрь 2021 г. Отбор проб проводили на реках Еловка, Урунхайка, Тополевка, Матабай, начиная от приустьевых участков до 5-10 км по направлению к истоку, всего на 16 станциях. На каждой станции отбирали три повторности. Грунт на всех станциях песчано-галечный, каменистый. Пробы отбирали батометром Садовского и дночерпателем Петерсена с площадью захвата соответственно 1/100 и 1/40 м². Собрано и обработано 112 проб.

В составе макрозообентоса лососевых рек Маркакольского заповедника зарегистрировано 37 таксонов беспозвоночных из двух типов, трех классов и трех отрядов. Максимальное количество таксонов отмечено для реки Еловка — 24 таксона. Несколько меньше, 22 таксона, зарегистрировано в реке Урунхайка. В реках Тополевка и Матабай найдено 12 и 10 таксонов соответственно. Основу бентоса составляли амфибиотические насекомые. Наибольшим таксономическим богатством характеризуются личинки двукрылых (19 таксонов) и личинки ручейников (10 таксонов), однако они встречаются единично. Доминантное ядро макрозообентоса представлено гаммарусами *Gammarus lacustris* Sars, личинками веснянок *Skwala pusilla* Klapalek и личинками поденок *Ephemerella ignita* Poda.

Видовое разнообразие сообществ (по индексу Шеннона–Уивера) незначительно варьирует в течение периода открытой воды. На реках Тополевка и Матабай с низким числом таксонов и выраженной иерархией структуры значения индекса не превышали 1,5-1,8 бит/экз. Максимальные величины индекса Шеннона–Уивера зарегистрированы для рек Еловка и Урунхайка — 2,1-3,4 бит/экз.

Для количественного определения степени сходства биоценозов макрозообентоса четырех лососевых водотоков, которые находятся в одной физико-географической зоне, применяли бинарный коэффициент Жаккара. Согласно проведенным расчетам, биоценозы рек делятся на пары: реки Еловка и Урунхайка (коэффициент сходства 0,44) и реки Матабай и Тополевка (коэффициент сходства 0,47). Значения остальных коэффициентов составили от 0,19 до 0,22, что указывает на низкую степень сходства биоценозов.

Количественные показатели развития макрозообентоса отличались как по водотокам, так и по сезонам. Сообщества макрозообентоса характеризуются летним пиком численности и биомассы, что определяется гидрологическим режимом и особенностями жизненных циклов. В целом значения численности и биомассы более высоки для рек с наибольшим видовым разнообразием (Еловка и Урунхайка), где они варьировали от 2 280 до 2 448 экз./м² и от 24,01 до 42,23 г/м². Высокие значения биомассы обеспечивались за счет малочисленных, но крупных личинок ручейников. На реках Матабай и Тополевка значения численности и биомассы в два раза ниже приведенных величин для Еловки и Урунхайки. Согласно классификации С.П. Китаева (2007) по биомассе данные реки относятся к высокому классу трофности.

При оценке качества воды с помощью биотического индекса Вудивисса установлено, что качество поверхностных вод изучаемых водотоков соответствует II классу (воды чистые) при значении 7 для рек Тополевка и Матабай и 9 для рек Еловка и Урунхайка.

Сообщества макрозообентоса исследованных рек могут служить «эталонными» для данного региона.

Исследования финансируются Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Казахстана (грант BR 10264236).

К вопросу о методических подходах к оценке влияния малой ГЭС на зоопланктон реки

Одно из направлений в создании независимого энергетического комплекса Камчатки — это строительство малых гидроэлектростанций (малых ГЭС или мГЭС). Толмачевская ГЭС-2 с установленной мощностью 24,8 МВт по существующей в России классификации относится к малым ГЭС. Это средняя и наиболее мощная из трех станций Толмачевского каскада, расположенная на участке русла реки Толмачева (бассейн реки Большая) в 6,2 км от Толмачевского водохранилища озерного типа (образовано на месте озера Толмачева). Толмачевская ГЭС-2 представляет собой деривационную электростанцию с подводящей деривацией в виде трубопровода. Напорные сооружения ГЭС образуют небольшое водохранилище длиной около 300 м и шириной около 50 м (верхний бьеф). Уровень воды в верхнем бьефе зависит от режима работы расположенной выше ГЭС-1, который регулирует объем поступления воды из Толмачевского водохранилища в водоемы каскада Толмачевских ГЭС. Скорость течения в районе водонакопителя ГЭС-2 при работающей станции составляет на поверхности 0,04-0,07 м/с, в придонном горизонте — 0,05-0,08 м/с.

При обязательном экологическом мониторинге воздействия ГЭС-2 на биоту участка реки, в частности, на зоопланктон, важно оценить его смертность. Однако при попытке это сделать возникли трудности в выборе способа расчета доли погибших особей разных видов зоопланктона на отдельных станциях, а также в выборе так называемой фоновой станции.

Зоопланктон собран в первой декаде июня, августа и октября 2021 г. в верхнем бьефе (3 станции) сетью Джели ($D=0,18$ м, шаг ячеи 90 мкм). Станция в верхней части водохранилища, куда впадает поток из участка горной реки, соединяющего нижний бьеф ГЭС-1 и верхний бьеф ГЭС-2, принята за фоновую. Окраска планктонных животных проведена анилиновым голубым. Оценка смертности проведена после подсчета живых и мертвых (окрашенных) особей по видам.

Зоопланктон представлен 11 видами коловраток и четырьмя видами ракообразных (*Kellicottia longispina* Kellicott, 1879; *Keratella cochlearis* Giosse, 1851; *Keratella irregularis* Lauterborn, 1898; *Keratella quadrata* Müller, 1786; *Asplanchna girodi* Guerne, 1888; *Filinia terminalis* Plate, 1886; *Notholca squamula* Müller, 1786; *Bipalpus hudsoni* Imhof, 1891; *Polyarthra major* Burckhardt, 1900; *Synchaeta* sp.; *Holopedium gibberum* Zaddach, 1855; *Bosmina longirostris* O.F. Müller, 1776; *Daphnia cristata* Sars, 1862; *Cyclops scutifer* Sars, 1863), типичных для Толмачевского водохранилища, кроме инвазийной *Asplanchna girodi*, впервые указанной для Камчатки.

Для определения смертности зоопланктона на выбранных станциях были применены два способа расчета доли мертвого зоопланктона: по отношению биомассы погибших особей к общей биомассе зоопланктона; через усреднение отношений биомассы погибших особей каждого вида к общей биомассе особей того же вида.

Средняя биомасса зоопланктона составила в июне $0,005 \text{ г/м}^3$ ($0,002\text{-}0,009 \text{ г/м}^3$), в августе — $2,99 \text{ г/м}^3$ ($1,07\text{-}6,36 \text{ г/м}^3$), в октябре — $0,12 \text{ г/м}^3$ ($0,08\text{-}0,28 \text{ г/м}^3$).

Расчет доли погибшего зоопланктона первым способом показал, что в июне при минимальной биомассе зоопланктона доля мертвых животных составила 0,5% (0-1%), по второму способу — 0,4% (0-1%); в августе при максимальной биомассе зоопланктона — 26% (17-40%) по первому варианту и 36% (18-63 %) по второму; в октябре при среднем значении биомассы зоопланктона соответственно 9% (2-16%) и 6% (2-9%). Таким образом, разница в оценке смертности зоопланктона двумя приведенными выше способами минимальна при низкой биомассе, а значительные расхождения возникают при максимуме биомассы зоопланктона, вновь нивелируясь при ее средних значениях. Выбор способа расчета требует

обсуждения и стандартизации.

Из трех станций верхнего бьефа максимальная смертность зоопланктона (40% или 63%) зарегистрирована на фоновой станции в августе при максимальной биомассе зоопланктона. Предполагаем, что это нормальное явление в зоне смешения вод из участка реки горного типа и водохранилища. Ниже фоновой станции на выположенном участке зоопланктон, состоящий из короткоцикловых видов кладоцер и коловраток, успевает восстановить численность и биомассу и, соответственно, доля мертвых особей зоопланктона здесь ниже.

Таким образом, при оценке ущерба зоопланктону от воздействия малых ГЭС нужно тщательно отнестись к выбору фоновой станции или вообще от нее отказаться, ограничившись исследованиями непосредственно в бьефах.

Л.Ф. Литвинчук

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

E-mail: larisalitvinchuk@yandex.ru

Зоопланктон высокогорных водоемов Восточного Памира

Исследование гидробиологических особенностей горных водоемов Средней Азии проводится в течение многих десятилетий. В.И. Жадин изучал фауну моллюсков водоемов Центрального и Южного Таджикистана в период с 1943 по 1945 гг. Зоопланктонные организмы, населяющие водоемы Восточного Памира, были исследованы А.И. Янковской по материалам, собранным в 1948 и 1959 гг.

В 2013 г. в рамках Памиро-Алайской экспедиции National Geographic GEFNE81-13 с целью изучения биоразнообразия были собраны пробы зоопланктона в труднодоступных высокогорных водоемах Восточного Памира. Исследованы сообщества зоопланктона водоемов разного типа — двух глубоководных озер и 10 мелководных водоемов, в том числе, трех теплых родников. Для каждого водоема определяли pH, минерализацию и температуру воды. Материал был собран в середине вегетационного сезона, в конце июля — начале августа 2013 г. Пробы зоопланктона отбирались стандартным для неглубоких водоемов способом процеживания определенного объема воды через планктонную сетку с газом №68 с последующей фиксацией 4% раствором формалина. Численность и биомасса зоопланктона были рассчитаны в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками.

Всего было встречено 46 видов зоопланктонных организмов, среди которых 12 видов коловраток, 22 вида ветвистоусых и 12 видов веслоногих ракообразных. Среди веслоногих ракообразных было отмечено семь видов Cyclopoida, три вида Calanoida, и два вида Harpacticoida. Вследствие того, что большинство водоемов характеризовались небольшой глубиной, в сборах были встречены 10 видов прибрежно-зарослевых форм.

При оценке характера географического распространения обнаруженных видов выявлено 18 видов с всесветным распространением, 18 видов, населяющих Палеарктику, 8 — Голарктику, 3 — Ориентальную область, 2 вида с палеотропическим распространением. В изученных водоемах встречен один вид, эндемичный для Восточного Памира.

Численность и биомасса зоопланктона изменялись в широких пределах — от 2 до 1 577 000 экз./м³ и 0,01 до 531 г/м³. Наибольшие значения количественных признаков зоопланктона были отмечены для неглубоких водоемов, наименьшие — для озер. Получены данные по возрастной и половой структуре популяции, плодовитости некоторых видов Cladocera и Sorepoda и диаметру партеногенетических и зимующих яиц ряда видов Cladocera.

Автор выражает искреннюю благодарность С.Н. Литвинчуку за сбор материала для исследования в труднодоступных районах высокогорного Восточного Памира и полезную дискуссию в ходе его изучения. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (гостема № 1021051403065-4), Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-04-00918), и госзадания «Фондовые коллекции Зоологического института».

Полиплоидные жабы (*Bufo*) как важный элемент фауны термальных источников Памира

Фауна и флора геотермальных источников Памира (Таджикистан, Афганистан и Китай) изучены крайне недостаточно и сведения о них носят фрагментарный характер. Взрослые земноводные и их личинки являются неотъемлемой частью биологического разнообразия этих экосистем. На Памире насчитывается около сотни известных термальных источников. В этих уникальных местообитаниях, характеризующихся повышенной температурой и зачастую высокой степенью минерализации воды, длительное время формировались особые сообщества, приспособленные к крайне экстремальным условиям. Способность некоторых видов амфибий выживать и нормально развиваться при повышенных значениях температуры воды давно привлекала к себе внимание экологов, физиологов и биохимиков.

Долгое время считалось, что Памир населяет только один вид земноводных, зеленая жаба — полиморфный вид, ареал которого покрывает огромные территории в Европе, Азии и Северной Африке. Однако впоследствии было обнаружено, что это не один вид, а целый комплекс (сейчас род *Bufo* Rafinesque, 1815), представленный 10 диплоидными и пятью полиплоидными видами. В частности, было установлено, что горные системы Памира населены двумя видами зеленых жаб — триплоидной *B. baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein & Grosse, 1999) и тетраплоидной *B. pewzowi* (Bedriaga, 1898). С помощью проточной ДНК-цитометрии нами был определен уровень пloidности у особей из 37 локалитетов, что позволило определить характер распространения этих двух видов в регионе. Используя данные прежних авторов и наши, было установлено, что *B. baturae* населяет только южный Памир на высотах от 1 340 до 4 160 м над уровнем моря (36 точек находок), а *B. pewzowi* — западную, северную и восточную части Памира на высотах 1 020–4 023 м (43 точки).

Необычной особенностью биологии этих жаб на Памире является их способность использовать для жизни, зимовки и размножения термальные источники. Так, из 29 точек находок *B. baturae* на территории Таджикистана, четыре (13,8%; 2 100–3 766 м) привязаны к таким источникам, а в Афганистане — из семи три (42,9%; 3 040–4 160 м). У *B. pewzowi* из 42 локалитетов четыре (9,5%) были привязаны к термальным источникам (3 596–3 811 м).

Как правило, термальные источники, в которых мы в 2013 г. отмечали успешное развитие головастиков *B. baturae* (Гумаст, Иссык-Булак и Сасык-Булак), имели следующие параметры: температура воды 23,6–28,8°C, соленость 0,16–0,48 ppt, pH 7,10–9,45. Надо отметить, что на территории Афганистана (Sargez, Joy-e Pamir) икра этих жаб ранее (1975 г.) отмечалась в водоеме с температурой воды около 40°C. Однако неизвестно, могла ли эта кладка успешно развиваться. Данные о размножении и развитии *B. pewzowi* в термальных источниках на Памире фрагментарны. 1 августа 2013 г. мы наблюдали успешное развитие и метаморфоз головастиков этого вида в термальных источниках в урочище Алиутек (река Кокуйбель, 3 595 м над уровнем моря) на востоке Памира в Таджикистане. Здесь головастики были отмечены в лужах со следующими показателями: температура воды 16,4–22,7°C, соленость 0,21–0,54 ppt, pH 7,76–8,35. В ручье ниже термального источника Маджура (3 708 м, 23,6 °C, 0,98 ppt, pH 8,56) 23 июля 2013 г. нами были отмечены только взрослые особи этого вида.

Надо отметить, что во многих из изученных нами термальных источников зеленые жабы были единственным видом низших позвоночных животных. Так, в источниках Иссык-Булак и Сасык-Булак в окрестностях озера Яшилкуль, несмотря на то, что условия жизни для жаб здесь крайне неблагоприятны, средняя плотность популяции может достигать 0,29–2,78 взрослых и неполовозрелых особей на 1 м². Надо отметить, что большую часть времени жабы не могут покидать эти водоемы и их берега, так как окружающие их холодные высокогорные пустыни

крайне неблагоприятны для жизни. Основу питания взрослых жаб здесь составляют мелкие двукрылые насекомые. Иногда в помете жаб можно найти надкрылья жуков-чернотелок. В воде также встречаются редкие мелкие брюхоногие моллюски и личинки стрекоз. В урочище Алиутек были отмечены многочисленные бокоплавы. Однако надо заметить, что в тех водоемах, где бокоплавов было много, практически не встречались головастики жаб.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-04-00918).

О.А. Макаревич

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

E-mail: oleg_mak69@mail.ru

Количественные характеристики малакофауны озера Нарочь в период распространения моллюска-фильтратора *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)

В середине 1980-х гг. в системе Нарочанских озер появилась дрейссена. В связи с колонизацией озер этим моллюском резко снизилась численность унioniид. Так, все найденные в 1993 г. унioniиды были покрыты скоплениями дрейссен, что вызвало их массовую гибель (Каратаев, Бурлакова, 1995). К тому же появление и интенсивное развитие популяций дрейссены оказывает воздействие на все звенья водной экосистемы, вызывая изменения в их структуре и функционировании. Фильтрационная активность дрейссены способствует увеличению продукционных характеристик донных сообществ за счет сдвига процессов продуцирования органического вещества в придонные слои и осаждения взвешенного органического вещества из толщи воды на дно (Остапеня и др., 2012).

В дночерпательных пробах макрозообентоса с 2005 по 2019 гг. отдельно учитывали дрейссену. Средние за 14 лет по озерам показатели средневзвешенных плотностей и биомасс дрейссены были наибольшими в озере Нарочь ($0,59 \pm 0,63$ тыс. экз./м² и $60,60 \pm 48,48$ г/м²), наименьшими — в озере Мястро ($0,02 \pm 0,03$ тыс. экз./м² и $7,66 \pm 13,58$ г/м²) и в озере Баторино ($0,003 \pm 0,01$ тыс. экз./м² и $1,32 \pm 1,92$ г/м²). Те же количественные показатели для остальных моллюсков в озере Нарочь составили $0,97 \pm 0,39$ тыс. экз./м² и $8,61 \pm 3,54$ г/м², в озере Мястро — $0,10 \pm 0,06$ тыс. экз./м² и $2,30 \pm 1,11$ г/м², и в озере Баторино — $0,01 \pm 0,01$ тыс. экз./м² и $0,48 \pm 0,48$ г/м² соответственно. Звено моллюсков в составе макрозообентоса является значимым в озере Нарочь: доля всех моллюсков в численности и биомассе всего бентоса составляет 46,61% и 86,78% соответственно; на *Dreissena polymorpha* приходится 16,9% и 71,69%; на других мелких представителей Bivalvia — 5,95% и 2,45%; на Gastropoda остается по 23,77% и 12,64%.

С 2005 г. наибольшая средневзвешенная по озеру плотность дрейссены была в 2015 г. ($1,97$ тыс. экз./м², 48,96 %), а биомасса — в 2016 г. ($171,85$ г/м², 92,24 %). Наибольшие плотность и биомасса гастропод были в 2008 г. ($1,66$ тыс. экз./м², 41,04%, и $16,28$ г/м², 18,33 %). Наибольшая средневзвешенная плотность мелких представителей двустворок без учета дрейссены с 2005 г. по озеру была в 2018 г. ($0,30$ тыс. экз./м², 11,58 %), а биомасса — в 2011 г. ($1,97$ г/м², 6,98%).

В озере Нарочь площадь дна, ограниченная изобатой 7 м, в основном занята зарослями погруженных в воду макрофитов и охватывает 41,6% от общей площади дна озера. На песках мелководья и в зарослях макрофитов озер обитает больше всего бентосных животных. Максимальная средняя плотность и биомасса моллюсков (кроме мелких двустворок) в озере Нарочь отмечена на глубине 3-4 м в густых зарослях харовых водорослей. Дрейссена имеет численность в этом биотопе $3,98 \pm 4,56$ тыс. экз./м² (79,93% от суммарной численности ее на всех исследованных глубинах) при биомассе $340,48 \pm 297,92$ г/м² (64,02% от сумм биомасс дрейссены на всех глубинах). Гастроподы на глубине 3-4 м характеризуются следующими показателями количественного развития — $4,80 \pm 2,66$ тыс. экз./м² (75,61%) и $49,18 \pm 27,65$ г/м² (79,80%), тогда как мелкие двустворки многочисленны на глубинах 1-2 м, в местах, где распространение погруженных в воду макрофитов ограничивается волновой активностью водных масс или антропогенной нагрузкой (численность — $1,06 \pm 0,38$ тыс. экз./м², 83%;

биомасса — $6,21 \pm 2,71$ г/м², 66,57% от сумм биомасс на всех глубинах). Также двустворок относительно много и на глубинах 13-16 м ($0,15 \pm 0,08$ тыс. экз./м² — 10,62 % и $1,12 \pm 0,54$ г/м² — 12,06 %), где дрейссена и брюхоногие моллюски практически не селятся в силу значительного слоя рыхлого ила.

Анализ количественного развития моллюсков показал, что двустворчатые моллюски семейств Sphaeriidae, Pisidiidae и Euglesidae испытывают некоторое угнетение в биоценозах со значительным количеством дрейссены, а ее влияние на мелких брюхоногих моллюсков не столь сильно. Таким образом, можно предполагать, что брюхоногие моллюски извлекают выгоду от соседства с дрейссеной, получая от нее достаточное количество питательных веществ в виде агглютинированной в псевдопеллеты взвеси. Также развивающийся на раковинах дрейссены перифитон служит добавкой к рациону брюхоногих моллюсков, которые в большинстве по типу питания относятся к детритофагам-соскребателям. Напротив, дрейссена вступает в активную пищевую конкуренцию с другими двустворчатыми моллюсками: ее скопления перехватывают значительное количество взвеси, являющейся основным пищевым объектом для остальных моллюсков-фильтраторов.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № X20ГРМГ-007).

А.А. Максимов¹, Н.А. Березина¹, Л.Ф. Литвинчук¹, О.Б. Максимова²,
В.В. Смирнов¹, П.М. Терентьев³, Н.В. Усов¹, А.Н. Шаров⁴

¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Санкт-Петербург

³Институт проблем промышленной экологии Севера, Апатиты

⁴Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок
E-mail: alexeymaximov@mail.ru

Зимние биологические процессы в озерах Кривое и Круглое (Северная Карелия)

Зима в зонах умеренного и арктического климата является наиболее критическим периодом для многих природных процессов. На этот сезон приходится большая часть межгодовых изменений температуры воздуха. Изменения температуры в зимний период имеют большее экологическое значение, чем летом, поскольку зимние холода непосредственно влияют на выживание многих видов. Значение зимних условий для жизни наземных растений и животных давно уже получило заслуженное признание и стало предметом многих классических исследований. Между тем, в лимнологии долгое время эта тема не получала должного внимания, что в 1960-е гг. послужило поводом для шуточного определения лимнолога как специалиста, изучающего озера в летнее время года. Хотя к настоящему времени важность зимних процессов осознана, до сих пор не более 2-4% статей в научных журналах посвящено исследованиям, выполненным в подледный период. Это, несмотря на то, что большая часть озер сосредоточена в регионах с холодным климатом, и примерно половина из существующих в мире озер (около 50 млн.) в зимний период замерзает. Чем продолжительней ледовый период, тем меньше известно о зимних процессах в водоемах. В частности, практически отсутствуют сведения по озерам полярной зоны.

В связи с этим нами в зимний сезон 2019-2020 гг. были организованы специальные исследования зимних биологических процессов на двух малых (площадью менее 1 км²) озерах, расположенных в Северной Карелии вблизи полярного круга. Отбор проб проведен непосредственно перед замерзанием озер в октябре — ноябре, после формирования достаточно прочного для проведения работ ледового покрова (декабрь), в середине (февраль) и конце (апрель) ледового периода, а также сразу после вскрытия озер в мае. В промежутках между полевыми наблюдениями проводилась запись температуры воды, освещенности и содержания

в воде растворенного кислорода с помощью автономных регистраторов (логгеров) параметров окружающей среды.

Натурные исследования показали, что для биологических сообществ исследованных озер в подледный период характерен весьма высокий уровень количественного развития. В озере Кривое концентрация хлорофилла непосредственно подо льдом в апреле 2020 г. достигала 2-3 мкг/л, что соответствовало максимальным показателям, отмеченным в безледный период. Наиболее высокие значения биомассы макрозообентоса на большинстве станций также наблюдались в зимнее время, в начале ледового периода.

Особенности зимы также в существенной степени влияют на состояние озерных сообществ в вегетационный период. Анализ многолетних данных показал, что количественные показатели фитопланктона (концентрация хлорофилла, биомасса) положительно коррелировали с температурой воздуха зимой на близлежащей метеорологической станции, с лаг-периодом продолжительностью два года. Изменения первичной продукции, по-видимому, являлись одним из основных факторов, определяющим развитие планктонных и донных животных, особенно в прибрежной зоне, где биомасса зообентоса следовала за изменениями концентрации хлорофилла, достигая максимальных величин спустя 1-2 года после пиков развития фитопланктона.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-04-01000).

Ю.А. Малинина¹, Е.И. Филинова²

*Саратовский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Саратов
E-mail: ¹ MJul@rambler.ru; ² e.filinowa@yandex.ru*

Роль видов-вселенцев в формировании видового разнообразия зоопланктона и зообентоса Саратовского водохранилища

Под биологическими инвазиями понимаются все случаи проникновения живых организмов в экосистемы, расположенные за пределами их первоначального (обычно естественного) ареала, произошедшие в результате: естественных перемещений, связанных с флуктуациями численности и климатическими изменениями; интродукции и реинтродукции важных в хозяйственном отношении организмов; случайных заносов с плановыми интродуцентами, с балластными водами, и т.д. (Дгебуадзе, 2008).

Саратовское водохранилище является предпоследним водоемом в каскаде водохранилищ, образованных на реке Волге. С учетом исследований последних лет в Саратовском водохранилище отмечали от 148 до 191 видов зоопланктона. Увеличение количества биотопов в связи с изменением гидрологического режима (появление участков со сниженной проточностью), повышение интенсивности судоходства, вселение новых видов рыб, изменение климатических условий, способствовали проникновению южных понто-каспийских видов вверх по течению реки Волги и появлению северных вселенцев, спустившихся вниз по каскаду. По результатам исследований видовое разнообразие понто-каспийских видов вселенцев значительно превышает фауну вселенцев северных регионов. В настоящее время к видам-вселенцам понто-каспийского происхождения относятся — *Cornigerius maeoticus maeoticus* (Pengo, 1879), *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891), *Halicyclops sarsi* (Akatova, 1935), *Heterocope caspia* (Sars, 1897), *Podonevadna trigona ovum* (Zernov, 1901), к северным вселенцам — виды рода *Eudiaptomus*, некоторые виды рода *Bosmina*, *Notholca*, *Keratella*, *Cyclops kolensis*.

Проведенные исследования показали, что доля инвазионных видов в Саратовском водохранилище в разные годы колеблется от 1% до 26% по численности и от 21% до 55 % по биомассе, составляя значительную часть кормовой базы молоди рыб и рыб- зоопланктофагов.

На формирование донных биоценозов и их трансформацию, кроме перечисленных выше факторов, оказали влияние мероприятия по реконструкции кормовой базы бентосоядных рыб,

проведенные в водохранилище в 1970-е гг. (Иоффе, 1968; Дзюбан, Бородич, 1972; Филинова, 2018).

За многолетний период мониторинговых исследований макрозообентоса в Саратовском водохранилище идентифицировано 136 видов и групп видов. В русловой части зарегистрировано 72 вида и групп видов, подавляющее большинство из них (около 70%) — в прибрежном открытом мелководье и на свале глубин. Профундаль характеризуется незначительным видовым обилием. Доля инвазивных видов в донной фауне Саратовского водохранилища к настоящему времени составляет около 50%. Максимальное видовое разнообразие и количественное развитие вселенцев характерно для открытой части водохранилища.

В современных условиях до 67% общей численности и около 99% общей биомассы макрозообентоса приходится на инвазивных моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), *D. bugensis* (Andrusov, 1897), и *Adacna colorata* (Eichwald, 1929). В мягком макрозообентосе вселенцы — полихеты и перакариды составляли около 45% численности и около 49% биомассы.

Зарегулирование участка реки на первых стадиях существования водохранилища способствовало процветанию популяции аборигенного вида *D. polymorpha*. Последующее заиливание (эвтрофирование) донных биотопов привело к увеличению роли в сообществе самопроизвольных вселенцев — пелофильных фильтраторов полихет, а с начала нового тысячелетия — к повышению степени доминирования детритофагов-фильтраторов *D. bugensis*. В текущем пятилетии в открытом водохранилище широко распространились хищные представители нектобентоса — гаммариды *Dikerogammarus bispinosus*.

Процесс трансформации состава и структуры гидробиоценозов в Саратовском водохранилище под воздействием природных и антропогенных факторов динамичен, и в меняющихся экологических условиях не исключена возможность вторжения новых видов гидробионтов.

Д.В. Матафонов¹, Е.С. Колпакова¹, С.Ю. Неронова¹,
Ю.А. Сокольников¹, К.В. Слугина¹, Н.В. Базова²

¹Байкальский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Улан-Удэ

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: dimataf@yandex.ru

Прогноз изменений в сообществах зоопланктона и зообентоса прибрежно-соровой зоны озера Байкал при расширении диапазона регулирования уровня

Уровень воды в озере Байкал зарегулирован и, помимо естественных причин, с середины XX века определяется режимом эксплуатации Иркутской ГЭС. Принципиально, что в историческом аспекте столь масштабного эффекта от техногенного воздействия на экосистему Байкала зарегистрировано не было. Следствием зарегулирования озера стало затопление более 500 км² береговой зоны, повышение среднего уровня воды на 0,8 м, уменьшение средней амплитуды внутригодовых изменений уровня воды, сдвиги в сезонном цикле гидрологических фаз, и т.д. К наиболее ранним и значимым изданиям, раскрывающим изменения в параметрах среды и в биоте Байкала после поднятия уровня, относится монография «Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала» (1977). В последующем был выполнен расчет экономического ущерба рыбному хозяйству.

