

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД ИМ. И.Д. ПАПАНИНА РАН
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ГИДРОБИОЛОГИИ И ИХТИОЛОГИИ РАН
ВСЕРОССИЙСКОЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ПРИ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК**

БИОЛОГИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В XXI ВЕКЕ

**ФАКТЫ,
ГИПОТЕЗЫ,
ТЕНДЕНЦИИ**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 65-ЛЕТИЮ
ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД
ИМЕНИ И.Д. ПАПАНИНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

Борок, 2021

УДК 577.4(063)
ББК 28.082.1я4
Б63

Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции : тезисы докладов Всероссийской конференции, посвященной 65-летию Института биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук : сборник / Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, 22–26 ноября 2021 г. – Ярославль : Филигрань, 2021. – 220 с. – ISBN 978-5-6047146-2-1.

В сборнике тезисов Всероссийской конференции представлено содержание докладов, в которых отражены основные результаты исследований биологии водных экосистем.

Сборник рассчитан на экологов, гидробиологов, ихтиологов, специалистов в области охраны природы.

Редакционная коллегия:

кандидат биологических наук *В.В. Павлова*
кандидат биологических наук *С.М. Жданова*
кандидат биологических наук *Е.Г. Пряничникова*
кандидат биологических наук *А.С. Сажнев*
младший научный сотрудник ИБВВ РАН *Р.А. Ложкина*
доктор биологических наук, проф. *А.В. Крылов*

УДК 577.4(063)
ББК 28.082.1я4

ISBN 978-5-6047146-2-1

©Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, макет, оформление, верстка, 2021.

© Коллектив авторов, текст, 2021.

КОНФЕРЕНЦИЮ ГОТОВИЛИ

Организационный комитет

Председатель *Ю.Ю. Дгебуадзе*, академик РАН, профессор, д.б.н., ИПЭЭ РАН

Зам. председателя *Ю.В. Герасимов*, д.б.н., профессор, ИБВВ РАН

Д. С. Павлов, академик РАН, профессор, д.б.н., ИПЭЭ РАН

С.М. Голубков, чл.-корр. РАН, д.б.н., ЗИН РАН, президент ГБО РАН

И.Н. Болотов, чл.-корр. РАН, д.б.н., ФИЦКИА УрО РАН

А.А. Протасов, д.б.н., Институт гидробиологии НАН Украины

Н.Н. Немова, чл.-корр. РАН, профессор, д.б.н., КарНЦ РАН

В.В. Холодов, заместитель Председателя Правительства Ярославской области

Ю.А. Мазей, д.б.н., профессор, МГУ им. М.В. Ломоносова

Т.Д. Зинченко, д.б.н., профессор, ИЭВБ РАН

М.И. Гладышев, чл.-корр. РАН, д.б.н., профессор, СФУ

Д.В. Тихоненков, д.б.н., ИБВВ РАН, ТюмГУ

С.А. Поддубный, д.г.н., ИБВВ РАН

Программный комитет

Председатель *В.Т. Комов*, д.б.н., профессор, ИБВВ РАН

Зам. председателя *В.И. Лазарева*, д.б.н., ИБВВ РАН

Б.К. Габриэлян, д.б.н., профессор, Научный центр Зоологии и гидроэкологии НАН Армении

А.А. Котов, чл.-корр. РАН, д.б.н., ИПЭЭ РАН

В.П. Семенченко, д.б.н., чл.-корр. НАН Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам

А.В. Толстиков, к.б.н., ТюмГУ

Г.В. Шурганова, д.б.н., профессор, ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Г.И. Извекова, д.б.н., ИБВВ РАН

В.В. Крылов, д.б.н., ИБВВ РАН

Л.Г. Корнева, д.б.н., ИБВВ РАН

А.А. Бобров, к.б.н., ИБВВ РАН

Б.А. Лёвин, к.б.н., ИБВВ РАН

Д.А. Филиппов, к.б.н., ИБВВ РАН, ТюмГУ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вся история гидробиологии свидетельствует о ее ведущей роли в постановке и решении самых актуальных фундаментальных и прикладных вопросов большого круга естественных наук. В настоящее время изучение биологии водных экосистем определяет не только развитие передовых научных направлений, но также играет ведущую роль в поиске подходов к решению ряда архиважных социальных и экономических проблем человечества. Все это ставит задачи знакомства с имеющимися фактами и гипотезами, полученными большой армией исследователей, а также определением магистральных направлений дальнейших работ.

В настоящее время мы не испытываем информационного голода, в большом количестве журналов публикуется огромное количество статей, выходят монографии и сборники научных работ. Однако ничто не сможет заменить живого общения коллег, представления данных в форме доклада, диалога и обсуждения в рамках совместных заседаний. Недаром латинское слово “*symposium*” происходит от древне-грече-

ского “*συμπόσιον*” – “пиршество” – совещание, научная конференция по какому-либо научному вопросу. И мы надеемся, что знакомство с тезисами докладов, представленными в данном сборнике, позволит превратить общение на конференции в настоящее пиршество, основой которого будут достижения, идеи и планы, а также рождение новых творческих коллективов из представителей разных регионов и стран. А для тех, кто не сможет принять участие в работе конференции, произойдет знакомство с исследователями, работы которых можно будет прицельно искать в бескрайнем море информации.

Мы благодарим всех, кто откликнулся и прислал квинтэссенцию ряда своих исследовательских работ в виде тезисов. Собрание таких результатов и таких исследователей – лучший подарок к 65-летию Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, которое мы отмечаем в 2021 году.

А. Крылов

СЕМЕЙСТВО СОЛЕЕВЫЕ SOLEIDAE В ДЕЛЬТЕ РЕКИ МЕКОНГ (ВЬЕТНАМ)

Э. Р. Аблязов¹, Е. П. Карпова¹, И. И. Чеснокова¹, С. В. Куршаков¹, Е. Е. Слынько¹,
Ку Нгуен Динь², Чионг Ба Хай²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия, e_ablyazov@mail.ru

²Южное отделение Совместного российско-вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра Института проблем экологии и эволюции РАН, Хошимин, Вьетнам

Рыбы семейства солеевые (Soleidae) населяют мелководные районы тропических и умеренных морей всего земного шара. Это донные морские, солоноватоводные и реже пресноводные гидробионты. Информации об их видовом составе и распространении в дельте р. Меконг (Вьетнам) мало.

В дельте Меконга отмечено 5 видов этого семейства: *Achiroides melanorhynchus* (Bleeker, 1950), *Typhlachirus elongatus* Pellegrin & Chevey, 1940, *Brachirus harmandi* (Sauvage, 1878), *Brachirus panoides* (Bleeker, 1851) и *Synaptura commersonnii* (Lacépède, 1802).

A. melanorhynchus был крайне малочислен. За двухлетний период наблюдений он фиксировался 7 раз, было выловлено 11 экз. Глубины поймок колебались от 4.0 до 11.0 м. Соленость составляла от 0.05 до 0.98‰. Содержание растворенного в воде кислорода было менее 5 мг/л.

T. elongatus облавливался в небольших количествах (до 21 экз.) на всей акватории дельты. Выловлено 186 рыб. Соленость в местах поймок колебалась от 0.05 до 21.00‰, что говорит о толерантности вида к осолонению. Глубины варьировали от 2.3 до 41.3 м, а содержание кислорода 3.1–6.8 мг/л.

B. harmandi также малочисленный вид. За весь период обловлено 23 экземпляра. Практически все рыбы были пойманы при значениях солености от 0.05 до 0.81‰ в средней части дельты. Только две особи отмечены в приморской части при солености 21‰.

B. panoides, исходя из наших наблюдений, наиболее многочисленный представитель семейства Soleidae в дельте р. Меконг. Было выловлено 437 экземпляров. Единоразово подалось от 1 до 40 экземпляров. Глубины, на которых он ловился, колебались в широких пределах – от 1.7 до 41.0 метра. Соленость изменялась от 0.05 до 1.51‰. Содержание растворённого в воде кислорода было 3.3–7.0 мг/л. Многократно встречался на прилавках рыбных рынков на юге Вьетнама.

Доля представителей семейства в уловах донных тралов колебалась от 0.09 до 42.31% по численности и от 0.01 до 26.15% по массе. Из пяти отмеченных видов два (*B. panoides* и *A. melanorhynchus*) являлись преимущественно пресноводными и в основном держались в водах с соленостью не более 1.51‰. Один вид являлся эвригалинным (*T. elongatus*) и был наиболее широко распространен в дельте. Еще один (*S. commersonnii*) встретился единично в протоках эстуарного экотона на границе с устьевым взморьем. Небольшое количество поймок *B. harmandi* не позволяет делать выводы о его экологических предпочтениях. Из всего семейства лишь *B. panoides* благодаря относительно крупным размерам имеет хозяйственное значение и употребляется в пищу.

Исследования выполнены по теме «Эколан Э-3.4 «Экосистема реки Меконг в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия» и частично в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов мирового океана» (№ гос. регистрации 121030100028-0).

ОЦЕНКА ГЕНОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ГЛУБИННЫХ ВОД ОЗ. СЕВАН (АРМЕНИЯ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЬНОГО ТЕСТ-ОБЪЕКТА

Э. А. Агаджанян, Р. Э. Авалян, А. Л. Атоянц, Р. М. Арутюнян

ЕГУ, НИИ «Биология», 0025, ул. Чаренца, 8, Ереван, Армения, re_avalayan@mail.ru,
genetic@ysu.am

В настоящее время в связи с проблемой рационального использования пресноводных ресурсов актуальным является не только выявление химических загрязнителей и систематический контроль за их содержанием в водной среде, но и экотоксикологическая оценка их состояния с привлечением чувствительных тест систем.

Озеро Севан – крупнейший высокогорный пресноводный водоем Южного Кавказа, который является не только хранилищем запасов пресной воды, но и – объектом культурного наследия и туризма Армении. За последнее время в республике были проведены комплексные исследования для оценки экологического состояния оз. Севан, показавшие необходимость постоянного мониторинга качества воды и состояния окружающей среды в прибрежных зонах его бассейна. В связи с этим применение чувствительных тест систем для биотестирования качества воды озера является практической необходимостью и целесообразностью.

Среди растительных тест-объектов особо выделяется клон 02 *Традесканции*, использование растений которого позволяет оценить индукцию мутаций под воздействием достаточно низких концентраций ксенобиотиков в водной среде не только на соматические клетки волосков тычиночных нитей (биотест Трад-ВТН – генотоксические эффекты), но и на спорогенные клетки в период микроспорогенеза (микроядерный биотест Трад-МЯ – кластогенные эффекты).

Целью настоящего исследования являлось биотестирование уровня генотоксичности глубинных вод из точек водозабора (7) бассейна оз. Севан с применением биотеста Трад-ВТН модельной тест системы *Традесканции* (клон 02). Ранее нами было проведено изучение кластогенной активности изученных водных образцов с применением биотеста Трад-МЯ.

По данным биотеста волосков тычиночных нитей (Трад-ВТН) показано достоверное повышение уровня розовых мутационных событий (рецессивные мутации – РМС), бесцветных мутационных событий (БМС), а также – невыживших волосков (НВ) во всех изученных водных пробах по сравнению с условно фоновым вариантом. Максимальное проявление уровня рецессивных мутаций (РМС) наблюдалось в образце Гилли, превысившее контрольный уровень в 5 раз. Высокий уровень БМС и НВ зафиксирован в образце Цапатах, где значения изученных параметров были выше контроля в 5.5 и 11.5 раз соответственно.

При проведении корреляционного анализа между уровнем соматических мутаций и концентрациями химических компонентов в водных образцах показана достоверная положительная корреляция между уровнем РМС и химическими элементами – Ni, Mo, Fe, Ca, Mg, K, Na ($p < 0.001$); уровнем БМС и концентрацией Cd, Mo, Fe, Ca, Mg, K, Na ($p < 0.001$), а также – между значениями НВ и концентрацией Cd, Co ($p < 0.001$), и – Pb и Al ($p < 0.001$) в изученных водных образцах.

На основании проведенных нами исследований при биотестировании уровня генотоксичности глубинных вод оз. Севан, показана адекватная реакция тест системы волосков тычиночных нитей (Трад-ВТН) клона 02 *традесканции*, что позволяет использовать данный тест, наряду с тест системой Трад-МЯ, в целях биоиндикации степени техногенной нагрузки в пресноводных гидросистемах.

СЕЗОННАЯ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОЗЕРАХ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА

Б. В. Адамович¹, Т. М. Михеева¹, Т. В. Жукова¹, Р. З. Ковалевская¹, А. Б. Медвинский¹,
А. В. Русаков², И. Н. Селивончик¹

¹Белорусский государственный университет, 220030, пр. Независимости, 4, Минск, Республика Беларусь, belaqualab@gmail.com

²Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, 142290, ул. Институтская, 3, Пущино, Московская обл., Россия, medvinsky@iteb.ru

Современный трофический статус каждого конкретного водоема определяет исторически сложившаяся совокупность географических и экологических факторов (таких, как характер донных отложений, морфометрия озерной котловины, гидрохимический режим, структура и биогенная нагрузка на водосборную территорию) (Dodds, Cole, 2007; Karatayev et al., 2000). Измерение трофического статуса вытекает из концепции Наумана об уровне продуктивности водной экосистемы (Nauman, 1927). Необходимость количественного выражения трофности нашло отражение в развитии и активном использовании индексов трофического состояния (Carlson, 1977; Kratzer, Brezonik, 1981; Adamovich et al., 2016). Большая вариабельность показателей биологических сообществ не всегда позволяет делать аргументированные выводы на основании данных, полученных на одном объекте в течение одного-двух лет. Несомненным преимуществом обладают длинные ряды мониторинговых наблюдений, нивелирующие экстремумы, вызванные как методическими проблемами при отборе и определении проб (кратность отбора и пространственное распределение), так и сезонными факторами.

Основными модельными водоемами в рамках данного исследования была система Нарочанских озер. Озера Баторино, Мястро и Нарочь, послужившие полигоном исследований, расположены на северо-западе Беларуси, принадлежат бассейну р. Неман и представляют собой систему из трех полимиктических водоемов, имеющих общую водосборную территорию и соединенных между собой протоками. Трофность озер снижается в ряду Баторино – Мястро – Нарочь (Adamovich et al., 2016).

Анализ многолетней динамики биогенных элементов, хлорофилла, взвешенного вещества, а также уровня развития основных биологических сообществ позволил выявить факторы, определившие длительную реакцию экосистем разных по трофности озер (Остапеня и др., 2012; Adamovich et al., 2015; Zhukova et al., 2017). Так, если период эвтрофирования был вызван усилением антропогенного влияния, изменения, произошедшие в последующие периоды, в наибольшей степени были связаны с двумя факторами – снижением примерно на 30 % внешней биогенной нагрузки на экосистему озер в результате реализации государственной программы экологического оздоровления в середине 1980-х гг., и вселением в конце 1980-х гг. в озера мощнейшего фильтрата – моллюска *Dreissena polymorpha* Pallas. Многолетние наблюдения также позволили выявить некоторые отличия в реакции экосистем трех озер на эти факторы, а также позволил отделить влияние вселения дрейссены от снижения биогенной нагрузки с водосбора (Adamovich et al., 2015; Zhukova et al., 2017).

Анализ сезонной динамики ряда показателей по данным многолетних наблюдений показал, что динамика общего фосфора и хлорофилла-а имеет существенные различия в трех модельных озерах, в то время как динамика бактериопланктона очень схожа (Adamovich et al., 2019). Колебания численности бактериопланктона синхронизированы по фазе с изменениями температуры (Medvinsky et al., 2017). Т.е. температура выступает основным фактором, определяющим динамику бактериопланктона в течение сезона, в отличие от фито- и зоопланктона.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ФИТОПЛАНКТОННЫХ КОМПЛЕКСОВ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

А. В. Анисимова¹, Л. Г. Корнева², Л. В. Разумовский¹

¹*Институт водных проблем Российской академии наук, Москва, Россия,
alexandra.kokoreva@gmail.com*

²*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова Российской академии наук,
п. Борок, Ярославская обл., Россия*

Исследования проводились в рамках новой концепции комплексного мониторинга, который включает анализ фитопланктонных комплексов при их сезонной трансформации. В работе был применен метод графического анализа таксономических пропорций (МГА).

Структуру первичного материала составили интегральные пробы фитопланктона, отобранные в 6 пунктах ежегодного мониторинга (Коприно, Молога, Брейтово, Наволок, Средний Двор и Измайлово), на протяжении всего сезона вегетационной активности.