Следствием обострения экологических проблем, связанных с уровнем Байкала на пике многоводной фазы гидрологического цикла в 1990-х г., стало принятие в 2001 г. Постановления Правительства РФ №234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности», которое действовало до 2016 г. (обострение маловодной фазы). В нем устанавливалось регулирование уровня озера в метровом диапазоне (от 456,0 до 457,0 м ТО (Тихоокеанская система высот)). С 2016 г. вводятся временные постановления Правительства РФ, позволяющие регулирование уровня

озера в более широком пределе — до отметок 455,54 м и 457,85 м ТО. С тех пор регулирование уровня, выходящее за пределы, определенные Постановлением Правительства РФ №234, производилось в обе стороны диапазона.

Проведенный анализ доступной информации (архивных материалов, данных научных публикаций, собственных натурных исследований) показывает, что колебания уровня воды в озере Байкал вызывают эффекты, которые отражаются на состоянии сообществ зоопланктона и зообентоса озера. К наиболее значительным относятся гибель организмов, перестройка структуры сообществ со сменой преобладающих видов, сдвиги в сезонной динамике количественных показателей, их снижение, связанное с этим ухудшение кормовых условий водоема, и т.п.

Прогноз изменений в сообществах зоопланктона и зообентоса прибрежно-соровой зоны при расширении диапазона регулирования уровня озера Байкал выполнен на примере залива Посольский сор. При экстремальном повышении уровня существует вероятность следующих изменений: увеличения водообмена с Байкалом в два и более раз, существенного изменения сезонной динамики и понижения суммы температур в заливе, более позднего вскрытия залива ото льда, задержки в прогреве водных масс залива в раннелетний период, более позднего развития компонентов биоты, сдвигов в наступлении пиков биомасс в сообществах планктона и зообентоса на более поздние сроки, десинхронизации этих событий со скатом личинки байкальского омуля с Большереченского рыбоводного завода и естественных нерестилищ в реке Большая Речка. К другим наиболее вероятным последствиям относится изменение (повышение) средних глубин в заливе, затопление прибрежных территорий, что может оказать положительный эффект на распределение донных беспозвоночных. Трансформации в донных сообществах могут проявиться вследствие изменения прозрачности вод, отступления высшей водной растительности и связанной с ней фитофильной фауны к берегам, место которой займут пелофильные сообщества. Количественные показатели планктонного сообщества, вероятно, приблизятся к таковым для залива Провал, более открытого влиянию Байкала.

Наиболее очевидным последствием экстремального понижения уровня воды в Посольском соре является осушение мелководных участков и гибель донных беспозвоночных. Кроме этого, понижение уровня вызовет уменьшение связи залива с открытым Байкалом, средних глубин и, соответственно, изменения в сезонной динамике и сумме температур водных масс. Вероятен сценарий более раннего прогрева вод Посольского сора, связанных с этим изменений в сезонной динамике количественных показателей сообществ планктона и бентоса: их пики сдвинутся на более ранние сроки, возможен сценарий общего повышения продуктивности сообществ. Увеличение количественных показателей кормовых организмов может благоприятствовать нагулу ранневозрастных стадий омуля. Изменения в донных сообществах будут связаны со сменой пелофильных сообществ на фитофильные (предполагается экспансия высшей водной растительности на большую площадь залива).

Прогнозируемые эффекты в сообществах рассмотрены для крайних состояний уровня, указывают вероятную направленность биологических процессов в обоих направлениях расширения диапазона его регулирования и не исключают наступление событий на более ранних этапах достижения уровня.

Е.Ю. Матвеевко, И.А. Кайгородова
Лимнологический институт СО РАН, Иркутск
E-mail: matveenko@lin.irk.ru

Молекулярная делимитация эндемичных рыбьих пиявок в пределах вида *Baicalobdella cottidarum* (Hirudinea, Piscicolidae) из озера Байкал

Озеро Байкал — древний (не менее 25-30 млн. лет) пресноводный водоемом, обладающий весьма большими глубинами (до 1 637 м), характерными для морей. Вода Байкала отличается крайне низкой минерализацией и высоким насыщением кислородом (80%)

по всей толще до максимальных глубин. Длительная эволюционная история в сочетании с физико-химическими и экологическими особенностями озера способствовала развитию уникального комплекса живых организмов. В Байкальском регионе семейство рыбных пиявок (Piscicolidae) представлено пятью родами: *Acipenserobdella* Epstein, 1969, *Baicalobdella* Dogiel, 1957, *Codonobdella* Grube, 1873, *Cystobranchus* Malm, 1863 и *Piscicola* de Blainville, 1818. *Baicalobdella* — эндемичный род байкальских пиявок, включающий вид *B. cottidarum*, паразитирующий на керчаковых рыбах (34 вида в Байкале), и два вида группы «torquata», питающихся за счет амфипод (348 видов в Байкале). Широкий спектр потенциальных хозяев и низкий уровень видового разнообразия паразитов этой группы позволяют предположить, что род *Baicalobdella* может оказаться недостаточно изученным и содержать криптические виды. Для решения проблемы слабой изученности фауны Piscicolidae озера Байкал применен комплекс морфологических и молекулярно-генетических методов, дополненный анализом отношений в системе «паразит-хозяин».

Для исследования был использован биологический материал из коллекций 2011–2017 гг., собранных на озере Байкал (диапазон глубин 0–285 м) и в верхнем течении Ангары, единственной реки, вытекающей из озера. Видовая принадлежность определена по В.М. Эпштейну (1987). Молекулярный анализ выполнен на основе фрагмента митохондриального гена первой субъединицы цитохром-с-оксидазы (*cox1*) с применением техники ДНК-штрих-кодирования. Биоинформационный анализ и делимитации видов проведены с использованием компьютерных программ MEGA ver. X (Kumar et al., 2018), BEAST (Bouckaert et al., 2019), GMYC (Generalized Mixed Yule Coalescent; Pons et al., 2006), и ASAP (Assemble Species by Automatic Partitioning; Puillandre et al., 2021).

Согласно морфологическому анализу к виду *B. cottidarum* отнесены 44 образца. Для всех были получены молекулярные данные. В ходе филогенетического анализа выявлены три четко выраженные клады в пределах филогенетической линии морфологически однородных представителей *B. cottidarum*. Генетические расстояния (p) между этими кладами варьируют в пределах 5–8% нуклеотидных замен в *cox1*, что значительно превышает значение внутривидовой вариабельности, допустимое в ДНК-штрих-кодировании (Hebert et al., 2003, 2005). Высокий показатель генетических различий свидетельствует о существовании в озере Байкал криптического комплекса видов группы «cottidarum», состоящего как минимум из трех видов эктопаразитов рыб. Экологический анализ показал, что разные филогенетические линии группы «cottidarum» распространены равномерно по всей литоральной и частично сублиторальной зонам озера и не обнаружены в реке Ангара. Анализ распределения особей в пределах озера Байкал не выявил географической приуроченности представителей генетически отличных групп пиявок. Однако, как показал паразитологический анализ, расхождение трех генетических линий *B. cottidarum* возможно по пищевым предпочтениям, поскольку каждый вид группы «cottidarum» паразитирует на своем виде-хозяине рыб: *Paracottus kneri* Dybowski, 1874, *Cottocomephorus grewinkii* Dybowski, 1874, и *Procottus major* Taliev, 1949.

Для получения дополнительных доказательств существования на Байкале криптического комплекса видов рыбных пиявок был проведен биоинформационный анализ на основе независимых алгоритмов. По результатам анализа с использованием GMYC выведено значение статистического порога (TD) между внутривидовой и межвидовой вариабельностью, равное 2,76%, что в свете теории ДНК-штрих-кодирования и принятого в ней 2–3% интервала допустимых показателей внутривидового полиморфизма (Hebert et al., 2003, 2005) свидетельствует в пользу гипотезы о генетической дивергенции *B. cottidarum* на три вида. Используя тот же набор молекулярных данных, методом автоматического поиска порогового значения ASAP нуклеотидные последовательности рыбных пиявок разделились на три гипотетических вида. Пороговое значение внутривидовой изменчивости (TD) определено равным 3,2%, что несколько выше такого по GMYC. Тем не менее, делимитация видов полностью согласуется с результатами, полученными с применением других методов (GMYC, BEAST). Таким образом, вывод о существовании в озере Байкал криптического комплекса, состоящего из трех филогенетических видов группы «cottidarum», обоснован разными

подходами и методами.

Работа выполнена в рамках госзадания № 121032300198-2 и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-34-90043).

А.Б. Медвинский¹, Б.В. Адамович², Н.И. Нуриева^{1*}, А.В. Русаков^{1**}

¹Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

E-mail: ¹ alexander_medvinsky@yahoo.com; ² belaqalab@gmail.com;

* nailya.nurieva@mail.ru; ** rusakov_a@rambler.ru

Проблема соотношений между полевыми измерениями и результатами математического моделирования динамики популяций

Сложность популяционной динамики — это тот фактор, который лежит в основе трудностей, которые возникают в ходе поиска и анализа соотношений между полевыми измерениями и результатами математического моделирования динамики популяций. Термин «сложность» не вполне нейтрален. На наш взгляд, он несет в себе отзвук того удивления, которое испытывает человек, столкнувшийся с многоликостью, свойственной многим природным и социальным системам и процессам. Та эмоциональность, которая присуща термину «сложность», по-видимому, не предполагает его строгое определение. Тем не менее, некоторые структурные и динамические особенности характерны именно для таких систем, которые представляются нам сложными. К таким характерным особенностям сложных систем относятся:

- (а) эмерджентность, то есть, неаддитивность свойств сложной системы как целого;
- (б) многокомпонентность структуры;
- (в) нерегулярность динамики и ее ограниченная предсказуемость.

В настоящее время активно разрабатываются методы анализа временных рядов, полученных как в ходе мониторинга природных экосистем, включая экосистемы озер, так и в результате математического моделирования популяционной динамики, которые позволяют приблизиться к пониманию процессов, обуславливающих наблюдаемые колебания популяционного обилия. Мы приводим здесь конкретные примеры использования таких методов. Исследование популяционных процессов имеет своей предпосылкой тесное сотрудничество теоретиков и исследователей, проводящих полевые измерения. Такое сотрудничество предполагает, в частности, совместное участие соответствующих исследовательских групп и/или координацию их деятельности в ходе организации и проведения, как мониторинга экосистем, так и математических исследований с целью выявления и изучения факторов, существенно влияющих на предсказуемость и характер динамики природных популяций.

Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-54-00017.20 Бел_а) и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Б20Р-273).

Д.А. Морозова^{1,2}, А.В. Тютин¹

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок

²Дарвинский государственный природный биосферный заповедник, Череповец

E-mail: darya.a.morozova@gmail.com

Особенности постоянных поселений понто-азовского моллюска *Lithoglyphus naticoides* (С. Pfeiffer, 1828) и связанных с ним очагов гельминтозов на северо-восточной границе ареала

Расширение ареала обитания понто-азовского брюхоногого моллюска *Lithoglyphus*

naticoides (С. Pfeffer, 1828) (Prosobranchia) в XIX в. и первой половине XX в. было связано с формированием в Европе сети крупных судоходных каналов. Как правило, появление новых постоянных поселений *L. naticoides* приводит к быстрому увеличению ареалов обитания некоторых ассоциированных с ним трематод, что повышает практическую значимость наблюдений за его распространением (Odening, 1970; Falniowski, 1987; Stanevičiūtė et al., 2008). Во второй половине XX века расселение в низовьях реки Волги и Волгоградском водохранилище занесенного через Волго-Донской канал *L. naticoides* создало предпосылки для формирования новых для бассейна очагов гельминтозов. К 1997 г. у *L. naticoides* были выявлены партениты не менее 13 видов трематод (Бисерова, 2005, 2010). Наиболее заметным было развитие очагов апофаллеза и россикотремоза, связанное с постепенным ростом численности популяций *Apophallus muehlingi* (Jägerskiöld, 1899) и *Apophallus* (=Rossicotrema) *donicus* (Skrjabin et Lindtrop, 1919). На стадии метацеркарии эти гельминты способны паразитировать у широкого круга пресноводных рыб, а во взрослом состоянии патогенны практически для любых рыбацких птиц и млекопитающих. Крупные очаги заболеваний отмечали в дельте Волги, где в годы с благоприятными погодными условиями средняя численность *L. naticoides* возрастала до 1 180 экз./м² (Ivanov, 2008). Как следствие, к 1999 г. круг вторых промежуточных хозяев для *A. muehlingi* увеличился до 15 видов рыб (при встречаемости метацеркарий 20,0–100%), для *A. (=Rossicotrema) donicus* — до 5 видов (при встречаемости 62,4–73,4%). В отдельных участках дельты зараженность моллюсков партенитами этих трематод превышала 90% (Бисерова, 2005). При дальнейшем расселении *L. naticoides* в водохранилищах реки Волги достаточно успешным вселенцем оказалась также *Nicolla skrjabini* (Iwanitzky, 1928), на стадии мариты паразитирующая у широкого круга рыб разных семейств, а на стадии метацеркарии — у ракообразных отряда Amphipoda (Zhokhov et al., 2006; Zhokhov et al., 2019). Однако даже в низовьях Волги максимальная зараженность моллюсков партенитами этого вида не превышала 11% (Бисерова, 2010). К 2005 г. в ареал *L. naticoides* вошли водохранилища Средней Волги, что привело к синхронному расширению ареалов обитания пяти видов трематод: *A. muehlingi*, *A. (=Rossicotrema) donicus*, *N. skrjabini*, *Sanguinicola volgensis* (Razin, 1929), *Parasymphylodora markewitschi* Kulakowskaja, 1947 (Tyutin, Slynko, 2010). Практически сразу, в 2005-2015 гг. произошло быстрое расселение *L. naticoides* и натурализация указанных видов в водохранилищах Верхней Волги (Tyutin, Slynko, 2010; Tyutin et al., 2013; Tyutin, Izvekova, 2013). Следует отметить, что для поселений этого теплолюбивого реофильного моллюска на северо-восточной границе ареала характерны мозаичное распределение в акваториях водоемов и относительно невысокая плотность. Максимальная численность, отмеченная в Угличском водохранилище, не превышает 200-520 экз./м² (Perova et al., 2018). Наибольший интерес представляют результаты многолетнего исследования самой северной постоянной популяции *L. naticoides* из Рыбинского водохранилища. Исследование зараженности разновозрастных группировок моллюска в Волжском плесе этого водоема, выполненное в 2005-2019 гг., позволяет уточнить ряд вопросов, связанных с общими закономерностями его натурализации в северных водоемах. В северной и северо-западной частях водохранилища поселения *L. naticoides* пока не обнаружены. При низкой плотности поселений *L. naticoides* в прибрежной зоне Волжского плеса (30-50 экз./м²) моллюск не заселил глубоководные русловые участки. Учитывая, что небольшие размеры пищеварительной железы *L. naticoides* препятствуют смешанному заражению моллюсков партенитами двух или более видов трематод, это приводит к обострению конкурентных отношений между гельминтами. На начальном этапе формирования первого постоянного поселения моллюска в нижней части Волжского плеса (2005-2011 гг.) в его группировках доминировали партениты *Apophallus* sp. (обычно более 60%), в качестве субдоминанта отмечали *P. markewitschi* (около 10%). При формировании в 2011-2019 гг. нового крупного поселения в более проточном верхнем участке плеса встречаемость партенит *Apophallus* sp. не превышала 7,8-23,6%. При этом из-за роста численности *S. volgensis* (с 5,9% до 35,3%) имеет место тенденция к снижению встречаемости *N. skrjabini* (с 69,6% до 18,4%) и *P. markewitschi* (с 17,6% до 5,5%). В южной части водоема зарегистрированы случаи массового заражения метацеркариями *A. (=Rossicotrema) donicus* молоди окуня *Perca fluviatilis* (Linnaeus,

1758) и расширение круга карповых рыб, зараженных метацеркариями *A. tuehlingi*.

Работа выполнена в рамках госзадания (тема № АААА-А18-118012690100-5). Сбор материала на начальном этапе исследований проводился при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-04-00204-а).

И.А. Мухин, О.Г. Лопичева, Е.А. Фокина
Вологодский государственный университет, Вологда
E-mail: Lopichevaog@vogu35.ru

Экологическая структура микроэпифитона макрофитов скальной литорали Ладожского озера

Микроперифитон, в особенности, его автотрофный компонент, является наиболее чувствительным элементом экосистем водоемов. Важная роль микроперифитона в организации и функционировании водных экосистем связана с высокой скоростью метаболизма этих организмов, а также с формированием данного сообщества на границе раздела фаз. Последнее обстоятельство обуславливает его большое разнообразие и высокие численные характеристики. Актуальность изучения процессов заселения перифитоном высшей водной растительности увеличивается в связи с усилением процессов эвтрофирования, что выражается в повышенной скорости зарастания водных объектов. Кроме того, известен тот факт, что макрофиты создают вокруг себя специфичные условия для обитания других гидробионтов, особенно, обрастателей. Особого внимания заслуживает разнородность и сложность субстрата, такого как макрофиты, для заселения организмами перифитона.

Материалом для работы послужили сборы микроорганизмов перифитона, которые проводились в августе 2016 г. и 2019 г. с растений на береговых отмелях северной части Ладожского озера. Для района характерны крупно- и среднеобломочные скальные пляжи и береговые отмели такого же состава субстрата в бухтах.

Материал собирали с воздушно-водной растительности (ситняга болотного, *Eleocharis palustris*), растительности с плавающими листьями (горца земноводного, *Persicaria amphibia*), рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus*), роголистника (*Ceratophyllum* sp.). Сбор проб перифитона осуществлялся общепринятыми методами.

В целом сообщество микроперифитонных организмов было представлено прикрепленными и свободно живущими инфузориями, диатомовыми (в том числе, одиночными и колониальными) водорослями, коловратками, бесцветными и окрашенными жгутиконосцами, а также планктонными автотрофами, что типично для Ладожского озера в это время года.

В результате анализа экологической структуры микроперифитона было выделено пять групп в зависимости от особенностей освоения пространства (прикрепленные или свободные, одиночные или колониальные формы). Таксономическая структура сообществ фитоперифитона отличается на разных типах растительных субстратов. Наиболее разнообразно в микроперифитоне представлены диатомовые водоросли из родов *Fragelaria*, *Tabellaria*, *Asterionella*, *Diatoma*, *Aulacoseira*.

Наибольшим экологическим разнообразием отличались сообщества перифитона, формирующиеся на листьях ситняга, где весомую роль играли представители зеленых водорослей и различные диатомеи. Самым бедным среди рассмотренных сообществ является сообщество обрастателей роголистника. На этом субстрате отмечались, в основном, одиночные диатомовые водоросли. Значительно меньше была встречаемость свободно живущих и прикрепленных инфузорий, а также колониальных диатомовых и коловраток. Вероятно, это связано с тем, что эфирные масла роголистника обладают более высокой антимикробной активностью, по сравнению с рдестом, что влияет на структуру сообщества перифитона.

Среди колониальных водорослей по численности на исследованных субстратах преобладают прилегающие по типу прикрепления формы (*Coleochaete* sp.), тогда как экземпляры на коротких либо длинных слизистых ножках (*Gomphonema* sp., *Cymbella* sp.)

встречаются реже. Сравнение таксономического состава показало, что доминирующая группа на некоторых форофитах совпадает, однако субдоминанты различны. Стебель ситняка болотного является более благоприятным по сравнению с другими изученными растениями местом обитания для фитоперифитона. На этом субстрате суммарная плотность всех групп равна 40 экз./см², что примерно в шесть раз больше, чем на листе горца (6,50 экз./см²). Интерес для дальнейших исследований представляет высокое распространение планктонных видов в типичных перифитонных сообществах.

Э.Г. Набеева

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань

E-mail: levira_nn@mail.ru

Экологическая оценка озера Архиерейское в поселке Тарлаши Лаишевского района Республики Татарстан

Озеро Архиерейское (Тарлашинское) — одно из самых больших и самых глубоких озер Республики Татарстан. Кроме того, водоем с 1978 г. признан памятником природы. Эта уникальная природная территория хранит в себе тысячелетнюю историю народа и представляет собой место, неразрывно связанное с культурой коренного населения. В настоящее время остро стоит проблема истощения водных ресурсов озера, зарастания его мелководий макрофитами.

Целью научной работы является оценка экологического состояния озера Архиерейское по физико-химическим и биологическим показателям и подбор методов улучшения качества воды.

Исследования проводились 28 августа и 1 октября 2020 г., пробы отбирались в литоральной и глубинных зонах водного объекта. Изучение зообентоса велось в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками (Липин, 1950; Жадин, 1960; Руководство..., 1983). Гидрохимические пробы анализировались в аттестованной лаборатории (определяли прозрачность, цвет, количество растворенного кислорода, электропроводность, кислотность, БПК₅, ХПК, содержание нефтепродуктов, ионов различных солей, минерализацию, жесткость, концентрацию АПАВ). Для оценки качества воды озера использованы индексы, которые характеризуют изменение структуры сообществ (Шеннона (H), Симпсона (S), индекс выравненности Пиелу (E)), индекс Гуднайта–Уитлея (GW), а также индекс, предусматривающий одновременное использование гидрохимических и биологических показателей (ИИЭС) (Вшивкова и др., 2019). Отбор проб зообентоса на Архиерейском озере производился с шести литоральных станций, в профундали зообентос не обнаружен.

Озеро Архиерейское — водораздельное, карстового происхождения. Площадь водного зеркала составляет 61,4 га, а объем водных масс — около 4 млн. м³. Средняя глубина озера составляет 6 м, тогда как максимальная достигает 18 м. Озерная чаша прорезает значительную часть водоносного горизонта. Имеется ряд родников, концентрирующих подземный приток в озеро. В питании озера велика роль поверхностного стока с водосборной площади. Уровень воды за счет дождевых и талых вод может подниматься на 80-100 см.

Среди основных экологических проблем озера Архиерейское можно выделить: несоблюдение режима водоохранной зоны, застройка берегов, зарастание водоема элодеей канадской. Загрязнение, застройка прибрежной территории, использование ее в хозяйственных целях, нарушает подземное питание озера, оно не получает в необходимом количестве воду, что приводит к его усыханию.

Вода озера характеризовалась прозрачностью 0,9-1,05 м, отсутствием запаха, зелено-желтым цветом. Концентрация соединений биогенных элементов (азота и фосфора) находилась в пределах нормативных значений. Отмечено высокое содержание органических веществ по БПК₅ и ХПК. Концентрация нефтепродуктов превышала ПДК в 1,9 раза. Индекс загрязненности воды составил 1,37 в поверхностном слое станции 1, что соответствует III классу качества воды (умеренно загрязненная).

По данным на 2016 г. (Мельникова, 2017) донная фауна озера Архирейское включала всего 30 таксонов (Nematoda, Oligochaeta, Hirudinea, Gastropoda, Hydracarina, Crustacea и Insecta) с большим видовым разнообразием двукрылых насекомых.

В 2020 г. в составе зообентоса было обнаружено 25 видов и таксонов рангом выше вида, относящихся к классам: Insecta (15), Hirudinea (3), Oligochaeta (1), Gastropoda (5) и Crustacea (1). Максимальная численность составила 113 ± 39 экз./м², биомасса — 34 ± 34 г/м², доминировали детритофаги, доля которых составляла 52,5%. По среднему значению индекса Шеннона ($2,04 \pm 0,6$) водоем относится к эвтрофному типу и является умеренно загрязненным. Индекс Симпсона ($0,69 \pm 0,1$) свидетельствует о наличии доминантных видов. Выравненность сообщества по индексу Пielу ($0,84 \pm 0,1$) высокая. Индекс Гуднайта–Уитлея ($11 \pm 3\%$) показывает отсутствие загрязнения. По индексу ИИЭС ($2,2 \pm 0,1$) водоем относится к категории «зона экологического кризиса».

Процессы эвтрофирования в исследуемом озере являются следствием антропогенного воздействия на территорию. Активное зарастание можно предотвратить устранением причин (застройки водосбора, откачки вод), а также комплексом мероприятий по экореабилитации (залесение водоохранной территории, регулирование поверхностного стока, и т.д.).

Е.Ю. Наумова, И.Ю. Зайдыков, К.М. Кучер, М.М. Макаров
Лимнологический институт СО РАН, Иркутск
E-mail: elena.baikalensis@gmail.com

Использование дополнительного оборудования для увеличения точности при работе с планктонными сетями

Сбор достоверной информации об изменении биологических параметров системы важен для целей моделирования и прогнозирования экологических систем. В настоящее время для получения данных о зоопланктоне применяется много новых технических средств, тем не менее, вертикальные планктонные сети по-прежнему широко применяются для оценки качественного состава и количества зоопланктона. Результаты измерений, получаемые приборами, оснащенными барометрическими датчиками глубины, имеют практически абсолютную привязку параметров к глубине. При работе планктонными сетями остро стоит проблема определения глубины, на которой работает сеть, и впоследствии, соотнесения этих данных с другими, получаемыми в комплексных экспедициях. Чтобы минимизировать ошибку при определении вертикального распределения зоопланктона впервые на Байкале был применен датчик RBRduet TD, измеряющий температуру и давление окружающей среды, закрепленный у входа в сеть. Чувствительность этого прибора позволяет определить не только глубину погружения сети, но и глубину ее закрытия. Цель работы — оценить ошибки в определении глубины погружения сети Джели.

Отбор проб проводился в разных точках озера Байкал в сентябре 2020 г. и в июне 2021 г. Пробы отбирались замыкающейся планктонной сетью Джели с разных горизонтов. Опускание и поднятие сети осуществляли при помощи электролебедки с борта НИС «Г.Ю. Верещагин». На лебедке был установлен механический счетчик троса, при помощи которого производили определение глубины опускания сети во время работы. Для закрытия сети использовался замыкатель Нансена и посыльный груз. Дополнительно для контроля глубины опускания использовался программно-аппаратный комплекс «Эхо-Байкал», созданный на основе рыбопоискового эхолота Furuno FCV-1100. К стропам планктонной сети в районе верхнего кольца крепился батиметрический датчик RBR TD Duo, при помощи которого осуществлялось определение реальной глубины опускания сети. Всего с использованием датчика давления произведено 108 измерений на глубинах от 25 до 275 метров. Угол отклонения троса определялся визуально с палубы, как без помощи транспорта «на глаз» (42 измерения), так и с применением электронного транспорта (66 измерений).

Между величинами глубины опускания сети, полученными по счетчику троса, эхолоту

и датчику давления, наблюдалась разница. Самым точным показателем являлся датчик давления, так как его точность составляет $\pm 2,5$ см, он показывает фактическую глубину опускания. Между глубиной, определяемой по счетчику троса и датчику давления, имеется разница, даже, когда отклонение сети визуально не наблюдается (угол отклонения троса 0°). По нашим расчетам, глубина реального опускания сети, даже в этом случае, в среднем меньше глубины по счетчику троса на 8,4%. Соответственно для конкретной лебедки и счетчика нужно ввести поправочный коэффициент 0,92, который позволит верно определять длину вытравленного троса. Теоретически, зная реальную длину троса и угол его отклонения, мы можем найти и глубину опускания сети. Для этого мы используем формулу для нахождения катета прямоугольного треугольника, где катет — вычисляемая глубина опускания, а гипотенуза — длина троса. При этом отклонение троса из-за дрейфа корабля и течений нелинейно меняется с глубиной. Мы сравнили полученные расчеты с фактической глубиной опускания по датчику, выразив разницу в процентном отношении. Там, где для измерения угла использовался транспортир, точность расчетной глубины погружения сети была значительно выше (с применением поправки на погрешность, связанную с использованием конкретного счетчика троса и лебедки, она составила 0,7%).

Проведенный эксперимент позволил получить поправочные коэффициенты для расчета глубины погружения сети. Пересчет численности планктона по глубине с учетом данных датчика позволил более точно соотнести распределение зоопланктона и физических и химических параметров. Это особенно важно при исследовании зоопланктона в зонах неоднородностей водной среды и обнаружении микрослоев планктона на эхограммах.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 0279-2021-0004 «Исследование адвективного и турбулентного водообмена Байкала и его влияния на экосистему озера, риски катастрофических явлений», проект № 0279-2021-0005 «Исследование трансформаций состояния водоемов и водотоков Восточной Сибири в сезонных и долговременных аспектах в контексте изменений климата, геологической среды и антропогенных нагрузок», проект № 0279-2019-0003 «Эколого-экономическая оценка функционирования пресноводных биогеоценозов, фундаментальные и прикладные аспекты»).

А.В. Олескин, А.Л. Постнов
Московский государственный университет, Москва
E-mail: oleskin@yandex.ru

Нейромедиаторы как экомоны в водных экосистемах

Настоящая работа посвящена одной из групп химических агентов, регулирующих функционирование экосистем. Речь идет о нейромедиаторах (нейротрансмиттерах) — веществах, которые переносят информацию в форме импульсов между нервными клетками (нейронами) или от нейрона к исполняющей команду мышечной клетке или клетке железы. Основное внимание мы уделим биогенным аминам, в частности, катехоламинам (дофамин, норадреналин, адреналин), серотонину, гистамину, и др. Ряд нейромедиаторов выполняют коммуникативные и регуляторные функции у представителей различных типов животных, растений, грибов, простейших.

Нейромедиаторы у микроорганизмов. Норадреналин, адреналин и дофамин стимулировали рост *Vibrio parahaemolyticus*, *V. mimicus*, но не *V. vulnificus* и *V. cholera*; норадреналин ингибировал рост *Mycoplasma hyopneumoniae*, подавляя экспрессию необходимых для пролиферации генов. Дофамин существенно стимулировал пролиферацию дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, норадреналин, напротив, был малоэффективен. Дофамин и норадреналин, добавленные в плотную питательную среду, различались по своему эффекту на образование микроколоний *Escherichia coli* K-12: норадреналин стимулировал этот процесс, а дофамин ингибировал его. Микроорганизмы не только реагируют на нейромедиаторы, но и

сами продуцируют их. Норадреналин в концентрациях 0,2-2 мкМ присутствовал в биомассе *Bacillus mycoides*, *B. subtilis*, *Proteus vulgaris* и *Serratia marcescens*; дофамин в количестве 0,5-2 мкМ — в биомассе большинства тестированных прокариот. Дофамин в микромолярных концентрациях детектирован также у *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumonia* и *Hafnia alvei*, изолированных из рыбных продуктов.

Нейромедиаторы у представителей фитопланктона. Нейромедиаторы серотонин, гистамин, дофамин, норадреналин, ацетилхолин и таурин стимулируют рост зеленых водорослей *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus quadricauda*. Поскольку дофамин и норадреналин выступают как вещества стресса, а гистамин и серотонин выделяются при всякого рода травмах и воспалительных процессах, получается известная «заинтересованность» зеленой водоросли в травмировании и стрессировании водных животных. Многие виды водорослей (представители Chlorophyta, Charophyta, Ochrophyta, Rhodophyta) синтезируют значительные количества дофамина, серотонина, гистамина, тирамина, ацетилхолина и других нейромедиаторов. У зеленой водоросли *Ulvaria obscura* дофамин, который накапливается в количестве, соответствующем 4,4% биомассы, функционирует как кайромон — протектор, предотвращая поедание этой водоросли морскими ежами, брюхоногими моллюсками, а также членистоногими.

Нейромедиаторы у водных беспозвоночных. Нейротрансмиттеры участвуют в регуляции физиологических процессов у различных представителей зоопланктона. Так, ацетилхолин выступает как ингибитор процесса конъюгации у инфузорий *Paramecium*. Дофамин накапливается в клетках инфузории *Tetrahymena pyriformis*. Выделяемый в водную среду, например, некоторыми водорослями, дофамин регулирует пищевое поведение у различных видов животных. Питающаяся хлореллой *Daphnia magna* синтезирует дофамин. Как уже указано, рост хлореллы стимулируется дофамином. Не исключено, что хищник *D. magna* стимулирует рост водоросли, которая служит ему источником пищи.

Нейромедиаторы у высших растений. Растения синтезируют нейромедиаторы и в то же время реагируют на них. Нейромедиаторы участвуют в таких процессах как формирование органов, цветение, транспорт ионов, фотосинтез, циркадные ритмы, созревание плодов, фотоморфогенез (зависимые от света процессы развития), адаптация к изменениям в окружающей среде. Дофамин, норадреналин, серотонин стимулируют прорастание спор *Equisetum arvense* и пыльцы *Hippeastrum hybridum*. Катехоламины обнаружены у 28 видов из 18 тестированных семейств растений. Так, дофамин (1-4 мг/г свежей массы) содержится в цветках и плодах, в частности, в соцветиях *Agaseae* и мякоти плодов бананов. Что касается водных растений, то, например, у ряски *Lemna minor* норадреналин и адреналин стимулируют развитие цветков.

Нейротрансмиттеры у рыб. Дофамин, который вырабатывается, например, некоторыми водорослями, воздействует на поведение рыб. У костистых рыб, в частности, у *Danio rerio*, дофамин подавляет процесс размножения, выступая как антагонист гонадотропина. Норадреналин, введенный в мозг золотых рыбок *Carassius auratus*, влияет на терморегуляцию и побуждает рыб предпочитать более холодную воду. С экосистемной точки зрения интересно, что нейротрансмиттеры у рыб могут тем или иным путем оказываться непосредственно в воде (например, при ранении рыбы) и действовать на прочие компоненты водной экосистемы. Биогенные амины выступают как составная часть выделяемых рыбами кайромонов.

Нейротрансмиттеры участвуют в многостороннем взаимодействии между представителями водной микробиоты, фитопланктоном, зоопланктоном, высшими растениями, рыбами. Все это оправдывает употребление в отношении них термина *экомоны*, введенного Ж. Пастельсом, который подчеркивал, что экомоны включают в себя внутривидовые и межвидовые сигналы, наряду с веществами, поступающими из абиотического окружения.

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

Динамика видовой структуры зоопланктонных сообществ реки Сура в 2017-2020 гг. на территории города Пенза

Водные объекты, расположенные в черте городов, испытывают значительную антропогенную нагрузку. В результате изменяется состояние не только их вод, но и сообществ населяющих их гидробионтов. В Пензенской области река Сура — главная водная артерия. На гидробиологический режим реки влияют расположенные выше города Пензенское водохранилище и в черте города — плотина ТЭЦ-1, образующая так называемое «Городское водохранилище» длиной 13 км. Колебания климата, а также антропогенные нагрузки, приводят к изменению уровня воды в реке и ее скорости течения. Эти факторы ведут к трансформациям структуры сообществ гидробионтов и экосистемы в целом.

Зоопланктонное сообщество — важный компонент любой водной экосистемы, способный к быстрой перестройке и возобновлению после каких-либо нарушений. Мониторинговые наблюдения за его состоянием позволяют своевременно решать возникающие экологические проблемы. Цель настоящей работы — изучить динамику видовой структуры зоопланктонных сообществ реки Сура в черте города в течение четырех лет (2017-2022 гг.) и оценить санитарное состояние реки.

Зоопланктонные сообщества исследовали с мая по сентябрь на 3-5 станциях реки Суры в черте г. Пенза. В 2017-2019 гг. пробы брали на трех станциях — в районе села Засечное (I), за плотиной ТЭЦ-1 (IV), после очистных сооружений (V). В 2020 г. помимо обозначенных станций, пробы зоопланктона отбирали: до впадения (IIa) и после впадения (IIб) реки Мойки, до впадения (IIIa) и после впадения (IIIб) реки Кашаевки. Из рек Мойки и Кашаевки в реку Суру попадают все виды сточных вод. Всего исследовано 197 проб, обработанных по общепринятым в гидробиологии методам. Для определения загрязненности реки нами использованы индекс Шеннона и коэффициент трофии.

В реке Суре обнаружено 127 видов и форм зоопланктона: коловраток — 79, кладоцер — 35, копепод — 13. В сообществах постоянно встречались следующие виды: *Euchlanis dilatata* (Ehrenberg, 1832), *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *K. quadrata* (Müller, 1786), *Rotaria* sp., *Synchaeta tremula* (Müller, 1786), *Chydorus sphaericus* (Müller, 1785), *Scapholeberis mucronata* (Müller, 1776), и личинки веслоногих ракообразных. Частота встречаемости этих форм более 80%.

В 2017 и 2018 гг. на всех станциях реки Суры доля численности коловраток была выше, чем кладоцер. В 2019-2020 гг. повысилась доля ветвистоусых ракообразных. Возможно, это реакция зоопланктонных сообществ на снижение уровня воды и замедление течения в реке Сура в 2019 г. из-за низкого уровня в Пензенском водохранилище.

Значения показателей числа видов и численности зоопланктонных сообществ на трех станциях в первый год исследования (2017 г.) вниз по течению изменялись неодинаково: число видов снижалось, а численность — увеличивалась. В 2018 г. в связи с ремонтом плотины ТЭЦ-1 ниже дамбы из-за углубления русла повысилась скорость течения и дополнительно в реку поступила вода из «Городского водохранилища». Это привело к повышению биоразнообразия и численности зоопланктонного сообщества на станции IV. Примерно также изменялись эти параметры и в следующие годы.

Общее разнообразие зоопланктеров в реке Сура за годы исследования снизилось в два раза: от 104 видов в 2017 г. через 83 (2018 г.) и 65 (2019 г.) до 51 вида в 2020 г. Среднее значение числа видов зоопланктеров в реке также снизилось более чем в два раза (в 2017 г. — 72 и в 2020 г. — 33). Среднее значение численности в 2017-2018 гг. было одинаковым, в 2019-2020 гг. — увеличилось.

В 2020 г. на станциях II и III отмечено 53 вида зоопланктеров. Самое низкое видовое

разнообразие на этом участке реки наблюдалось на станции IIa, расположенной непосредственно перед впадением вод реки Мойки в реки Суру. Число видов возросло к станции IIIb, расположенной перед плотиной ТЭЦ-1, где образовано «Городское водохранилище».

В реке Суре доминантный состав зоопланктона пестрый и на станциях исследования изменялся в разные годы. В 2017 и 2020 гг. основным доминантом была коловратка *S. tremula*, а в 2018 г. — *K. cochlearis*. В 2019 г. на всех станциях преобладали науплии веслоногих ракообразных, а на IV и V станциях отмечена значительная доля ветвистоусого ракообразного *S. mucronata*, численность которого была очень высокой в июне — июле.

Состав доминантных видов на станциях II и III разнообразнее, чем в 2020 г. на остальных станциях, где преобладали *S. tremula* и личинки веслоногих ракообразных. На станциях IIa и IIIa среди доминантов отмечен еще и эвритопный вид — кладоцера *Ceriodaphnia pulchella*. На участке реки Суры ниже впадения вод реки Кашаевки в «Городском водохранилище» (IIIb) преобладала бделлоидная коловратка *Rotaria* sp.

Качество воды реки отличалось на исследуемых участках и в разные годы. По значениям индекса Шеннона в первые три года качество воды соответствовало классам «чистая» и «умеренно-загрязненная», на четвертый — ухудшилось даже на участке выше города. По величинам коэффициента трофии на всех участках реки Суры, кроме станции IV в 2018 г. (эвтрофный тип), вода «умеренно-загрязненная», относится к мезотрофному типу.

Е.В. Потиха

Сихотэ-Алинский государственный природный
биосферный заповедник им. К.Г. Абрамова, Терней

E-mail: potikha@mail.ru

Пресноводная малакофауна Сихотэ-Алинского заповедника

Малакофауна особо охраняемых природных территорий (ООПТ) юга Дальнего Востока (ДВ) к настоящему времени недостаточно изучена. Учитывая значимость моллюсков для пресноводных экосистем и их уязвимость, задача по выявлению их видового состава на ООПТ, имеющих большие возможности в сохранении биологического разнообразия видов, является весьма актуальной.

Сихотэ-Алинский заповедник является одной из крупнейших ООПТ юга ДВ. Пресноводная малакофауна разнообразных водных объектов заповедника, расположенных на восточном склоне Сихотэ-Алиня в пределах северного побережья Японского моря, к настоящему времени насчитывает 24 таксона из шести родов и шести семейств. Класс Gastropoda включает 20 видов, принадлежащих к четырем семействам и четырем родам. По восемь видов насчитывают семейства: Lymnaeidae — *Lymnaea (Radix) coreana* (Martens, 1886), *L. (R.) pacifampla* Kruglov et Starobogatov, 1989, *L. (R.) schubinae* Kruglov, Starobogatov et Zatravkin in Kruglov et Starobogatov, 1989, *L. (R.) auricularia* (Linnaeus, 1758) (= *Helix auricularia* Linnaeus, 1758), *L. (R.) psilia* (Bourguignat, 1862), *L. (Peregriana) amurensis* Kruglov, Moskvicheva et Starobogatov in Kruglov et Starobogatov, 1984, *L. (P.) sikhotealinica* Kruglov et Starobogatov, 1984, *L. (P.) dvoriadkini* Kruglov et Starobogatov, 1984; Planorbidae — *Anisus (Gyraulus) amuricus* Prozorova et Starobogatov, 1998, *A. (G.) borealis* (Westerlund, 1877), *A. (G.) buriaticus* Prozorova et Starobogatov, 1997, *A. (G.) centrifugops* Prozorova et Starobogatov, 1997, *A. (G.) sibiricus* (Dunker, 1848), *A. (G.) sretenskiensis* Prozorova et Starobogatov, 1997, *A. (G.) stroemi* (Westerlund, 1881), *A. (G.) subfiliaris* Moskvicheva in Dvoriadkin, 1980. Семейство Acroloxidae представлено тремя видами — *Acroloxus likharevi* Moskvicheva in Kruglov et Starobogatov, 1991, *A. victori* Prozorova, 1995, и *Acroloxus* sp., а семейство Valvatidae — одним видом *Cincinna (Sibirovalvata) sirotskii* Starobogatov et Zatravkin, 1985.

Класс Bivalvia включает четыре вида, относящиеся к двум семействам (Unionidae и Sphaeriidae) и двум родам. Род *Kunashiria* Starobogatov in Zatravkin, 1983 (= *Arsenievinaia* Zatravkin et Bogatov, 1987) представлен тремя видами моллюсков, занесенных в Красные

книги Российской Федерации и Приморского края как редкие и находящиеся под угрозой исчезновения: *K. haconensis* (Ihering 1893) (= *Arsenievinaia sihotealinica* (Zatrawkin et Starobogatov, 1984), *K. coptzevi* (Zatrawkin et Bogatov, 1987), и *K. zimini* (Zatrawkin et Bogatov, 1987). Род *Musculium* Link, 1807 включает один вид *M. likharevi* Moskvicheva in Zatrawkin et Moskvicheva, 1986.

Среди брюхоногих моллюсков 13 видов зарегистрированы в водотоках, два вида — в озерах, а пять собраны в водоемах обоих типов, из которых *Anisus* (G.) *huriaticus*, *A.* (G.) *borealis*, *A.* (G.) *sretenskiensis* и *A.* (G.) *amuricus* были отмечены и в холодноводных высокогорных озерах. Двустворчатые моллюски населяли только стоячие водоемы.

Пресноводная малакофауна Сихотэ-Алинского заповедника представляет интерес не только с фаунистической, но и с биогеографической точек зрения. Являясь по своему составу неоднородной, она сочетает в себе северные палеарктические и более южные амуро-приморские элементы. А протекающая по территории заповедника река Серебрянка определяет биогеографическую границу между Центрально- и Северо-Приморской провинциями в составе Приморской надпровинции Амурской подобласти Сино-Индийской области. В целом в пресноводной малакофауне заповедника преобладают южно-дальневосточные виды.

Я.С. Пяткова¹, Д.М. Безматерных²

¹Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Барнаул

²Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

E-mail: ¹ pyatkova-iana@ya.ru; ² bezmater@mail.ru

История изучения водных беспозвоночных озер равнинной территории Алтайского края

Равнинная территория Алтайского края расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности. Число озер здесь около 5 000 с общей площадью акватории более 2 500 км². Водоемы разнотипные по происхождению, морфометрии, источникам питания, уровню и характеру минерализации. Основную часть составляют малые, мелководные озера. Анализ истории их изучения является неотъемлемой частью начала натурных гидробиологических работ. В истории отечественной гидробиологии XX века относительно исследования водоемов Западной Сибири, в том числе, и территории Алтайского края, выделяется дореволюционный, два советских и современный (постсоветский) этап. Перед учеными с самого начала ставились цели и задачи связанные, в основном, с выявлением видового состава обитателей водоемов и изучением возможности ведения на них рыбного хозяйства. Позже добавилось изучение особенностей биологии промысловых видов беспозвоночных и оценка сырьевой базы озер.

На первом, дореволюционном этапе, исследования носили рекогносцировочный характер и касались, прежде всего, установления видового состава населения местных водоемов. Начало изучения водных беспозвоночных территории связано с открытием Томского университета в 1888 г. и созданием в нем кафедры зоологии. Так, В.П. Аникин в 1896 г. впервые опубликовал описание жаброногого рачка *Artemia brevicauda* в соляном озере Бурлинское и в 1898 г. провел ряд опытов над рачками *Artemia* из Мормышанских озер. Кроме того, в 1902 и 1912 гг. Г.Э. Иогансен осуществил комплексные гидробиологические сборы на озерах Кулунды.

Второй этап исследований — советский, продолжавшийся до начала Великой Отечественной войны. Крупнейшим достижением этого периода явилось создание в Западной Сибири разветвленной сети научных учреждений с гидробиологическими лабораториями и базами, которые провели многочисленные и разнообразные работы. Основным же научно-методическим центром гидробиологических исследований являлась кафедра ихтиологии и гидробиологии Томского университета. В 1930-х гг. университетом было организовано экспедиционное гидробиологическое изучение водоемов Алтая. В данный период активно разрабатывали пути рациональной организации рыбного хозяйства. Зоопланктон и зообентос

озер края изучались как кормовая база для определения возможности интродукции и выращивания ценных видов рыб. К таким работам можно отнести исследования О.С. Зверевой на Бурлинских озерах, опубликованные в 1930 г., изучение в 1931 г. бентоса и зоопланктона Бурлинских и Касмалинских озер Л.А. Благовидовой. С участием Н.Н. Боровой и В.Н. Грезе в 1931 г. проводились комплексные гидробиологические исследования Уткульских и Боровских озер. Следует отметить Кулундинскую соляную экспедицию АН СССР под руководством И.Н. Глядцина (1927-1932 гг.), в опубликованных работах которой содержались сведения о фауне некоторых минерализованных озер.

В третий, послевоенный советский период, исследованием зоопланктона и зообентоса озер равнинной территории Алтайского края занималась целая плеяда известных гидробиологов: Б.Г. Иоганзен, Л.А. Благовидова, Б.Г. Мисейко, В.А. Новоселов, З.И. Новоселова, В.П. Соловов, Т.Л. Студеникина, Л.В. Веснина, А.Н. Петкевич, Л.Л. Сипко, и др. Ими внесен существенный вклад в изучение беспозвоночных разнообразных водоемов равнинной территории края. Исследована их количественная характеристика, сезонная динамика, изменение видового состава при увеличении солености воды, а также проведена кормовая оценка водоемов. В середине 1970-х гг., в связи с интересом народного хозяйства к *Gammarus lacustris* и жаброногому рачку *Artemia* как к биоресурсу, коллективом Алтайской озерно-речной лаборатории были начаты исследования солоноватых и соляных озер края и опубликованы монографии. В тот же период проведена систематическая инвентаризация основных групп водных беспозвоночных.

На современном этапе следует отметить большую роль в изучении зоопланктона озер Л.В. Весниной, Н.И. Ермолаевой, О.С. Бурмистровой, Т.Л. Студеникиной, Г.В. Лукериной, Т.О. Ронжиной, и др., зообентоса — Д.М. Безматерных и О.Н. Вдовиной. В основном, исследования проводили в Институте водных и экологических проблем СО РАН, Алтайском филиале Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Алтайском филиале СибрыбНИИпроект, и Алтайском государственном университете. В дополнение к ранее выдвинутым задачам по изучению водных биологических ресурсов необходимо отметить постановку вопросов охраны водных и биологических ресурсов, оценки экологического состояния озер, биоиндикации качества воды, исследования процессов эвтрофирования.

Таким образом, в истории изучения водных беспозвоночных озер равнинной территории Алтайского края наиболее планомерным и систематичным являются третий и четвертый этапы исследований. В результате выше указанных работ в этот период получены данные по всем основным озерным системам. Основное количество опубликованных научных работ посвящено наиболее продуктивным, крупным и перспективным для промысла водоемам. В тот же период проведена систематическая инвентаризация основных групп водных организмов. Оценено современное экологическое состояние озер.

А.Л. Рижинашвили

*Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова РАН, Санкт-Петербург
E-mail: railway-ecology@yandex.ru*

Проблема биогенного лимитирования пресноводных экосистем: от Э. Науманна к перспективам N-P-теории

Процесс эвтрофирования водоемов, то есть, повышения биологической продуктивности их экосистем, за последние десятилетия приобрел настолько глобальный масштаб, что сегодня речь идет об озерах как «горячих точках» углеродного бюджета биосферы. Для прогноза эмиссии с поверхности водных объектов углекислого газа, а также оценки их продукционного и самоочистительного потенциала, необходимы теоретические представления о механизмах функционирования водных экосистем. Однако до сих пор основные положения теории этих вопросов до конца не разработаны. В частности, не решена проблема биогенного

лимитирования. Господствовавшая с 1960-х гг. фосфорная парадигма в начале XXI века подверглась существенному пересмотру, так как неоднократно была показана ведущая роль азота в контроле первичного продукционного процесса. Но единого мнения о том, когда экосистема лимитирована по азоту, а когда — по фосфору, либо когда наблюдается ко-лимитирование, не выработано. В докладе решение поставленного вопроса проводится на основе ретроспективного анализа состояния продукционной гидробиологии с начала XX века, а также анализируются выполненные в последние два десятилетия работы, посвященные биогенному лимитированию водных экосистем. Обсуждается также широкий экологический контекст принципа лимитирующего фактора Ю. Либиха, его биологический смысл.

Вероятнее всего, в каждом водоеме действует локальная совокупность условий, обеспечивающая смену периодов азотного или фосфорного ограничения фотосинтеза фитопланктона. Дальнейшие исследования проблемы биогенного лимитирования должны быть направлены на выяснение особенностей взаимодействия водорослей и бактерий, в особенности, на участие бактерий в цикле азота и деструкции органических соединений.

*О.О. Русановская, Д.Ю. Карнаухов, Л.С. Кращук,
Е.В. Пислегина, С.В. Шимараева, Е.А. Зилов
Иркутский государственный университет, Иркутск
E-mail: rusanovskaya-o.o@mail.ru*

Анализ динамики планктонного сообщества озера Байкал по данным многолетних (1946-2020 гг.) наблюдений

Планктон Байкала давно и успешно изучается. Наш институт осуществляет его наблюдение с 1945 г., еженедельно регистрируя состав и количество планктонных организмов, прозрачность и температуру воды на стационарной станции «Точка №1» в Южном Байкале.

Станция отбора проб (Точка № 1) располагается в открытой части Южного Байкала, на расстоянии 2,7 км от берега (51°52'48" с.ш.; 105°05'02" в.д.) над глубиной около 800 м против биостанции Научно-исследовательского института биологии Иркутского государственного университета (поселок Большие Коты). Исследуется столб воды толщиной 250 м. В настоящее время собраны данные, отражающие состояние таких показателей экосистемы, как температура и прозрачность воды на разных горизонтах (0, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 250 м) (абиотические параметры); содержание хлорофилла «а» и численность видов фитопланктона (учитывается около 500 форм) по горизонтам, численность видов зоопланктона (учитывается около 800 форм) по слоям (0-25, 25-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-250 м) (биотические параметры). Фитопланктон отбирали с помощью батометра объемом 10 л. С 1973 г. пробы фиксировали раствором Утермелля, до 1973 г. фитопланктон фиксировался формалином, что приводило к элиминации мелких и нежных форм водорослей. Орудием лова зоопланктона служила планктонная сеть Джели с диаметром входного отверстия 37,5 см, размером ячеи 0,099 мм. Температуру воды измеряли ртутным термометром, закрепленным в батометре, на глубинах 0, 5, 10, 25, 50 м. Пробы на содержание хлорофилла «а» также были отобраны на этих глубинах. Для анализа трофических связей использовали данные результатов сборов зоопланктона в слое 0-50 м с 1951 г. (когда начались определения видового состава и численности фитопланктона) и средневзвешенные данные численности фитопланктона по видам за тот же период.

Результаты проведенной работы подтверждают наличие положительных трендов поверхностной температуры воды, температуры воды на глубине 50 м, и температуры воды поверхностного слоя от 0 до 50 м, за 70 лет наблюдений на станции долговременного мониторинга. Вместе с тем, растет и прозрачность воды в точке наблюдений. Концентрация хлорофилла «а» на стационарной точке наблюдений за 40 лет наблюдений нарастает для сезона прямой стратификации (в летне-осенний период) и не увеличивается для сезона обратной стратификации (в зимне-весенний подледный период).

Анализ динамики численности массовых для Байкала видов планктонных водорослей

за 70 лет показал, что байкальские подледные виды диатомовых водорослей (*Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Simonsen, 1979, *Aulacoseira skvortzowii* Edlund, Stoermer, Taylor, 1996, *Stephanodiscus meyerii* Genkal et Popovsk., 2002, *Stephanodiscus binderanus* var. *baicalensis* Popovskaya et Genkal, 1987), эндемичные диатомовые водоросли, развивающиеся и в подледный сезон, и в летне-осенний (*Cyclotella baicalensis* (K. Meyer) Skv., 1928, *Cyclotella minuta* (Skv.) Antip., 1956), и подледный эндемичный вид динофитовых водорослей *Gymnodinium baicalense* Antip., 1955, или снижают, или, по крайней мере, не увеличивают достоверно свою плотность. Неэндемичные водоросли, развивающиеся преимущественно в сезоны открытой воды (диатомовая *Synedra acus* var. *acus* Kützing, 1844, золотистые *Chrysoidalis* sp., *Dinobryon cylindricum* O.E. Imhof, 1887, *Dinobryon sociale* (Ehrenberg) Ehrenberg, 1834, и зеленые *Koliella longiseta* (Vischer) Hindák, 1963 и *Monoraphidium irregulare* (G.M. Smith, 1922) J. Komárková-Legnerová, 1969) уверенно демонстрируют положительные тенденции увеличения численности.

Анализ связи численности рассматриваемых массовых видов фитопланктона озера Байкал с температурой трофогенного слоя воды показал, что эндемичные подледные водоросли (диатомовые *Aulacoseira baicalensis*, *A. skvortzovii*, *Stephanodiscus binderanus* var. *baicalensis*, *S. meyerii*, динофитовая водоросль *Gymnodinium baicalense*, и встречающиеся и в сезон открытой воды *Cyclotella baicalensis* и *C. minuta*) демонстрируют негативную реакцию на повышение температуры воды. Неэндемичные диатомовая водоросль *Synedra acus*, зеленые водоросли *Koliella longiseta* и *Monoraphidium irregulare*, золотистые *Chrysoidalis* sp., *Dinobryon cylindricum* и *D. sociale*, положительно реагируют на повышение температуры воды.

Проведенный анализ связи численности сетного зоопланктона и обследованных массовых видов фитопланктона показал некоторую корреляционную связь между среднегодовой численностью *Aulacoseira baicalensis*, *Aulacoseira skvortzovii*, *Stephanodiscus binderanus* var. *baicalensis*, *Cyclotella baicalensis* и *Cyclops kolensis* Lill., 1901, а также между численностью *Cyclotella minuta* и *Epischura baikalensis* Sars, 1900.

Настоящая работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FZZE-2020-0023) и Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

А.В. Рыжая¹, В.В. Стасюкевич²

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно, Беларусь

E-mail: ¹ rhyzhaya@mail.ru; ² vadim.stasyukevich@mail.ru

Моллюски в оценке состояния водных объектов (Беларусь, Гродненская область)

Моллюсков по комплексу критериев можно отнести к перспективным объектам для целей биоиндикации при оценке состояния водных экосистем. В водных экосистемах малакофауна среди донных организмов доминирует по численности и, особенно, по биомассе. Загрязнение вод, прежде всего, сказывается на численности, а также на видовом составе отдельных популяций моллюсков.