МГА состоит в следующем: при построении графиков по оси абсцисс откладывается число идентифицированных таксонов, а по оси ординат – их относительная численность. Таксоны ранжируются по показателю относительной численности в сторону его уменьшения. Анализ полученных графиков (гистограмм) проводится в линейной и логарифмической системе координат. В логарифмической системе координат анализируются не сами графики, а их тренды, представленные результирующими прямыми линиями.

В пункте Коприно большинство результирующих линий образовали единую генерацию из параллельно-расположенных линий. Это свидетельствует об изменении самой среды обитания фитопланктонных комплексов, которая структурирует таксономические пропорции по третьему сценарию их трансформации.

В пункте Молога, генерация результирующих линий формируется на протяжении всего сезона вегетационной активности по первому сценарию трансформации, с образованием единого, достаточно выраженного, центра локализации. Исключение составляет августовский фитопланктонный комплекс с выраженной стадией начальной деградации таксономических пропорций.

В пункте Брейтово на начальной стадии трансформация таксономической структуры разворачивается по второму сценарию: веерообразный разворот результирующих линий, что характерно для водоемов со «сложной» трофо-метаболической структурой. Это характерно для майских и июньских комплексов. Однако вторая часть сезона вегетационной активности (с августа по октябрь) проходит по «упрощенной» схеме, более характерной для прибрежных фитопланктонных комплексов.

В пункте Наволок наблюдаются два сценария трансформации результирующих линий: первый и третий. Первый сценарий трансформации с выраженным центром локализации результирующих линий характерен для первой части сезона вегетационной активности: май-июль и сентябрь.

В пункте Измайлово наблюдается сходный сценарий трансформации таксономической структуры фитопланктонных комплексов во времени: с мая по июль построенные результирующие линии образуют генерацию с выраженным центром локализации (первый сценарий), а в августе и октябре результирующие линии располагаются параллельно (третий сценарий).

В пункте Средний Двор наблюдаются два сценария трансформации результирующих линий с единым центром локализации (первый и второй сценарий). Для первого сезона вегетационной активности характерен более сложный (второй) сценарий трансформации.

Применение МГА для фитопланктонных комплексов позволило констатировать высокий уровень вариативности сценариев трансформации их таксономической структуры.

Работа выполнена в рамках Гос. задания ИВП РАН тема № 0147-2019-0004 и Гранта РФФИ № 17-05-00673. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

РАЗНООБРАЗИЕ И ДИНАМИКА РЫБНЫХ СООБЩЕСТВ В БАССЕЙНАХ ГОРНЫХ ПРИТОКОВ АМУРА

А. Л. Антонов

Институт водных и экологических проблем ХФИЦ ДВО РАН, 680000, ул. Дикопольцева, 56, Хабаровск, Россия, antonov@ivep.as.khb.ru

В бассейне Амура преобладает горный рельеф (Никольская, 1972), в связи с чем, большинство его притоков имеют горный и полугорный характер. Видовое разнообразие рыб в бассейнах этих рек выявлено достаточно полно и насчитывает более 35 видов, однако цено-тическое разнообразие и его динамика исследованы лишь в общих чертах (Антонов, 2012, 2018). В настоящем сообщении представлены данные о рыбных сообществах, собранные автором с 1975 по 2020 гг. в бассейнах горных притоков р. Амур в семи географических районах: «Онон» (бассейны рр. Букукун, Агуца, Нижний Джермолтай); «Верхняя Зeya» (рр. Ток и Малый Онон); «Верхняя Буряя» (рр. Левая Буряя и Правая Буряя и др.); «Верхняя Амгунь» (рр. Мерек, Керби, Нилан, Нимелен); «Нижняя Амгунь» (рр. Им и Сомня); «Хинган» (рр. Помпеевка, Каменушка, Маньчжурка); «Нижний Амур и Усури» (рр. Бикин, Хор, Анюй, Гур, Яй и др.), а также полученные путем анализа публикаций.

Для летнего периода выделено 7 основных типов сообществ: **А) речных:** 1) верховий рек, 2) «средних частей», 3) низовий, 4) малых горных притоков первого порядка равнинных рек) и **Б) озёрных:** 5) горных озёр, 6) пойменных озёр, 7) внепойменных озёр. Тип 1 в целом в бассейне включает 12 видов: *Brachymystax tumensis*, *Cottus szanaga*, *Barbatula toni*, *Hucho taimen*, *Thymallus grubei*, *T. baicalolenensis*, *T. tugarinae*, *T. burejensis*, *T. flavomaculatus*, *Salvelinus curilus*, *Rhynchocypris lagowskii*, *R. czekanowskii*. Из них первые четыре встречаются во всех районах. Число видов по районам 5-9 и зависит от географического положения района. Специфика видового состава обусловлена, в основном, обитанием-отсутствием разных видов хариусов, мальмы и в некоторых случаях – голянов Лаговского и Чекановского. В популяциях всех видов низка доля молоди, преобладают половозрелые особи (таймень представлен молодью). Выражена сезонность в составе – почти все виды зимуют на более нижних участках. Во втором типе 15 видов (по районам 9–12); к указанным для первого типа (исключая южную мальму, байкалоленского и желтопятнистого хариусов) добавляются *Brachymystax lenok*, *Phoxinus phoxinus*, *Lota lota*, *Oncorhynchus keta*, *O. masou*, *O. gorbuscha*. Число видов в районе зависит от присутствия-отсутствия трех видов хариусов (амурский, нижеамурский и бурейский) и лососей рода *Oncorhynchus*. В составе популяций у большинства видов, исключая лососей, представлены все возрастные группы; преобладает молодь. Состав сообщества изменяется в связи с сезонными миграциями. В третьем типе 25 видов; по районам 17–21. Кроме видов, указанных для второго типа (исключая *Thymallus burejensis*), встречаются еще 11: *Leuciscus waleckii*, *Pseudaspius leptcephalus*, *Ladislavia taczanowskii*, *Gobio cynocephalus*, *Rhodeus sericeus*, *Esox reichertii*, *Rhynchocypris oxycephalus*, *Coregonus ussuriensis*, *C. chadary*, *Mesocottus haitej*, *Pungitius sinensis*; на зиму почти все они уходят вниз; молодь у большинства этих видов здесь не обнаружена. У группы видов, характерных для типа 2, преобладает молодь. В четвертом типе всего 19 видов (4–12), сюда входят, исключая бурейского хариуса и налима, все виды из второго типа, а также *Leuciscus waleckii*, *Gobio cynocephalus*, *Rhynchocypris oxycephalus*, *Mesocottus haitej* и в притоках низовий Амура *Salvelinus curilus*, а в малых реках Амурского лимана *Salvelinus leucomaenis*.

В сообществах пойменных озёр отмечено 9 видов (по районам 1–8): *Rhynchocypris lagowskii*, *R. czekanowskii*, *R. percunurus*, *Esox reichertii*, *Carassius gibelio*, *Rhodeus sericeus*, *Misgurnus mohoity*, *Cobitis melanoleuca*, *Perccottus glenii*. Во внепойменных озёрах обнаружено всего 4 вида (1–4 по районам): *Rhynchocypris percunurus*, *Carassius gibelio*, *Misgurnus mohoity*, *Perccottus glenii*. Сообщества горных озёр включают 6 видов (по районам 2–4) *Brachymystax tumensis*, *Barbatula toni*, *Rhynchocypris lagowskii*, *R. czekanowskii*, *Thymallus baicalolenensis*, *Cottus szanaga*.

НАСЕЛЕНИЕ РЫБ МАЛЫХ РЕК КРАЙНЕГО ВОСТОКА ЕВРОПЫ В ГРАДИЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

О. В. Аськеев, С. П. Монахов, А. О. Аськеев, И. В. Аськеев

Институт проблем экологии и недропользования Академии Наук Республики Татарстан, 420087, ул. Даурская 28, Казань, Республика Татарстан, Россия, parus.cyanus@rambler.ru

Малые реки в Российской Федерации, являясь самыми многочисленными водными объектами и внося огромный вклад в формирование биологического разнообразия, остаются малоизученными в ихтиологическом плане. Малые реки служат основным резерватом для сохранения многих редких и исчезающих видов животных, в том числе и рыб. В современную эпоху на ихтиофауну малых рек негативно воздействует целый ряд факторов: от различного рода антропогенной деятельности до потепления климата, которое может оказать пагубное влияние на рыб. Климат на территории Республики Татарстан за последние 30 лет серьезно изменился в сторону потепления. Если данные тенденции продолжатся, то многие бореальные по своему происхождению виды могут столкнуться с проблемами выживания. Поэтому малые реки и ихтиофауна в них нуждается в особенно тщательном мониторинге и охране. Но рациональная охрана рыб может быть удовлетворительно осуществлена только при использовании в анализе всех задействованных факторов среды.

Республика Татарстан находится на крайнем востоке Европейского субконтинента, на месте слияния четырех крупнейших рек Европы: Волги, Камы, Белой и Вятки. Всего на территории Республики Татарстан было исследовано 316 участков малых рек. Сбор ихтиологического материала проводился ежегодно на реках в период с мая по сентябрь, в течение 10 лет (2011–2020 гг.). Отлов осуществлялся при помощи крупноячеистой мальковой волокуши-бредня и рыболовными сачками. Для каждого участка реки было вычислено: видовое богатство, общая численность рыб, присутствие или отсутствие каждого вида и индекс биологического разнообразия Шеннона – H' . Следующие 9 факторов окружающей среды были выбраны в качестве основных переменных, влияющих на частоту встречаемости и численность рыб в водотоках Республики Татарстан: высота над уровнем моря, ширина реки, средняя глубина, скорость течения водотока, степень заселенности берегов, преобладающий субстрат дна, вид хозяйственной деятельности человека, географическая широта и географическая долгота. Для выявления и визуализации связей между населением рыб и факторами окружающей среды использовался метод ординации – «Canonical Correspondence Analysis» (CCA). Всего на малых реках Республики Татарстан было отловлено 40 видов рыб. Но только два из них (усатый голец и обыкновенный пескарь) были отмечены в более, чем в 50% участков. Наиболее многочисленными видами рыб были: речной голянь, усатый голец, обыкновенный пескарь, уклейка, голавль, плотва, обыкновенный елец, верховка, сибирская щиповка, обыкновенная быстрянка, белоперый пескарь и окунь; вместе их доля составила более 95% от всех пойманных особей. Видовое богатство на участках изменялось от 1 до 23 видов (в среднем 5.5 ± 0.2). Число рыб на участках изменялось от 1 до 1133 особей (в среднем 126.6 ± 8.5). Индекс Шеннона на исследованных участках изменялся от 0 до 2.441 (в среднем 1.05 ± 0.03). Анализ CCA показал, что основными факторами, влияющими на распределение видов рыб, были: высота над уровнем моря, ширина и глубина реки. Мы видим существенную дифференциацию в предпочтениях у разных видов рыб. Типично реофильные виды рыб, такие как ручьевая форель, хариус, речной голянь, подкаменщик и усатый голец, были преимущественно связаны с большими высотами и малыми по размеру реками, в то время как потамальные виды такие, как ерш, окунь, красноперка, щука, волжский подуст, белоперый пескарь, лещ, густера, быстрянка, жерех и язь были связаны с широкими и глубокими реками, расположенными на небольшой высоте над уровнем моря. Кроме того показано, что и другие факторы окружающей среды могут влиять на вероятность обнаружения. Так, например, серебряный карась предпочитал участки рек с высокой антропогенной нагрузкой, в то время как подкаменщик, ручьевая форель и хариус избегали участки рек с сильным антропогенным прессом.

МЕТОДОЛОГИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОЛЕТНИХ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ЭСТУАРНЫХ ВОДОЕМОВ С ПЕРЕМЕННЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ

Д. Ф. Афанасьев, С. Н. Кульба, Л.А. Живоглядова, С. В. Бондарев, Д. В. Хренкин,
Н. С. Елфимова, Е. В. Иванченко

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), 344002, ул. Береговая 21в,
Ростов-на-Дону, Россия, dafanas@mail.ru

Изучение закономерностей формирования и анализа причин, лежащих в основе многолетней динамики сообществ планктона и бентоса в водоемах с переменным гидрологическим режимом сопряжено с большим количеством методических трудностей. В настоящем докладе нами рассматривается методология статистической обработки многолетних гидробиологических данных на примере эстуарного по своей сути водоема – Азовского моря. В основу анализа положены наблюдения за составом и количественными показателями развития фитопланктона, зоопланктона и зообентоса, проводимые весной, летом и осенью по стандартной сетке станций в Азовском море и Таганрогском заливе с 1970 г. В настоящее время, база данных наблюдений содержит более 15 тыс. наблюдений (станций). При этом, Азовское море за это время прошло через несколько периодов опреснения и осолонения, вызывавших существенные сдвиги в распределении сообществ, средняя температура воды повысилась, увеличилась биогенная нагрузка, в море вселились несколько видов животных (гребневики *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata*, копеподы *Acartia tonsa* и *Oithona davisae*, полихета *Marenzelleria neglecta*, моллюск *Anadara kagoshimensis* и др.), значительно изменивших структуру сообществ, а также направленность и интенсивность потоков вещества и энергии в экосистеме, были почти полностью сведены к нулю большие запасы осетровых рыб. Для оценки перспектив развития кормовой базы рыб и рыболовства, необходимо адекватно оценить влияние каждого фактора в историю развития сообществ. Однако, сделать это при определяющем влиянии изменения солености крайне затруднительно. Для решения этой проблемы нами была применена следующая схема обработки данных. На первом этапе все сообщества были разделены на несколько групп в зависимости от отношения к солености и происхождения (морские сообщества, сообщества солоноватоводных организмов, пресноводные сообщества, сообщества понто-каспийских реликтов). Далее, динамика каждой из этих групп сообществ исследовалась отдельно. Паттерны сходства станций выделяли на основании кластерного анализа или использовали метод многомерного шкалирования (MDS). Ординация была выполнена на основании данных по биомассе видов (данные не трансформированы), либо по присутствию/отсутствию видов. При создании матрицы сходства использовали индекс Брей–Кертиса. Привязка выделенных сообществ к их положению в водоеме осуществлялась соотношением номеров станций, входящих в то или иное сообщество, со схемой отбора проб. Для оценки достоверности выделения групп на MDS-диаграмме использовали однофакторный анализ сходства (ANOSIM). Нетрансформированные данные по биомассе подвергнуты анализу SIMPER для оценки вклада биомассы (или численности) каждого вида в каждую из выделенных групп. После выявления пространственной динамики сообществ и исследования динамики их ареалов, исследовали многолетнюю динамику биомассы каждого отдельного сообщества. Для этого, данные по количественным показателям развития по станциям в пределах отдельного сообщества нормализовали преобразованием Бокса-Кокса, для преобразованных данных рассчитывали среднее и доверительный интервал, после чего проводили обратную трансформацию. Таким образом, получали многолетние ряды данных по отдельным сообществам, которые уже «свободны» от определяющего влияния солености, и которые можно анализировать дальше традиционными методами статистического анализа.

ЕВРОПЕЙСКИЕ МОЛЛЮСКИ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ – ИНВАЗИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ ИЛИ ВОССТАНОВЛЕНИЕ УТРАЧЕННЫХ АРЕАЛОВ?

Е. С. Бабушкин^{1, 2, 3}, М. В. Винарский^{2, 3}, Т. А. Шарапова², А. А. Герасимова²,
А. Г. Герасимов⁴

¹Сургутский государственный университет, 628403, пр. Ленина, 1, Сургут, Россия, babushkines@gmail.com

²Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 625026, ул. Малыгина, 86, Тюмень, Россия

³Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, Россия

⁴Тюменский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («Госрыбцентр»), 625026, ул. Одесская, 33, Тюмень, Россия

В Тюменской области множество водоемов и водотоков, по ее территории протекают крупные трансграничные реки – Иртыш, Ишим, Тобол, несущие свои воды из Казахстана и Китая. Тобол принимает уральские притоки, связывающие Обь-Иртышский бассейн с Волжско-Камским. Однако система мониторинга биоразнообразия гидроэкосистем в регионе отсутствует, что ведет к недооценке влияния хозяйственной деятельности и распространения чужеродных видов. Моллюски-вселенцы, способные к обитанию в водоемах и водотоках с естественным термическим режимом, заслуживают специального изучения, поскольку существенно влияют на потоки вещества и энергии в экосистемах. В течение последних десятилетий в водных объектах Тюменской области отмечены двустворчатые моллюски рода *Unio* и брюхоногие *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758), естественные ареалы которых расположены в западной Палеарктике и ограничены с востока Уральскими горами.