Планомерные малакологические исследования в водных экосистемах на территории Гродненской области и г. Гродно с окрестностями проводятся с 1999 г. Данная территория принадлежит к Западно-Белорусской ландшафтно-географической провинции, простирающейся в пределах евроазиатской хвойно-лесной (таежной) геоботанической области. Исследованиями охвачены три водотока (реки Неман и Лососянка, ручей Городничанка) и искусственные пруды в различных районах города. Видовое разнообразие и встречаемость моллюсков в городских водных объектах используются нами в мониторинге их состояния и оценке качества городской среды обитания. Для сравнения исследования проводятся на водоемах, расположенных вне городской черты, в частности, на Волпенском водохранилище в Волковысском районе Гродненской области.

Во всех водных объектах в черте города выявлено 28 видов моллюсков, что составляет 37,3% малакофауны Беларуси. Преобладают по количеству видов брюхоногие моллюски —

75% видового обилия. В водных экосистемах города выявлены представители двух подклассов, Pulmonata и Prosobranchia, трех отрядов (Archaeogastropoda, Mesogastropoda и Basommatophora), и девяти семейств. Наибольшее видовое обилие характерно для Lymnaeidae и Planorbidae. Абсолютно постоянным видом является *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), который встречается во всех городских водных объектах, также обильны *Radix auricularia* Linnaeus, 1758, *Viviparus contectus* (Millet, 1813), *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758), и *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758). *L. stagnalis* как модельный вид, достигающий значительной численности в различных городских водоемах, использовали для оценки антропогенного влияния на морфометрические параметры раковин.

Двустворчатые моллюски представлены тремя семействами — Sphaeriidae, Unionidae и Dreissenidae. В городских водоемах встречаются представители семейства Sphaeriidae — *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758) и *Pisidium amnicum* (O.F. Müller, 1774). В водотоках (реки Неман и Лососянка в городской черте) обнаружены Unionidae — *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758), *U. tumidus* (Philipson, 1788). На камнях в прибрежной зоне реки Неман в лесопарке Румлево (юго-восточная часть города) отмечена *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771).

Волпенское водохранилище расположено около деревни Ковали. Водоем создан в 1955 г. Площадь водной поверхности — 1,2 км², длина — 5,6 км, максимальная глубина — 5,4 м, максимальная ширина — 0,9 км. Объем воды — 1,7 млн. м³. Береговая линия (длина 18 км) изрезанная, имеется два залива. Колебания уровня воды достигают 0,5 м (перед половодьем). Водохранилище используется в энергетике (Волповская ГЭС), для отдыха и любительского рыболовства. На берегу располагаются зона отдыха «Волпа» и санаторий «Энергетик». На шести учетных площадках Волпенского водохранилища установлено нахождение 19 видов моллюсков, что составляет 11,7% малакофауны Беларуси, по числу видов также преобладают брюхоногие (63% видового обилия). Наиболее многочисленны в водохранилище *P. corneus* (38% обилия по численности), *V. contectus* (17%), *L. stagnalis* (13%), и *D. polymorpha* (11%). Зарегистрированы виды, занесенные в Красную книгу Республики Беларусь (2014) — *Pseudanodonta complanata* (Rossmässler, 1835), II категория национальной природоохранной значимости, и *Unio crassus* (Philipson, 1788), III категория национальной природоохранной значимости. Согласно показателю отношения встречаемости двустворчатых моллюсков к легочным брюхоногим на единицу площади, который составил 0,26 (<1), исследованный водоем характеризуется значительным загрязнением.

Р.З. Сабитова, А.В. Крылов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок

E-mail: sabrima@rambler.ru

Зоопланктон пелагиали озера Севан (Армения) в условиях увеличения количества рыб-планктофагов, изменений уровня воды и метеорологических условий

Значительная часть истории гидробиологии связана с изучением озерных экосистем, которых в мире не менее 304 миллионов. Особое место занимают исследования крупных водоемов, что объясняется не только наличием в их составе наибольшего разнообразия биотопов, влияния на них разнородного комплекса абиотических и биотических факторов, но и непреходящей ролью в жизни человека, активно использующего водные и биологические ресурсы для обеспечения жизнедеятельности и хозяйственных нужд. В ходе исследований решены многие фундаментальные и прикладные задачи гидробиологии, однако их сегодняшнее изучение не потеряло актуальности. В первую очередь, это связано с возрастанием степени влияния ряда факторов среды — изменение климата, появление и натурализация новых видов (и чужеродных, и регионального пула), рост народонаселения, увеличение объемов загрязняющих веществ, активное изъятие биологических ресурсов. Кроме того, для каждой водной экосистемы набор и соотношение структурообразующих факторов среды уникален, что может определять специфичные реакции отдельных сообществ гидробионтов и водоема в

целом на их комплексы.

Озеро Севан — высокогорный (~ 1900 м над уровнем моря) и самый крупный (площадь ~1262 км²) водоем Кавказа, на котором с 2002 г. осуществляется плановое повышение уровня воды, происходящее на фоне значительных колебаний плотности рыбного населения и межгодовых особенностей метеорологических условий. Комплекс этих факторов вызывает перестройку ряда сообществ гидробионтов озера, включая зоопланктон (ЗП). Представлены результаты исследований, проведенных в вегетационные периоды 2016-2019 гг. с целью изучения ЗП пелагиали озера Севан в условиях увеличения количественных характеристик рыбного населения, изменений уровня воды и метеорологических особенностей в разные сезоны.

В 2016-2019 гг. в составе ЗП пелагиали озера Севан обнаружено 35 видов беспозвоночных, включая 19 видов Rotifera, девять Copepoda (два Calanoida, семь Cyclopoida), семь Cladocera. Впервые в озере отмечены *Euchlanis dilatata lucksiana* (Hauer), *Polyarthra longiremis* Carlin, *Trichocerca (T.) longiseta* (Schränk), *Acanthocyclops americanus* (Marsh), *Megacyclops viridis* (Jurine), *Thermocyclops crassus* (Fischer), а при формировании максимальных количественных характеристик рыбного населения из состава ЗП исчезла крупная и окрашенная *Daphnia (Ctenodaphnia) magna* Straus. Во все сезоны вегетационных периодов 2016-2019 гг. при увеличении количественной представленности рыб отмечено снижение удельного видового богатства ЗП на фоне повышения числа видов Rotifera. Кроме этого, весной, осенью, и, в большинстве случаев, летом, в этих условиях сокращались численность и биомасса ЗП за счет Copepoda и Cladocera.

В отдельные сезоны межгодовые изменения ряда показателей ЗП имели разную направленность. Так, при максимальной биомассе рыб в мае за счет всех таксономических групп беспозвоночных до минимальных значений снижалась плотность ЗП, а за счет Cladocera — его биомасса. Летом 2016, 2017 и 2019 гг. статистически значимых различий общей численности и биомассы ЗП не обнаружено. Осенью при наибольших количественных характеристиках рыбного населения и в условиях снижения уровня воды его численность возрастала за счет Rotifera, а при снижении уровня воды, максимальной температуре воздуха и воды, а также биомассе фитопланктона — за счет *Diaphanosoma lacustris*. Осенью статистически достоверные различия биомассы ЗП отсутствовали, но отмечена тенденция ее снижения за счет ракообразных на фоне увеличения биомассы Rotifera. Величина индекса Шеннона при увеличении численности и биомассы рыб в мае снижалась, летом и осенью — возрастала.

В условиях высокой летней температуры воды и обеднении кормовой базы изменялось горизонтальное и вертикальное распределение рыб-планктофагов: они концентрировались в более глубоких, чем в норме, слоях воды. В результате, даже при максимальной общей плотности и биомассе рыб, количественные характеристики ЗП отличались наибольшими значениями за счет массовой представленности мелких и прозрачных видов Cladocera.

Изменения ЗП способствовали изменению ряда абиотических и биотических характеристик пелагиали озера Севан. Так, сокращение его количественного состава за счет фильтраторов приводило к снижению прозрачности воды, повышению численности и биомассы гетеротрофных нанофлагеллят, в результате чего уменьшались численность и биомасса бактериопланктона. Изменения биомассы фитопланктона в большей степени связаны с абиотическими факторами среды, среди которых особое место занимает регенерация фосфора Cladocera. В отдельные годы летом экскретируемый фосфор и высокая температура воды стимулировали развитие водорослей и цианобактерий, не только компенсируя их выедание, но и способствуя повышению биомассы даже в условиях высоких количественных характеристик планктонных ракообразных.

Современное состояние зоопланктона Правдинского водохранилища (Калининградская область)

Правдинское водохранилище — это крупнейшее водохранилище Калининградской области, оно расположено на реке Лава (на расстоянии 54 км от устья) недалеко от города Правдинска и было образовано при постройке гидроэлектростанции ГЭС-3 в начале 1920-х гг. Водосборная площадь водохранилища находится в зоне интенсивного антропогенного воздействия. Правдинское водохранилище — водоем высшей рыбохозяйственной категории. Зоопланктон водохранилища изучался на протяжении долгого периода времени, начиная с 1980-х гг., однако эти исследования выполнялись эпизодически и, в большинстве случаев, в летний период. Цель настоящего исследования — изучить состав, сезонные и межгодовые изменения зоопланктона Правдинского водохранилища в современный период, а также оценить трофический статус водного объекта по показателям зоопланктона.

Исследования зоопланктона Правдинского водохранилища проводили с января по ноябрь в 2017-2021 гг. Пробы зоопланктона отбирали в прибрежной зоне водоема 1-2 раза в квартал процеживанием 100-200 л через планктонную сеть с размером ячеи 64 мкм. Пробы зоопланктона фиксировали 4% формалином с сахарозой. С целью дифференциации живых и мертвых особей зоопланктон окрашивали 7,5% раствором анилинового голубого красителя. В качестве показателей естественной (не связанной с хищничеством) смертности зоопланктона использовали долю численности или биомассы мертвых особей от суммарной численности или биомассы живых и мертвых животных, выраженную в процентах. Обработку проб проводили по стандартной методике. При анализе состояния качества среды и степени эвтрофирования Правдинского водохранилища были использованы следующие показатели зоопланктона: показатель трофии (Е/О), коэффициент трофии (Е), соотношение числа видов *Brachionus* и *Trichocerca* ($Q_{\text{ВТ}}$), число структурообразующих видов по численности и биомассе, численность видов-индикаторов эвтрофных условий.

За пять лет исследований (2017-2021 гг.) в зоопланктоне Правдинского водохранилища было отмечено 110 видов, наибольшим числом видов были представлены коловратки (Rotifera) (55 видов) и ветвистоусые ракообразные (Cladocera) (32 вида), меньшим числом видов — веслоногие ракообразные (Copepoda) (23 вида). Кроме этого, в зоопланктоне были встречены личинки двустворчатых моллюсков (Bivalvia), а также личинки леща (*Abramis brama*). Из встреченных видов 19 относились к видам-индикаторам эвтрофных условий, три — к видам-индикаторам олиготрофных условий. Максимальное число видов, относящихся к индикаторам эвтрофных условий (11) было встречено в августе 2018 г. Более 30 видов зоопланктона были указаны для водоема впервые, в основном, это коловратки. Минимальное число видов было отмечено в начале вегетационного сезона в январе — марте (9-13 видов), к маю — июню оно увеличивалось (до 20-31 вида), оставаясь на высоком уровне в июле — августе (18-32 вида) и снижаясь к октябрю — ноябрю (до 10-18 видов). К основным доминирующим видам относились *Brachionus angularis*, *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus quadridentatus*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra vulgaris*, *Synchaeta pectinata*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia cristata*, *Daphnia cucullata*, *Daphnia galeata*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Cyclops kolensis*, *Eucyclops serrulatus*, *Mesocyclops leuckarti*, молодь Cyclopoida. По численности и биомассе в зоопланктоне Правдинского водохранилища в зимний, весенний и осенний периоды доминировали коловратки и веслоногие ракообразные, в летний период — ветвистоусые ракообразные, в отдельные периоды (в конце весны — начале лета) в зоопланктоне в значительной мере возрастала доля личинок двустворчатых моллюсков. Численность и биомасса зоопланктона были минимальны в начале вегетационного периода (в январе —

марте) и изменялись по годам в пределах 0,7-10,4 тыс. экз./м³ и 1-33 мг/м³. В весенний период (в апреле — начале июня) численность и биомасса зоопланктона возрастали до 48,6-150,4 тыс. экз./м³ и 168-1 105 мг/м³. В летний период (в июле — августе) количественные показатели зоопланктона оставались на уровне весенних или еще больше возрастали, составляя 42,1-381 тыс. экз./м³ и 709-2 916 мг/м³. В осенний период (в сентябре — ноябре) как численность, так и биомасса зоопланктона снижались до 16,5-64,4 тыс. экз./м³ и 36-1 343 мг/м³. Максимальные показатели численности и биомассы зоопланктона Правдинского водохранилища (381 тыс. экз./м³ и 2,92 г/м³) были отмечены в августе 2018 г., минимальные (0,7 тыс. экз./м³ и 0,001 г/м³) — в феврале 2021 г. По биомассе зоопланктона в летний период 2017, 2019, 2020, 2021 гг. Правдинское водохранилище можно охарактеризовать как средnekормный водоем, в 2018 г. — как водоем с кормностью выше средней. Доля мертвых особей в зоопланктоне, как правило, не превышала 5-7%. Исключением был август 2018 г., когда была отмечена максимальная доля мертвых особей — 12,9% и 14,7% соответственно от численности и биомассы зоопланктона. Тогда же в фитопланктоне была велика доля синезеленых водорослей, в особенности потенциально токсичного рода *Microcystis*. По показателям зоопланктона во все годы исследований Правдинское водохранилище можно охарактеризовать как эвтрофный или гиперэвтрофный водоем, максимальные показатели были отмечены в летний период 2018 г.

А.С. Семенова¹, О.А. Дмитриева^{1,2}

¹Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Калининград

²Институт океанологии им П.П. Ширшова РАН, Москва

E-mail: a.s.semenowa@mail.ru

Особенности распределения планктонных сообществ в системе: река Преголя — Вислинский залив — Калининградский морской канал (КМК) — Балтийское море

Исследования планктонных сообществ проводились в 2021 г. на 9-16 станциях с переменной соленостью от практически пресноводных до морских, расположенных в реке Преголя, Калининградском морском канале (КМК), Вислинском (Калининградском) заливе, и прибрежной зоне Балтийского моря.

Наибольшим видовым разнообразием фитопланктон характеризовался в августе 2021 г. на станциях Вислинского залива и насчитывал более 40 видов из семи отделов. Наибольшим числом видов были представлены отделы зеленых и синезеленых водорослей. Представители этих крупных таксономических групп также формировали основную долю суммарной численности и биомассы фитопланктона, как в заливе, так и на станциях Калининградского морского канала. В составе сообществ этих акваторий входили и были наиболее многочисленными безгетероцистные цианобактерии родов *Microcystis*, *Planktothrix*, *Merismopedia*, *Woronichinia*. Среди диатомей доминировали представители родов *Cyclotella* и *Skeletonema*. Снижение общего числа таксонов за счет выпадения видов пресноводного комплекса отмечалось на станции 15 в районе пролива. Еще более сильное сокращение общего числа видов и выпадение таких цианобактерий, как *Microcystis*, зарегистрировано на станции 17 в прибрежной зоне моря. По мере снижения общего числа видов в пробах отмечалось общее снижение биомассы фитопланктона от станций, расположенных на акватории Вислинского залива и Калининградского морского канала (13-20 г/м³), к станциям в районе морского пролива и в прибрежной зоне моря (0,3-1,5 г/м³).

Зоопланктон системы «река Преголя — Вислинский залив — КМК — Балтийское море» в период исследований был представлен 39 видами и таксонами, относящимися к коловраткам (Rotifera), ветвистоусым ракообразным (Cladocera) и веслоногим ракообразным (Copepoda), также в зоопланктоне были встречены меропланктонные личинки двустворчатых моллюсков (Bivalvia) и многощетинковых червей (Polychaeta). Наибольшее число видов и таксонов принадлежало к подклассу Copepoda, меньшим числом видов были представлены надотряд

Cladocera и тип Rotifera. Также как и для фитопланктона, наибольшее видовое разнообразие зоопланктона отмечено в августе 2021 г.

Максимальное число видов коловраток и ветвистоусых ракообразных было встречено на наиболее пресноводной станции 1. Отмеченные виды зоопланктона относились, как к пресноводному комплексу видов, так и к солоноватоводным, но обитающим и при значительном распреснении видам, а также к морским видам, которые характерны для акватории Балтийского моря. Среди встреченных видов были виды-вселенцы *Moina micrura* и *Cercopagis pengoi*, а также личинки двустворчатых моллюсков *Rangia cuneata*. По мере приближения к морскому проливу и Балтийскому морю численность и биомасса пресноводных видов снижались, а количественные показатели солоноватоводных и морских видов увеличивались.

Соотношение таксономических групп в численности и биомассе зоопланктона значительно изменялось по станциям исследованной акватории. На станции 1, находящейся под влиянием реки Преголя, и станции 12, расположенной на выходе из Приморской бухты, по численности доминировали коловратки (Rotifera), на всех остальных станциях — веслоногие ракообразные (Copepoda), составлявшие от 42% до 81% (в среднем для всех станций 65,5%) суммарной численности зоопланктона. По биомассе на станции 1 доминировали ветвистоусые ракообразные (Cladocera), на всех остальных станциях также веслоногие ракообразные (Copepoda), составлявшие от 42 до 94% (в среднем для всех станций 78,3%) суммарной биомассы зоопланктона.

Численность зоопланктона на станциях исследований изменялась от 72 до 162 тыс. экз./м³, биомасса — от 305 до 1 801 мг/м³. Максимальные численность и биомасса зоопланктона были отмечены в августе 2021 г. на станции 10з, расположенной в Вислинском заливе, минимальная численность зафиксирована на наиболее солоноватоводной станции 17, а минимальная биомасса — на станции 12. Средние значения численности и биомассы зоопланктона составляли 95,7 тыс. экз./м³ и 754 мг/м³ и находились в пределах характерных для реки Преголя, Вислинского залива, Калининградского морского канала, и Балтийского моря, в летний период.

Доля мертвых особей на станциях исследований изменялась от 5,5% до 16,7% от численности и от 2,9% до 14,6% от биомассы, в среднем составляя 8,72% и 6,94% от численности и биомассы зоопланктона. Минимальные значения доли мертвых особей были отмечены на станции 12, максимальные — на станциях 16 и 17. Доля мертвых особей возрастала от пресноводных к более солоноватоводным станциям за счет массовой гибели и накопления здесь мертвых особей пресноводных и отчасти солоноватоводных видов.

Е.А. Сербина

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск

E-mail: serbina_elena_an@mail.ru

Численность моллюсков семейства Bithyniidae в водоемах и водотоках Новосибирской области (юг Западной Сибири)

Bithyniidae — обычные обитатели пресноводных водоемов Западно-Сибирской равнины (Жадин, 1952; Serbina, 2016). Они составляют до 16% от биомассы брюхоногих в экосистемах юга Западной Сибири (Serbina, 2013). Сведения по численности битиниид очень важны при выявлении локальных очагов описторхозов. У битиниид из водоемов юга Западной Сибири обнаружено 33 видов партенит трематод 15 семейств (Сербина, 2010), которые имеют не только эпизоотологическое, но и огромное эпидемиологическое значение.

Цель настоящей работы — оценить численность моллюсков семейства Bithyniidae в экосистемах Новосибирской области (НСО). Территория НСО охватывается тремя основными гидрографическими системами Обь-Иртышского междуречья: северо-восточная площадью 28 000 км² относится к бассейну реки Обь, северо-западная часть площадью около 60 000 км² принадлежит к бассейну реки Иртыш, а вся остальная территория составляет основную часть

внутреннего бессточного озерного бассейна. К внутреннему бессточному бассейну относится система озера Чаны, а также озера Карасукской системы. Изучением распространенности и зараженности битинийд мы занимаемся с 1994 г. по настоящее время (Serbina, Kozminsky, 2020). В НСО нами обследованы моллюски семейства Bithyniidae из водоемов и водотоков бассейна Оби (1), бассейна Иртыша (2), бассейна озера Чаны (3) и бассейна озер Карасукской системы (4). Битинийд собирали вручную с 4-6 площадок площадью 0,25 м² на глубине от 0,1 до 0,7 м (Жадин, 1952). В настоящем исследовании учтены только особи репродуктивного возраста (с высотой раковины более 5 мм). Видовую принадлежность моллюсков определяли согласно В.И. Жадину (1952) и F. Welter-Schultes (2012). Обнаружены битинийды двух видов — *Bithynia troschelii* (Paasch, 1842) и *Bithynia tentaculata* (Linne, 1758).

В водоемах первой группы из бассейна Оби относительная численность моллюсков семейства Bithyniidae в ее притоках (реки Иня и Бакса) варьировала в пределах 8-27 экземпляров на 1 м². Относительная численность моллюсков битинийд в пойме реки Обь варьировала от 19,2 до 128,7 экз./м² в разные годы (среднепогодная 47,9±25,4 экз./м²). За 25 лет обследования плотность битинийд, превышающая 40 экз./м², отмечена один раз за 10 лет, из них пять лет она превышала 60 экз./м². Плотность битинийд в реке была на несколько порядков выше, чем в акватории водохранилища. Так, она снижалась в устьевой части рек, впадающих в Обское водохранилище, до 1 экземпляра на 10 м² (Сербина, Бонина, 2011).

Битинийды из бассейна Иртыша изучались в его притоках третьего порядка (реки Ича, Кама, Мусиха) и в озере Мурашевское. Плотность битинийд варьировала от 2 экз./м² в реке Кама до 20,7 экз./м² в реке Мусиха и 12,5 экз./м² в озере.

Озеро Чаны — крупный солоноватоводный бессточный водоем Обь-Иртышского междуречья, расположено в центральной части Барабинской низменности. Мониторинговые исследования численности битинийд проведены в эстуарной зоне озера Малые Чаны — в устье реки Каргат. По средним многолетним данным плотность битинийд составила 56,5 экз./м², хотя в разные годы она варьировала от 5,4 экз./м² до 190 экз./м². Относительная численность битинийд на 1 м² в сезонной динамике за разные годы представлены нами ранее (Сербина, 2008). В южной части области расположены водоемы замкнутого стока, объединенные в бассейн озер Карасукской системы. Плотность битинийд изучена в трех реках (Карасук, Курья, Бурла) и в озере Кротово. В реке Карасук относительная численность битинийд репродуктивного возраста снижалась с 26,7 экз./м² в среднем течении до 2 экз./м² в нижнем. Их встречаемость в двух других реках была редкой, иногда по плотности доходя до 5 экз./м². По средним многолетним данным плотность взрослых битинийд в озере Кротово составила 12,5 экз./м², хотя в разные годы она варьировала от 3 экз./м² до 28 экз./м².

На основе многолетнего мониторинга численности битинийд (в пойме реки Обь и в устье реки Каргат, 25 и 15 лет соответственно) выявлено, что в разные годы их численность может изменяться в одной экосистеме на порядок. В большинстве обследованных водоемов и водотоках НСО (50%) плотность моллюсков семейства Bithyniidae была низкая (до 10 экз./м²). Высокие показатели численности (более 100 экз./м²) обнаружены только в двух экосистемах, в которых проводились многолетние обследования.

Исследование поддержано Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2021-2025 гг. (проект № FWGS-2021-0004).

Е.А. Сербина

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск

E-mail: serbina_elena_an@mail.ru

Биоразнообразие брюхоногих моллюсков в реках Обь и Карасук (юг Западной Сибири)

Биоразнообразие — одно из ключевых понятий в природоохранных документах, требующее, тем не менее, дальнейшего изучения, поскольку на настоящее время существует более ста теорий и гипотез, трактующих его значимость (Palmer, 1994). Брюхоногие моллюски

(Gastropoda) — обычные обитатели пресноводных водоемов юга Западной Сибири, играющие значительную роль в круговороте веществ, требуют более широкого изучения. В современных пресноводных водоемах юга Западной Сибири брюхоногие моллюски представлены легочными (Pulmonata) и переднежаберными (Prosobranchia).

Цель настоящего исследования — провести сравнение биоразнообразия брюхоногих моллюсков в двух реках юга Западной Сибири (Обь и Карасук).

Изучение видового состава, численности и сырой биомассы брюхоногих моллюсков проведено в Новосибирской области: в пойме реки Обь (ниже плотины ОбьГЭС; 54°53'23" с.ш., 83°05'18" в.д.) в июне 2007-2020 гг. и в реке Карасук (Карасукский район) в августе 2009 г. в среднем (54°26'53,2" с.ш., 80°55'50,5" в.д. и 54°09'53,2" с.ш., 80°02'54,2" в.д.) и нижнем (53°45'19,4" с.ш., 78°20'15,1" в.д. и 53°43'19,7" с.ш., 77°56'29,5" в.д.) течении. Для количественной оценки моллюсков собирали вручную с 2-4 площадок 0,25 м² (Жадин, 1952). Контрольные участки располагались как на открытых участках, так и в зарослях макрофитов (по возможности, разных видов — телорез, кубышка, ряска, осоки), глубина 0,1- 1,1 м. При видовой идентификации моллюсков использованы монографии В.И. Жадина (1952), Я. И. Старобогатова (1977), Н.Д. Круглова (2005). Видовая принадлежность ушковых прудовиков подтверждена М.В. Винарским с учетом индекса копулятивного аппарата (ИКА) для половозрелых особей.

В реках Обь и Карасук нами обнаружено 18 видов брюхоногих восьми семейств. Наряду с представителями вторичноводных пульмонат (четырёх семейств) зарегистрированы и представители наземных видов (двух семейств), которые, обитая на околосредовой растительности, нередко попадают в количественные учеты водных гастропод. Семейство Lymnaeidae было представлено восемью видами: *Lymnaea (Lymnaea) stagnalis* (L., 1758), *L. (L.) fragilis* (L., 1758), *L. (Radix) auricularia* (L., 1758), *L. (Peregrina) balthica* (L., 1758), *L. (P.) fontinalis* (Studer, 1820), *L. (P.) ovata* (Drap., 1805), *L. (P.) tumida* (Held, 1836), *L. (Stagnicola) saridensis* (Mozley, 1934). Катушки относятся к двум семействам — Planorbidae (*Planorbis planorbis* (L., 1758), *Anisus vortex* (L., 1758), *A. contortus* (L., 1758)) и Bulinidae (*Planorbarius corneus* (L., 1758)). Семейство Physidae представлено одним видом *Physa fontinalis* (L., 1758). Наземные брюхоногие представлены родами *Succinea* sp. (Succineidae) и *Zonitoides* sp. (Zonitidae). Переднежаберные моллюски включают Valvatidae и два вида битиний (*Bithynia tentaculata* (Linne, 1758) и *B. troscheli* (Paasch, 1842) (Bithyniidae)). Все найденные виды обычны и широко распространены в водоемах юга Западной Сибири (Долгин, 2001; Шарапова, 2007; Сербина, Бонина, 2011; Serbina, 2013; и др.). Проведенное в августе 2009 г. исследование показало, что в реке Карасук обитает от семи до 10 видов брюхоногих моллюсков. Численность моллюсков варьировала от 10 экз./м² до 123 экз./м² (Serbina, 2013). Доминировали представители семейства Lymnaeidae, а в качестве субдоминанта отмечены представители семейства Bithyniidae. Биомасса гастропод изменялась на разных участках реки от 21,7 г/м² до 142,9 г/м² в верхнем течении реки и в пределах от 30,56 г/м² до 76,6 г/м² — в нижнем (Serbina, 2019). Всего в реке Карасук выявлено 16 видов брюхоногих моллюсков (кроме *P. corneus* и Valvatidae), в пойме Оби (у г. Новосибирск) — девять видов. Численность моллюсков в реке Обь варьировала от 62 экз./м² до 216 экз./м². Доминировали представители семейства Bithyniidae (47%), а в качестве субдоминанта отмечены представители семейства Lymnaeidae (38,5%). Расчет индекса Шеннона показал, что видовое разнообразие гастропод в Оби составляло 1,12-1,34 бит/экз. в разные годы. Видовое разнообразие брюхоногих моллюсков в реке Карасук характеризуется более высокими величинами индекса: от 1,4-1,5 бит/экз. в верхнем течении реки до 1,8-1,9 бит/экз. в нижнем.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований государственных академий наук на 2021-2025 гг. (проект № FWGS-2021-0004).

Распространение и популяционные характеристики инвазионного вида *Gmelinoides fasciatus* (Crustacea: Amphipoda) в Онежском озере

Вид *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) (Crustacea: Amphipoda) является байкальским субэндемиком, широко расселившимся по водоемам и водотокам европейской части России в результате масштабных акклиматизационных работ, проводимых в 1960-х гг. с целью улучшения кормовой базы ихтиофауны. Инвазионная амфипода обнаружена в Онежском озере в 2001 г. Результаты исследования доказывают, что чужеродный вид *G. fasciatus* расширил свой ареал в Онежском озере за последние 20 лет. Во многих типах биотопов вид-вселенец стал ключевым видом. Непреднамеренная интродукция байкальского бокоплава *G. fasciatus* вызвала настоятельную необходимость детального изучения биологии чужеродного вида в условиях Онежского озера.

Для изучения жизненного цикла рачка в Петрозаводской губе и Повенецком заливе Онежского озера был собран гидробиологический материал в период с конца мая по начало октября в 2010 и 2011 гг. Отбор и обработку проб осуществляли в соответствии со стандартными руководствами по сбору пресноводного бентоса на глубине 0,4 м, где численность амфипод была максимальная. Для цели исследования распространения вида отбирали пробы макрозообентоса на литорали Онежского озера в 2015-2022 гг.

Показано, что инвазионный вид *G. fasciatus* способен успешно образовывать устойчивые популяции в водоеме-реципиенте Онежское озеро. В районе 62°с.ш. (Петрозаводская губа) — 63°с.ш. (Кумса-губа Повенецкого залива) Онежского озера температурный фактор не лимитирует развитие популяции амфиподы. Успешная натурализация *G. fasciatus* в новых условиях на северной границе ареала европейской части России (Петрозаводская губа и Повенецкий залив Онежского озера) объясняется достаточным количеством градусо-дней (2 269-2 626 за период конец мая — начало октября), которые определяют одногодичный жизненный цикл с генерациями предыдущего и текущего года.

Средние показатели численности на станциях наблюдения в двух заливах варьировали от 786 экз./м² до 3 454 экз./м², биомассы — от 1,1 г/м² до 7,7 г/м². Сезонная динамика численности амфиподы имеет два пика — в июле и августе. Первая немногочисленная молодежь (длина тела менее 1,5 мм) зарегистрирована в конце мая, доминирующими были особи перезимовавшей генерации (58-78% от общей численности всех размерных групп). Массовый выход молодых рачков зарегистрирован в конце июня — начале июля, когда их численность достигала 3 000-4 000 экз./м², что дает существенный вклад в общую численность и образует первый пик. В августе происходило постепенное снижение числа молодых рачков (менее 1,5 мм) наряду с увеличением количества особей с размером тела 1,6-3 мм. В первой половине сентября отмечены бокоплавы всех размерных групп (1,2-9 мм). В конце сентября рачков с длиной тела менее 1,5 мм не обнаружено, что указывает на завершение размножения амфиподы в условиях водоема-реципиента.

Половая структура популяции амфиподы на большинстве станций характеризуется стабильностью, за вегетационный период преобладающим соотношением полов было 1:1. На некоторых станциях в Петрозаводской губе половой состав вида характеризуется образованием «гаремов», преобладанием численности самок над долей самцов. Данное явление способствует быстрому нарастанию численности чужеродной амфиподы в новых условиях. Плодовитость самок на всех станциях изменялась от 4 до 26 яиц/самку, при варьировании средней плодовитости 9-10 яиц/самку. Детальное исследование эмбрионального развития *G. fasciatus* указывает на два массовых вымета молодежи за вегетативный сезон в условиях Онежского озера. Индивидуальная плодовитость самок в течение сезона снижается и уменьшаются средние размеры самок, что связано с двумя выметами молодежи. С конца июля самки новой

генерации текущего года начинают достигать половой зрелости и постепенно замещают самок родительского поколения.

Таким образом, вид-вселенец *G. fasciatus* успешно натурализовался в новых условиях на северной границе ареала европейской части, имеет одногодичный жизненный цикл с генерациями предыдущего и текущего года. Чужеродная амфипода стала ключевым видом в сообществах макрозообентоса литорали некоторых островов и восточной части Онежского озера.

Е.Ф. Синельникова

*Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова РАН, Санкт-Петербург
E-mail: sinelnikova-elena@yandex.ru*

В.И. Жадин и первая международная научная конференция в СССР

Октябрьская революция 1917 г. привела к радикальному повороту во внешней политике России. Страны Антанты разорвали с ней дипломатические отношения, отказавшись признать советское правительство легитимным. К декабрю 1918 г. Советское государство оказалась в полной международной изоляции.

В начале 1920-х гг., после окончания Гражданской войны, правительство стало пытаться добиться дипломатического признания и обрести международную легитимность, восстановить торговые отношения с капиталистическим миром. Для достижения внешнеполитических целей большевиками использовались различные инструменты. В частности, научная дипломатия в первое десятилетие советской государственности стала важной составляющей внешней политики.

В условиях сложной международной ситуации основными практиками советской научной дипломатии были обмен изданиями, расширение членства иностранных ученых в национальных научных обществах и Академии наук, командировки за рубеж для участия в международных научных конференциях и посещения музеев, архивов и библиотек. Кроме того, важным аспектом дипломатии было приглашение иностранных ученых в большевистскую Россию, что повышало ее престиж на международной арене.

Большое политическое и идеологическое значение имело празднование 200-летия Академии наук, которое состоялось в 1925 г., поскольку ознаменовало окончательный выход из международной научной изоляции.

К юбилею Академия получила более 2 000 поздравительных посланий от советских и зарубежных организаций. Торжественные встречи прошли, как в Ленинграде, так и в Москве, в течение десяти дней с 5 по 14 сентября 1925 г. В торжествах приняли участие 130 зарубежных ученых из 24 стран. Самая большая делегация была из Германии — 28 ученых. Другие страны прислали гораздо меньшие делегации: Италия — восемь человек, Англия — 17, Швеция — шесть, Япония — пять, Франция и Чехословакия — по четыре, США, Индия и Испания — по три, а также Китай, Турция, Бельгия, Нидерланды, Дания, Венгрия, и другие страны — по одному ученому.

Международное значение празднования юбилея Академии обусловлено тем, что это был первый крупный международный научный форум, проводившийся в России с 1914 г. Россия теперь открывала свои двери для мирового научного сообщества, предоставляя как целым делегациям, так и отдельным ученым, возможность побывать в стране и самостоятельно оценить состояние российской науки и перспективы сотрудничества.

Тем не менее, первой международной научной конференцией, проведенной в Советском Союзе, стал III Международный лимнологический конгресс, проходивший в Москве и в Ленинграде в 1925 г. Важно отметить, что в историко-научной среде, в первую очередь, зарубежной, долгие годы считалось, что первым таким мероприятием, проведенным в СССР, был Второй международный конгресс по почвоведению (1930 г.). Это неудивительно, учитывая,

что информация о III Международном лимнологическом конгрессе 1925 г. крайне скудна.

Так, только благодаря статье Владимира Ивановича Жадина (1896-1974), опубликованной в 1956 г. в «Вестнике Академии наук СССР», стали известны некоторые подробности организации и проведения этого конгресса. Согласно данным Владимира Ивановича, в нем приняли участие основатели Международной ассоциации теоретической и прикладной лимнологии — европейские гидробиологи А. Тинеманн, Э. Науманн, Г. Альм и Р. Кольквитц, с которыми ему удалось «тогда близко познакомиться». В оргкомитет вошли известные российские гидробиологи С.А. Зернов, А.Л. Бенинг, С.Н. Скадовский, и Н.К. Дексбах, опирающиеся на официальные советские власти и научное сообщество. В СССР приехало около 50 иностранных ученых. В программу конгресса вошли ознакомление с деятельностью научных институтов и музеев Ленинграда, научные встречи в Москве, поездка по Волге, а также посещение единственной в Европе речной научно-исследовательской станции в Саратове.

Таким образом, именно благодаря публикации В.И. Жадина удалось установить важный факт сотрудничества советских гидробиологов с международным научным сообществом в первое десятилетие советской власти.

В.В. Скворцов

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,

Санкт-Петербург

E-mail: vlad_skvortsov@mail.ru

Прогнозирование величины продукции фитопланктона малых озер с применением методов Data mining и искусственных нейронных сетей

Такая характеристика озерных экосистем как продукция фитопланктона является важнейшей при оценке продукционного потенциала водоема. Обычно получение информации о ней требует регулярных полевых наблюдений и проведения лабораторных анализов, что не всегда осуществимо. Однако есть возможность на основе анализа имеющихся данных об озерных экосистемах построить экспертные системы, позволяющие вычислить величины данного параметра.

Целью настоящей работы является построение регрессионных моделей для надежного предсказания продукции фитопланктона (первичной продукции) экосистем малых озер.

В этой работе мы опирались на информацию из базы лимнологических данных малых озер, построенной нами. Основу ее составили опубликованные данные исследований, проведенных сотрудниками Института озераводства РАН в 1975-1992 гг. В базу включены сведения о 21 малом озере с площадью зеркала от 0,04 км² до 14,2 км², расположенном на Карельском перешейке Ленинградской области Российской Федерации и в восточной части Латвии (Латгальская возвышенность). База состоит из 63 записей и содержит 20 лимнологических характеристик. Все озера, включенные в нее, были исследованы в течение от одного до четырех вегетационных сезонов. Морфометрические, гидрологические, гидрохимические и гидробиологические характеристики (параметры) представлены средними оценками за указанный сезон года.

Учитывая то обстоятельство, что в экосистемах практически отсутствуют линейные связи между компонентами, пришлось отказаться от классических линейных моделей множественной регрессии и использовать современные методы, такие как Data mining и, в частности, одну из процедур — сплайны многомерной адаптивной регрессии (MARSplines) и искусственные нейронные сети (ANN). Результатом применения метода MARSplines, в частности, оказалось определение наиболее важных предикторов величины первичной продукции. Таковыми оказались четыре параметра: (1) средняя глубина озера, (2) доля водосбора озера, покрытого лесами и болотами, (3) доля водосбора, отведенного под пашни, и (4) концентрация общего фосфора в воде. Эти предикторы были использованы для построения нейронно-сетевых регрессионных моделей. Для построения регрессионных моделей использовалось 90% записей

базы данных, оставшиеся 10% данных являлись независимой выборкой для оценки качества полученных моделей и точности предсказания величины первичной продукции. Качество моделей оценивалось при помощи величин коэффициента детерминации (R^2) и средней абсолютной ошибки в процентах (MAPE — mean absolute percentage error).

В результате испытания нейронно-сетевых регрессионных моделей и сравнения их результатов с тремя независимыми выборками были разработаны прогностические модели для количественной оценки величины продукции фитопланктона малых озер. Они характеризуются следующими показателями точности (средняя±стандартная ошибка): $R^2=0,895\pm0,043$ и $MAPE=15,7\%\pm2,3\%$. Такие результаты оцениваются как хорошее прогнозирование, good forecasting (10-20%). Эти модели можно рекомендовать для практического использования специалистами лимнологами и ихтиологами при оценке продукционного потенциала малых озер в пределах указанных территорий.

Н.В. Слепкова

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

E-mail: Nadezhda.Slepкова@zin.ru

Зоологический институт АН СССР и задачи соцстроительства: достижения и издержки сталинского периода

Государственная политика в СССР в сфере науки с началом «великого перелома» претерпела существенные изменения. Они затронули крупнейший и старейший центр таксономических исследований — Зоологический музей Академии наук, основанный в 1832 г. на базе зоологической коллекции Кунсткамеры. Старт этого периода ознаменован масштабной реформой научных учреждений, в ходе которой Зоологический музей АН СССР, развивавшийся без серьезных потрясений с дореволюционного времени и до 1929 г., был переименован в 1931 г. в Зоологический институт АН СССР (ЗИН). К Зоологическому музею, основная тематика работ которого исходно была связана с систематикой, фаунистикой и зоогеографией, были предъявлены новые требования. Уже с 1929 г. в ходе работы комиссии Ю.П. Фигатнера, производившей чистку в Академии наук (из ЗИНа уволен герпетолог С.Ф. Царевский, снят директор А.А. Бялыницкий-Бируля, позднее арестованный), Зоологический музей был поставлен перед необходимостью активно участвовать в реализации планов соцстроительства. Зоологическая наука была мобилизована на решение практических проблем государства, оказавшись одновременно в изоляции от мировой науки.

В структуре института появляются подразделения, созданные по экологическому принципу, более подходящему для решения практических задач и объемных проблем, нежели систематический. Чистая систематика третируется как устаревшая. Возникают отделы наземных позвоночных и наземных беспозвоночных, отдел гидробиологии (к которому были отнесены специалисты по всем систематическим группам водных животных, включая водных беспозвоночных и рыб), и отдел паразитологии. В последнее подразделение были преобразованы две комиссии, действовавшие при Музее и до преобразования — малярийная и гельминтологическая. Таким образом, институт продолжает изучать животных, но сгруппированных по средам обитания — водная, наземная и внутренняя среда других организмов. Внедряется плановость. Само учреждение ставится перед необходимостью концентрировать усилия на изучении «животных групп, имеющих прикладное значение (сельско-хозяйственное, охотничье-промысловое и санитарно-медицинское)». Место директора занимает известный гидробиолог С.А. Зернов. Именно в это время в 1934 г. в институт приходит гидробиолог и малаколог В.И. Жадин (1896-1974). Отдел гидробиологии, который он возглавил, постепенно разрастается до такого уровня, что возникает идея, впрочем, нереализованная, разделения ЗИНа на три отдельных института: фаунистический, гидробиологический и паразитологический. Одна из причин этого, как представляется, теснейшая связь исследований в фаунистике,

гидробиологии и паразитологии со знанием таксономической принадлежности изучаемых объектов.

Жесткий контроль, который осуществляли власти над содержательной стороной деятельности Зоологического института в сталинское время, привел к двояким результатам. С одной стороны, были достигнуты успехи в разработке таких вопросов, как освоение водных ресурсов и понимание закономерностей функционирования водных систем, защита населения от болезней с природной очаговостью, изучение важных в сельскохозяйственном отношении групп насекомых (причем практическое направление, сколько это было вообще возможно в экстремальных условиях, активно развивалось институтом и в годы войны). С другой стороны, контроль со стороны тоталитарного сталинского государства за содержанием научных исследований, жесткое идеологическое давление, разнообразные чистки и репрессии, привели к директивному прекращению исследований по генетике (уволены сторонники антимичуринского направления), серьезному ослаблению дискуссий по фундаментальным теоретическим вопросам систематики, преследованию свободомыслия в научной среде, значительному отрыву от мировой науки. Этот контроль сильно повлиял на характер просветительской деятельности института этого периода, осуществлявшейся через выставочный отдел Зоологического музея ЗИН АН СССР, принужденного пропагандировать советский творческий дарвинизм и лысенковщину.

Хотя некоторое ослабление государственного давления на содержание научных исследований после смерти И.В. Сталина и изменило работу института, возникшие тогда «прикладные» направления продолжают сохраняться в институте и в наши дни. В современной структуре института соседствуют таксономический и экологический принцип выделения лабораторий. Систематические группы многих беспозвоночных, например, изучаются сотрудниками лаборатории морских исследований, в то время как до «великого перелома» были просто семь отделений беспозвоночных. При этом есть лаборатории ихтиологии, герпетологии, орнитологии, териологии, систематики насекомых. Сохраняются лаборатории паразитологической и гидробиологической направленности. Возникшие в советское время соответствующие школы продолжают развиваться.

В.С. Смирнова

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: SmirnovaLera24@yandex.ru

Современное состояние летнего фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера

Кондопожская губа — один из самых загрязненных заливов Онежского озера, на протяжении 80 лет испытывает влияние целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК). В 2000-х гг. появился новый источник загрязнения — садковые форелевые хозяйства (СФХ), что привело к дополнительной антропогенной нагрузке на залив. Поступление в Кондопожскую губу биогенных веществ с водосборной территории связано с плотной застройкой дачных кооперативов (район деревни Тулгуба) на западном побережье. Помимо антропогенного воздействия, на Кондопожскую губу влияет изменение климата, а именно, увеличение температуры поверхности воды и продолжительности биологического лета. Фитопланктон в зонах загрязнения Кондопожской губы сточными водами ЦБК к настоящему времени изучен достаточно детально, прослежены все этапы изменения в сообществе на протяжении последних 60 лет. Однако реакция фитопланктонных сообществ на воздействие отходов СФХ до настоящего времени оставалась неизученной, что и стало целью исследования.

Пробы фитопланктона были отобраны в поверхностном слое (0,5 м) в августе 2018-2019 гг. на станциях в вершинной и центральной части залива, а также на станциях в районе расположения форелевых хозяйств и деревни Тулгуба. Пробы фитопланктона обрабатывали в соответствии с общепринятыми методами.

Летом 2018-2019 гг. вблизи расположения СФХ было отмечено интенсивное развитие

фитопланктона, соответствующее α -эвтрофному статусу района исследования. В общей биомассе фитопланктона преобладали Bacillariophyta (45-94%), Cyanophyta (0,3-27%) и Chlorophyta (4,2-20%). В доминирующий комплекс входили *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886; *Aulacoseira subarctica* (O. Müll.) E.Y. Haworth, 1990; *Fragilaria crotonensis* Kitt., 1869; *Coenococcus planctonicus* Korsch., 1953; *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek & Hindák, 1988; *Aphanocapsa elachista* W. & G.S. West, 1894; *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Sim., 1979. В данном районе исследования был отмечен полисапробионт *Astasia dangeardii* Lem., 1910 — вид-индикатор сильно загрязненных органическими веществами вод.

Напротив форелевых хозяйств, в центральной части Кондопожской губы, показатели численности фитопланктона были соизмеримы с таковой вблизи СФХ, а биомасса была в три раза меньше. Трофический статус центральной части залива соответствовал β -мезотрофному. Доминантный комплекс был представлен: *A. flos-aquae*; *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagn. & Komárek, 1988; *C. planctonicus*; *S. lacustris*; *F. crotonensis*; *A. subarctica*; *A. islandica*; *Tabellaria fenestrata* (Lyng.) Kütz., 1844; и полисапробом *A. dangeardii*. Сопоставление результатов исследований 2018-2019 гг. с данными предшествующих лет (1991-2011 гг.) показало достоверное увеличение в центральной части Кондопожской губы численности мелкоклеточных форм (Cyanophyta и Chlorophyta), что можно связать с поступлением загрязненных вод от форелевых хозяйств.

В вершинной части Кондопожской губы, куда поступают сточные воды ЦБК, показатели развития фитопланктона соответствовали β -мезотрофному статусу. В сообществе преобладали Bacillariophyta (57-69%), Chlorophyta (10-25%) и Cyanophyta (4-20%), виды остальных отделов были в наименьшем количестве. Доминантными видами, как по численности, так и по биомассе в период исследования являлись *T. fenestrata*, *A. subarctica*, *A. islandica*. Полученные результаты в вершинной части залива соответствовали средним многолетним данным и достоверно от них не отличались.

Таким образом, в результате исследований 2018-2019 гг. впервые в Кондопожской губе в районе расположения форелевых ферм выявлена неблагоприятная ситуация по показателям фитопланктона. Его интенсивное развитие свидетельствует о формировании зоны загрязнения биогенными и органическими веществами, что подтверждается данными гидрохимических исследований. Многолетняя дополнительная нагрузка биогенными и органическими веществами, которые привносят форелевые хозяйства в Кондопожскую губу Онежского озера, в совокупности с увеличением температуры воды и продолжительности биологического лета несет опасность усиления эвтрофирования и развития «цветения» цианобактерий.

С.Е. Соколова, Ю.В. Беспалая, О.В. Аксенова, Н.А. Зубрий
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения
Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск
E-mail: svetlasokolova@yandex.ru

Предварительные данные по фауне пресноводных моллюсков в бассейне среднего течения реки Колымы

Фаунистические исследования пресноводной малакофауны реки Колымы проводились неоднократно (Линдгольм, 1932; Старобогатов, Стрелецкая, 1967; Прозорова, Старобогатов, 1998; Долгин, 2001). Например, в коллекции Зоологического института РАН (ЗИН) можно найти образцы моллюсков, собранных в бассейне Колымы И.Д. Черским в 1891 г., а также С.А. Бутурлиным в ходе Колымской экспедиции в 1905 г. (Винарский, 2010). В 1963 и 1965 гг. в нижнем течении реки Колымы моллюски были собраны Э.А. Стрелецкой. В дальнейшем на основе этих сборов и в результате ревизии музейной коллекции ЗИН из бассейна Колымы был описан целый ряд новых для науки видов (Старобогатов, Стрелецкая, 1967). В 1986 г. малакофауну водоемов бассейна реки Колымы на протяжении 1 150 км от поселка Сеймчан до поселка Черский изучал В.Н. Долгин (1999, 2001, 2009). По результатам его исследований

установлено, что в бассейне реки Колымы обитает 41 вид (Долгин, 2001, 2009). В 2006 г. в ходе гидробиологических исследований на участке реки Колымы в пределах Среднеколымского и Нижнеколымского районов сотрудниками Северо-Восточного Федерального университета им. М.К. Аммосова в бентосных пробах было обнаружено лишь 2 таксона моллюсков — *Pisidium amnicum* и *Sphaerium* sp. (Тяптиргянов и др., 2016). В то же время, несмотря на, казалось бы, достаточную изученность фауны пресноводных моллюсков реки Колымы, исследований, базирующихся на применении молекулярно-генетических методов, до сих пор не проводилось.

Следует отметить, что за последнее время в систематике моллюсков произошли существенные изменения (Vinarski, Kantor, 2016; Vinarski et al., 2016, 2020, 2021; Aksenova et al., 2014, 2016, 2018; и др.). Также необходимо учитывать, что на пресноводные экосистемы бассейна реки Колымы оказывают влияние интенсивное хозяйственное освоение (на реке находится комплекс гидроэлектростанций, разрабатываются крупные месторождения золота, развито судоходство, и т.п.) и происходящие климатические изменения. В связи с вышесказанным изучение разнообразия пресноводных организмов в бассейне реки Колымы, в том числе, моллюсков, вновь приобрело свою актуальность.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении видового разнообразия пресноводных моллюсков в бассейне среднего течения реки Колымы.

Полевые экспедиционные работы были проведены в июне 2021 г. в бассейне реки Колымы в районе г. Среднеколымск и его окрестностях. В ходе работ были изучены следующие водоемы и водотоки: озеро Солдатское, озеро Безымянное, озеро Усун-Кюель, озеро Ангалах, река Колыма и река Анкудинка. Всего было отобрано 100 бентосных проб на 19 гидробиологических станциях. Отбор и обработку бентосных проб осуществляли по стандартным методикам (Жадин, 1960; Методика изучения..., 1975).

В результате исследований установлено, что фауна пресноводных моллюсков в изученных водоемах и водотоках включает 14 видов, принадлежащих к семи родам и пяти семействам: Lymnaeidae (три вида), Valvatidae (один вид), Planorbidae (один вид), Amnicolidae (один вид), и Sphaeriidae (восемь видов). Выявлено, что по численности преобладали брюхоногие *Kolhymamnicola kolhymensis*, *Valvata* sp. и мелкие двустворчатые моллюски *Sphaerium nitidum*, *Musculium* sp., *Euglesa casertana*, *E. globularis* и *E. milium*.

В дальнейшем для более полной оценки видового разнообразия пресноводных моллюсков бассейна реки Колымы и уточнения таксономического статуса отдельных видов необходимо провести дополнительные исследования, в основе которых будет лежать интегративный подход.

Исследования выполнены в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации FUUW-2022-0039 (№ госрегистрации 1021060909147-2-1.6.21), экспедиционные исследования поддержаны грантами Российского фонда фундаментальных исследований № 20-04-00361_a и Проектного офиса развития Арктики ПОРА № 263-Г. Обзор литературы и морфологические исследования моллюсков проведены при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-74-10155).

М.А. Студенова, И.И. Студенов, В.С. Шерстков, Г.В. Фукс
Северный филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Архангельск
E-mail: m.studenova@gmail.com

Зообентос устьевой части реки Кереть

В 2020 г. во второй декаде июня и в первой декаде июля в устьевой части реки Кереть выполнен отбор проб зообентоса. Сбор проб выполнялся модифицированным пробоотборником Сарбера с площадью захвата 0,04 м². Первичную промывку осуществляли в сачках из газа №23. После первичной промывки пробы фиксировали 4% раствором формалина,

этикетировали и затем обрабатывали в камеральных условиях согласно общепринятым методам. Точки отбора проб — левый и правый берега реки Кереть, выше порога Керетский.

В июньских и июльских пробах выявлено по 11 таксонов беспозвоночных. Общими для двух периодов отбора проб были восемь таксонов: малощетинковые черви (олигохеты), брюхоногие моллюски, водяные клещи, поденки, веснянки, ручейники, мошки и комары-звонцы. В июньских пробах отмечены, помимо перечисленных, круглые черви, пиявки и двусторчатые моллюски, в июльских — гидры, водяные жуки и неопределенные двукрылые.

Численность зообентоса в июне составила 1 663 экз./м², в июле снизилась до 1 088 экз./м². В июне основу численности формировали личинки веснянок (41,4%), малощетинковые черви (18%) и личинки поденок (11,3%). Доли остальных таксонов не превышали 9%. В июле наиболее значительные доли в формировании численности приходились на личинок веснянок (38%), малощетинковых червей (19,6%) и личинок комаров-звонцов (16,1%). Вклад остальных таксонов не превышал 4,6%. Доли насекомых изменялись в зависимости от времени массового вылета и появления новых генераций. Стабильно высокой на протяжении периода наблюдений оставалась относительная численность личинок веснянок и малощетинковых червей.

Биомасса зообентоса в июне составила 3,334 г/м², в июле существенно снизилась до 0,632 г/м². В июне основной вклад в формирование биомассы донных беспозвоночных внесли личинки ручейников (38,5%), малощетинковые черви (20,7%), брюхоногие моллюски (17,1%) и личинки веснянок (10,1%). В июле относительная численность личинок ручейников снизилось почти втрое (до 14,2%), олигохет — практически вдвое (до 10,2%). Незначительно возросла доля брюхоногих моллюсков (до 25,2%). Существенно выросла доля личинок поденок — с 3,8% в июне до 15,2% в июле, а также веснянок — с 10,1% до 24,4% соответственно.

Средние индивидуальные массы олигохет существенно снизились в июле по сравнению с июнем — с 2,3 мг до 0,31 мг. Также существенное снижение индивидуальных масс отмечено у ручейников — с 16,88 мг в июне до 3,6 мг в июле.

Несмотря на отсутствие негативной нагрузки на экосистему реки, одной из доминирующих групп в составе зообентоса являются олигохеты. Учитывая сравнительно высокую долю олигохет в бентосных пробах, для оценки качества воды в устьевой части реки Кереть был применен олигохетный индекс. Его значения были сходными (18,0 в июне и 19,6 в июле). Значения олигохетного индекса менее 30 свидетельствуют об отсутствии загрязнения и позволяют классифицировать воду реки Кереть в устьевой части как чистую.

А.С. Терентьев

Отдел «Керченский» Азово-Черноморского филиала
Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Керчь
E-mail: iskander65@bk.ru

Сообщество *Modiolus adriaticus* Lamarck, 1819 в Керченском проливе

Керченский пролив соединяет между собой Черное и Азовское моря. В период с 1986 по 2016 гг. на его акватории было обнаружено 154 вида животных, относящихся к макрозообентосу. Одним из наиболее интересных донных сообществ в проливе было сообщество двусторчатого моллюска из семейства митилид *Modiolus adriaticus* Lamarck, 1819. Это сообщество было характерным для Керченского предпроливья Черного моря, где располагалось между мелководным биоценозом *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) и более глубоководным биоценозом черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. В Азовском море данное сообщество не образуется. В северо-западной части Черного моря, на поднятии Голицино, отмечались небольшие участки, где доминировал модиолус, но, по всей видимости, собственный биоценоз здесь он не образовывал.