Мы попытались проследить историю проникновения этих видов в регион и выяснить современное распространение вселенцев. Были изучены малакологические коллекции Зоологического музея Института биологии Тюменского госуниверситета (Тюмень), Музея Института экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург) и Зоологического института РАН (Санкт-Петербург). Проведены собственные сборы вселенцев в водных объектах Тюменской области, использованы литературные данные.

В результате исследований в водоемах и водотоках с естественным термическим режимом обнаружены два вида моллюсков-вселенцев: обыкновенная перловица *U. pictorum* (Linnaeus, 1758) и речная живородка *V. viviparus*. Наиболее ранние находки этих видов в регионе известны с начала XXI в. Особенно многочисленны популяции вселенцев в западных районах, в окрестностях Тюмени, однако отмечены они и у восточных границ. Кроме того, еще два вида перловиц обнаружены в бассейне р. Тобол в пределах Свердловской и Челябинской областей – *U. crassus* Retzius, 1788 и *U. tumidus* Retzius, 1788 соответственно. Вероятно, в обозримом будущем следует ожидать их появление в Тюменской области. Речная живородка пока не была найдена западнее Тюмени, все известные находки в пределах региона связаны с крупными реками. Вид непреднамеренно был вселен в Новосибирское водохранилище на Оби и каскад водохранилищ верхнего Иртыша в Казахстане.

Влияние перечисленных вселенцев на гидроэкосистемы региона требует дальнейшего изучения. Однако от однозначно негативной оценки, на наш взгляд, стоит воздержаться. Перловицы и живородки населяли водоемы и водотоки Западной Сибири до четвертичных оледенений (Старобогатов, 1970). Вероятно, в наше время экологические ниши видов оказались свободны и процесс их вселения можно рассматривать как восстановление некогда утраченных ареалов, не представляющее серьезной угрозы благополучию нативных сообществ и экосистем.

Финансовая поддержка исследований получена от РФФИ и Тюменской области, проект № 20-44-720008, а также Департамента образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООБЕНТОСА МАЛЫХ РЕК РЕГИОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ПРИ РАЗЛИЧНОМ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

А. И. Бажора¹, В. П. Беляков²

¹Институт озераведения СПб НИЦ РАН, ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, bazhora_spb@mail.ru

²Кафедра зоологии РГПУ им. А.И. Герцена, наб. р. Мойки, 48, Санкт-Петербург, Россия, victor_beliakov@mail.ru

Исследования зообентоса проводились в весенний, летний и осенний периоды в 4 реках, значительная часть бассейнов которых приходится на городские территории Санкт-Петербурга (Охта, Дудергофка, Сторожиловка, Каменка) в 2012–14 гг. и в 3 реках, расположенных в регионе на водосборе оз. Ладожское вне городских территорий (Авлога, Морье и Вьюн) в 2019–20 гг.

Все исследованные реки испытывают антропогенную нагрузку в разной степени, при этом максимальные нагрузки характерны для рек городских территорий, для которых характерно повышенное содержание загрязняющих веществ, в частности, концентрации нефтепродуктов в их водах выше на порядок. В целом изменение гидрохимического режима рек от истоков к устью характеризуется увеличением содержания органических веществ, за исключением рек, вытекающих из озер, где более высокие концентрации в истоке.

Тем не менее, классическая картина изменения структуры сообщества зообентоса от верховьев рек к устью в большей степени наблюдается на водотоках Приладожья, а на городских территориях часто нарушается. Это связано с постоянным и часто диффузным поступлением загрязнений на большей части течения рек. Поступление токсических компонентов приводит к снижению продукции и деструкции зообентоса в городских водотоках, т.е. снижению его участия в самоочищении водоема. Несоответствие между показателями видового разнообразия (индекс Шеннона) и изменением количества энергии, рассеиваемой биоценозом для поддержания его стабильности (P/R), которое особенно заметно на загрязненных створах, явно свидетельствует о сбое механизма трансформации энергии в сообществе, что связано с поступлением токсичных веществ. Устья этих рек демонстрируют почти полную деградацию донных ценозов, как в количественном, так и качественном отношении, что является результатом аккумуляции действия всех выше поступивших в реку загрязнителей. В наибольшей степени это проявилось для рек Охта и Сторожиловка.

Для систем рек Авлога, Морье и Вьюн количественное развитие зообентоса на отдельных участках достигает значительных величин, но участие сообществ зообентоса в самоочищении ограничивается в силу наличия гуминовых вод. Роль биостока из озер частично сказывается на качестве воды рек, в большей степени на р. Морье, в меньшей степени – р. Вьюн (где в верховье работает мощный фильтр из популяций двустворчатых моллюсков). Участия же в трансформации трудно окисляемых форм органических веществ зообентос практически не принимает. Но даже небольшие негативные изменения состояния водной среды в результате антропогенных воздействий приводят к угнетению сообщества и снижению его роли, хотя не столь значительно, как в городских реках.

Изменение гидрологического и связанные с ним перестройки гидрохимического режима рек в течение годового цикла приводят к заметным различиям структурно-функциональных характеристик зообентоса в разные периоды сезона. В условиях весеннего паводка характеристики зообентоса в разных реках демонстрируют больше сходства, чем летом и осенью.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме № 0154-2019-0001 «Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоемов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов».

О ФУНКЦИОНИРОВАНИИ МИКРОБИАЛЬНОЙ «ПЕТЛИ» В ПЛАНКТОННОМ СООБЩЕСТВЕ ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА АЗАБАЧЬЕ

Л. А. Базаркина

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Набережная, 18, Петропавловск-Камчатский, Россия, bazarkina.l.a@kamniro.ru

В мезотрофном озере Азабачье, расположенном в нижнем течении р. Камчатка, воспроизводится одно из крупнейших азиатских стад нерки, молодь которой в пресноводный период жизни питается преимущественно планктонными ракообразными.

Одним из основных факторов, регулирующих динамику численности Crustacea в оз. Азабачье, является обеспеченность рачков пищей (контроль «снизу») (Базаркина, 2004). Предпочитаемой пищей массовых видов зоопланктона пелагиали водоема *Cyclops scutifer* и *Daphnia galeata* является *Aulacoseira subarctica* (Bacillariophyta).

Видовой состав и количество планктонных водорослей в пелагиали водоема определяют концентрация и соотношение биогенных элементов, главным образом, минерального азота и фосфатов (Базаркина, 2002). Для вегетации фитопланктону необходимы азот (N) и фосфор (P) в таком атомном соотношении, которое присутствует в клетках водорослей (N:P=16:1) (Redfield et al., 1963; Imboden, Gächter, 1978). Лимитирование фитопланктона фосфором следует ожидать при соотношении N:P в водоеме, значительно превышающем величину атомного соотношения N:P в клетках фитопланктона, а при N:P<16:1 водоросли будут испытывать недостаток азота (Golowin, Florczyk, 1983/84). Шиндлер (Schindler, 1975, 1978) полагает, что для развития Bacillariophyta благоприятным является атомное соотношение N:P=13:1, для Cyanophyta – N:P≤5:1.

В годы, когда по завершении полной циркуляции водных масс перед летним или осенним пиком цветения *A. subarctica* атомное соотношение минеральных форм азота и фосфора в эвфотической зоне водоема находится в пределах 13–16, количество аулякозеиры в пелагиали озера соответствует среднепогодному значению за 2001–2020 гг. 80 тыс. кл./л (2010, 2011, 2017, 2019, 2020 гг.), либо значительно превышает эту величину (2003, 2004, 2016 гг.; 140–380 тыс. кл./л), что способствует повышению численности циклопов, а в последующие годы – увеличению размерно-весовых характеристик смолтов нерки.

В 2005, 2006 (июнь–июль), 2008, 2009, 2012–2015 и 2018 гг. развитие *A. subarctica* (10–50 тыс. кл./л) было лимитировано фосфатами (N:P=40–170), в 2001, 2002, 2006 (август–сентябрь) и 2007 гг. (5–30 тыс. кл./л) – минеральным азотом (N:P=2–9). В августе–октябре в планктоне озера присутствовали Cyanophyta (*Anabaena* sp., *Chroococcus* sp., *GloeoCapsa* sp., *Merismopedia* sp., *Microcystis* sp. и *Oscillatoria* sp.), Chlorophyta (*Botryococcus* sp. и *Sphaerocystis* sp.), цисты золотистых водорослей (Chrysophyta) и кругоресничные инфузории (Peritricha, *Carchestum polypinum*). В такие годы взрослые особи *C. scutifer* потребляют беспанцирных коловраток, *D. galeata* – синезеленые водоросли и бактерии.

При анализе многолетней динамики численности планктонных организмов прослежена тенденция значительного повышения численности популяций *D. galeata* и Rotatoria в периоды слабой вегетации *A. subarctica*, что могло быть следствием активизации бактериопланктона. Согласно концепции микробной «петли» в пресноводных водоемах, бактерии аккумулируют биогенные элементы, содержащиеся в водоеме в экстремально низких концентрациях, а гидробионты (простейшие, коловратки и кладоцеры), потребляя бактериопланктон и экскретируя биогенные минеральные вещества, обеспечивают быстрый рециклинг биогенов, их возврат в пищевую сеть и многократное использование фитопланктоном (Бульон, 2002). Следует полагать, что микробные организмы вносят весомый вклад в пищевую цепь фильтраторов при отсутствии планктонных водорослей, необходимых зоопланктону.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ МАКРОФИТОВ ОЗ. АРАХЛЕЙ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Б. Б. Базарова

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 67200, 3 ул. Недорезова, 16а,
Чита, Россия, balgit@mail.ru

Озеро Арахлей самый крупный водоем Ивано-Арахлейской системы, расположенной на юге Витимского плоскогорья (Восточное Забайкалье). Это пресноводный глубоководный (максимальная глубина 17 м) стратифицированный водоем. Озеро имеет овальную форму, побережье озера песчаное. По химическому составу воды озера относятся к гидрокарбонатному классу, по степени минерализации пресной и ультрапресной. Глубина озера равномерно увеличивается к центру. В этом же направлении идет смена песчаных грунтов илами и сапропелю.

Для озер Ивано-Арахлейской системы были выявлены циклические сукцессии озерных экосистем, определяемые квазипериодическими 7–11-летними и более длительными, значительными по амплитуде колебаниями уровня озер, не сопровождающиеся изменениями их галинности (Шишкин, 1993). С 1998 по 2017 год в озере наблюдалось снижение уровня воды, примерно на 2 м, с 2018 г. начался подъем уровня воды, обусловленный осадками и означающий начало нового цикла увлаженности.

Исследования продуктивности растительности озера Арахлей ранее проведены в 1967, 1974 гг. (Золотарева, 1998), нами в 1998 и 2000 гг. (Базарова, Итигилова, 2006) и 2006, 2008, 2017 и 2019 гг. В ходе работы использованы общепринятые методики (Катанская, 1981), последовательность наших работ описана ранее (Базарова, 2003).

В многолетней динамике водной растительности оз. Арахлей зафиксировано сокращение площади зарастания с 40% от общей площади озера в 60–70-х годах, до 25% в последующие годы. Снизилась максимальная глубина произрастания растений с 11 до 5–6 м. Выявлена смена доминантного состава, если в 60–70-х в озере по площади произрастания и фитомассе доминировали харовые; в 1998–2000 гг. – *Ceratophyllum demersum* L., *Lemna trusulca* L., виды рода *Potamogeton*. В период с 2008 по 2019 год преобладала *C. demersum*. Анализ многолетней динамики продуктивности показывает рост значений продуктивности водных растений по мере снижения уровня воды. Отмечается рост плотности зарослей, разнообразия сообществ в мелководной зоне до глубин 1.0 м. Полученные нами данные по продуктивности гидрофитов близки к расчетным величинам по уравнению В.В. Бульона (1994). При площади зарастания 25% продукция макрофитов в оз. Арахлей по В.В. Бульона должна была бы варьировать в границах от 175 до 379 и составлять в среднем 257 ккал/м²·год (Корякина, 2009). В 2019 г. в озере зарегистрирована *Eloдея canadensis* Mich. На момент нахождения занимал не большие площади, его фитомасса достигала до 118 г/м². Изменения в сообществах гидрофитов обусловлены комплексом факторов, таких как колебания уровня воды, динамика биогенных элементов (в частности общего фосфора), температура воды, заснеженность года и т.д. Например декабрь 2004 г., январь 2005 г. были малоснежными, что определило высокие значения фотосинтеза у поверхности воды и соответственно составляли 0.24 и 0.14 мгО₂/л·сут. С глубиной фотосинтез ослабевал и у дна не превышал 0.1 мгО₂/л·сут. В многоснежные зимы 2005–2006 гг. фотосинтез практически отсутствовал, улавливался только под самой кромкой льда (Корякина, 2009).

Сравнительный анализ значений первичной продуктивности фитопланктона и продуктивности гидрофитов показывает, что по мере снижения уровня воды наблюдает обратная зависимость между значениями продуктивности погруженных гидрофитов и первичной продукций фитопланктона. Данный механизм первичного звена экосистемы озера Арахлей способствует поддержания равновесного состояния экосистемы, при циклических колебаниях климата.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЕМОВ Г. АСТРАХАНИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А. Ш. Бареева, О. Б. Сопрунова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет», 414056, ул. Татищева, 16, Астрахань, Россия, vsemdobra2014@mail.ru, soprunova@mail.ru

Ухудшение санитарного качества поверхностных вод происходит интенсивно во многих реках страны. Это особенно относится к небольшим рекам, так называемым малым – длиной до 100 км, которые протекают по густонаселённым территориям. Малые водоемы в силу своей природной уязвимости в первую очередь реагируют на увеличение антропогенного загрязнения, т.к. обладают низкой способностью к самоочищению, быстро заиливаются и загрязняются от поверхностного стока неочищенных вод и нередко от сброса канализационных вод, существенно сокращая свой сток. Комплексное изучение микробиологических показателей качества речной воды и факторов, влияющих на её экологическое состояние, является одной из приоритетных задач для мониторинга состояния систем реки Волги и водотока Кутум в черте города Астрахань.

Целью настоящей работы являлась оценка состояния водотоков г. Астрахани – р. Волги и ее рукава р. Кутум – по микробиологическим и гидробиологическим показателям.

Качество вод внутригородских водотоков г. Астрахани оценивали по следующим микробиологическим и гидробиологическим индикаторам: общее количество бактерий, общее содержание колиформных бактерий, развитие фитопланктона. Исследования проводили в осенний, зимний и весенний периоды с 2017 по 2020 гг. Пробы отбирали из р. Волга и водотока Кутум в районе г. Астрахани на четырех станциях: № 1 – р. Волга, левый берег, Комсомольская набережная (р-н дома № 19); № 2 – водоток Кутум, правый берег, в 20 м ниже Калининского моста; № 3 – водоток Кутум, левый берег, в 20 м выше Ямгурчевского моста; № 4 – водоток Кутум, правый берег, в 150 м ниже Студенческого моста. Выбор станций отбора проб водотока Кутум обусловлен близостью источников поступлений загрязняющих веществ: станция № 2 – ниже Астраханской электростанции и Калининского моста; станция № 3 – ниже рынка «Большие Исады».

Несоответствие качества водоемов требованиям нормативной документации позволяет сделать вывод о непригодности воды исследуемых водоемов к использованию даже для производственно-технических нужд. Прослеживалась общая тенденция к увеличению индекса сапробности в осенне-зимний период по сравнению с ранее проведенными исследованиями. Вероятно, это может быть обусловлено замедлением процессов самоочищения вследствие снижения температуры воды и увеличения влияния поверхностного стока, подвергнутого хозяйственной деятельности человека.

Проведенное исследование выявило ухудшение качества воды по микробиологическим показателям, так в 2020 году по показателям ОМЧ к 5 классу качества относилась вода р. Волга и водотока Кутум, отобранная на всех станциях. Такой ситуации могло способствовать постоянное увеличение нагрузки, которую водоемы испытывают на протяжении всей площади в черте г. Астрахань.

Выявленное различие в качестве вод при анализе гидробиологических и микробиологических показателей может свидетельствовать о тенденции к возрастанию уровня органического загрязнения и обуславливает необходимость их комплексного применения для точного контроля состояния водной среды.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА ПОРОЖИСТЫХ РЕК В ИСТОКАХ ИЗ ОЗЕР (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ) – ЕСТЬ ЛИ ИМ МЕСТО В РЕЧНОМ КОНТИНУУМЕ?