В видовом богатстве сообщества *M. adriaticus* было обнаружено 42 вида животных, то есть, 27% всего видового богатства пролива. Кроме доминанта, к постоянным видам

относились двустворчатые моллюски *Abra nitida milachewichi* Nevesskaja, 1963, *C. gallina*, *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889), *Gouldia minima* (Montagu, 1803), *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791), *Pitar rudis* (Poli, 1795), *Polititapes aureus* (Gmelin, 1791), брюхоногие моллюски *Calyptraea chinensis* (Linnaeus, 1758) и *Tritia reticulata* (Linnaeus, 1758), полихеты *Lagis koreni* Malmgren, 1866 и *Terebellides stroemii* Sars, 1835. К добавочным видам принадлежали двустворчатые моллюски *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789) и *Gastrana fragilis* (Linnaeus, 1758), полихеты *Melinna palmata* Grube, 1870 и *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, а также змеехвостка *Amphiura stepanovi* Djakonov, 1954, асцидия *Asciidiella aspersa* (Müller, 1776), рак-отшельник *Diogenes pugilator* (P. Roux, 1829). Кроме того, встречались полихеты *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Amphitritides gracilis* (Grube, 1860), *Eunereis longissima* (Johnston, 1840), *Glycera tridactyla* Schmarda, 1861, *Harmothoe imbricata* (Linnaeus, 1767), *Leiochone leiopygos* (Grube, 1860), *Myriochele heeri* Malmgren, 1867, *Nereis rava* Ehlers, 1868, *Perinereis cultrifera* (Grube, 1840), *Phyllodoce lineata* (Claparède, 1870). Из декапод были отмечены рак-приведение *Gilvossius candidus* (Olivi, 1792), креветка *Hippolyte leptocerus* (Heller, 1863), а также два вида плавунцов, известных под общим названием песчаный краб, *Liocarcinus depurator* (Linnaeus, 1758) и *L. holsatus* (Fabricius, 1798). Из двустворчатых моллюсков встречались *Hiatella rugosa* (Linnaeus, 1767), *M. galloprovincialis*, *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758, из брюхоногих — *Steromphala albida* (Gmelin, 1791), из панцирных — *Lepidochitona cinerea* (Linnaeus, 1767). В видовом составе также отмечались книдария *Actinia equina* (Linnaeus, 1758), голотурии *Leptosynapta inhaerens* (O.F. Müller, 1776) и *Oestergrenia thomsonii* (Herapath, 1865), асцидия *Molgula appendiculata* Heller, 1877. В целом в видовом богатстве зообентоса преобладали полихеты (33% общего видового богатства зообентоса) и двустворчатые моллюски (31%). На долю ракообразных приходилось 12% общего видового богатства сообщества. Плотность видов колебалась от восьми до 18 видов на 0,1 м² и в среднем равнялась 12,8±0,8 вид/0,1 м². На долю постоянных видов приходилось 29% видового богатства сообщества, а на долю добавочных видов — 17 %. Кроме доминантного вида, наиболее часто встречались: *A. nitida milachewichi*, *C. chinensis*, *C. gallina*, *F. glaber ponticus*, *G. minima*, *L. koreni*, *M. lineatus*, *P. rudis*, *P. aureus*, *T. stroemii*, *T. reticulata*. Нередкими также были *A. stepanovi*, *A. aspersa*, *C. glaucum*, *D. pugilator*, *G. fragilis*, *M. palmata*, *N. hombergii*.

Численность зообентоса в сообществе колебалась от 96 до 2 240 экз./м² и в среднем равнялась 420±120 экз./м². На долю доминантного вида приходилось от 9% до 47%, а в среднем 19-23 % численности сообщества. Высокой численностью также отличалась *M. palmata*, но она встречалась реже доминантного вида. Однако на наиболее заиленных участках сообщества на ее долю приходилось до 74% общей численности зообентоса. В целом по численности доминировали двустворчатые моллюски, на их долю приходилось от 23% до 94% (в среднем 47-56%) общей численности зообентоса. На втором месте по численности стояли полихеты: от 8 до 1680 экз./м² (в среднем 170±99 экз./м²). В среднем на их долю приходилось 34-48 % общей численности зообентоса, но на отдельных участках дна эта доля могла достигать до 75%. На долю двустворчатых моллюсков и полихет приходилось в среднем 90-94% всей численности сообщества.

Биомасса зообентоса в сообществе колебалась от 131 г/м² до 1 158 г/м² и в среднем равнялась 382±62 г/м². На долю доминантного вида приходилось от 31% до 90% (в среднем 48-56 %) биомассы сообщества. Доминантом второго порядка был *P. aureus*, однако его доля в общей биомассе зообентоса нигде не превышала 35%. Относительно высокой биомассой также отличались *P. rudis*, *F. glaber ponticus*, *C. gallina*. На долю *M. palmata* максимально приходилось не более 14% от общей биомассы зообентоса. В целом по биомассе доминировали двустворчатые моллюски: на их долю приходилось от 64% до 99% (в среднем 85-90 %) общей численности зообентоса.

В трофической структуре сообщества доминировали сестонофаги (33% видового богатства зообентоса, 46-54% его численности и 89-93% биомассы). Значительную роль в численности зообентоса играли виды, собирающие детрит с поверхности дна — от 7% до 74% (в среднем 37-49%) общей численности сообщества.

Трофическая структура зообентоса Кизилташского лимана в районе предполагаемого устричного хозяйства

Кизилташский лиман расположен на стыке дельтовой долины реки Кубань и таманских поднятий, до начала XIX века через него происходил сток ее вод. В это время вода в лимане была сильно распресненной. Позже воды Кубани были направлены на север, а лиман начал быстро осолоняться. В настоящее время он лишен подпитки вод Кубани и свободного водообмена с морем, что привело к его осолонению.

В последнее время вдоль черноморского побережья России активно развиваются мийно-устричные хозяйства. Кизилташский лиман тоже не стал исключением. Ведение хозяйственной деятельности приводит к изменениям сложившихся природных условий. Одним из основных факторов воздействия мидийно-устричных хозяйств на окружающую среду выступает то, что они являются гигантскими фильтрами-осадителями. Будучи сестонофагами, мидии и устрицы осаждают в виде фекалий и псевдофекалий на дно из толщи воды органическую взвесь. Заиление дна приводит к изменению видового состава зообентоса, а, следовательно, и его трофической структуры.

В период с ноября 2018 г. по август 2019 г. на акватории предполагаемых плантаций Кизилташского лимана было обнаружено десять видов донных животных. Брюхоногие моллюски представлены *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805), *Retusa truncatula* (Bruguière, 1792), и *Tritia reticulata* (Linnaeus, 1758), двустворчатые моллюски — *Abra segmentum* (Récluz, 1843), *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789), и *Mya arenaria* Linnaeus, 1758. Последний вид является недавним вселенцем в Азово-Черноморский бассейн. Из полихет была обнаружен *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, а из ракообразных — *Gammarus subtypicus* Stock, 1966 и морской желудь *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854). Также были отмечены личинки комаров-звонцов Chironomidae.

В холодное время года видовое богатство и видовое разнообразие зообентоса были минимальными. В ноябре 2018 г. было обнаружено всего четыре вида животных (*A. segmentum*, *C. glaucum*, *H. acuta*, *T. reticulata*). Плотность видов в это время колебалась от 1 до 3 вида на 1 м² и в среднем равнялась $1,78 \pm 0,28$ вид/0,025 м². В августе 2019 г. плотность видов изменялась от 2 до 5 видов на 1 м² и в среднем выросла до $3,33 \pm 0,49$ вид/0,025 м². В то же время численность зообентоса в среднем увеличилась с 450 ± 150 экз./м² до 650 ± 170 экз./м². Изменения в биомассе не были столь очевидны. Искажения в биомассу зообентоса вносили крупные виды животных, хотя и малочисленные, но обладающие большой массой. Изменения таксономической структуры зообентоса сопровождалась изменениями его трофической структуры.

В донном сообществе Кизилташского лимана было обнаружено три трофические группы. Сестонофагов представляли *A. improvisus*, *C. glaucum* и *M. arenaria*. В группу детритофагов входили виды, собирающие детрит с поверхности грунта, такие как *A. segmentum*, *G. subtypicus* и *H. acuta*. Безвыборочные глотальщики в верхнем слое грунта и в толще грунта не были обнаружены. Из хищников присутствовали *N. hombergii*, *R. truncatula* и *T. reticulata*, а в теплое время года еще и личинки хирономид.

Плотность видов сестонофагов осенью в среднем равнялась $0,50 \pm 0,18$ вид/0,025 м². Весной она увеличилась до $0,83 \pm 0,25$ вид/0,025 м². Такая же плотность видов ($0,83 \pm 0,31$ вид/0,025 м²) наблюдалась и летом. С весны до лета она выросла в среднем в 1,2-2,1 раза. Их численность осенью в среднем равнялась 73 ± 34 экз./м². Весной она была 107 ± 46 экз./м², летом — 140 ± 54 экз./м². За это время численность сестонофагов увеличилась в среднем в 1,3-2,5 раза.

Плотность видов детритофагов осенью в среднем составила $0,83 \pm 0,14$ вид/0,025 м².

Весной она достигла $1,17 \pm 0,14$ вид/0,025 м², а летом дошла до $1,50 \pm 0,22$ вид/0,025 м². Таким образом, с весны до лета она выросла в среднем в 1,6-2 раза. Численность детритофагов осенью в среднем была 267 ± 82 экз./м², весной — 193 ± 71 экз./м², летом же возросла до 450 ± 170 экз./м², то есть, увеличилась в среднем в 1,2-2,1 раза.

Плотность видов хищников составила: осенью — $0,33 \pm 0,17$ вид/0,025 м², весной — $0,50 \pm 0,28$ вид/0,025 м², летом — $0,67 \pm 0,33$ вид/0,025 м². С весны до лета она увеличилась в среднем в 1,3-2,7 раза. Численность хищников осенью была 33 ± 21 экз./м², весной — 20 ± 11 экз./м², летом — 53 ± 25 экз./м². За это время статистически достоверного увеличения численности хищников не наблюдалось.

Наиболее сильно с сезонностью связана плотность видов детритофагов. Она на 49-53% зависит от сезона.

Сезонные колебания довольно сильно сказываются на соотношении видового богатства и численности различных трофических групп. Так, осенью 29-34% видового богатства зообентоса приходилось на сестонофагов, 48-52% — на детритофагов и 17-21% — на хищников. Весной доля этих групп составила 24-28%, 51-54% и 19-23% соответственно, а летом — 23-27%, 44-46%, 28-32%. В численности зообентоса осенью доля сестонофагов, детритофагов и хищников была 14-17%, 75-81%, 5-7%, весной — 26-32%, 62-66%, 6-8%, летом — 20-23%, 68-73%, и 7-9%. Таким образом, к лету в видовом богатстве наблюдается тенденция к снижению доли сестонофагов и увеличению доли хищников, а в численности — к увеличению роли сестонофагов и детритофагов.

Заиление может сместить эти соотношения в сторону детритофагов, а сильное заиление привести к повышению роли хищников и особенно падальщиков.

Е.П. Тихонова

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

E-mail: Eltikh@gmail.com; Elena.Tikhonova@zin.ru

Владимир Иванович Жадин в годы Великой Отечественной войны

Владимир Иванович Жадин накануне Великой Отечественной войны был одной из ключевых фигур в Зоологическом институте АН СССР (ЗИН). Он — доктор биологических наук (1936), профессор (1934), возглавлял отдел гидробиологии и отделение моллюсков (1936-1966).

Со 2 июня 1941 г. В.И. Жадин планировал двухмесячные исследовательские работы в Залучье и Мамонтовке, но в связи с начавшейся войной командировку пришлось прервать и вернуться в Ленинград. 2 июля 1941 г. В.И. Жадин был мобилизован в РККА в качестве командира добровольной роты и направлен на торфоразработки для организации работ по заготовке сфагнума, необходимого медсанбатам и полевым госпиталям в качестве перевязочного материала. 20 октября 1941 г. он вернулся к своим обязанностям в ЗИН.

Зимой 1941-1942 гг. В.И. Жадин возглавлял работу бригады отдела гидробиологии по проверке состояния коллекций и описей, осмотру помещений хранилищ и устранению обнаруженных дефектов хранения. Особое внимание было уделено температуре и влажности помещений с коллекционными фондами. Он также принимал участие в работе службы МПВО — нес дежурства в составе пожарного звена.

Научные сотрудники один за другим уезжали из блокадного города. В.И. Жадин с 19 декабря 1941 г. стал заведовать отделением иглокожих (вместо профессора А.М. Дьяконова), с 8 февраля 1942 г. — отделением герпетологии (вместо С.А. Чернова).

В связи с положением и требованием военного времени на 1942 г. в ЗИН были утверждены темы по изучению групп животных, имеющих большое хозяйственное значение. Условия момента на первый план выдвигали проблемы изыскания новых видов пищевого сырья и методов его приготовления в пищу. В первом полугодии 1942 г. группа сотрудников гидробиологического отдела во главе с В.И. Жадиным, оставаясь в Ленинграде, занималась как

хранением коллекций отдела, так и изучением новых видов животных, пригодных в пищу. Для выявления запасов неиспользуемых резервов белкового питания они проводили исследования озер и рек неоккупированной части Ленинградской области. Совместно с лабораторией пищевой гигиены Ленгорздравотдела сотрудники ЗИН способствовали внедрению блюд из моллюсков в меню рабочих столовых Ленинграда. Начиная с мая 1942 г. были проведены опыты по консервированию лягушачьей икры и ранних стадий развития головастиков и, как написал в своем отчете профессор В.И. Жадин, «был получен продукт по вкусовым качествам напоминающий паюсную икру».

12 июля 1942 г. В.И. Жадин в составе группы сотрудников ЗИН (всего 21 человек) выехал из блокированного Ленинграда в эвакуацию. Еще в Ленинграде семьи В.И. Жадина, А.А. Штакельберга и Л.А. Коссовой отстали от основной группы и ехали отдельно. 17 июля они проехали город Буй Костромской области и к 25 июля добрались до Свердловска, где получили направление в Алма-Ату. Если по пути их следования по территории Ленинградской, Горьковской и Кировской областей были хорошо организованные питательные пункты, где их обильно кормили (сыр, масло, сахар, крупы, каши, и т.д.), то на Урале и в Сибири ситуация изменилась — ехали медленно, на станциях простаивали по 15 часов и получали скудный паек. В.И. Жадин во время таких остановок разводил костер, варил кашу и кипятил чай. Продукты можно было купить или выменять на станциях, но цены были весьма высокие: одно посещение базара обходилось в 200-300 руб.

К 12 сентября В.И. Жадин обосновался в окрестностях Алма-Аты — «в прелестном месте у подножия гор со снежными вершинами среди поля подсолнухов и кукурузы». На семью из четырех человек В.И. Жадин получал 3 кг хлеба в день, обедали в столовой, а также дома варили овощи и ели много фруктов. Вскоре он получил вызов из Таджикского филиала АН СССР и 25 сентября выехал в Сталинабад. Добрался до места лишь 8 октября. Однако в Сталинабаде оказалось «не так хорошо, как в Алма-Ате, но все же много радостнее, чем на Севере». Были проблемы с жильем, научным оборудованием, не было рабочего помещения для ЗИН. В ноябре В.И. Жадин получил двухкомнатную квартиру с отдельным входом и 20 грядок рядом с домом, благодаря которым его семья круглый год была обеспечена овощами.

С осени 1942 г. по апрель 1945 г. В.И. Жадин принимал активное участие в решении народно-хозяйственных задач Таджикской ССР. Он провел исследование биологии слизней и нашел новые способы борьбы с ними; исследовал реки и родники Гиссарского хребта; разработал новую классификацию текучих вод Средней Азии; организовал составление сборника «Ущелье Кондара».

19 июля 1944 г. В.И. Жадин выехал из Сталинабада через Москву в Ленинград для осмотра и оценки состояния коллекций ЗИН. 13 сентября 1944 г. он вернулся в Сталинабад для продолжения полевых исследований в Варзобском районе. 15 апреля 1945 г. Владимир Иванович реэвакуировался в Ленинград и принимал участие в работах по восстановлению института.

За заслуги в области науки В.И. Жадин награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени (1945, 1946) и Почетной грамотой Верховного совета Таджикской ССР (1945). За участие в обороне Ленинграда он награжден медалью «За оборону Ленинграда» (1946), а за работу во время войны — медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.» (1946).

Е.В. Ткачева

Библиотека по естественным наукам РАН, Москва

E-mail: gbsad_lib@mail.ru

**Отражение научного наследия доктора биологических наук, профессора
Владимира Ивановича Жадина (1896-1974) в базе данных Web of Science**

Библиометрические показатели стали на сегодняшний день неотъемлемой частью

информационно-аналитической деятельности в сфере научных исследований во всем мире. Многочисленные перегибы и просто неквалифицированное использование библиометрических инструментов отмечал даже создатель классического индекса цитирования Юджин Гарфилд. Тем не менее, выявление «сети цитирования», определение в ландшафте науки места конкретной работы, цитируемой разными авторами — один из рациональных подходов, если рассматривать его не как средство администрирования, но как собственно инструмент наукометрии. Основываясь на этих соображениях, необходимо посмотреть на научное наследие доктора биологических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РСФСР В.И. Жадина сквозь призму базы данных Web of Science (далее WoS).

При анализе научных работ некоего автора в WoS возможны два варианта: учет научных работ автора, изданных в журналах, проиндексированных в WoS (данный способ будет отражать публикационную активность автора); подсчет работ, упомянутых в пристатейных списках библиографии в проиндексированных статьях (данный показатель будет отражать цитирование автора в WoS).

Следует отметить тот факт, что ни одна научная работа В.И. Жадина не была проиндексирована в WoS. Однако с 1975 г. (максимально доступная нам глубина ретроспекции в WoS) по настоящее время работы Владимира Ивановича цитируются другими авторами, работы которых были проиндексированы в WoS. Поиск таких упоминаний — задача чрезвычайно трудоемкая, поскольку зачастую ссылки в пристатейной библиографии некорректны: искажаются фамилии авторов, названия публикаций перепутаны с названиями издающей организации.

По состоянию на январь 2022 г. около 80 публикаций Владимира Ивановича упоминаются в 412 публикациях из базы данных WoS.

Из российских авторов наиболее часто работы В.И. Жадина цитируют коллеги из различных учреждений Российской академии наук (в том числе, из Зоологического института РАН, Лимнологического института Сибирского отделения РАН, Иркутского научного центра Сибирского отделения РАН, Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения РАН), Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургского государственного университета, Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского). Также к научным трудам Владимира Ивановича обращаются ученые из различных учреждений стран бывшего СНГ (Национальной академии наук Украины, Белорусского государственного университета, Национальной академии наук Беларуси).

Работы В.И. Жадина цитируются неравномерно. Пики цитирования приходятся на 2007 г., 2017 и 2019 гг. На сегодняшний день работы В.И. Жадина активно цитируются.

В целом ссылки на работы В.И. Жадина распределены более чем по 150 журналам и сериальным изданиям. Распределение числа цитирований по журналам неравномерно — около 70% приходится на 11 иностранных и отечественных изданий (в скобках указан квартиль журнала и его предметная область в базе данных Journal Citation Reports 2020): *Hydrobiologia* (Q2 Marine & Freshwater Biology), *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (Q2 Fisheries; Q2 Marine & Freshwater Biology), *Zootaxa* (Q3 Zoology), *Quaternary International* (Q3 Geosciences, Multidisciplinary), *Contemporary Problems of Ecology* (Q4 Ecology), *Inland Water Biology* (Q4 Marine & Freshwater Biology), *Biology Bulletin* (Q4 Biology), *Zoologicheskyy Zhurnal* (Q4 Zoology), *Russian Journal of Ecology* (Q4 Ecology), *Zhurnal Obshchei Biologii* (Q4 Biology), *Russian Journal of Biological Invasions*.

Отметим наиболее часто цитируемую работу: Жадин, Владимир Иванович. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. Москва; Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1952. 376 с. (Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом Академии наук СССР, т. 46).

Полученные библиометрические показатели являются дополнительным подтверждением вклада, сделанного Владимиром Ивановичем Жадиным в отечественную и мировую гидробиологию.

Генетическое разнообразие пресноводного моллюска *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) в водоемах и водотоках Европейского Севера России

Изучение видов-вселенцев, в том числе, их распространения за границы естественного ареала, привлекает к себе все больше внимания. Одним из наиболее активно расселившихся видов является пресноводный двустворчатый моллюск *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Самой северной границей распространения этого вида является река Северная Двина (бассейн Белого моря) (Старобогатова, Андреева, 1994, Karatayev et al., 2011), которая представляет собой одну из крупнейших рек в западной части России. Река Северная Двина имеет исключительное хозяйственное значение для региона. Однако, несмотря на научный интерес к видам-вселенцам, популяции *D. polymorpha* на северной границе ареала остаются практически не охваченными молекулярно-генетическими исследованиями. Существует лишь несколько работ, посвященных изучению генетических особенностей популяций *D. polymorpha* на северной границе ареала (Ворошилова, 2008 а, б).

Экспедиционные исследования проводились в 2017-2020 гг. Модельными водотоками были выбраны реки Северная Двина (бассейн Белого моря) и Шексна (бассейн Каспийского моря). В ходе экспедиционных работ нами были отобраны образцы *D. polymorpha* из рек Северная Двина, Юрас, Лявля, Соломбалка, Угла, Шексна, озера Белое и Шексинского водохранилища.

Выделение тотальной клеточной ДНК из тканей образцов *D. polymorpha* было выполнено с применением набора реактивов NucleoSpin® Tissue Kit (Macherey-Nagel GmbH & Co. KG, Germany). Основными ДНК-маркерами выступил фрагмент митохондриального гена (COI) с использованием праймеров, описанных в литературе (Folmer et al., 1994). В анализ были включены последовательности этого гена из базы данных GenBank NCBI из различных локалитетов для дальнейшего филогеографического анализа. Выравнивание последовательностей COI проводили непосредственно с использованием алгоритма ClustalW (Thompson et al., 1994). Набор генетических данных проанализировали с помощью программного обеспечения Network v. 4.6.1.3 (Bandelt et al., 1999) методом медианного связывания (Median Joining, MJ). Была построена медианная сеть, которая позволяет оценить взаимосвязь и визуализировать количество нуклеотидных замен между идентичными последовательностями.

Анализ медианной сети гаплотипов, построенной по митохондриальному гену COI для *D. polymorpha*, показал, что в реке Северная Двина в популяции *D. polymorpha* имеется пять гаплотипов. В водотоках бассейна реки Шексна нами было выявлено три гаплотипа. В то же время нами не был обнаружен гаплотип К, ранее описанный И.С. Ворошиловой (2008) из реки Северная Двина.

Согласно полученным данным, в изученных популяциях преобладают распространенные в Европе и Северной Америке гаплотипы В и А. Также нами выявлен уникальный гаплотип, встречающийся только в водотоках бассейна реки Северная Двина (гаплотип L). Образцы *D. polymorpha* из бассейна реки Северная Двина образуют единую кладу с образцами *D. polymorpha* из водотоков бассейна Каспийского, Азовского и Балтийского морей (гаплотип D). Кроме того, обнаружены гаплотипы, которые распространены только в бассейне Каспийского моря (гаплотип С).

Наличие идентичных гаплотипов в реках Шексна и Северная Двина подтверждает гипотезу о вселении *D. polymorpha* в водотоки бассейна Северной Двины через Северо-Двинский канал (Старобогатов, Андреева, 1994).

Исследования выполнены в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации FUUW-2022-0039 (№ госрегистрации 1021060909147-2-

1.6.21) и при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-74-10155) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-04-00361_а).

Л.А. Федяева

Институт физиологически активных веществ РАН, Черноголовка

E-mail: shtepina.l@mail.ru

Зоопланктон Култучной зоны дельты реки Волги в разные по водности годы

Установлены межгодовые различия структуры зоопланктона Култучной зоны дельты Волги. Пробы зоопланктона отбирали на четырех участках в весенне-летний период 2012-2014 гг. По объему стока реки Волги (240 км³) 2012 г. характеризовался как маловодный; весной он отличался поздней датой начала половодья, низкой температурой воды в марте — начале апреля, низким уровнем воды, резким повышением температуры и значительным подъемом уровня в конце апреля, поздней датой стояния максимального уровня; летом наблюдалось более позднее наступление межени. Весной в этих условиях зоопланктон отличался минимальным видовым богатством, низкими численностью и биомассой Rotifera и Cladocera, малым числом трофических групп и значений индекса Шеннона. Летом уменьшалось количество Rotifera, увеличивалось число видов за счет ракообразных: преобладали вторичные фильтраторы, соскребатели-детритофаги (*Chydorus sphaericus*, *Alona* sp., *Alonella* sp., *Graptoleberis testudinaria*, *Pleuroxus aduncus*, *Eurycercus lamellatus*, и др.), прикрепляющиеся первичные фильтраторы (*Scapholeberis mucronata*, *Simocephallus serrulatus*, *Megafenestra aurita*), активные хищники-эврифаги (*Thermocyclops oithonoides*, *Mesocyclops leukarti*, *Cyclops* sp., *Acanthocyclops americanus*, и др.). Увеличение биомассы Cladocera могло быть вызвано ослаблением контроля сверху, чему способствовал подъем уровня в два этапа, в результате чего дополнительные объемы воды вызвали массовый пассивный скат личиночных стадий рыб, нерестившихся в Култучной зоне.

По объему стока реки Волги (271 км³) 2013 г. характеризовался как средневодный с ранним, высоким и продолжительным половодьем и наибольшим объемом стока, ранней теплой весной. Весной отмечена минимальная численность и биомасса зоопланктона, преобладали плавающе-ползающие вторичные фильтраторы. Летом численность зоопланктона снижалась до минимума, однако до максимума возрастала биомасса. Среди трофических групп преобладали плавающе-ползающие вертикаторы (*Euchlanis dilatata*, *Lecane* sp., *Trichocerca* sp., *Thrichothria* sp., *Mytilina* sp., *Brachionus calyciflorus*, и др.), прикрепляющиеся и плавающие фильтраторы, активные хищники (род *Macrocyclus*, *Megacyclus viridis*, и др.). В целом за исследованный период зоопланктон характеризовался максимальным удельным видовым богатством, что, как мы полагаем, связано с высоким половодьем, которое способствовало распространению видов из зарослей макрофитов. Максимальная общая биомасса и индивидуальная масса ракообразных, снижение индекса Шеннона летом, могут быть вызваны снижением контроля сверху, так как основной нерест рыб в средневодные и многоводные годы обычно проходит в полоях.

По объему стока реки Волги (224 км³) 2014 г. характеризовался как маловодный с ранней теплой весной, высоким уровнем воды перед половодьем, плавным повышением уровня и отсутствием значительного разбавления холодными полыми водами. В этих условиях зоопланктон отличался максимальной численностью и биомассой, большим количеством доминирующих видов и удельным видовым богатством, высокой долей Rotifera и Copepoda в общей численности, низкой индивидуальной массой ракообразных, большой долей плавающих вертикаторов (*Keratella quadrata*, представители родов *Fillinia* и *Notholca*), грубых фильтраторов, плавающих первичных фильтраторов, вторичных фильтраторов, соскребателей, детритофагов, активных хищников и эврифагов. Низкий сток летом привел к раннему спаду уровня воды и установлению межени. Сократились удельное видовое богатство, а также численность зоопланктона, хотя среди прочих лет она была наибольшей за счет Cladocera

и Rotifera. Значительное снижение биомассы и индивидуальной массы ракообразных свидетельствует об усилении пресса молоди рыб, что связано с ведущей ролью Култучной зоны для нереста рыб в маловодные годы.

Таким образом, межгодовые вариации структуры и количественных характеристик зоопланктона Култучной зоны определяются сочетанием ряда факторов: режима половодья, уровня воды, ее температурой, а также зависимо от этих факторов контроля со стороны молоди рыб. Маловодные годы характеризовались высоким сходством состава доминантов, трофической структуры и величин средней индивидуальной массы ракообразных. Однако весной на фоне длительных холодов, резкого подъема уровня воды в два этапа и при одновременном повышении температуры (2012 г.) сокращались численность и биомасса Rotifera, численность Cladocera, а также число видов беспозвоночных; при плавном подъеме уровня, раннем росте температуры и низком контроле сверху (2014 г.) зоопланктон отличался высокими количественными и качественными показателями. Летом маловодного 2012 г. продолжительное стояние высокого уровня и снижение контроля сверху способствовало увеличению числа видов зоопланктона и биомассы Cladocera, летом 2014 г. в условиях ранней межени и усиления контроля сверху эти показатели уменьшались. В средневодный год за счет затопления зарослей макрофитов в весенне-летний период зоопланктон отличался максимальным удельным видовым богатством. Одновременно весной, благодаря эффекту разбавления полыми водами, отмечена минимальная численность и биомасса зоопланктона, а летом, благодаря снижению пресса рыб, его максимальная биомасса и индивидуальная масса ракообразных, снижение индекса Шеннона.

Ю.Ю. Фомина

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: rambler7780@rambler.ru

Особенности жизненных циклов веслоногих рачков в Петрозаводской губе и центральной части Онежского озера

Онежское озеро — это крупный, второй после Ладожского озера, лимнически гетерогенный водоем. Термический, гидрохимический и гидробиологический режим в центральном районе озера и Петрозаводской губе различается. Так, термобар в Петрозаводской губе проходит в третьей декаде мая, а в центральном районе — в середине июня. Продолжительность «биологического лета» для Петрозаводской губы составляет в среднем 115 суток, для центральной части — в среднем 88 суток. По сравнению с центром в заливе создаются неблагоприятные гидрохимические условия, особенно в весенний период, когда в Петрозаводской губе отмечено высокое содержание гумуса, железа и низкая доля автохтонного органического вещества. В разных районах озера у видов зоопланктона могут различаться количество генераций, размеры особей, сезонная динамика, что может сказаться на их продуктивности. Поэтому представляет интерес изучить жизненные циклы доминантных видов Сорерода, жизненные циклы которых синхронизированы с закономерными сезонными колебаниями окружающей среды, в Петрозаводской губе и центральном плесе Онежского озера.

На основе объединенного массива данных за 1988-2020 гг. были построены плавные кривые сезонной динамики *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863, *Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1863), *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857), *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863) в Петрозаводской губе и центральной части озера, что позволило выявить особенности сезонных циклов видов-доминантов.

Сравнение динамики популяций *L. macrurus* в разных районах озера показало, что для рачка характерен моноциклический характер сезонной динамики, как в Петрозаводской губе, так и в центральной части озера. Весной развитие возрастных стадий рачка в Петрозаводской губе наблюдается на 2-3 декады раньше. Значения средних количественных показателей за

вегетационный сезон, а также среднегодовое максимумы *L. macrurus* в заливе ниже, чем отмечалось в центре озера.

Дициклический характер популяционной динамики *E. gracilis* сохраняется, как в центральной части водоема, так и в заливе. Первый максимум по численности и по биомассе в Петрозаводской губе регистрировался примерно на две недели позже, чем в центральной части озера. Второй максимум показателей наблюдался в заливе и центре озера одновременно. Максимальные количественные показатели и среднегодовое значения за вегетационный сезон в Петрозаводской губе не достигали по величине таковых в центральной части озера.

Сравнение сезонной динамики популяции *M. leuckarti* Петрозаводской губы с центральным районом озера показало, что рачок имел две генерации. Весной структура популяции рачка свидетельствовала о более раннем развитии в Петрозаводской губе, однако количественные показатели в заливе не достигали наблюдаемых в центре озера значений, как по численности, так и по биомассе. Средние за вегетационный период показатели, а также среднегодовое максимумы в Петрозаводской губе и в центральной части озера имели схожие значения.

Сравнение популяции *T. oithonoides* Петрозаводской губы с центральной частью озера показало, что рачок имеет дициклический характер сезонной динамики. Весной среднегодовое количественные показатели в заливе ниже, чем в центре озера, однако структура популяции рачка свидетельствовала о более раннем развитии в заливе. Средние за вегетационный сезон и многолетние максимальные показатели численности и биомассы в заливе были ниже, чем в центре озера.

Сроки развития возрастных стадий рачка по районам определяются особенностями их термических режимов. Несмотря на более благоприятный термический режим в Петрозаводской губе, весной гидрохимические условия в заливе вызывают задержку количественного развития веслоногих рачков *L. macrurus*, *E. gracilis*, *M. leuckarti*, *T. oithonoides*. В столбе воды средние количественные показатели за вегетационный сезон, а также среднегодовое максимумы численности и биомассы Соперода Петрозаводской губы были ниже или соответствовали показателям в центральном районе озера. В исследованиях последнего десятилетия выявлено, что преобладание органического вещества аллохтонного происхождения может привести к ухудшению качества пищи для зоопланктона из-за отсутствия в нем незаменимых жирных кислот. Незаменимые жирные кислоты способствуют интенсивному росту и размножению, поскольку играют ключевую роль в эмбриогенезе, и большей продукции зоопланктона. Кроме того, в экспериментах было показано, что гуминовые вещества оказывают отрицательное влияние на развитие веслоногих ракообразных и их науплиев. Можно предположить, что особенности в развитии веслоногих рачков в Петрозаводской губе связаны с влиянием речных вод, воздействие которых усиливается в весенний период, когда происходит интенсивное развитие популяции.

Н.В. Холмогорова¹, Н.Б. Овчанкова², А.Г. Михайлова¹

¹Удмуртский государственный университет, Ижевск

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

E-mail: nadjaholm@mail.ru

Двустворчатые моллюски (Bivalvia: Unionidae, Dreissenidae, Sphaeriidae) Удмуртии

Исследования гидрофауны Удмуртской республики (УР), в том числе, и пресноводных моллюсков, проводились с конца XIX в. и до начала XXI в. Всего до настоящей работы в регионе было известно 15 видов двустворчатых моллюсков.

В настоящей работе проведен анализ фауны двустворчатых моллюсков, собранных в водных объектах УР в 2006-2021 гг. Н.В. Холмогоровой, И.А. Мухиным, И.В. Телегиным, Е.А. Бобковой и Г.А. Пастуховой. Пробы отбирались гидробиологическим скребком или вручную. Видовая диагностика моллюсков производилась по признакам раковины и особенностям

строения мягкого тела.

В окончательный список нами было включено 26 видов двустворчатых моллюсков из 74 пунктов (15 рек, двух водохранилищ, восьми прудов и двух старичных озер). Впервые для региона установлено 11 видов Bivalvia: *Sphaerium (Nucleocyclus) ovale* (Férussac, 1807), *Musculium (Musculium) lacustre* (Mueller, 1774), *Euglesa (Euglesa) casertana* (Poli, 1791), *E. (E.) likharevi* (Korniushev, 1991), *E. (Cingulipisidium) nitida* (Jenyns, 1832), *E. (C.) crassa* (Stelfox, 1918), *E. (Cyclocalyx) obtusale* (Pfeiffer, 1821), *E. (Henslowiana) henslowiana* (Sheppard, 1823), *E. (H.) liljeborgii* (Cless. in Esmar. H., 1886), *E. (Pseudeupera) turgida* (Cless. in West., 1873) и *E. (Pulchelleuglesa) pulchella* (Jenyns, 1832).

Находки части видов моллюсков (13 видов), отмеченных ранее в литературе, подтвердились в ходе данной работы: *Unio (Unio) pictorum* (Linnaeus, 1758), *U. (U.) tumidus* (Philipsson, 1788), *U. (Crassiana) crassus* Retzius, 1788, *Anodonta (Colletopterum) anatina* (Linnaeus, 1758), *Dreissena (Dreissena) polymorpha* (Pallas, 1771), *Sphaerium (Sphaerium) corneum* (Linnaeus, 1758), *S. (S.) scaldianum* (Normand, 1844), *S. (Cyrenastrum) solidum* (Normand, 1844), *S. (Rivicoliana) rivicola* (Lamarck, 1818), *Pisidium (Pisidium) amnicum* (Muller, 1774), *P. (Neopisidium) moitessierianum* (Paladilhe, 1866), *Euglesa (Henslowiana) supine* (Schmidt, 1850), *E. (Pseudeupera) subtruncata* (Malm, 1855).

Находки некоторых видов, известных только по литературным данным (*Anodonta (Anodonta) cygnea* (Linnaeus, 1758), *Sphaerium (Nucleocyclus) nucleus* (Studer, 1820)), в результате исследования подтвердить не удалось, но мы включаем их в список, поскольку обнаружение не вызывает сомнений.

В зоогеографическом отношении наибольшее число видов относится к европейско-сибирской фаунистической группировке (46,2%), весомую долю в фауне составляют и виды с европейским распространением (26,9% от общего видового состава), находящиеся в регионе вблизи восточных границ своих ареалов. Широко распространенные виды (космополитные, голарктические) составляют 19,2% от общего состава. Наименьший вклад вносят виды с европейско-центральноазиатским и западно-палеарктическим распространением (по 3,9%). Смешанный характер фауны с преобладанием европейско-сибирских и европейских элементов при значительном участии широко распространенных видов вполне характерен для Средне-Волжской провинции, к которой принадлежат водные объекты УР.

Большинство двустворчатых моллюсков предпочитает текучие воды. Из отмеченных на исследуемой территории видов 50% зарегистрированы только в реках. Вид *Euglesa liljeborgii* на сегодняшний день найден только в пруду. Остальные виды отмечены, как в лотических, так и в лентических местообитаниях. В водных объектах региона все двустворчатые моллюски населяют мягкие донные грунты, чаще песчаные и песчано-илистые. Исключение составляет *Dreissena polymorpha*, ведущая прикрепленный образ жизни на твердых субстратах (гравий, древесина, живые и пустые раковины моллюсков, погруженные в воду предметы антропогенного происхождения).

М.С. Хребтова¹, М.К. Серебрякова², Е.Е. Прохорова¹, А.С. Токмакова¹

¹Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург

²Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург

E-mail: masha.khrebtova@gmail.com

Изменение клеточного состава гемолимфы *Viviparus viviparus* при трематодной инвазии

Viviparus viviparus L., 1758 — вид переднежаберных брюхоногих моллюсков, обитающий как в умеренно текущих реках, так и в водоемах со стоячей водой. Отличительной особенностью их биологии является раздельнополость, сопровождающаяся половым диморфизмом. *V. viviparus*, как и многие другие брюхоногие моллюски, зачастую выступает в роли

промежуточного хозяина в жизненных циклах трематод. Ключевым звеном, ответственным за осуществление защитных реакций, являются циркулирующие клетки гемолимфы — гемоциты. Успешный иммунный ответ возможен благодаря способности гемоцитов к распознаванию, адгезии и инкапсуляции чужеродных объектов.

Для анализа клеточного состава гемолимфы *V. viviparus* использовались моллюски, собранные в реке Оредеж в районе поселка Вырица Ленинградской области. Зараженность определялась при вскрытии улиток после забора гемолимфы. Морфологический анализ клеток проводили на временных и фиксированных препаратах с использованием методов световой микроскопии. Мазки гемолимфы, фиксированные 4% PFA, окрашивались коммерческим набором MGG (May-Grünwald Giemsa) (Биолайн) в соответствии с инструкцией производителя. Свежесобранная гемолимфа также анализировалась на проточном цитофлуориметре BD Accuri C6 (BD Bioscience, США). Для каждой особи регистрировались параметры прямого (FS) и бокового (SS) светорассеяния и доля каждой популяции в % от общего числа одиночных гемоцитов. В часть проб добавляли йодистый пропидий (PI) в финальной концентрации 0,05 мкг/мл для определения доли гибнущих и разрушенных клеток. Данные приведены в виде среднего ± ошибка среднего, достоверность различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента.

С использованием методов микроскопии показано разделение гемоцитов на три клеточные популяции. Первая представлена гранулярными, сильно вакуолизированными клетками, которые отличаются хорошей способностью к распластыванию. Размер клеток составляет в среднем $19,9 \pm 8,3 \times 10,6 \pm 3,4$ мкм без учета псевдоподий (размер ядра — $10,2 \pm 2,6 \times 6,3 \pm 3,0$ мкм). Псевдоподии этих гемоцитов представлены ламеллоподиями. Клетки второй популяции очень вариабельны. Их размер составляет в среднем $10,1 \pm 3,3 \times 7,9 \pm 1,9$ мкм, ядер — $5,2 \pm 1,4 \times 4,3 \pm 1,1$ мкм. Клетки третьей популяции — меньшие по размеру: $6,7 \pm 1,3 \times 5,9 \pm 1,2$ мкм. Размер их ядер составляет $3,9 \pm 1,0 \times 3,0 \pm 0,9$ мкм. Псевдоподий у клеток этой популяции обнаружено не было.

На основании данных проточной цитометрии выделено четыре типа клеток, достоверно отличающихся друг от друга по параметрам FS и SS. Первый тип, примерно 15% от общего числа клеток ($15,62 \pm 0,70\%$ у самок и $15,05 \pm 1,05\%$ у самцов) составляют гемоциты, обладающие наименьшим уровнем FS и SS — мелкие клетки простой формы с относительно небольшим количеством гранул. Второй тип, около 20% ($20,98 \pm 0,77\%$ и $22,38 \pm 1,17\%$ у самок и самцов соответственно) — клетки, у которых оба показателя светорассеяния примерно в два раза выше, чем у клеток первого типа, то есть это более крупные клетки с большим количеством включений. Третий тип составляет наиболее многочисленная популяция ($49,75 \pm 1,37\%$ у самок и $45,22 \pm 1,87\%$ у самцов) крупных клеток со сложной структурой мембранного и цитоплазматического компартмента. Для клеток этого типа характерны максимальные значения FS и SS. Около 15% ($13,11 \pm 0,63\%$ и $16,65 \pm 1,23\%$ у самок и самцов соответственно) приходятся на клетки, находящиеся на разных стадиях апоптоза. В популяциях клеток первого и второго типа число PI-позитивных клеток составляет 3–5%, в то время как среди клеток третьего типа этот показатель может достигать 20%. Приведенные выше параметры отличаются у особей разного пола. Количество самых крупных гемоцитов у самцов достоверно ниже ($p=0,048$), а SS этих клеток значительно больше ($p=0,028$), что говорит об их более сложной структуре. При трематодной инвазии в гемолимфе самок значительно ($p<0,001$) снижается число крупных гранулярных клеток и увеличивается число гибнущих клеток, что подтверждается увеличением числа PI-позитивных клеток в целом ($p=0,011$), а также в обеих популяциях гранулярных гемоцитов ($p=0,031$ и $p=0,007$ в средних и крупных, соответственно). У зараженных самцов мелкие гемоциты в среднем крупнее ($p=0,023$) и имеют более сложную структуру ($p=0,033$) (выше FS и SS), чем у незараженных. Также выше SS у крупных гранулярных клеток ($p=0,002$). Отмечено достоверное ($p=0,006$) увеличение доли клеток, имеющих средние показатели FS и SS. Таким образом, защитные реакции, реализуемые при трематодной инвазии, сопровождаются у *V. viviparus* изменением состава клеток гемолимфы. При этом у самок они возникают вследствие апоптоза части гемоцитов, а у самцов меняются морфофункциональные

показатели клеток.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки научных исследований молодых российских ученых — кандидатов и докторов наук (проект № МК-1015.2021.1.4.).

Г.М. Чуйко^{1,2}, И.И. Томилина¹, Н.В. Холмогорова³

¹ Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок

² Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль

³ Удмуртский государственный университет, Ижевск

E-mail: gchuiko@ibiw.ru

Использование двустворчатых моллюсков в биодиагностике состояния пресноводных экосистем

Антропогенное загрязнение водной среды диктует необходимость оценки его влияния на организмы и структурно-функциональные характеристики отдельных популяций гидробионтов, их сообществ и целых водных экосистем, нормирования допустимого уровня содержания загрязняющих веществ (ЗВ) в водных объектах, осуществления экологического мониторинга и прогнозирования экологических рисков.

Одним из главных современных подходов в решении названных задач является комплексная оценка состояния водных экосистем. В ее основе, наряду с методами физико-химического количественного и качественного анализа антропогенных и природных факторов, лежат методы биодиагностики, позволяющие оценить степень и последствия действия этих факторов на водные организмы и экосистемы.

Биодиагностика — это использование реакций биологических систем на разных уровнях их организации (суборганизменный, целый организм, надорганизменный) на действие природных и антропогенных факторов для оценки состояния биоты и качества среды ее обитания. Соответственно уровням биологической организации, на которых регистрируются ответы, биодиагностика включает биомаркирование, биотестирование и биоиндикацию.

Биомаркирование служит для оценки степени воздействия этих факторов на состояние здоровья гидробионтов с использованием биомаркеров — морфофункциональных показателей, регистрируемых на суборганизменном и организменном уровнях биологической организации (молекулярно-генетический, биохимический, физиологический и гистологический). *Биотестирование* позволяет оценить токсичность среды по общим биологическим реакциям на уровне целого организма (выживаемость, размножение, рост, двигательная активность, и т.п.). Оно проводится с использованием лабораторных культур тест-организмов (микроорганизмы, простейшие, одноклеточные водоросли, беспозвоночные, икра, мальки и взрослые рыбы). *Биоиндикация* — это обнаружение и определение экологического значения антропогенных нагрузок на водный объект на основе определения качественных (видовой состав) и количественных (численность, биомасса, видовое разнообразие) характеристик различных биоценозов гидробионтов.

Двустворчатые моллюски являются одной из наиболее экологически значимых групп беспозвоночных в водных экосистемах. Они ведут малоподвижный или прикрепленный образ жизни и, являясь активными фильтраторами, выполняют важную роль в самоочищении и поддержании качества поверхностных вод. Пропуская через мантийную полость заметные объемы воды и взвешенных частиц, моллюски в значительных количествах аккумулируют в себе большинство растворенных и адсорбированных на взвешенных частицах ЗВ без их существенной метаболической трансформации, даже если они содержатся в низких концентрациях. Аккумулируя ЗВ, моллюски подвергаются их воздействию, отвечая на него изменением своего физиолого-биохимического состояния и поведенческих реакций. Являясь чувствительными и достаточно малоустойчивыми к действию большинства ЗВ, моллюски

используются во всех методах биодиагностики.

При *биомаркировании* в мягких тканях и раковинах анализируются уровни биоаккумуляции ЗВ и их метаболитов (тяжелые металлы, нефтепродукты, стойкие органические загрязняющие соединения, полициклические ароматические углеводороды, и др.), активность отдельных ферментов (ацетилхолинэстеразы, ферменты биотрансформации ксенобиотиков), показатели состояния оксидативного стресса (содержание окисленного и восстановленного глутатиона, малонового диальдегида, диеновых конъюгатов, карбонильных групп белков, ферментативную активность супероксиддисмутазы, каталазы, глутатион-S-трансфераз, пероксидаз, глутатионредуктазы, и др.), параметры кардиоактивности (частота сердечных сокращений и время ее восстановления после функциональных нагрузок). При этом широко используется мультибиомаркерный подход, а в качестве тест-объекта — преимущественно моллюски семейств Dreissenidae и Unionidae.

При *биотестировании* оцениваются такие параметры реакции целостного организма взрослых моллюсков как выживаемость, частота закрывания и открывания створок, эффективность фильтрации, кардиоактивность, интенсивность питания, скорость прикрепления к субстрату, эмбриогенез, и др. У личиночных стадий (глохидиев и велигеров) регистрируется выживаемость и двигательная активность.

При *биоиндикации* учитывается наличие моллюсков, их численность и биомасса, показатели роли в водных сообществах, видовое разнообразие, и рассчитываются различные биотические индексы. Как правило, двусторчатые моллюски требовательны к содержанию кислорода, гидрохимическому составу, чувствительны к наличию ЗВ, поэтому служат индикаторами «чистой» воды, многие из них являются индикаторами сапробности.

Работа выполнена в рамках плановой темы (№ госрегистрации 121050500046-8) при частичной финансовой поддержке приоритетного проекта «Оздоровление Волги» по теме № АААА-А18-118052590015-9.

Е.А. Шашуловская, С.А. Мосияш, И.Н. Далечина
Саратовский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Саратов
E-mail: shash.elena2010@yandex.ru

К вопросу об эвтрофировании Волгоградского водохранилища в условиях климатических изменений

Проблема эвтрофирования водных объектов, особенно крупных водохранилищ комплексного использования в условиях изменения климата остается по-прежнему актуальной. Важное следствие высокой трофности водоемов — интенсивное развитие фитопланктона. Доказано, что основными биогенными элементами, определяющими процесс эвтрофикации, являются азот и фосфор.

Начало XXI века характеризуется изменением климатических условий в целом на территории Российской Федерации и конкретно на Нижней Волге. О происходящих изменениях свидетельствуют более мягкие зимы с увеличением доли жидких осадков, более ранние даты перехода температуры воздуха через 0°C, 5°C и 10°C, повышение летних температур приземного воздуха. На водохранилищах Нижней Волги с начала XXI века наблюдается сокращение ледоставного периода и увеличение продолжительности и суммы градусо-дней «биологического» лета. В Волгоградском водохранилище в последнее десятилетие увеличилась продолжительность безледного периода, и сход льда наблюдается в среднем на 8-10 дней раньше. Произошли и внутригодовые изменения: доля зимнего стока увеличивается, а весеннего — уменьшается. Начало XXI века характеризуется также тенденцией увеличения среднелетней температуры воды на Волгоградском водохранилище, прирост которой составил около 1,0°C за 20 лет.

Целью настоящей работы является оценка динамики минеральных соединений азота

и фосфора и количественных характеристик фитопланктона за период с начала образования Волгоградского водохранилища (1960 г.) по настоящее время.

Материалом послужили литературные источники, фондовые материалы Саратовского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, и собственные данные. Для статистической оценки произошедших изменений многолетнюю выборку данных условно разделили на несколько групп с периодом в 10-15 лет.

Сравнение данных показывает, что за период существования водохранилища до 2000 г. произошло некоторое увеличение всех рассматриваемых показателей, за исключением аммонийного и нитритного азота. Однако различия показателей во времени статистически доказаны (уровень значимости для нулевой гипотезы ниже 5%) только для азота нитрата и, как следствие, суммы его минеральных форм. Содержание минерального фосфора в воде водохранилища имеет слабо выраженную положительную тенденцию, что может быть связано с особенностями трансформации и формами состояния этого элемента в экосистеме водоема. Биомасса фитопланктона имела положительную корреляцию с содержанием в воде большинства форм биогенных элементов. Из минеральных форм азота наиболее высока связь биомассы фитопланктона с содержанием нитрата. Корреляция между биомассой водорослей и концентрацией фосфора невысока, однако статистическая значимость этой связи близка к 5% уровню. При возрастании водности (объема пропущенной воды) водохранилища происходило снижение концентрации минерального фосфора, а при уменьшении объема содержание фосфора возрастало, что указывало на его преимущественно внутриводоемное происхождение. Многолетний положительный тренд концентраций минеральных форм азота и фосфора, а также биомассы фитопланктона свидетельствовал о медленном усилении эвтрофирования Волгоградского водохранилища в период с начала образования до 2000 г.

С 2001 г. меняется динамика исследуемых показателей. Установлен достоверный отрицательный тренд среднесезонных концентраций аммония и суммарного минерального азота. Изменения содержания нитрата и минерального фосфора носят более сложный характер. До 2009 г. происходило достоверное снижение концентрации нитрата, с 2010 г. зарегистрирована тенденция увеличения его содержания. Значимый отрицательный тренд концентрации фосфата зарегистрирован только по 2011 г. С 2012 г. колебания средней концентрации минерального фосфора происходят синхронно с изменением водного стока и наблюдается тенденция к возрастанию его содержания, что свидетельствует об уменьшении роли внутриводоемных процессов в балансе минерального фосфора и доминировании гидрологических факторов. Зарегистрирован отрицательный тренд общей биомассы фитопланктона, диатомовых и зеленых водорослей. Из рассматриваемых групп альгоценоза достоверная статистическая связь с соединениями минерального азота установлена только для диатомовых водорослей. Общая биомасса фитопланктона коррелятивно связана с концентрацией аммонийного азота.

Таким образом, за последние 20 лет по сравнению с предыдущим периодом (до 2000 г.) отмечены достоверные изменения в режиме биогенных элементов и количественной структуре альгоценоза Волгоградского водохранилища, что может быть связано, как с отмеченной выше климатической трансформацией, так и с циклическими процессами в водной экосистеме, меняющимися во времени свои величины и знак.

Т.Г. Шихова¹, Т.И. Кочурова²

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. профессора Б.М. Житкова, Киров*

² *Вятский научно-технический информационный центр мониторинга и природопользования, Киров*

E-mail: ¹ biota.vniioz@mail.ru; ² kochurovati@mail.ru

Гидробиологические исследования в бассейне реки Вятка

Среди крупных притоков Волги река Вятка занимает третье место по площади

водосбора после Оки и Камы (без Вятки). Долгое время значительная часть Вятского бассейна оставалась «белым пятном» в отношении данных по бентофауне. Данное сообщение подготовлено с целью выделить основные этапы гидробиологических исследований в прошлом и обосновать их современные направления. Ретроспективный анализ изучения зообентоса в бассейне Вятки выявил значительную согласованность региональных направлений с общим спектром зоологических исследований в России — от коллекционно-фаунистических до биоиндикационных и комплексных экологических.

В конце XIX в. исследования носили *инвентаризационный* характер, основной задачей которых было установление видового разнообразия, как правило, без учета численности и экологических характеристик. Благодаря работам Л.К. Круликовского к началу XX в. в низовьях Вятки было выявлено 34 вида водных моллюсков. Вятская губерния оказалась в числе территорий, наиболее изученных по этой группе животных. В 1920-е гг. бентофауна водоемов нижнего течения реки была исследована А.Л. Бенингом. Более 30 видов моллюсков из бассейна Вятки указаны в монографиях В.И. Жадина (1933, 1952). Важную научно-документирующую функцию выполняет *конхиологическая коллекция* водных моллюсков Кировского областного краеведческого музея, включающая более 4 000 раковин (сборы 1918-1967 гг. Н.И. Пашкина, Ю.В. Селенкина, А.Д. Фокина; в 1990-е гг. — Т.Г. Шиховой, В.Н. Сотникова, А.Н. Соловьева, и др.).

Эколого-фаунистические исследования водных беспозвоночных активизировались в 1960-1970-е гг. Накапливались сведения по ракообразным, клещам, амфибионтным насекомым (Л.К. Круликовский, В.А. Королева, Э.К. Леви, В.М. Садырин, А.И. Шернин, Г.И. Юферев, и др.). В 2000-е гг. дополнялась информация по видовому составу и распространению жуков и клопов (Г.И. Юферев, Л.Г. Целищева, Н.Н. Ходырев), поденок (50 видов из 14 семейств) и ручейников (98 видов из 16 семейств) (Т.И. Кочурова, М.Л. Цепелева). В настоящее время относительно полно изучена фауна моллюсков. Однако в связи с ревизией системы пресноводных видов проводится корректировка таксономического списка. Если по результатам малакологических исследований до 2005 г. в бассейне реки Вятки было установлено 102 вида водных *Gastropoda* и *Bivalvia* (Т.Г. Шихова), то в соответствии с новой систематикой 2016 г., принятой ведущими российскими малакологами (В.В. Богатов, М.В. Винарский, П.В. Кияшко, Е.В. Солдатенко), выявлено 99 видов с учетом вновь обнаруженных. Создание фаунистического кадастра основных бентосных групп бассейна Вятки, содержащего зоогеографические и экологические характеристики видов — одна из перспективных задач современных исследований.

Биоресурсные исследования способствуют накоплению данных по численности и распространению отдельных видов зообентоса, имеющих практическое значение в качестве кормовых объектов для рыб, птиц и млекопитающих, промежуточных хозяев гельминтов сельскохозяйственных и промысловых видов животных, и т.д. Начало изучению бентических комплексов в среднем течении Вятки и ее притоках было положено В.М. Садыриным, который по результатам исследований 1967-1969 гг. установил таксономический состав, встречаемость и биомассу основных групп зообентоса в разных биоценозах речного русла. В конце 1970-х гг. под руководством М.А. Гревцевой изучалась кормовая база пойменных озер средней и нижней Вятки, предназначенных для акклиматизации выхухоли (отмечено 14 видов *Gastropoda*). В 1995-1999 гг. гидробиологи Пермского отделения Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства работали над созданием биологического ресурсного кадастра Вятки и ее основных притоков — Чепцы и Моломы. По данным И.Ю. Митрофановой, наиболее характерная черта Вятки — доминирующая роль моллюсков в зообентосных сообществах, доля которых в биомассе достигает 89,6–99,3% и лишь у г. Кирова снижается до 45,6%.

Экологическое направление. Первые исследования антропогенного влияния на состояние донных сообществ начаты в 1990-е гг. В.В. Пирогов и А.Г. Тарасов проанализировали изменение бентофауны Вятки и Чепцы после гидромеханизированных работ в речных руслах. В 1999-2015 гг. в районе объекта по уничтожению химоружия «Марадыковский» оценивалась динамика гидробиологических показателей 16 водных объектов (Т.И. Кочурова, Т.Г. Шихова,

М.Л. Цепелева). В 2001-2003 гг. специалистами Института биологии Коми Научного центра РАН исследовано влияние промышленного загрязнения на донное население Вятки (Ю.В. Лешко). С 2003 г. исследуется состав зообентоса озер и рек, в том числе, на территории заповедника «Нургуш», проводится оценка антропогенного воздействия на водные биологические ресурсы (Т.И. Кочурова, М.Л. Цепелева, А.П. Носаль, и др.). Экологические проблемы региона (наличие крупных производств, завода по уничтожению химоружия и перспектива его перепрофилирования на переработку отходов высокого класса опасности, физический износ очистных сооружений) определяют приоритет дальнейших направлений гидробиологических и биоиндикационных исследований.