И. А. Барышев

Институт биологии ФИЦ КарНЦ РАН, 185035, ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, i_baryshev@mail.ru

Проанализирована функционально-трофическая структура макрозообентоса истоков рек из озер. Работы проведены на территории Восточной Фенноскандии, отличающейся множеством разветвленных озерно-речных систем. Отбор проб макрозообентоса проводили с 2005 по 2020 гг. в летний сезон (июль–август): на каменистых грунтах – количественной рамкой типа «Surber» площадью 0.04 м²; на мягких грунтах – дночерпателем ДАК 250 (0.025 м²), по два подъема на пробу (Комулайнен и др., 1985). Обследовано 45 станций (119 количественных проб, по 2–3 со станции), находящихся в истоке рек из озер (28 истоков) в пределах 0.9 км вниз по течению. В качестве относительного обилия таксонов выбрана величина интенсивности метаболизма (Azovsky et al., 2000; Palatov, Chertoprud, 2018; Лабай и др., 2019). Принадлежность видов к функционально-трофическим группам (фильтрующие собиратели, подбирающие собиратели, хищники, соскребаты, измельчители крупного детрита) определена по литературным источникам (Cummins, 1973; Merritt et al., 1996). Для истоков рек из озер были получены достаточно высокие характеристики обилия макрозообентоса: численность (экз./м²) от 1016 до 37500, среднее значение 8200, медианное – 3933; биомасса (г/м²) от 2.7 до 322, среднее значение 42.6, медианное 17.3. Это значительно превышает обычные для рек региона значения, обычно находящиеся на уровне 1–4 тыс. экз./м² и 4–6 г/м² (Барышев, 2018, 2019, 2020).

Таксономический состав макрозообентоса истоков из озер сформирован видами (в ходе работ выявлено 152), распространенными в реках региона. Видов, строго приуроченных к истокам из озер, не выявлено. Для макрозообентоса истоков из озер в реках Восточной Фенноскандии характерно преобладание фильтрующих собирателей (46% от метаболизма сообщества), которые представлены преимущественно личинками ручейников сем. Hydropsychidae (*Hydropsyche pellucidula*, *H. siltalai*, *H. contubernalis*) и двустворчатыми моллюсками сем. Sphaeriidae (*Euglesa* spp.); довольно многочисленны подбирающие собиратели (26%), представленные личинками поденок сем. Baetidae (*Baetis vernus*) и лич. двукрылых сем. Chironomidae; также многочисленны хищники (22%), представленные лич. ручейников сем. Rhyacophilidae (*Rhyacophila nubila*) и клопами *Aphelocheirus aestivalis*; измельчители крупного детрита (4%) и соскребаты (2%) малочисленны.

Отличительными чертами структуры макрозообентоса истоков из озер можно считать высокую долю хищников (22%) и преобладание фильтрующих собирателей (46%). Подобное соотношение функционально-трофических групп не позволяет однозначно определить сообщества как соответствующие одной из зон водотока, описанных в концепции речного континуума (Vannote et al., 1980). Сестон, поступающий из озера с водным потоком, делает возможным существование бентосных сообществ с большим обилием и особенной функционально-трофической структурой. Водоем, через который протекает река, таким образом, является весомым фактором, при этом его положение в речной системе можно считать случайным. В отличие от концепции речного континуума, которая рассматривает только закономерную динамику параметров водотока и структуры макрозообентоса от истока к устью, ряд концепций рассматривают влияние и «случайных» изменений ландшафта и характеристик русла. Так, одна из наиболее подробных из них – концепция синтеза речных и прибрежных экосистем (Thorp et al, 2006), описывает ряд типичных (шаблонных) участков водотоков и особенности структуры их экосистем.

Финансовое обеспечение – ГЗ № 0218-2019-0081 (средства федерального бюджета, ИБ КарНЦ РАН ФИЦ КарНЦ РАН).

СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ Р. ВЫЧЕГДА В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

М. А. Батурина, О. Н. Кононова

*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 167982, ГСП-2,
ул. Коммунистическая, 28, Сыктывкар, Россия, baturina@ib.komisc.ru*

Учитывая важную роль бассейна р. Вычегда (правый приток р. Северная Двина) в Республике Коми, актуальной задачей является контроль состояния населяющих ее сообществ водных организмов. В 1980-е гг. проводились комплексные наблюдения за экологическим состоянием сообществ водных беспозвоночных и качеством вод реки в зоне действия целлюлозно-бумажного комбината. После проведения масштабной модернизации производства и реконструкции очистных сооружений наблюдения за состоянием сообществ водных беспозвоночных носили планомерный характер с 2018 по 2020 гг. и проводились в рамках совместного проекта АО «Монди СЛПК» и Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

На сегодняшний день гидрохимические показатели, связанные с общим содержанием органических веществ, и концентрация соединений биогенных элементов в реке превышают нормативные значения, а максимальные их показатели отмечены в пунктах сброса очищенных сточных вод. Исследованный участок реки характеризуется повышенной температурой воды.

В составе зообентоса в зоне влияния очищенных сточных вод установлены 23 таксономические группы донных беспозвоночных, для семи из них выявлено 125 видов и форм. Отмечены высокие значения видового разнообразия и количественные показатели развития донной фауны, не характерные для аборигенных сообществ на преобладающих в среднем течении р. Вычегда песчаных грунтах. Все характеристики биоценозов повышались в пунктах, расположенных ниже сбросов очищенных сточных вод, вероятно, под влиянием теплящего эффекта попадающих в реку стоков и накоплением на дне водотока обогащенных органическими веществами отложений. В составе модельных групп наблюдалось преобладание видов-индикаторов умеренного загрязнения (β и α - β сапробов), а в пунктах сброса очищенных сточных вод – индикаторов α - и полисапробных условий. Большинство индексов дают на участке мониторинга достоверно сходную оценку, определяя его состояние как «удовлетворительное». В пунктах, расположенных в местах сброса очищенных сточных вод, состояние водотока характеризуется как «неудовлетворительное».

В составе зоопланктона установлено 115 таксонов, большую часть которых составляли виды-индикаторы олигосапробных или условно чистых вод. Максимальное количество видов, индицирующих высокий уровень загрязнения, найдено в пунктах сброса очищенных сточных вод. Показатели количественного развития зоопланктона отличались большими значениями численности и биомассы, в сравнении с фоновыми участками, что вероятно связано с поступлением со сточными водами минеральных и органических соединений, и тепловым влиянием. Показатели видового разнообразия планктонных сообществ на исследованном отрезке реки, были ниже, а уровень доминирования – выше, чем на фоновых участках. В сообществах по обилию видов, численности и биомассе преобладали коловратки, что характерно для водотока в целом. В пунктах сброса очищенных сточных вод найдены виды, не свойственные естественным водам. Ведущие комплексы представлены 9–15 видами. Состав их различался на фоновых участках, у стоков и пунктах, расположенных ниже по течению. По состоянию планктонных сообществ воды реки можно охарактеризовать как олиготрофные, за исключением пунктов, расположенных ниже по течению от сброса очищенных сточных вод, где они квалифицируются как эвтрофные.

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания № АААА-А17-117112850235-2 и при финансовой поддержке проекта «Оценка долговременного влияния АО «Монди СЛПК» (договор № 45-2018/180405)».

ВЛИЯНИЕ РОЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БОБРОВ НА МОЗАИЧНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В МАЛЫХ ВОДОЕМАХ

И. В. Башинский¹, Т. Г. Стойко², В. В. Осипов^{3,4}

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 119037, Ленинский пр., 33, Москва, Россия, ivbash@mail.ru

²Пензенский государственный университет, 440026, ул. Красная, 40, Пенза, Россия, tgstojko@mail.ru

³Заповедник Приволжская лесостепь, 440031, ул. Окружная 12а, Пенза, Россия

⁴Саратовский филиал ВНИРО, 410002, Чернышевского 152, Саратов, Россия, osipovv@mail.ru

Во второй половине XX века на значительной части Европы происходило восстановление численности обыкновенного бобра (*Castor fiber* L.) после нескольких столетий отсутствия. В настоящее время активно обсуждаются вопросы влияния этого вида на состояние пресноводных экосистем и сохранение биоразнообразия. В наилучшей степени изучены последствия преобразования бобрами водотоков, а изменения стоячих водоемов под воздействием деятельности бобров исследовано более фрагментарно. В частности, практически нет работ по влиянию этого вида на зоопланктон озер и стариц. Целью нашей работы стала предварительная оценка влияния роющей деятельности бобров на сообщества зоопланктона малых водоемов. Для исследований были выбраны две малые старицы р. Хопёр в окрестностях заповедника Приволжская лесостепь (Пензенская область). Один водоем располагался внутри лесного массива («лесной»), второй на окраине («открытый»). Размеры водоемов составляли 920 и 440 м², глубина – 0.4 и 0.5 м соответственно. Водоемы были заселены бобрами в прошлом, но затем были покинуты. За это время уровень воды снизился, норные выходы открылись и частично обвалились, что привело к изменению морфометрии береговой линии и литорали. В середине июля 2020 года были отобраны пробы зоопланктона в 12 станциях в прибрежной части каждого водоема (по шесть в бобровых норных выходах и незатронутой литорали). Пробы отбирали путем процеживания 10 л воды через сеть Апштейна. На каждой станции измеряли глубину, температуру воды, описывали водную растительность. При анализе данных использовались индекс Шеннона (H), коэффициент Жаккара (J), коэффициент Спирмена (R), тест Манна-Уитни (U).

Всего обнаружено 47 видов зоопланктона, 36 в лесной старице ($H=1.9$), 29 в открытой ($H=2.5$). Видовое сходство двух водоемов было низким ($J=0.4$). В районе норных выходов было обнаружено 34 вида ($H=1.9$), в контрольных станциях – 40 ($H=2.1$). В лесной старице около нор обнаружено 26 видов ($H=1.8$), в контроле – 36 ($H=1.8$). В открытой старице в бобровых местообитаниях найдено 20 видов ($H=2.5$), в незатронутых – 25 ($H=2.4$). В целом, норные выходы отличались высокой степенью сходства с остальной частью литорали ($J=0.6$), особенно в лесном водоеме ($J=0.7$). Несмотря на то, что видовое богатство во всех случаях было выше в контроле, достоверных различий между сообществами зоопланктона не найдено. Лишь одна нора в открытой старице значительно отличалась ($U, p < 0.05$). Однако, норные выходы и незатронутая литораль достоверно различались по глубине ($U, p=0.007$), которая в свою очередь негативно сказывалась на растительности ($R -0.78, p < 0.01$). Зарастаемость же приводила к увеличению численности зоопланктона ($R 0.83, p < 0.01$). Растительность также могла определять перераспределение фитопланктона, бентоса или молоди рыб, что косвенно могло повлиять на зоопланктон. Один из этих факторов мог способствовать приуроченности некоторых видов только к норным выходам – *Anuraeopsis fissa* (Gosse, 1851), *Keratella quadrata* (Müller, 1786), *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863), или только к незатронутым местообитаниям – *Macrocyclus fuscus* (Jurine, 1820).

Хотя наше исследование не показало существенных изменений сообществ зоопланктона вследствие роющей деятельности бобров в малых водоемах, можно предполагать косвенное влияние этого ключевого вида. С учётом важности зоопланктона для функционирования водоемов, а также наблюдающегося ускорения сукцессий стариц под воздействием климатических изменений, необходимы дальнейшие исследования влияния бобров на структуру подобных экосистем.

ВЛИЯНИЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СОСТАВ И СТРУКТУРУ МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕРА МАНЖЕРОКСКОГО (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)

Д. М. Безматерных, О. Н. Вдовина, Л. В. Яныгина, Е. Н. Крылова, М. И. Ковешников
Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия, bezmater@iwep.ru

Манжерокское – озеро в предгорьях Алтая, длиной около 1.1 км и шириной – 0.4 км, расположено на террасе правого берега р. Катунь, на высоте 373 м над уровнем моря, памятник природы регионального значения с 1978 г. Активно используется в рекреационных целях. В 2017–2018 гг. с целью замедления зарастания и заполнения чаши оз. Манжерокское илами с высоким содержанием органического вещества был реализован проект расчистки и дноуглубления. Реализация проекта в 2018 г. привела к увеличению глубины озера более чем на 2 м (до очистки глубина не превышала 3 м) и к увеличению объема воды в озере (Безматерных и др., 2020). Зообентос озера Манжерокского обследован в марте 2007 г., августе 2018 г. (спустя две недели после завершения дноуглубительных работ), а также в апреле и июле 2021 г.

Изменения в различных сообществах гидробионтов под воздействием техногенных факторов во многом сходны: снижение общего числа видов, численности и биомассы, смена доминантов, нарушение сезонного хода динамики численности и биомассы сообщества (Царькова, 2016). Аналогичные изменения можно отметить для макрозообентоса оз. Манжерокского после проведения дноуглубительных работ в 2018 г. Восстановление донных сообществ идет медленно, с потерей части видов и снижением биомассы бентоса (до 60% от исходной величины) (Жигульский и др., 2013, 2014; Кудерский, Лаврентьева, 1996; Суслопарова, Терешенкова, 2010). Формирование и заселение нового биотопа на поврежденном участке дна обычно занимает несколько лет (от 3 до 8 лет, в среднем – 5, но в некоторых случаях может растягиваться до 25 лет) (Лесников, 1986).

По прошествии 3-х лет после проведения работ на озере Манжерокское в июле 2021 г. отмечено увеличение видового разнообразия донных беспозвоночных, числа видов донных беспозвоночных, с 2 до 11 по акватории, а также с 5 до 33 видов в зарослях макрофитов. Возросло количество видов в пробе и средние показатели индекса видового разнообразия Шеннона, в июле 2021 г. средние показатели по озеру составили 0.88 бит/экз., в августе 2018 г. – 0.19. Увеличение видового разнообразия в первую очередь, проявилось в повышении числа видов, а в дальнейшем и в постепенном увеличении обилия олигохет, что также отмечено для зообентоса других водоемов после проведения гидротехнических работ (Суслопаров и др., 2013). Кроме того, наблюдается увеличение средних количественных показателей развития сообществ донных беспозвоночных, по сравнению с аналогичным периодом 2018 г., средние значения биомассы возросли с 0.3 г/м² (2018 г.) до 0.49 г/м² (июль 2021 г.), но в то же время значения численности и биомассы находятся на более низком уровне по сравнению с таковыми в соответствующий период 2007 г. (0.9 г/м²). Доминирующие таксоны (в 2018 и 2021 гг.) остались те же, основу численности и биомассы по всей акватории озера составляют олигохеты и мокрецы. Следует отметить, что восстановление сообществ макробеспозвоночных в первую очередь наблюдалось на заросшем макрофитами мелководье озера, где дноуглубительные работы не проводили (особенно в южной части). В центральной части озера, где проводились дноуглубительные работы наиболее интенсивно, изменился тип грунта: вместо сапропеля преобладает грубый растительный детрит, который не очень благоприятен для развития бентоса. Отмеченное в июле 2021 г. увеличение видового разнообразия и количественных показателей донных сообществ, по сравнению с 2018 г., в общем свидетельствуют о восстановлении зообентоса оз. Манжерокское, которое в дальнейшем может произойти полностью при условии значительного снижения на них техногенной нагрузки и повышении уровня воды в озере.

НОВЫЙ ХИЩНЫЙ ЖГУТИКОНОСЕЦ НЕОПРЕДЕЛЕННОГО СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ИЗ МОРСКИХ ВОД КОРЕИ

А. О. Беляев, Д. В. Тихоненков

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, п. Борок, 109,
Некоузский р-н, Ярославская обл., abelyaev@ibiw.ru

Свободноживущие гетеротрофные жгутиконосцы – полифилетическая группа одноклеточных эукариот, характерной особенностью которых является наличие одного, либо нескольких жгутиков хотя бы на одной стадии жизненного цикла, осмотрофное, либо фаготрофное питание, отсутствие активных фотосинтетических органелл. Изучение представителей различных таксонов гетеротрофных жгутиконосцев методами световой и электронной микроскопии за последние несколько десятков лет дало понять их принципиальную важность в ранней эволюции эукариотических организмов.