С.Р. Юсупов, А.Ю. Тищенко, Э.А. Снегин

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород

E-mail: yusupovkrug@mail.ru

Анализ изменчивости *Lymnaea stagnalis* в популяциях юга Среднерусской возвышенности методами геометрической морфометрии

Метод геометрической морфометрии является альтернативным способом анализа и количественной оценки формы, который сохраняет больше деталей о геометрии структуры, чем линейные измерения. Хотя традиционная морфометрия используется и дает хорошие результаты, она не учитывает направление морфологических различий.

В работе проводили анализ изменчивости формы раковины *Lymnaea stagnalis* Linnaeus, 1758 в популяциях юга Среднерусской возвышенности. Анализировали раковины только половозрелых особей, имеющих шесть и более оборотов. Всего было изучено 320 раковин *L. stagnalis*. Был использован материал из 13 точек Белгородской, Воронежской и Липецкой областей. Точки сбора образцов были приурочены к Днепровскому и Донскому речным бассейнам.

Оцифровку изображений проводили с помощью фотоаппарата Nikon Coolpix L830, закрепленного на штатив. Изменение формы контура регистрировали с помощью комбинации двумерных декартовых координат из 15 ландмарков. Расстановку меток на образцах проводили с использованием программы tpsDig2. Метка 1 обозначала вершину раковины, метки 2-7, 9-14 — швы последующих оборотов, метка 8 — колюмеллярный край устья, метка 15 — вершину устья. Полученные данные анализировали с использованием программы PAST v.4.06. Для устранения изометрических вариаций размера и ориентации, а также приведения данных в общую систему координат было выполнено прокрустово преобразование. Для определения линейных комбинаций переменных был выполнен анализ главных компонент (PCA).

Выделенные в результате анализа главные компоненты PC1, PC2 и PC3 в сумме вносили 91% дисперсии формы. Данные компоненты были проанализированы с помощью многомерного дисперсионного анализа (MANOVA). Анализ показал достоверные отличия ($p < 0,05$) между большинством исследуемых популяций. Наиболее уникальными оказались популяции из рек Пена и Северский Донец, они достоверно отличались ($p < 0,05$) от всех исследованных групп.

Наряду с проведением анализа формы раковины изучали изменчивость ее размеров по размеру центроида (CS). Были установлены достоверные различия между популяциями из Днепровского и Донского речных бассейнов ($p < 0,01$). При этом наибольший CS был характерен для популяций из Днепровского бассейна (1668 ± 17), а наименьший — для Донского бассейна (1510 ± 12).

Чтобы показать предполагаемые филогенетические отношения между популяциями, использовали морфологические различия, представленные координатами меток. Эвклидовы расстояния были вычислены из преобразованных прокрустовых координат, усредненных для каждой популяции. В результате кластерного анализа (метод UPGMA) популяции разделились на две группы. В первый кластер вошли особи из пункта сбора в реках Пена (Днепровский

бассейн) и Северский Донец (Донской бассейн). Второй кластер объединил все остальные пункты, находящиеся в реках Донского бассейна (Оскол, Нежеголь, Валуй, Айдар, Чуфичка, Дон (Воронежская область), Дон (Липецкая область), Везелка, Разумная), и пруд на пересечении улиц Бассейная и Кутузова (г. Белгород). Также в этот кластер вошла группа из реки Ворскла (Днепровский бассейн). Стоит отметить, что часть входящих в эту группу популяций довольно удалены друг от друга.

Таким образом, было показано, что на форму раковин *L. stagnalis* не влияет географическая удаленность популяций, а также приуроченность к бассейнам рек. Вероятно, на характер метрических признаков большее влияние оказывают микробиотопические условия. В то же время, анализ размера центроида позволил установить определенную зависимость уровня изменчивости размера раковины от принадлежности к бассейну реки.

Л.В. Яныгина¹, П.А. Шипунов²

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

E-mail: ¹yan_lv@mail.ru; ²pshipunov95@gmail.com

Сообщества макробеспозвоночных водопадных рек: таксономическое разнообразие и пространственное распределение

Водопады создают на реке барьеры для миграции животных вверх против течения, что ограничивает распространение видов и способствует фрагментации их ареалов. Несмотря на высокую значимость водопадов в пространственном распределении гидробионтов горных водотоков, работы по оценке их влияния на структуру водных сообществ единичны и посвящены преимущественно изучению роли водопадов в ограничении миграции рыб. Этими исследованиями показано, что большинство видов рыб не могут преодолеть и полуметровый порог на реке, лососевые же способны перепрыгивать перепады и водопады высотой до трех метров, а для некоторых видов тропических бычков и тридцатиметровый водопад не является преградой. В умеренной зоне водопады высотой выше 3,5 метров обычно становятся непреодолимым барьером для местных видов рыб; в результате в верховьях водопадных рек формируются участки с обедненной фауной или с полным отсутствием рыбы. Такие зоны могут предоставлять дополнительные преимущества для развития сообществ макробеспозвоночных, представители которых составляют кормовую базу для бентосоядных рыб.

Для оценки особенностей структурных характеристик сообществ макробеспозвоночных водопадных рек были обследованы участки выше и ниже водопада на реке Тевенек (Северо-Восточный Алтай). Река Тевенек является притоком Телецкого озера первого порядка, ее длина около 10 км. Вытекая из болот, река протекает по относительно плоской долине, в среднем течении реки расположен каскад водопадов высотой до 5 м, в нижнем течении уклоны снова снижаются. На исследованных участках реки донные отложения представлены преимущественно каменисто-галечным субстратом. Как в верхнем, так и в нижнем течении, русло реки затенено древесно-кустарниковой растительностью.

В результате проведенных исследований в донных сообществах реки Тевенек было обнаружено 37 видов макробеспозвоночных, среди которых 11 видов отряда Ephemeroptera, семь видов отряда Plecoptera, восемь видов отряда Trichoptera. В донных сообществах реки выше водопада отмечено 27 видов макробеспозвоночных, в то время как ниже водопадов обнаружено только 20 видов. Тем не менее, видовое богатство каждого из исследованных участков выше и ниже по течению существенно не различались. Так, выше водопада в каждой пробе отмечали $10,1 \pm 1,1$ видов беспозвоночных, а ниже — $8,3 \pm 0,9$ видов. И выше, и ниже водопада наиболее часто встречались *Gammarus korbuensis* Martynov, 1930, *Rhyacophila* группы *sibirica*, и *Esolus* sp. Вместе с тем, отмечены перестройки комплекса наиболее часто встречающихся видов. Так, поденки рода *Baetis* выше водопада встречались в 80% проб, ниже водопада — только в 10% проб, а представители родов *Hexatoma* и *Planaria*, *Lepidostoma*

hirtum (Fabricius, 1775) и *Ameletus parvus* Kluge, 1979, часто встречавшиеся выше водопада (60%, 40%, 40% и 30% проб, соответственно), не были отмечены ниже него.

Отмечена также тенденция снижения общей численности макробеспозвоночных вниз по течению реки Тевенек: выше водопада средняя численность макробеспозвоночных составляла $6,5 \pm 1,1$ тыс. экз./м², а ниже — только $4,1 \pm 0,8$ тыс. экз./м². Снижение численности произошло преимущественно за счет амфипод *G. korbuensis* (с 3,1 до 2,3 тыс. экз./м²) и ручейников рода *Rhyacophila* (с 2,6 до 0,6 тыс. экз./м²) — наиболее крупных и активно передвигающихся представителей макрозообентоса. Это позволяет предположить ведущую роль выедания макробеспозвоночных рыбами в снижении численности зообентоса на участке реки ниже водопада.

Не только различия рыбного населения, но и изменения условий обитания, связанных с геоморфологическими особенностями водопадных рек, могут существенно влиять на структуру сообществ макробеспозвоночных. Водопады ограничивают снижение базового уровня высоты водосбора на верхних участках реки, что приводит к формированию более пологих долин и возникновению более стабильных гидрологических условий на участке выше водопада (May et al., 2017). Более развитая пойма верхних участков водопадных рек способствует формированию более разнообразных местообитаний, снижает вероятность катастрофического дрефта макробеспозвоночных во время паводков, а также способствует удержанию детрита в русле реки, что создает благоприятные для макробеспозвоночных трофические условия.

Таким образом, водопады могут не только ограничивать миграции гомотопных гидробионтов против течения, но и создавать на верхних участках зоны повышенного разнообразия, рефугиумы для обитания редких видов. Исследование таких дисконтинуальных рек в будущем может оказаться также очень полезным для понимания особенностей перестройки структуры сообществ рек, фрагментированных в результате антропогенной деятельности, и разработки подходов к оценке их экологического состояния.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-24-00757).

СОДЕРЖАНИЕ

<i>К УЧАСТНИКАМ КОНФЕРЕНЦИИ «ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ В.И. ЖАДИНА»</i>	3
<i>АДАМОВИЧ Б.В.</i> КОНЦЕПЦИЯ ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ: СТОЛЕТНЕЕ РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННАЯ ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ	4
<i>АЛЕКСЕЕВ В.Р.</i> ПРОФЕССОР ВИНФРИД ЛАМПЕРТ И ЕГО ЭПОХА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЛИМНОЛОГИИ.....	5
<i>АЛЕКСЕЕВ В.Р., ЦАЛОЛИХИН С.Я.</i> КОЛЛЕКЦИИ ПРЕСНОВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ КАК ВАЖНЕЙШЕЕ ТВОРЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ ЛАБОРАТОРИИ ПРЕСНОВОДНОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН	6
<i>АНДРЕЕВ Н.И., АНДРЕЕВА С.И.</i> СОЛЕННОСТЬ ВОДНЫХ МАСС КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ФАУН МОЛЛЮСКОВ	7
<i>АНДРУЩЕНКО (ШЕЛЕХИНА) С.В., ШУЛЕПИНА С.П.</i> СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА РЕК ОБЬ, ИНЯ И ТУЛА В РАЙОНЕ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА	9
<i>БАБУШКИН Е.С.</i> К ФАУНЕ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA, BIVALVIA) ЗАПОВЕД- НИКА «ВИТИМСКИЙ» (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)	10
<i>БАБУШКИН Е.С., ВИНАРСКИЙ М.В., АНДРЕЕВ Н.И., АНДРЕЕВА С.И.</i> К ФАУНЕ ПРЕСНОВОДНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA, GASTROPODA) ЗАПОВЕДНИКА «ВИТИМСКИЙ» (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)	11
<i>БАГИРОВ Н.Э., ЕЖОВА Е.Е., ОРЛОВА М.И.</i> НОВАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ЧУЖЕРОДНОГО ВИДА <i>RANGIA CUNEATA</i> (BIVALVIA, MASTRIDAE) В ЛУЖСКОЙ ГУБЕ ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	12
<i>БАКАЕВА Е.Н., ТАРАДАЙКО М.Н., АЛЬ-ГИЗЗИ М.А.Б</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ГИДРОБИОНТОВ.....	14
<i>БЕЛЯКОВ В.П., БАЖОРА А.И.</i> СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕР, РАСПОЛОЖЕННЫХ В РАЗНЫХ ЛАНДШАФТАХ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА	15
<i>БЕРДНИК С.В., ТОКИНОВА Р.П.</i> МЕЙОЗООБЕНТОС РОДНИКОВ КАЗАНИ И ЕЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ	16
<i>БИРЮКОВА М.Г.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ УГОДЬЕВ НИЖНЕЙ ЗОНЫ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ И ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА.....	17

<i>БИРЮКОВА М.Г.</i> ПРОБЛЕМАТИКА ВСЕЛЕНЦЕВ В ПРИКАСПИЙСКОМ РЕГИОНЕ	19
<i>ВДОВИНА О.Н., ЯНЫГИНА Л.В., БЕЗМАТЕРНЫХ Д.М.</i> ВЫСОТНЫЙ ГРАДИЕНТ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОЗЕР РУССКОГО АЛТАЯ	20
<i>ВИНАРСКИЙ М.В.</i> В.И. ЖАДИН КАК МАЛАКОЛОГ-СИСТЕМАТИК	22
<i>ВОРОШИЛОВА И.С.</i> МОЖНО ЛИ ПРИМЕНЯТЬ ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПОЛЯРНОГО УГЛА ЛОГАРИФМИЧЕСКОЙ СПИРАЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ МОЛЛЮСКОВ?	23
<i>ГАРЛОВ П.Е., РЫБАЛОВА Н.Б., НЕЧАЕВА Т.А.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНИКОЙ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОПУЛЯЦИЙ РЫБ НА ОСНОВЕ ПОЛНОСИСТЕМНОГО ЭКОЛОГО- ГИСТОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	24
<i>ГЕРАСИМОВ Ю.В., БОЛОТОВ С.Э., БОРИСЕНКО Э.С., ЦВЕТКОВ А.И.</i> ОБИЛИЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СМЕРТНОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ НА УЧАСТКЕ ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОДОГРЕТЫХ ВОД КОСТРОМСКОЙ ГРЭС	26
<i>ГОЛУБКОВ С.М.</i> ТЕОРИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОЕМОВ В.И. ЖАДИНА В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ	27
<i>ГРИДАСОВА А.Т.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КОРМОВОЙ БАЗЫ ОЗЕРА ВОЛОХНИЦА	28
<i>ДВОРЯНКИН Г.А.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЖЕМЧУЖНИЦЫ (<i>MARGARITIFERA MARGARITIFERA</i> L.) НА ТЕРРИТОРИИ ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ОНЕЖСКОЕ ПОМОРЬЕ»)	29
<i>ДЖАЯНИ Е.А.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ПО ПРОДОЛЬНОМУ ПРОФИЛЮ ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	31
<i>ДУНАЕВА Ю.А.</i> ЛИЧНАЯ БИБЛИОТЕКА АРВИДА ЛИБОРЬЕВИЧА БЕНИНГА (1890-1943) КАК ИСТОЧНИК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СВЕДЕНИЙ К БИОГРАФИИ УЧЕНОГО	32
<i>ЖИХАРЕВ В.С., ГАВРИЛКО Д.Е., КУДРИН И.А., ШУРГАНОВА Г.В.</i> СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗООПЛАНКТОНА УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЕЙ ЭСТУАРНОГО ТИПА (НА ПРИМЕРЕ КРУПНЫХ ПРИТОКОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)	33
<i>ЗОЛОТАРЕВА Т.В., ШУРГАНОВА Г.В., ЖИХАРЕВ В.С., ГАВРИЛКО Д.Е., КУДРИН И.А., КОЛЕСНИКОВ А.А., ШУРГАНОВА Е.В.</i>	

ЧИСЛЕННОСТЬ И РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧУЖЕРОДНОЙ КОЛОВРАТКИ <i>KELLICOTTIA BOSTONIENSIS</i> ROUSSELET, 1908 В ОЗЕРАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	35
ЗУЕВ И.В., АНДРУЩЕНКО П.Ю., ЯБЛОКОВ Н.О., ДЕМЕНТЬЕВ Д.В., ЗОТИНА Т.А. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОСЕДЛЫХ И МИГРИРУЮЩИХ ХАРИУСОВ В РЕКЕ ЕНИСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧЕШУИ	36
ИСАКОВА К.В. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА РЕЛИКТОВОГО РАЧКА <i>MONOPOREIA AFFINIS</i> В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	37
КАДОМЦЕВА А.С., КОМАРОВА Е.В., СТОЙКО Т.Г. МОЛЛЮСКИ ВРЕМЕННЫХ ВОДОЕМОВ В ПОЙМЕ РЕКИ СТАРАЯ СУРА (Г. ПЕНЗА)	38
КОНДАКОВ А.В., БОЛОТОВ И.Н., КОНОПЛЕВА Е.С., ВИХРЕВ И.В., АКСЕНОВА О.В., БЕСПАЛАЯ Ю.В., ГОФАРОВ М.Ю., КЛИШКО О.К., ТОМИЛОВА А.А., ВИНАРСКИЙ М.В. ИНТЕГРАТИВНАЯ ТАКСОНОМИЯ, БИОГЕОГРАФИЯ И ОХРАНА ПРЕСНОВОДНЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ (UNIONIDAE) РОССИИ.....	39
КОРОВЧИНСКИЙ Н.М. О ПРИОРИТЕТАХ В СОВРЕМЕННОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ.....	41
КРОПОТИН А.В., БЕСПАЛАЯ Ю.В., ПАЛАТОВ Д.М., ГОФАРОВ М.Ю., КОНДАКОВ А.В., ВИХРЕВ И.В., БОЛОТОВ И.Н. АССОЦИАЦИЯ ПОДЕНОК <i>SYMBIOSCLOEON</i> (ЕРМЕРОПТЕРА) И ДВУСТВОР- ЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ <i>CORBICULA</i>	42
КУШНИКОВА Л.Б. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ОСНОВНЫХ НЕРЕСТОВЫХ РЕК МАРКАКОЛЬСКОГО ЗАПОВЕДНИКА.....	42
ЛЕПСКАЯ Е.В., БОНК Т.В., ТЕПНИН О.Б., КОЛОМЕЙЦЕВ В.В. К ВОПРОСУ О МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ МАЛОЙ ГЭС НА ЗООПЛАНКТОН РЕКИ	44
ЛИТВИНЧУК Л.Ф. ЗООПЛАНКТОН ВЫСОКОГОРНЫХ ВОДОЕМОВ ВОСТОЧНОГО ПАМИРА	45
ЛИТВИНЧУК С.Н., БОРКИН Л.Я. ПОЛИПЛОИДНЫЕ ЖАБЫ (<i>BUFO</i> TES) КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ФАУНЫ ТЕРМАЛЬ- НЫХ ИСТОЧНИКОВ ПАМИРА.....	46
МАКАРЕВИЧ О.А. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛАКОФАУНЫ ОЗЕРА НАРОЧЬ В ПЕРИОД РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОЛЛЮСКА-ФИЛЬТРАТОРА <i>DREISSENA</i> <i>POLYMORPHA</i> (PALLAS, 1771).....	47
МАКСИМОВ А.А., БЕРЕЗИНА Н.А., ЛИТВИНЧУК Л.Ф., МАКСИМОВА О.Б., СМЕРНОВ В.В., ТЕРЕНТЬЕВ П.М., УСОВ Н.В., ШАРОВ А.Н. ЗИМНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОЗЕРАХ КРИВОЕ И КРУГЛОЕ (СЕВЕР-	

НАЯ КАРЕЛИЯ).....	48
<i>МАЛИНИНА Ю.А., ФИЛИНОВА Е.И.</i>	
РОЛЬ ВИДОВ-ВСЕЛЕНЦЕВ В ФОРМИРОВАНИИ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	49
<i>МАТАФОНОВ Д.В., КОЛПАКОВА Е.С., НЕРОНОВА С.Ю., СОКОЛЬНИКОВ Ю.А., СЛУ- ГИНА К.В., БАЗОВА Н.В.</i>	
ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ В СООБЩЕСТВАХ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА ПРИБРЕЖНО-СОРОВОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ ПРИ РАСШИРЕНИИ ДИАПАЗОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ.....	50
<i>МАТВЕЕНКО Е.Ю., КАЙГОРОВО И.А.</i>	
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДЕЛИМИТАЦИЯ ЭНДЕМИЧНЫХ РЫБЬИХ ПИЯВОК В ПРЕДЕЛАХ ВИДА <i>BAICALOBDELLA COTTIDARUM</i> (HIRUDINEA, PISCICOLIDAE) ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ	51
<i>МЕДВИНСКИЙ А.Б., АДАМОВИЧ Б.В., НУРИЕВА Н.И., РУСАКОВ А.В.</i>	
ПРОБЛЕМА СООТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ПОЛЕВЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ И РЕЗУЛЬТАТАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИЙ	53
<i>МОРОЗОВА Д.А., ТЮТИН А.В.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ПОСТОЯННЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ПОНТО-АЗОВСКОГО МОЛЛЮСКА <i>LITHOGLYPHUS NATICOIDES</i> (С. RFEIFFER, 1828) И СВЯЗАННЫХ С НИМ ОЧАГОВ ГЕЛЬМИНТОЗОВ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА.....	53
<i>МУХИН И.А., ЛОПИЧЕВА О.Г., ФОКИНА Е.А.</i>	
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МИКРОЭПИФИТОНА МАКРОФИТОВ СКАЛЬНОЙ ЛИТОРАЛИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА	55
<i>НАБЕЕВА Э.Г.</i>	
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЗЕРА АРХИЕРЕЙСКОЕ В ПОСЕЛКЕ ТАРЛАШИ ЛАИШЕВСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	56
<i>НАУМОВА Е.Ю., ЗАЙДЫКОВ И.Ю., КУЧЕР К.М., МАКАРОВ М.М.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПЛАНКТОННЫМИ СЕТЯМИ	57
<i>ОЛЕСКИН А.В., ПОСТНОВ А.Л.</i>	
НЕЙРОМЕДИАТОРЫ КАК ЭКОМОНЫ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ	58
<i>ПАСТУХОВА Ю.А., СТОЙКО Т.Г.</i>	
ДИНАМИКА ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ РЕКИ СУРА В 2017-2020 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕНЗА	60
<i>ПОТИХА Е.В.</i>	
ПРЕСНОВОДНАЯ МАЛАКОФАУНА СИХОТЭ-АЛИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА.....	61
<i>ПЯТКОВА Я.С., БЕЗМАТЕРНЫХ Д.М.</i>	
ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОЗЕР РАВНИННОЙ ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ.....	62

РИЖИНАШВИЛИ А.Л.

ПРОБЛЕМА БИОГЕННОГО ЛИМИТИРОВАНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ:
ОТ Э. НАУМАНА К ПЕРСПЕКТИВАМ N-P-ТЕОРИИ 63

*РУСАНОВСКАЯ О.О., КАРНАУХОВ Д.Ю., КРАЩУК Л.С., ПИСЛЕГИНА Е.В.,
ШИМАРАЕВА С.В., ЗИЛОВ Е.А.*

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА ОЗЕРА БАЙКАЛ ПО
ДАНЫМ МНОГОЛЕТНИХ (1946-2020 ГГ.) НАБЛЮДЕНИЙ 64

РЫЖАЯ А.В., СТАСЮКЕВИЧ В.В.

МОЛЛЮСКИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ (БЕЛАРУСЬ,
ГРОДНЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)..... 65

САБИТОВА Р.З., КРЫЛОВ А.В.

ЗООПЛАНКТОН ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА СЕВАН (АРМЕНИЯ) В УСЛОВИЯХ
УВЕЛИЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА РЫБ-ПЛАНКТОФАГОВ, ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ ВОДЫ
И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ 66

СЕМЕНОВА А.С.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА ПРАВДИНСКОГО ВОДО-
ХРАНИЛИЩА (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)..... 68

СЕМЕНОВА А.С., ДМИТРИЕВА О.А.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ В СИСТЕМЕ:
РЕКА ПРЕГОЛЯ — ВИСЛИНСКИЙ ЗАЛИВ — КАЛИНИНГРАДСКИЙ МОРСКОЙ
КАНАЛ (КМК) — БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ 69

СЕРБИНА Е.А.

ЧИСЛЕННОСТЬ МОЛЛЮСКОВ СЕМЕЙСТВА VITHYNIDAE В ВОДОЕМАХ И
ВОДОТОКАХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ (ЮГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)..... 70

СЕРБИНА Е.А.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ В РЕКАХ ОБЬ И КАРАСУК (ЮГ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ) 71

СИДОРОВА А.И.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНВАЗИОННОГО
ВИДА *GMELINOIDES FASCIATUS* (CRUSTACEA: AMPHIPODA) В ОНЕЖСКОМ
ОЗЕРЕ 73

СИНЕЛЬНИКОВА Е.Ф.

В.И. ЖАДИН И ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ В СССР..74

СКВОРЦОВ В.В.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРОДУКЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА МАЛЫХ ОЗЕР
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ DATA MINING И ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ
СЕТЕЙ 75

СЛЕПКОВА Н.В.

ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР И ЗАДАЧИ СОЦСТРОИТЕЛЬСТВА:
ДОСТИЖЕНИЯ И ИЗДЕРЖКИ СТАЛИНСКОГО ПЕРИОДА 76

СМИРНОВА В.С. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА КОНДОПОЖСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	77
СОКОЛОВА С.Е., БЕСПАЛАЯ Ю.В., АКСЕНОВА О.В., ЗУБРИЙ Н.А. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ФАУНЕ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ В БАССЕЙНЕ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ КОЛЫМЫ	78
СТУДЕНОВА М.А., СТУДЕНОВ И.И., ШЕРСТКОВ В.С., ФУКС Г.В. ЗООБЕНТОС УСТЬЕВОЙ ЧАСТИ РЕКИ КЕРЕТЬ	79
ТЕРЕНТЬЕВ А.С. СООБЩЕСТВО <i>MODIOLUS ADRIATICUS</i> LAMARCK, 1819 В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ	80
ТЕРЕНТЬЕВ А.С., МИХАЙЛОВ В.В., РОВНИНА О.А. ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА КИЗИЛТАШСКОГО ЛИМАНА В РАЙОНЕ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО УСТРИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА	82
ТИХОНОВА Е.П. ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ ЖАДИН В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ..	83
ТКАЧЕВА Е.В. ОТРАЖЕНИЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ ДОКТОРА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОРА ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА ЖАДИНА (1896-1974) В БАЗЕ ДАННЫХ WEB OF SCIENCE	84
ТРАВИНА О.В., БЕСПАЛАЯ Ю.В., АКСЕНОВА О.В., КРОПОТИН А.В. ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕСНОВОДНОГО МОЛЛЮСКА <i>DREISSENA</i> <i>POLYMORPHA</i> (PALLAS, 1771) В ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ.....	86
ФЕДЯЕВА Л.А. ЗООПЛАНКТОН КУЛТУЧНОЙ ЗОНЫ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ В РАЗНЫЕ ПО ВОДНОСТИ ГОДЫ.....	87
ФОМИНА Ю.Ю. ОСОБЕННОСТИ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ ВЕСЛОНОГИХ РАЧКОВ В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА.....	88
ХОЛМОГОРОВА Н.В., ОВЧАНКОВА Н.Б., МИХАЙЛОВА А.Г. ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ (BIVALVIA: UNIONIDAE, DREISSENIDAE, SPHAERIIDAE) УДМУРТИИ	89
ХРЕБТОВА М.С., СЕРЕБРЯКОВА М.К., ПРОХОРОВА Е.Е., ТОКМАКОВА А.С. ИЗМЕНЕНИЕ КЛЕТОЧНОГО СОСТАВА ГЕМОЛИМФЫ <i>VIVIPARUS VIVIPARUS</i> ПРИ ТРЕМАТОДНОЙ ИНВАЗИИ.....	90
ЧУЙКО Г.М., ТОМИЛИНА И.И., ХОЛМОГОРОВА Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В БИОДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ.....	92

<i>ШАШУЛОВСКАЯ Е.А., МОСИЯШ С.А., ДАЛЕЧИНА И.Н.</i> К ВОПРОСУ ОБ ЭВТРОФИРОВАНИИ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	93
<i>ШИХОВА Т.Г., КОЧУРОВА Т.И.</i> ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ВЯТКА.....	94
<i>ЮСУПОВ, С.Р. ТИЩЕНКО А.Ю., СНЕГИН Э.А.</i> АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ <i>LYMNAEA STAGNALIS</i> В ПОПУЛЯЦИЯХ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ МЕТОДАМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОРФОМЕТРИИ.....	96
<i>ЯНЫГИНА Л.В., ШИПУНОВ П.А.</i> СООБЩЕСТВА МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ ВОДОПАДНЫХ РЕК: ТАКСО- НОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ.....	97

Научное издание

**I Всероссийская научная конференция (с международным участием)
«Чтения памяти В.И. Жадина». К 125-летию со дня рождения.**

Тезисы докладов.

Санкт-Петербург: СПбФ ИИЕТ РАН, 2022. 106 с.

Редактор и корректор *А.Л. Рижинашвили*

Верстка *И.А. Гаврилов-Зимин*

Подписано в печать 23.03.2022. Формат 60х90 1/8. Усл.печ. л. 13,38.

Тираж 70 экз. Заказ № 22040.

Отпечатано ООО «Филигрань»,
150049, г. Ярославль, ул. Свободы, 91,
pechataet@bk.ru