Нами был обнаружен и выделен в клональную культуру хищный гетеротрофный протист из пробы морской воды соленого оз. Джеодо (Корея). Анализ данных световой и сканирующей электронной микроскопии дал следующие результаты. Размер тела клетки: длина 4–7 мкм, ширина 2.7–5.8 мкм. Тело клетки оснащено двумя жгутиками, на которых присутствуют акронематические выросты. Жгутики выходят из самостоятельных жгутиковых карманов, разделенных валиком. Длина жгутиков 4.5–7.2 мкм и 7.8–12.8 мкм, соответственно. Цисты покоя и размножения не были обнаружены. Тело клетки в голодном состоянии имеет форму серпа. Сытые клетки имеют форму близкую к шару. В заднем конце клетки хорошо различима пищеварительная вакуоль. Деление продольное, делящиеся клетки нередко были обнаружены в инвертированном положении, относительно друг друга. Задний острый конец клетки, по-видимому, содержит стрекательные органеллы, которыми хищник поражает клетку эукариотической жертвы (*Procryptobia sorokini*). Клетка жертвы при этом округляется и замедляет движение. С вентральной стороны тела клетки обнаружена бороздка, которая участвует в фаготрофном поглощении захваченной и обезвреженной жертвы. Размер тела жертвы может превышать хищника в 2 раза. В таком случае нередко наблюдалось частичное поглощение жертвы, с помощью вентральной бороздки. Оставшаяся часть клетки *P. sorokini* оставалась в качестве неподвижного цитоплазматического шарика. Жгутиконосцы активно плавают в толще воды за счет быстрого биения двумя жгутиками, тело клетки при этом крутится вокруг своей продольной оси. Часто клетки оседают на дне чашки Петри и скапливаются в большом количестве. Сытые клетки при этом либо находятся в покое, либо быстро крутятся. Голодные клетки судорожно бьются и крутятся, не оставаясь на одном месте продолжительное время.

Своеобразный шип в конце тела клетки является уникальной для жгутиконосцев структурой, а вентральная бороздка и способ питания имеет схожесть с некоторыми представителями супергруппы Excavata и хищными жгутиконосцами Colponemidia. В дальнейшем планируется изучение ультраструктурной организации данного протиста, с помощью методов трансмиссионной электронной микроскопии, а секвенирование гена 18s рРНК позволит уточнить его филогенетическое положение на древе эукариот.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-34-70049) и в рамках государственного задания (тема [121051100102-2](#)).

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЗООБЕНТОСА ОЗ. КРАСНОГО (КАРЕЛЬСКИЙ ПЕРЕШЕЕК) ПОД ВЛИЯНИЕМ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

В. П. Беляков¹, А. И. Бажора²

¹Кафедра зоологии РГПУ им. А.И. Герцена, наб. р. Мойки, 48, Санкт-Петербург, Россия, victor_beliakov@mail.ru

²Институт озераедения СПб НИЦ РАН, ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, bazhora_spb@mail.ru

Исследования зообентоса оз. Красного проводятся с 1965 г. периодически на постоянных станциях основных донных биотопов в течении вегетационных периодов. Общий список зообентоса за все время наблюдений составил более 90 видов и форм. Но перечень основных популяций, которые достаточно стабильно представлены в донных сообществах, но меняют свою позицию среди доминантов короче – 3–4 в профундали озера и около 10–13 на литорали.

В структуре сообщества профундали, с 2015 г. происходят заметные изменения: по численности, и особенно по биомассе повысилась доля личинок *Chironomus* spp. и снизилась доля личинок *Chaoborus crystallinus*, которые до того часто доминировали в профундали. Вырос процент от общей численности олигохет: *Potamothenis hammoniensis* и *Tubifex tubifex* сменяют друг друга как субдоминанты в сообществе. При этом олигохеты *Limnodrilus hoffmeisteri* ранее иногда бывшие субдоминантами почти исчезли из зоны профундали. Еще одна особенность последних лет – практически постоянное присутствие личинок *Chironomus anthracinus*, хотя их доля и невелика. Это происходит из-за достаточно хороших кислородных условий у дна, при преобладающих циклональных проявлениях погоды и отсутствии устойчивой стратификации.

На литорали озера в 1960-е гг. доминировали личинки хирономид *Cladotanytarsus mancus* и *Polypedilum scabraenum*, затем в 70-е годы добавились личинки *Stictochironomus crassiforceps*, чье доминирование росло с увеличением заиления литорали, и к концу 70-х и в 80-е гг. среди доминантов появились настоящие пелофилы – личинки *Chironomus*. Если в конце 90-х годов на литорали озера отмечалось некоторое снижение заиленности, что сказалось на составе зообентоса и возвращении некоторых групп беспозвоночных – ручейников, поденок и т.д., то в дальнейшем, с начала 2000-х годов процесс заиления продолжился. С 90-х годов доминируют *S. crassiforceps*, а с начала 2000-х годов они делят доминирование с личинками *C. mancus* и *Microtendipes pedellus*. Последние появились среди доминантов, как результат повышения цветности воды озера. Большая ветровая динамика в годы с большей циклонической активностью снижает заиленность грунтов, особенно на открытой литорали озера. С 2013 г. среди доминантов снова *P. scabraenum*. В последние годы на литорали вновь обнаружен ряд видов ручейников, поденок и олигохет, как и в начальный период исследований. Существенную долю в суммарную биомассу зообентоса вносят более крупные часто встречающиеся организмы, в разные годы: *Euglesa henslovana*, *Bithynia tentaculata*, *Cincinna depressa*, *Glyptotendipes glaucus* и *G. paripes*. Стимулирующий фактор – развитие макрофитов и обилие фитообрастаний. Большую долю общей биомассы составляли популяции крупных двустворчатых моллюсков, главным образом *Unio pictorum*. Постоянные их перемещениями создают условия накопления органических веществ не только вокруг моллюска, но на литорали в целом, что приводит к увеличению доли детритофагов в ценозе.

Таким образом, многолетнее колебание природных факторов: температурного, уровня режима и изменение трофического уровня озера, как результат их действия и влияние антропогенной нагрузки приводит к смене структуры доминирования основных популяций в зообентосных сообществах оз. Красного.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме № 0154-2019-0001 «Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоемов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов».

ВЛИЯНИЕ ГОРМОНИНДУЦИРОВАННОГО СТРЕССА НА КОАГУЛЯЦИОННЫЕ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ РЫБ

Д. И. Березина, Л. Л. Фомина

ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА им. Н.В. Верещагина, 160555, ул. Шмидта, 2, с. Молочное, Вологодская обл., Россия, academy@molochnoe.ru

Стресс у культивируемых рыб является все более изучаемой темой из-за его влияния на рост, размножение, функционирование защитных систем: иммунитета и гемостаза, и в конечном счете на приспособленность животного. В биологической практике широко используется имитация стресса разной продолжительности при помощи введения синтетических кортикостероидов. В основном, это опыты, посвященные изучению иммунологической функции крови рыб, и все работы в той или иной мере отмечают супрессивное влияние таких гормональных обработок. Данные о функциональном состоянии свертывающей способности крови рыб в доступной литературе редки и фрагментарны, и в особенности о влиянии на нее стресса. Малочисленные исследования рыб в различных стрессовых условиях, а также некоторых млекопитающих и человека показывают, что под влиянием стресс-факторов происходит усиление коагуляционной активности крови. В связи с этим целью данной работы стала оценка гемостатических и иммунологических реакций карпа (*Cyprinus carpio* L.) и тиляпии (*Oreochromis niloticus* L.), как распространенных видов промысловых рыб, в условиях экспериментальной модели стресса. Для имитации острого стресса парентерально использовали дексаметазон-фосфат. В качестве глюкокортикоида, имитирующего хронический стресс, применяли суспензию бетаметазона.

В результате проведенного исследования было выявлено изменение тренда свертывающей способности крови карпов в сторону ускорения коагуляции (сокращение АЧТВ, ПВ, ТВ, повышение уровня фибриногена) не только у рыб, подвергнутых гормональному стрессу, но и в контроле, вероятно, из-за действия хэндлинг-стресса. Тиляпии реагировали сокращением АЧТВ, ПВ, увеличением РФМК и резким снижением уровня фибриногена только на хронический гормониндуцированный стресс, что говорит о выраженном комплексе гиперкоагуляционных процессов.

У карпов с гормональным стрессом наблюдается временная полицитемия и лимфоцитопения, лейкоцитоз (у остро стрессированных рыб) к середине эксперимента, после чего показатели были близкими к исходным. Моноцитопения наблюдалась у всех групп вне зависимости от стресса. При хроническом стрессе отмечалось временное снижение уровня палочкоядерных и повышение сегментоядерных нейтрофилов, усиление гранулоцитопоза, о чем говорит содержание юных клеток. Все тиляпии реагировали временной лейкопенией, тромбоцитопенией, эритропенией. Под влиянием хронического стресса была выражена временная лимфоцитопения и моноцитоз, что говорит о подавлении лимфоидного ряда в сторону миелоидного.

Описано снижение количества лейкоцитов и увеличение количества эритроцитов, участвующих в фагоцитозе (эритрофагоцитоз) под влиянием бетаметазона в отличие от других групп и увеличение количества поглощенных клеток лейкоцитами под влиянием дексаметазона. У тиляпий в условиях хронического стресса наиболее четко можно проследить иммуносупрессивное влияние на конечную фагоцитарную активность лейкоцитов и иммуностимулирующее влияние на срединную фагоцитарную активность эритроцитов по сравнению с другими группами, острый стресс, напротив, стимулирует конечную фагоцитарную активность лейкоцитов и снижает срединную активность эритроцитов в течение недели после воздействия.

В результате хронического стресса у карпов наиболее выражено упало альбумин-глобулиновое отношение (вероятно, за счет снижения синтеза β -глобулинов), тогда как другие показатели протеинограммы снизились у всех групп. При всех исследованных видах стресса у тиляпий, в отличие от интактных животных, произошло увеличение доли общего протеина к концу эксперимента и увеличение всех глобулиновых фракций (в т.ч. иммуноглобулинов).

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ФИЛОГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ В АРКТИКЕ

Ю. В. Беспалая^{1,2}, О. В. Аксенова^{1,2}

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лавёрова УрО РАН, 163000, наб. Северной Двины, 23, Архангельск, Россия, jbespalaja@yandex.ru

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Пресноводные моллюски часто численно доминируют в донных сообществах водных экосистем, где играют ключевую роль в энергетическом обмене и круговороте питательных веществ (Sousa et al., 2008). Вместе с этим, видовое разнообразие, филогеография пресноводных моллюсков в высоких широтах в настоящее время изучены неполно (Kuiper et al., 1989; Bespalaya et al., 2015).

В настоящей работе обобщены результаты исследований по изучению видового разнообразия, экологии и филогеографии пресноводных моллюсков в арктических водоемах в период 2010–2020 гг. Изучено видовое разнообразие пресноводных моллюсков водоемов на о-вах Колгуев, Вайгач, архипелаге Новая Земля, п-вах Канин, Гыданский, Ямал, Таймыр и на севере Якутии. Фауна пресноводных моллюсков изученных арктических водоемов таксономически обеднена по сравнению с таежной зоной палеарктическими и голарктическими видами, которые приспособились к обитанию в экстремальных условиях Арктики (Bespalaya 2014, Bespalaya et al., 2019). В озерах Южного острова архипелага Новая Земля зарегистрировано три вида двустворчатых моллюсков - *Euglesa globularis*, *E. waldeni* и *Odhneripisidium conventus* (Bespalaya et al., 2017, 2021). В озерах Югорского п-ова обнаружено шесть видов, а на о-ве Вайгач – десять видов моллюсков (Bespalaya, 2015; Bespalaya et al., 2019b). На п-ове Ямал найдено семь видов моллюсков (Bespalaya et al., 2018, 2019a, b). В озерах Гыданского п-ова фауна моллюсков включает 12 видов (Bespalaya et al., 2020a). В изученных водоемах по численности преобладали *Euglesa casertana*, *E. globularis* и *Gyraulis acronicus*. В бассейне р. Енисей и р. Хатанга выявлено 14 видов моллюсков. В озерах и реках бассейна моря Лаптевых и р. Лена (Якутия) было обнаружено 7 видов моллюсков. Здесь по численности и плотности преобладали виды семейства Physidae – *Sibirenauta sibirica* и *Physa adversa*. Видов эндемиков, в ходе проведенных исследований не выявлено. Проанализированы закономерности распределения моллюсков в водоемах и водотоках в зависимости от факторов среды (Bespalaya 2014, Bespalaya et al., 2019).

Полученные молекулярно-генетические данные указывают на то, что современная пресноводная малакофауна изученных водоемов сформировалась вследствие недавних миграционных процессов после последнего Ледникового Максимума (Bespalaya et al., 2017, 2021).

В целом, пресноводные моллюски отличаются рядом общих характеристик, позволяющих им успешно осваивать экстремальную природную среду Арктики. Среди них гермафродитизм, короткие жизненные циклы, относительно небольшой размер, что способствует их пассивному расселению (Vinarski et al., 2020). Установлено, что в неблагоприятных условиях окружающей среды пресноводные двустворчатые моллюски способны к выработке репродуктивных стратегий, направленных на повышение успеха размножения популяции (Bespalaya et al., 2019). Кроме того, некоторые виды моллюсков способны переносить вмерзание в лед (Bespalaya et al., 2021).

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-04-00361_a), и РНФ (проект № 19-14-00066).

ОСОБЕННОСТИ ЖИРНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ ЛИПИДОВ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *PARASALMO MYKISS* (WALBAUM, 1972), ВЫРАЩЕННОЙ НА КОМБИКОРМАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЖИРОВ

С. В. Биндюков, И. В. Бурлаченко, Ю. А. Баскакова

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 107140, ул. Верхняя Красносельская, 17, Москва, Россия, bav@vniro.ru

Следствием активного развития индустриальной аквакультуры с использованием комбикормов стал дефицит их основной липидной составляющей – рыбного жира – и поиск его адекватной замены. Наиболее простым и распространенным решением является применение подсолнечного масла. Однако, в результате такой замены в мышечной ткани рыб происходит уменьшение содержания незаменимых для человека полиненасыщенных жирных кислот (ЖК) семейства омега-3. Целью настоящей работы являлось изучение влияния комбикормов с различным содержанием и соотношением жиров животного и растительного происхождения на жирнокислотный состав тканей радужной форели *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792).

До начала эксперимента форель потребляла коммерческий корм, в состав которого входило подсолнечное масло. В процессе исследований опытные группы рыб получали экспериментальные комбикорма КРФР (сырой протеин 44%, сырой жир 17%). В качестве липидного компонента использовали смесь из рыбного жира, рапсового и соевого масла в процентных соотношениях 0/7/8, 4/6/5, 8/4/3 соответственно. В качестве контроля использовали корм аналогичного состава, в который вносили только рыбный жир (15/0/0). Продолжительность испытаний – 58 суток, средняя начальная масса рыб – 200 г. Средняя температура воды составила 15.3°C, содержание кислорода – 7.5 мг O₂/л.

Результаты анализа общих липидов контрольного и экспериментальных комбикормов показали существенную разницу в содержании ЖК. Количество олеиновой кислоты варьировало от 36.5% от общей суммы ЖК в комбикорме без рыбного жира (КРФР 0/7/8) до 17% в контрольном. При повышении содержания растительных масел происходило увеличение доли линолевой кислоты с 16.2 % для КРФР 8/4/3 до 24.6% для КРФР 4/6/5 и 35.1% для КРФР 0/7/8. Количество альфа-линоленовой кислоты в вышеуказанных кормах составляло 5.6, 7.9 и 10.3% соответственно. Существенно уменьшилось содержание полиненасыщенных ЖК семейства омега-3 и в конечном итоге в комбикорме КРФР 0/7/8 сумма эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) кислот составляла всего 3.2 % от общего содержания ЖК, в то время как в контрольном корме эта величина была на порядок больше – 35.6%.

Согласно данным рыбоводно-биологических исследований замена рыбного жира растительными маслами в составе кормов для форели не снижала скорости роста и не ухудшала физиологического состояния рыб. Лучшие рыбоводные результаты получены при выращивании радужной форели в контроле и на кормах КРФР 4/6/5.

Исследованиями состава ЖК липидов форели установлено, что до начала эксперимента в мышечной ткани рыб было высокое содержание олеиновой (33.2%) и линолевой (25.9%) кислот и низкое – ЭПК (1.8%) и ДГК (5.7%), что являлось следствием питания комбикормом с подсолнечным маслом. В результате эксперимента у форели, получавшей опытные корма без рыбного жира, количество линолевой и олеиновой кислот выросло до 27.1% и 34.4%, а содержание ЭПК и ДГК снизилось до 1.3 и 4.4 % соответственно. В остальных образцах по мере роста содержания рыбного жира в корме повышался суммарный уровень ЭПК и ДГК, составивший 7.9% для липидов форели, потреблявшей корм КРФР 4/6/5; 8.4% для рыб, получавших КРФР 8/4/3; 10.25% в контроле.

Таким образом, ввод в состав комбикормов растительных масел, содержащих повышенный (по сравнению с подсолнечным маслом) уровень линолевой и линоленовой кислот (рапсовое, соевое), обеспечил увеличение содержания ЭПК и ДГК в липидах форели на фоне сходных результатов по росту рыб. При этом, замена 3/4 рыбного жира на растительные масла (корм КРФР 4/6/5) позволила получить уровень ЭПК и ДГК, сопоставимый с его содержанием у рыб, питавшихся кормом с включением только рыбного жира (КРФР 15/0/0).

ВОДНЫЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «БЕРИНГИЯ» (ВОСТОЧНАЯ ЧУКОТКА)

А. А. Бобров¹, О. А. Мочалова², Е. В. Чемерис¹

¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, п. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия, bobrov@ibiw.ru, lechem@ibiw.ru

²Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, ул. Портовая, 18, Магадан, Россия, mochalova@inbox.ru

Разнообразие водных сосудистых растений национального парка «Берингия», как и восточной Чукотки в целом, достаточно низкое (44 таксона: 40 видов и 4 гибрида), что определяется как суровостью климата (низкие среднегодовые температуры, короткий вегетационный период с малым количеством солнечной радиации, сильные ветра), так и достаточным однообразием водных местообитаний (распространены преимущественно мелкие термокарстовые озёра). Только треть таксонов обычны и представлены в основном массовыми и хорошо адаптированными к неблагоприятным условиям региона видами (*Arctophila fulva*, *Hippuris vulgaris*, *Potamogeton sibiricus*, *Sparganium hyperboreum*, *Ranunculus pallasii*).

Наибольшим разнообразием водных растений выделяются Провиденский (32 таксона) и Мечигменский (30) участки, где представлен широкий спектр водных местообитаний: крупные речные долины с разнообразными водными объектами и термоминеральными источниками.

Впервые для флоры национального парка указываются 7 таксонов: *Callitriche hermaphroditica*, *Myriophyllum verticillatum*, *Ranunculus codyanus*, *Ruppia occidentalis*, *Stuckenia* × *suecica*, *Utricularia macrorhiza*, *U.* × *ochroleuca*, из них *Ranunculus codyanus*, *Ruppia occidentalis*, *Stuckenia* × *suecica*, *Utricularia macrorhiza* впервые указываются и для восточной Чукотки.

Наибольшее видовое разнообразие сосредоточено в наиболее благоприятных по условиям озёрах речных долин с выходами карбонатных пород (до 8 на водоём), где есть защита от ветров, проявления мерзлоты смягчаются таликами, а карбонаты обеспечивают необходимый баланс растворённых веществ. В тундровых водоёмах и больших озёрах встречается не более 3 таксонов на водоём или растения отсутствуют.

Выделяются по составу водных растений системы Гильмимлинейских и Туманных термоминеральных источников, где в том числе произрастают *Bolboschoenus planiculmis*, *Ruppia maritima* и *Tillaea aquatica*, включенные в Красную книгу Чукотского АО, также участки долин нижнего течения р. Чегитун с приморскими видами и среднего и нижнего течения р. Курупка с комплексом бореальных (теплолюбивых) видов в значительном отрыве от их основных ареалов, что заметно обогащает водную флору региона. Эти участки, как микрорефугиумы теплолюбивых водных растений, требуют особого внимания и режима охраны.

Среди охраняемых водных растений состояние ценопопуляций *Ruppia maritima* вызывает наименьшие опасения, т.к. на Гильмимлинейских и Туманных термоминеральных источниках вид представлен с хорошими обилием и жизненностью. Ценопопуляции *Bolboschoenus planiculmis* пока стабильны, но крайне уязвимы, т.к. вид обитает на очень малой площади и размножается преимущественно вегетативно. Не найден *Tillaea aquatica*, что вызывает тревогу.

При переиздании региональной Красной книги необходимо повысить охраняемый статус *Tillaea aquatica*, а также включить в основной список ещё 3 редких на Чукотке вида: *Ranunculus codyanus*, *Ruppia occidentalis* и *Stuckenia subretusa*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 15-29-02498-офи_м, 19-04-01090-а, 19-05-00133-а).

ХРОМОСОМНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ *CHIRONOMUS PLUMOSUS* L., 1758 (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) ИЗ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (2013–2020)

В. В. Большаков

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, 152742, п. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия, victorb@ibiw.ru

Благодаря высокой пластичности на биохимическом и цитогенетическом уровнях организации *Chironomus plumosus* L., 1758, или мотыль, способен заселять самые разнообразные водоёмы. В период 2013–2020 гг. из Рыбинского водохранилища было собрано 1352 личинки, у которых обнаружено 17 инверсионных вариантов плеч хромосом, формирующих 145 различных комбинаций (кариотипов). Цитологические препараты давленных хромосом готовили по стандартной этил-орсеиновой методике. Для оценки цитогенетических расстояний использовали индекс Нэя. Цитогенетический анализ показал высокий уровень хромосомного полиморфизма, связанного, вероятно, с разнообразием условий обитания личинок. Рыбинское водохранилище является искусственным водоёмом, поэтому уровень воды в нём регулирован и зависит от потребностей населения в судоходстве и электроэнергии. Цитогенетические расстояния между популяциями из двух соседних водоёмов могут значительно превосходить географические. Питание водохранилища осуществляется множеством рек с разным качеством и составом воды. Исходя из этого видно, что условия обитания в водохранилище подвержены значительным изменениям в течение всего вегетационного сезона, в то же время они могут носить локальный характер. При сравнении с нашими предыдущими исследованиями, преобладающими инверсионными вариантами остаются pluB2 (от 79 до 100%) и pluC2 (от 17 до 100%). В виде сочетаний A1.1 B2.2 C1.2 D1.1 E1.2 F1.1, A1.1 B1.2 C1.2 D1.1 E1.2 F1.1, A1.1 B2.2 C1.2 D1.1 E1.1 F1.1, A1.1 B1.2 C1.1 D1.1 E1.1 F1.1 и A1.1 B2.2 C1.1 D1.1 E1.1 F1.1, они отмечены нами у 355 (26%) особей. Стандартная геномная комбинация A1.1 B1.1 C1.1 D1.1 E1.1 F1.1 за всё время встречена лишь у 9 (0,66%) особей. Обычными для изученной популяции остаются нестандартные, редкие для других водоёмов, последовательности pluA3, pluA4, pluB2, pluC2 и pluD2. Обнаружен высокий уровень гетерозиготности: в 1976 г – 1.06, 1991 – 1.54, и по нашим данным в 2013–2020 гг. от 1.9 до 5 гетерозигот на особь. При анализе цитогенетических расстояний мы подтвердили общую тенденцию к уменьшению внутривидовых различий в изучаемый период. Наибольшей изменчивостью обладают последовательности из плеч С, Е и F. Проверка частот на соответствие распределению Харди-Вайнберга показала значительные отклонения в плечах С, D, Е и F, в период 2017–2019 гг. идёт отбор гетерозигот pluE1.2. Распределение инверсий по акватории Рыбинского водохранилища неравномерно, в результате чего можно выделить четыре субпопуляции *Ch. plumosus*, расположенных в непосредственной близости друг от друга.

ИХТИОФАУНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ВОРОНА

Л. Е. Борисова

ФГБУ Государственный природный заповедник «Воронинский»,
р.п. Инжавино, Тамбовская обл., Россия, наука.zap@yandex.ru

Река Ворона – правый приток р. Хопёр (бассейн Дона). Большая часть среднего течения реки приходится на юго-восток Тамбовской обл., 58 км русла входит в состав заповедника «Воронинский». В настоящее время имеются сведения об обитании в бассейне Вороны в границах региона 1 вида миног и 42 видов рыб [названия даны по «Атласу пресноводных рыб России» (2002) с учётом последних таксономических и номенклатурных изменений]:

Видовой состав миног и рыб среднего течения р. Ворона

I. Сем. Petromyzontidae – 1. *Eudontomyzon mariae* (Berg, 1931).

II. Сем. Acipenseridae – 2. *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758.

III. Сем. Cyprinidae – 3. *Abramis ballerus* (Linnaeus, 1758); 4. *A. brama* (Linnaeus, 1758); 5. *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758); 6. *A. mento* (Heckel, 1837); 7. *Aspius aspius* (Linnaeus, 1758); 8. *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758); 9. *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758); 10. *C. gibelio* (Bloch, 1782); 11. *Chondrostoma variable* Jakowlew, 1870; 12. *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), 13. *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758; 14. *Gobio brevicirris* Fowler, 1976; 15. *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844), 16. *H. nobilis* (Richardson, 1845); 17. *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843); 18. *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758); 19. *Leuciscus danilewskii* (Kessler, 1877); 20. *L. idus* (Linnaeus, 1758); 21. *L. leuciscus* (Linnaeus, 1758); 22. *Pelecus cultratus* (Linnaeus, 1758); 23. *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782); 24. *Romanogobio albipinnatus* (Lukasch, 1933); 25. *Rutilus frisii* (Nordmann, 1840); 26. *R. rutilus* (Linnaeus, 1758); 27. *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758); 28. *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758); 29. *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758).

IV. Сем. Balitoridae – 30. *Barbatula barbatula* (Linnaeus, 1758).

V. Сем. Cobitidae – 31. *Cobitis melanoleuca* Nichols, 1925; 32. Полиплоидная форма щиповок рода *Cobitis* гибридного происхождения (ранее считалась как *C. taenia* Linnaeus, 1758); 33. *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758); 34. *Sabanejewia baltica* Witkowski, 1994.

VI. Сем. Siluridae – 35. *Silurus glanis* Linnaeus, 1758.

VII. Сем. Esocidae – 36. *Esox lucius* Linnaeus, 1758.

VIII. Сем. Lotidae – 37. *Lota lota* (Linnaeus, 1758).

IX. Сем. Percidae – 38. *Gymnocephalus acerina* (Güldenstädt, 1774); 39. *G. cernua* (Linnaeus, 1758); 40. *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758; 41. *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758).

X. Сем. Odontobutidae – 42. *Perccottus glenii* Dybowski, 1877.

XI. Сем. Gobiidae – 43. *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814).

Ядро ихтиофауны составляет семейство Cyprinidae – 27 видов (63%). Наиболее обычными видами являются *Alburnus alburnus*, *Carassius gibelio*, *Esox lucius*, *Perca fluviatilis*, *Rutilus rutilus*. В список ихтиофауны вошли 3 полупроходных вида, заходящих в р. Ворона во время нерестового хода, – *Abramis ballerus*, *Alburnus mento* и *Rutilus frisii*, а также 3 интродуцента, которые являются объектами аквакультуры, – *Ctenopharyngodon idella*, *Hypophthalmichthys molitrix* и *H. nobilis*. Самовселенец *Perccottus glenii* к настоящему времени распространился широко и стал полноправным членом местного ихтиоценоза.

Охранный статус имеют 11 видов: *Eudontomyzon mariae*, *Acipenser ruthenus*, *Alburnus mento*, *Rutilus frisii* занесены в Красную книгу РФ (2001), *Abramis ballerus*, *Chondrostoma variable*, *Pelecus cultratus*, *Romanogobio albipinnatus*, *Vimba vimba*, *Gymnocephalus acerina*, *Neogobius fluviatilis* – в Красную книгу Тамбовской области (2012). *Acipenser ruthenus* (аборигенная популяция) в регионе имеет статус «вероятно исчезнувшего вида», в 2015–2017 гг. для восстановления популяции в рр. Цна и Ворона было выпущено 700 тыс. шт. подрощенной молоди. *Rutilus frisii* нет в списке охраняемых видов позвоночных животных Тамбовской области, т.к. первая регистрация вида (2013 г., р. Ворона на территории заповедника «Воронинский») произошла после выхода 2-го издания региональной Красной книги (2012).

ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ОСНОВНЫХ КАТИОНОВ ПРИРОДНЫХ ВОД НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Е. В. Борисовская

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, 152742, п. Борок, 109,
Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия, boris@ibiw.ru

Было изучено поглощение четырех катионов природных вод (К, Na, Ca, Mg) семью видами пресноводных водорослей – *Chlorella vulgaris*, *Cladophora* sp., *Spirogyra* sp., *Mougeotia* sp., *Vaucheria* sp., *Sphaeronostoc* sp. О работе транспортных механизмов судили по изменению концентрации ионов в растворе после инкубации растений одного вида в различных разведениях природной воды, а также в дистиллированной воде. Рассчитывали показатели ионного обмена: V_0 (мкмоль/(г·ч)) – скорость общей потери ионов в дистиллированной воде, V_{max} (мкмоль/(г·ч)) – максимальную скорость поглощения ионов, C_b (мкмоль/л) – концентрацию ионного баланса.

Исследованные виды водорослей интенсивно поглощали исследованные ионы (V_{max} : Ca – 5.83 ± 1.82 , Mg – 4.11 ± 0.72 , Na – 1.12 ± 0.4 , K – 0.91 ± 0.41 (мкмоль/(г·ч)) и имеют высокие потери этих катионов (V_0 : Ca – 1.12 ± 0.24 , Mg – 0.45 ± 0.11 , Na – 0.83 ± 0.19 и K – 1.22 ± 0.18 (мкмоль/(г·ч)). Такие потери катионов водорослями, вероятно, компенсируются высокой скоростью их поглощения. Водоросли имеют хорошо развитые системы ионного обмена и отличаются очень интенсивным поглощением исследованных ионов.

Все изученные виды интенсивно поглощали ионы магния и натрия. По тому, какой ион калия или кальция поглощался с большей скоростью, изученные виды водорослей разделили на 3 группы: 1 – оба иона поглощаются хорошо (*Chlorella* и *Sphaeronostoc*), 2 – хорошо поглощается только кальций (*Mougeotia* sp. 1 и *Cladophora*, 3 – хорошо поглощается только калий *Mougeotia* sp. 2.

Отмечено отличие прокариотного вида *Sphaeronostoc* (Cyanobacteria) от других изученных видов относящихся к эукариотным водорослям. Все изученные виды эукариотных водорослей теряют ионы кальция в среде с минимальной концентрацией этого иона. У *Sphaeronostoc* sp., напротив, потери кальция в этом случае незначительны. Потери других ионов у этого вида так же невысоки. Отчасти малые потери ионов у *Sphaeronostoc* sp. можно объяснить формой колоний, где отдельные нити контактируют с внешней средой лишь небольшой частью своей поверхности. Так же, значение имеет наличие слизистой оболочки, характерной для Cyanobacteria, которая также выполняет защитную функцию. Однако, отсутствие потерь кальция у *Sphaeronostoc* sp. не может быть полностью объяснено затрудненным за счет формы колонии доступом ионов во внешнюю среду. Концентрация ионного баланса кальция у этого вида очень мала ($C_b = 0.5 \pm 0.10$ мкмоль/л), а малое значение этого показателя, наряду с низкими потерями иона говорит о приспособленности организма к жизни в среде с низким содержанием данного иона. Однако отсутствие потерь иона говорит, также о важной физиологической роли этого иона в организме, его необходимости для поддержания жизнедеятельности. Эукариотные водоросли имеют значительные потери основных катионов (кальция от 0.03 ± 0.01 мкмоль/(г·ч) у *Spirogira* sp. до 0.84 ± 0.53 мкмоль/(г·ч) у *Chladophora* sp.), что, вероятно, компенсируется высокой скоростью поглощения этих катионов (кальция от 0.83 ± 0.16 мкмоль/(г·ч) у *Spirogira* sp. до 15.31 ± 8.77 мкмоль/(г·ч) у *Chladophora* sp.). Подобная компенсация потерь позволяет водорослям жить в пресных маломинерализованных водах. Такой вид приспособления отличается от характерного для мхов и покрытосеменных растений, у которых приспособление к среде с пониженной минерализацией происходит за счет снижения проницаемости покровов.

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ВИДА ГЕТЕРОЛОБОЗНЫХ АМЕБ

А. С. Бородина^{1,2}, А. П. Мыльников¹, Д. В. Тихоненков¹

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, 152742, п. Борок, 109,
Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

²Воронежский государственный университет, 394018, Университетская площадь, 1,
Воронеж, Россия, asborodina@ibiw.ru

Heterolobosea (Page and Blanton, 1985) – относительно небольшая группа протистов, принадлежащая к Discoba и объединяющая гетеротрофных амебофлагеллят, амеб, жгутиконосцев и некоторых слизевиков (Acrasidae). Типичными представителями таксона являются амебофлагелляты, которые чередуют амебоидную и жгутиковую стадии в течение жизненного цикла. Наиболее хорошо изучен род *Naegleria*, поскольку *N. fowleri* является смертельно опасным паразитом человека (Visvesvara et al., 2007), а *N. gruberi* является модельным организмом в исследовании сборки жгутикового аппарата (Lee, 2010). Однако другие представители Heterolobosea были исследованы в значительно меньшей мере или не описаны вообще, несмотря на их широкое экологическое и морфологическое разнообразие.

Нами был выделен и исследован клон Va-1, который является представителем семейства Vahlkampfiidae. и происходит из литорали небольшого пруда близ поселка Борок (Ярославская область, Россия). Мы изучили внешнюю морфологию Va-1 с использованием методов световой микроскопии, а также провели электронно-микроскопические исследования найденного организма.

С использованием методов молекулярной филогении (MrBayes, IQ-tree) было установлено филогенетическое положение обнаруженного клона, что позволило уточнить родственные связи внутри Heterolobosea и расширить видовой состав семейства Vahlkampfiidae. В результате анализа по гену 18S рРНК было выявлено, что клон Va-1 формирует кладу с *Parafumarolamoeba alta* (Geisen et al., 2015), некоторыми природными сиквенсами, а также двумя последовательностями MW441243.1 и KC218483.1, аннотированными в базе данных NCBI GenBank как *Chlorella* sp, с поддержкой 1/93.

По гену ITS изучаемый клон группируется с сиквенсом MN832495.1 (1/100), аннотированным в NCBI GenBank как *Clorosarcinopsis eremi* и образует сестринскую ветвь с поддержкой 0,89/90 с *Fumarolamoeba*_sp. (MT109104), Heterolobosea sp. (FR719837), *Parafumarolamoeba alta* (KF547913), *Chlorosarcinopsis eremi* (KM114872), *Synechococcus lividus* (KX180162).

Последовательности MW441243.1 и KC218483.1 по 18S рРНК и MN832495.1 по гену ITS принадлежат представителям Archaeplastida и, по всей видимости, не верно аннотированы в базе GenBank NCBI.

Проведенные морфологические и молекулярные исследования позволяют рассматривать изучаемый амебоидный организм как новый вид рода *Parafumarolamoeba* семейства Vahlkampfiidae.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 18-14-00239П.

ФЕНОМЕН СМЕЩЕНИЯ ПРОФИЛЯ ТОКСИНОВ МИКРОМИЦЕТОВ В БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЯХ ИЗ ШТОРМОВЫХ ВЫБРОСОВ

А. А. Буркин, Г. П. Кононенко

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко», 123022 Звенигородское шоссе, Москва, Россия, vniivshe@mail.ru

Недавно методом иммуноферментного анализа в живых талломах бурых водорослей семейств Fucaceae и Chordariaceae были впервые выявлены метаболиты, свойственные токсигенным видам микромицетов родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Myrothecium*, *Cladosporium*, и показано их отсутствие у отдельных представителей Laminariaceae и Chordaceae (Буркин и др., 2020, 2021). Используя тот же аналитический прием, в одном экотопе Кандалакшского залива Белого моря (о-в Крестовый 66°31' N 33°11' E) проведена сравнительная микотоксикологическая оценка водорослей *Fucus vesiculosus* Linnaeus, *F. serratus* Linnaeus, *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis и *Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl & G.W. Saunders, как снятых с субстрата во время отлива, так и отобранных из валков штормовых выбросов у верхней границы литорали. Среди определяемых микотоксинов были Т-2 токсин (Т-2), диацетоксисцирпенол (ДАС), дезоксиниваленол (ДОН), зеараленон (ЗЕН), фумонизины группы В (ФУМ), альтернариол (АОЛ), охратоксин А (ОА), цитринин (ЦИТ), стеригматоцистин (СТЕ), афлатоксин В₁ (АВ₁), циклопиазоновая кислота (ЦПК), микофеноловая кислота (МФК), эргоалкалоиды (ЭА), эмодин (ЭМО), PR-токсин (PR) и роридин А (РОА). Данные по живым талломам полностью соответствовали полученным ранее. Так, у *F. vesiculosus*, *F. serratus* и *Ascophyllum nodosum* регулярно обнаруживались все микотоксины, тогда как у *Saccharina latissima* они отсутствовали. В талломах из выбросов, которые полностью сохранили структуру и не имели каких-либо внешних признаков гниения, профиль микотоксинов претерпел значительные изменения. У фукусовых резко и единообразно понизились их содержание и частота выявления – у *F. vesiculosus* и *F. serratus* вплоть до 8% и 15%, для *A. nodosum* по 13 показателям был получен отрицательный результат, а АОЛ, МФК и ЭА удалось обнаружить частично у пределов определения метода. У *Saccharina latissima* при сохранении общего «нулевого фона» в части образцов были детектированы МФК и ЭМО, свойственные микромицетам родов *Penicillium*, *Aspergillus* и ряда других (Weidenböner, 2001; Izhaki, 2002).

Смещение профиля микотоксинов при длительном пребывании водорослей вне условий типичного обитания является новым научным фактом. Такой эффект может быть результатом внутренней перестройки биохимической системы организма из-за стрессового отчуждения или следствием вторичного заселения бактериями и грибами, способными разрушать эндогенный комплекс микотоксинов. За последние десятилетия на этом участке Белого моря в донных и литоральных грунтах и талломах водорослей-макрофитов обнаружено более 300 видов грибов и грибоподобных организмов, а в перезимовавших остатках галофитов из зоны выбросов – 18 морфотипов грибов и новые морские виды (Бубнова и др., 2014; Бубнова, 2016).

Дальнейшее изучение сообществ микроорганизмов, активно влияющих на метаболический статус морских организмов, представляет значительный интерес для понимания общих механизмов ответных реакций на биотические и абиотические воздействия. Понижение содержания микотоксинов в фукусовых водорослях из штормовых выбросов, несомненно, заслуживает внимания и с практической точки зрения, поскольку открывает путь к поиску микроорганизмов, способных трансформировать эти вещества и перспективных в кормопроизводстве для снижения рисков интоксикаций животных. Кроме того, штормовые выбросы традиционно используются местным населением в качестве удобрений для повышения плодородия почв, и факт снижения их контаминации в естественных условиях следует расценивать как положительный.

МНОГОЛЕТНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ

В. В. Вежновец

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», 220072, Академическая 27, Минск, Республика Беларусь, vezhn47@mail.ru

Многолетние наблюдения на озерах Беларуси проводятся нами с 1972 года с целью мониторинга изменений в сообществах и популяциях отдельных индикаторных видов. Так как в озерах страны сохранились реликтовые ракообразные, прежде всего, проводится мониторинг популяций этих видов, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. К редким и охраняемым видам водных беспозвоночных животных фауны Беларуси относятся: длиннохвостый лимнокалянус (*Limnocalanus macrurus* Sars, 1863), озерная эвритемора (*Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887), реликтовая мизида (*Mysis relicta* Loven, 1863), родственная понтопорея (*Monoporeia affinis* Lindstrom, 1885), бокоплав Палласа (*Pallasiola quadrispinosa* Sars, 1867). Перечисленные виды населяют мезотрофные озера с максимальной глубиной 27–51 метр и прозрачностью от 3 до 8 метров в летнее время. Оптимальные температурные условия для большинства этих видов в пределах 4.5–7°C, что позволяет их отнести к глубоководной холодолюбивой фауне, при содержании кислорода не менее 2 мг/л.

В результате установлено, что для большинства указанных видов за это время местобитания сохранились. Однако, лимнокалянус выпал из фауны 4-х озер: Кривое, Бобыно, Снуды и Струсто. Причиной исчезновения стало эвтрофирование и загрязнение этих озерных экосистем. На примере этого вида было детально рассмотрено влияние подогрева во время работы Игналинской АЭС на реликтовую фауну и последующее восстановление популяций после снятия тепловой нагрузки (Vezhnavets et al., 2014).

Анализ многолетних изменений численности показал, что в разные периоды наблюдений численность менялась в зависимости от разных факторов. Наибольшая антропогенная нагрузка на озера была в конце 70-х и в 80-е годы прошлого столетия, при интенсивном применении на водосборах минеральных удобрений при сельхозпроизводстве. Это отразилось прежде всего на снижении прозрачности и содержании кислорода в гиполимнионе. В это же время некоторые из видов выпали из состава фауны озер. Начиная с 90-х на фоне межгодовых колебаний наблюдалась относительная стабильность численности. При этом, в исследуемых озерах идет постепенный рост поверхностной температуры в летнюю межень, а в некоторых и прозрачности. Этот период характеризуется снижением хозяйственной деятельности на водосборах и усилением природоохранных мероприятий. В это же время происходила колонизация озерных экосистем чужеродным видом моллюсков *Dreissena polymorpha* Pallas, 1771. Развитие этого средообразующего вида привело к увеличению прозрачности и даже перестройке потоков вещества и энергии (бентификация).

В последние 15 лет начали фиксироваться случаи резкого снижения численности реликтов в результате изменения климата и потепления (Вежновец, Семенченко, 2011). В результате повышения температуры выше 25°C значительно ускорились процессы продуцирования органического вещества в эуфотном слое и эпилимнионе, в результате разложения которого в нижележащих слоях воды снижается концентрация кислорода и создаются неблагоприятные условия для выживания и размножения. При этом, продолжительность вегетационного периода выросла, что приводит к полному потреблению кислорода в гиполимнионе еще до начала осеннего перемешивания даже в мезотрофных озерах.

Таким образом, в настоящее время к обычным угрозам для биоразнообразия водной фауны эвтрофированию и загрязнению в озерах средней полосы добавляется и изменение климата или повышение температуры до экстремальных значений.

ВЫСОКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ ЛИЧИНОК КОМАРОВ (DIPTERA: CULICIDAE) В МИКРОВОДОЁМАХ ТРОПИЧЕСКОГО МУССОННОГО ЛЕСА

Д. Д. Виноградов, А. В. Тиунов, А. Ю. Синёв

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Ленинский проспект, 33, Москва, Россия
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Ленинские горы, 1, стр. 12, Москва, Россия, vdd98@list.ru

В лесных микроводоёмах различной природы развиваются личинки комаров – переносчиков опасных заболеваний человека, например лихорадки денге и жёлтой лихорадки. В связи с этим изучение трофических связей в населяющих микроводоёмы сообществах важно не только в фундаментальном отношении, но и для разработки экологических методов борьбы с опасными комарами.

В этой работе изучались сообщества временных водоёмов в муссонном тропическом лесу в национальном парке Каттъян в южном Вьетнаме. Рассматривались водоёмы трёх типов: естественные (фитотельматы, образованные в затопленных дуплах деревьев), искусственные (вкопанные в землю вёдра – ловушки для амфибий) и экспериментальные (заполненные водой пластмассовые и бамбуковые контейнеры, размещённые нами в кроне леса). Описано население 13 дупел, 6 вёдер и 47 экспериментальных водоёмов. Выявлено 44 вида из 25 семейств животных, в том числе 11 морфовидов личинок кровососущих комаров (Culicidae). Состав фаун водоёмов трёх типов (дупел, вёдер, экспериментальных) достоверно различается, о чём свидетельствует дискриминантный анализ. Различия между типами сообществ связаны с разницей в относительном обилии ряда видов, в том числе кулицид и трясинок. Экспериментально показано, что в пологе леса комары и другие двукрылые способны заселять микроводоёмы на всех высотах от 0 до 30 метров, хотя обилие животных в водоёмах имеет тенденцию снижаться по мере увеличения высоты.

Трофическая структура сообществ дупел и вёдер исследована с помощью изотопного анализа (определения соотношений $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$). Выявлен широкий диапазон величин $\delta^{13}\text{C}$ в тканях животных, отражающий разнообразие пищевых ресурсов. В обоих типах сообществ наблюдаются признаки питания кулицид и других животных детритом и бактериями азотного цикла, а в «дуплах» также бактериями-метанотрофами. Одни и те же виды кулицид в разных водоёмах способны осваивать очень разные источники питания и занимать разнообразные трофические позиции, хотя ширина трофических ниш кулицид в каждом конкретном водоёме не превосходит ширину трофических ниш других массовых животных. Высокая пластичность пищевого поведения личинок комаров может быть ключевым фактором, определяющим успех освоения ими разнообразных микроводоёмов.

В изученных водоёмах обнаружены организмы, питающиеся личинками комаров: плавуны, головастики и личинки стрекоз в вёдрах, водолюбы – в дуплах.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ УНИКАЛЬНЫХ ОЗЕР НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Л. Воденеева^{1,2}, П. В. Куликин¹, Н. А. Старцева¹, Е. М. Шарагина¹, Д. А. Журова¹,
А. Г. Охапкин¹

¹Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603950,
пр. Гагарина, 23, Нижний Новгород, Россия

²Нижегородский филиал ФГБНУ «ВНИРО», 603116 Московское шоссе, 31, Нижний
Новгород, Россия, vodeneeva@mail.ru

Проведена оценка экологического состояния уникальных карстовых озер Нижегородского Поволжья – оз. Ключик и оз. Светлояр по альгологическим показателям. Озеро Ключик – солоновато-водный сульфатный водоем, расположен в правобережье Волги, является уникальным в плане источника питания и наличия четкого экотона (характеризуется сменой цвета воды от голубого в глубоководной западной части до зеленоватого в мелководной восточной). Озеро Светлояр расположено в низинном волжском левобережье, характеризуется большими глубинами и высокой прозрачностью, имеет историко-этнографическое значение. Оба водоема относятся к особо охраняемым природным территориям, испытывают заметную рекреационную нагрузку.

Альгологические исследования в оз. Светлояр проводились в период с 2000–2002 и 2010–2012 гг. (одна станция в центральной части озера), в оз. Ключик – в 2017 и 2020 гг. (было установлено 5 станций с учетом гетерогенности условий). Оценка экологического состояния проводили с применением функциональной классификации фитопланктона и расчета индекса сообщества Q, а также с использованием системы сапробных организмов.

В озере Ключик выделено 13 функциональных групп фитопланктона с преобладанием кодонов В, ТВ, D и L0. В глубоководной части озера качество вод находилось в пределах «хорошего» и «высокого» класса (значения индекса Q варьировали от 3.85 до 4.49), из кодона ТВ преобладали виды родов *Navicula* и *Pinnularia*, кодона В – редкий для бассейна Волги вид *Cyclotella distinguenda* Hustedt., из кодона D – *Ulnaria* spp. В зоне экотона, где отмечалось монодоминирование *C. distinguenda*, «высокий» класс качества воды сохранялся. В мелководной части водоема, где доминировали фитофлагелляты из кодона L0 (*Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin), происходило снижение значений индексов Q с «высокого» класса (4.76) до «хорошего» (3,13), а показателя экологического состояния EQR – до «умеренного» (0.62). Степень органического загрязнения по акватории озера менялась незначительно, показатели индекса сапробности, рассчитанные по численности (S_N) и биомассе (S_B), варьировали от 1.52 до 1.64 и от 1.53 до 1.75 соответственно, качество воды оценивалось II–III классом («чистые», «умеренно загрязненные»).

В оз. Светлояр отмечено 23 кодона фитопланктона, из них наибольшую частоту встречаемости имели функциональные группы W2, X3, X2, F, M, L0, LM, G, J, B, E, U, H1. Средние значения индекса Q в 2000–2002 гг. и в 2011 г. варьировали от 2.15 до 3.00, качество воды водоема оценивалось как «удовлетворительное». В сезонном аспекте чаще отмечалось ухудшение экологического состояния в летние месяцы и его нормализация в период холодных температур. При выраженном антициклональном типе погоды (2010 г.) вследствие цианопрокариотного «цветения» воды видами рода *Dolichospermum* из кодона H1 происходило уменьшение средних за вегетационный период значений Q до 1,02 и снижение качества воды до «низкого» класса. По результатам сапробиологического анализа (S_N от 1.85 до 1.97; S_B от 1.57 до 1.89) качество воды оз. Светлояр во все годы исследования находилось в пределах III класса («умеренно загрязненные») β-мезосапробной зоны, что не всегда соответствовало истинному экологическому состоянию водоема.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 20-04-01005А.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ СТЕРЛЯДИ ИЗ РЕК ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА

Г. И. Волосников^{1,2}, О. Н. Жигилева¹, А. В. Воробьева¹, А.А. Стафеева¹

¹Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, Россия

²Тюменский государственный университет, 625003 Тюмень, Россия, g-volosnikov@mail.ru

Стерлядь *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 – представитель семейства осетровые (Acipenseridae), имеющий широкий ареал распространения. В Обь-Иртышском бассейне вид встречается от Черного Иртыша в Китае, рек Бия и Катунь до Обской губы. В бассейне Оби стерлядь утратила промысловое значение из-за критического снижения численности. В бассейне Нижнего Иртыша этот вид также находится в критическом состоянии. Стерлядь способна образовывать четко выраженные популяционные группировки, которые могут различаться по морфологическим, экологическим и территориально-географическим особенностям. Эти группировки могут иметь разный статус с точки зрения охраны и использования ресурсов этого вида. Цель данной работы – оценка генетического полиморфизма и выявление популяционных группировок стерляди в нижнем течении реки Иртыш и среднем течении реки Обь.

Материалом для исследования служили рыбы, отловленные в нижнем течении реки Иртыш в пределах Тобольского, Уватского районов Тюменской области и среднем течении реки Обь (протока Юганская Обь) ХМАО-Югры. Всего изучено 103 экземпляра стерляди *A. ruthenus*, в том числе, в научно-контрольных целях добыто 13 экземпляров в устье р. Конда, 22 особи – в устье р. Тобол, 24 и 14 особей выловлены в акватории р. Иртыш вблизи пос. Сузгун и в пределах Уватского района соответственно. Также использовано 30 экземпляров стерляди, выловленных в реке Обь и предоставленных для судебной ихтиологической экспертизы органами ЛО МВД России на транспорте Тюменской области.

Генетическую изменчивость изучали методом ISSR-PCR – полимеразной цепной реакции, использующей для отжига праймеров микросателлитные участки ДНК. В данной работе использованы праймеры: (AG)₈C (UBC808), (AG)₈G (UBC809), (AG)₈T (UBC807) и (TC)₈C (UBC823).

Методом ISSR-PCR у стерляди был изучен 51 бэнд. Показатели полиморфизма ISSR маркеров стерляди для изученного участка бассейна р. Иртыш были довольно высокими. Доля полиморфных бэндов составила 96%, генетическое разнообразие – 0.30. Однако в отдельных выборках показатели полиморфизма были в 1.5 раза ниже, варьируя в пределах 62–68% и 0.23–0.27, соответственно. Более северные выборки из устья р. Конды и р. Иртыш характеризовались более низкими показателями изменчивости, а наиболее высокий уровень полиморфизма наблюдался в выборке из устья р. Тобол. Выборка стерляди из р. Тобол также характеризовалась наибольшей генетической дистанцией от других выборок. Она может рассматриваться как отдельная субпопуляция и природоохранная единица. У стерляди из р. Обь показатели изменчивости составили: полиморфность 85.4%, средняя гетерозиготность – 0.29.

Полученные нами данные по полиморфизму ISSR маркеров стерляди согласуются с результатами, полученными для естественных и искусственно воспроизводимых популяций этого вида из других регионов. В частности, по данным А.Р. Пелеевой с соавторами (2018), у *A. ruthenus* из р. Сухона в Вологодской области и среднего течения р. Кама Пермского края доля полиморфных локусов составила 0.910, ожидаемая гетерозиготность 0.296. Л.В. Комарова с соавторами (2018) выявили у *A. ruthenus* из рек Кама, Обь и Вятка долю полиморфных локусов 0.938, причем наибольшие показатели генетического разнообразия были обнаружены в популяции стерляди р. Вятка ($P = 0.876$; $h = 0.232$), а наименьшие – в популяции р. Обь ($P = 0.634$; $h = 0.100$).

СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА РЕКИ БАДЖАЛ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Л. В. Воробьева¹, Е. С. Чертопруд²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, ул. Верхняя Красносельская, 17, 107140, Москва, Россия, vorobjeva.lada@yandex.ru

²Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 119234, Ленинские Горы, 1, ст. 12, Москва, Россия

²Институт экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, 119071, Ленинский проспект, 33, Москва, Россия, horsax@yandex.ru

Большой интерес в мире вызывает изучение закономерностей распределения сообществ пресноводных беспозвоночных с использованием математических методов анализа данных и выявление наиболее значимых для формирования этих закономерностей факторов среды. Цель работы: описание структуры донных комплексов беспозвоночных реки Баджал (Хабаровский край) и регулирующих ее факторов среды.

Методика. Отбор проб производили на реке Баджал и в устьях ее притоков (заказник Баджальский) в период с 6 по 13 августа 2018 г. Параллельно измеряли следующие факторы: высота над уровнем моря, м; температура воды; ширина русла; глубина в точке отбора проб, м; минерализация (PPM), кислотность (pH), скорость течения, м/с. Были выделены следующие субстраты: крупные камни (размером 10×15 см), галька (размером 3–6 см), мягкие грунты (песок, детрит) и затопленные коряги. Всего отобрано 35 проб. Математическую обработку данных проводили с использованием программ PRIMER 7 и PAST 4.06b.

Результаты. Всего было обнаружено 87 таксонов беспозвоночных ранга рода и вида и два таксона ранга семейства (мошки Simuliidae, олигохеты Enchytraeidae), из них 86 таксонов были представлены насекомыми и только три – олигохетами.

Согласно анализу DistLM, наибольший процент различий таксономического состава между пробами объясняется факторами субстрата (21.7%), скорости течения (19.8%) и ширины русла (5.2%), в совокупности эти три фактора объясняют 46.7% различий в выборке проб. С помощью иерархического кластерного анализа методом средней связи выявлено три статистически достоверных группы проб с уровнем группового сходства около 20%. Достоверность выделения групп проверяли методом SIMPROF, также наличие неперекрывающихся кластеров подтверждено диаграммами канонического анализа главных координат (CAP) и неметрического многомерного шкалирования (NMDS). Для каждой выделенной группы проб с помощью анализа IndVal выявлены статистически достоверные индикаторные таксоны с индикаторной ценностью выше 45%. Экологические и таксономические характеристики видовых комплексов приведены ниже.

1) Стрежневые участки реки с быстрым течением (субстрат – крупные камни, средняя скорость течения – 1.2 м/с, средняя глубина – 0.47 м). Индикаторные таксоны: поденки семейства Neptageniidae (*Epeorus (Belovius) sp.*, *Epeorus maculatus* (Tschernova, 1949), *Rhitrogena (Cinygmula) putoranica* Kluge, 1980); мошки сем. Simuliidae.

2) Твердые субстраты прибрежных мелководных участков и протоков с невысокой скоростью течения (субстрат – крупные камнями, галька и коряги, средняя скорость течения – 0.15 м/с, средняя глубина 0.21 м. Индикаторные таксоны: плавающие поденки *Ameletus sp.*; веснянки *Mesocarpnia sp.* и *Suwallia sp.*

3) Мягкие субстраты (песок, детрит), со средней скоростью течения 0.03 м/с и средней глубиной 0.37. Индикаторные таксоны: роющие личинки двукрылых семейств Tipulidae *Tipula salisetorum* (Siebke, 1870) и Chironomidae *Hydrobaenus sp.*, *Micropsectra nakaokii* Sasa, Kawai & Ueno, 1988; плавающие личинки поденок *Siphonurus sp.*

Выявленная структура видовых комплексов и их распределение между речными биотопами дополняют представления о донных биоценозах региона.

Авторы приносят благодарность сотрудникам ФГБУ «Заповедное Приамурье» и его филиала «Комсомольский» за помощь в организации экспедиционных работ.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА, МЕЙО- И МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕР И ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ПРУДОВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ЛЕНА

Л. В. Воробьева¹, А. А. Новичкова², С. В. Крыленко², Е. С. Чертопруд^{2,3}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 107140, ул. Верхняя Красносельская, 17, Москва Россия, vorobjeva.lada@yandex.ru

²Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 119234, Ленинские Горы, 1, ст. 12, Москва, Россия, anna.hydro@gmail.com, krylenkoserg@mail.ru

³Институт экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, 119071, Ленинский проспект, 33, Москва, Россия, horsax@yandex.ru

Анализ водных сообществ арктических водоемов является приоритетным направлением мониторинга таяния ледников и глобальных изменений климата. В данной работе выполнен сравнительный анализ факторной регуляции формирования сообществ разных экологических (планктон, бентос) и размерных (мейо- и макрозообентос) групп организмов, на примере, малых водоемов дельты реки Лена.

Методика. Отбор проб выполнен на острове Курунгнах в южной части дельты реки Лена. Зоопланктон и мейобентос отбирали в августе 2017 и июле 2020 гг., а макрозообентос – в июле 2020 г. Всего отобрано по 33 комплексных количественных пробы зоопланктона и мейобентоса, а также 17 проб макрозообентоса, охватывающие все доступные биотопы в изучаемых водоемах. Параллельно измеряли гидрохимические характеристики и температуру воды, определяли состав макрофитов, тип грунта, глубину залегания вечной мерзлоты, уровень речной террасы и общие гидрологические характеристики. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы PRIMER 7.

Результаты. В планктоне водоемов найдено 43 таксона ракообразных: Cladocera (18 видов), Copepoda (21), Ostracoda (не определены), Anomopoda (2) и Amphipoda (1). В мейобентосе отмечено 40 таксонов: Cladocera (11 видов), Copepoda (28 из них 18 отряда Harpacticoida) и Ostracoda (не определены). Макрозообентос включал 53 таксона: Annelida (7 видов), Mollusca (2), Acari (1), Crustacea (6) и Insecta (37). Из обнаруженных видов 48 (из них 40 видов Arthropoda) отмечены впервые для дельты реки Лена.

Анализ DistLM показал, что видовое богатство и численность планктонных и мейобентосных ракообразных (Cladocera и Copepoda) значительно зависело от года исследований. Этот фактор определил 27% вариаций для планктонных Cladocera, 16% для негарпактикоидных Copepoda и только 6% для мейобентосных Harpacticoida. Для Cladocera были значимы также температура и pH воды, определяющие по 9% вариаций характеристик группы каждый. Для негарпактикоидных Copepoda была выше роль гидрохимических характеристик воды (pH 16% и минерализация 12%). Для мейобентосных Harpacticoida наиболее значим состав макрофитов (37%). У макрозообентоса наибольший вклад в изменчивость видового богатства и обилия вносили pH (33%) и тип грунта (15.5%).

Таким образом, для арктического планктона наибольшее значение имеет температура воды, варьирующая в межгодовом аспекте, а также кислотность и минерализация, связанные с гидрологическим типом и возрастом водоема. Для бентосной фауны, в первую очередь важен характер субстрата, макрофиты и гидрохимические параметры. Отличие в регуляции сообществ мейо- и макрофауны заключается в большем значении состава макрофитов для первой, а pH для второй. Избирательностью питания Harpacticoida на разных растениях и типах детрита, обуславливает их тесную связь с фитоценозом водоема. Значения pH наиболее низки в промерзающих до дна мелководных полигональных прудах, что является критичным для ряда таксонов макрозообентоса, но не значительно для гарпактикоид, способных вмерзнуть в лед и образовывать покоящиеся яйца.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 20-04-00145-а. Авторы приносят благодарность сотрудникам ГПЗ «Усть-Ленский» за помощь в организации экспедиционных работ.

МИКОБИОТА МАКРОФИТОВ В ОЗЕРАХ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. В. Воронин

Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского
150000, ул. Республиканская, 108/1, Ярославль, Россия, voroninfungi@mail.ru

Во всех гидрозкосистемах присутствуют грибы и грибоподобные организмы, однако их распространение, видовое разнообразие, место и роль в пищевых цепях (сетях) исследуются в очень малом числе комплексных исследований гидробиологов. Микобиота связана с различными живыми и мертвыми компонентами экосистем, прежде всего с водорослями и макрофитами. На озерах макрофиты образуют порой значительные по площади и биомассе фитоценозы, которые богаты микобиотой. Мы занимаемся исследованием видового состава, численности, сезонности грибов и грибоподобных организмов на погруженных в воду частях макрофитов. В последнее время такие исследования были проведены в основном на *Phragmites australis* и *Typha latifolia* в озере Плещеево, а также в озере Мостецкое Ярославского района и озере в Заволжском районе г. Ярославля, у пересечения улиц Сахарова и Красноборская.

Колонизация погруженных листьев и стеблей тростника происходит медленно. На большинстве листьев и стеблей в сентябре выявляется только стерильный мицелий, максимум на 12% образцов наблюдается рост и спороношение терригенных видов родов *Cladosporium*, *Alternaria*. Вероятно, заселение субстрата этими сапротрофами происходит еще в воздушной среде, и в большинстве случаев они снижают свою активность при попадании в другую среду. Анализ образцов отмерших полеглих растений в наземных условиях на берегу озера показал большое сходство микобиоты с таковой в водной среде. Еще меньше в воде была заселенность фрагментов рогоза. О деструкции тростника и рогоза в воздушной среде свидетельствует наличие на их фрагментах опустевших пикнид целомицетов, перитециев и аскостром аскомицетов. При понижении температуры воды на тростнике, преимущественно на стеблях, выявлены различные виды оомицетов (*Saprolegnia unispора*, *S. ferax*, *S. eccentrica*) на 2–38% образцов. Отсутствие водных гифомицетов – наиболее распространенных сапротрофов на листовом опаде в текущих водах и на плейстофитах и листовом опаде в олиготрофных и дистрофных озерах – соответствует мезотрофному и эвтрофному статусу исследуемых озер.

В ноябре–декабре и весной на перезимовавших в озерах фрагментах макрофитов выявлено развитие и спороношение грибов, адаптированных к водной среде, правда, с небольшой частотой встречаемости. Это дискомицет *Hymenoscyphus splendens*, анаморфные виды *Dactylaria longidentata*, *Mirandina taiwensis*, некоторые целомицеты. Весной и следующим летом на погруженных фрагментах макрофитов активно растут и образуют споры, виды, отмеченные нами еще осенью, *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Stagonospora elegans* и другие. Видимо, данные штаммы этих терригенных видов адаптированы к водной среде обитания. Кроме них на перезимовавших в озере Плещеево листьях тростника выявлены терригенные виды, не отмечавшиеся осенью, например, в значительном количестве *Acremonium charticola*, что позволяет судить о заселении в воде адаптированными к условиям штаммами терригенных видов.

Отдельно следует упомянуть виды аскомицетов *Leptosphaeria graminis*, *L. culmifraga*, *L. lycopodina*, которые образовывали перитеции и аскоспоры либо поздней осенью, либо весной. Эти грибы имеют достаточно длительный цикл развития, и отмечались другими исследователями. Их вместе с указанными выше терригенными видами следует отнести к группе мигрантов по классификации гетеротрофных микроорганизмов Д. Парка.

Встречаемость видов, степень заселения субстратов, структура и сукцессия комплексов грибов зависят от трофического статуса водоема, его проточности, географической широты и особенностей химического состава субстрата.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ОЧАГА ОПИСТОРХИДОЗА

В. Н. Воронин, Т. М. Кудрявцева

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной
медицины», 196084, ул. Черниговская, 5, Санкт-Петербург, Россия, ynvoronin@mail.ru

После установления в 2015 году очага описторхоза в Северо-Восточной части Финского залива Ленинградской области (Воронин и др., 2017), в 2018 году был выявлен второй очаг в озере Ильмень Новгородской области (Кудрявцева, 2018). В обоих случаях в рыбах паразитировали метацеркарии *Pseudamphistomum truncatum* и только в очень редких случаях отмечали *Methorchis bilis* (Кудрявцева, 2020). Непосредственная водная связь между этими акваториями осуществляется через реку Волхов, Ладожское озеро и реку Нева, и, следовательно, гидрологически это один очаг. С другой стороны, в Ладожском озере и Невской губе рыб, заражённых метацеркариями описторхид, обнаружить не удалось. Поэтому из-за разорванного ареала и с эпизоотологической точки зрения это два самостоятельных очага. Их разобщённость может быть объяснена в первую очередь полным отсутствием или крайне низкой численностью в реке Волхов, Ладожском озере, Неве и Невской губе как первого промежуточного хозяина, моллюска *Bithynia tentaculata*, так и природных дефинитивных хозяев. Сходные данные об особенностях распространения описторхид ранее указывались для Воронежского очага. В нём на трёх обследованных участках реки Дон отсутствовали как моллюски *B. tentaculata*, так и заражённые метацеркариями рыбы, в то время как большинство притоков этой реки были неблагополучными по описторхозу (Ромашов и др., 2005). Гидрологически большинство из крупных известных очагов описторхозов (Обь-Иртышский, Нижне-Волжский и Верхне-Донской) являются речными. Новые очаги на Северо-Западе отличаются от ранее изученных, так как не могут быть отнесены к речным. В Финском заливе заражённая рыба, преимущественно плотва и краснопёрка, обитает в многочисленных, заросших высшей водной растительностью, опреснённых бухтах Выборгского залива вне связи с крупной речной системой, как это имеет место в Обь-Иртышском и Нижне-Волжском очагах. Также атипичен и очаг озера Ильмень, где река Волхов вытекает из озера, а не впадает в него. Недавними исследованиями была показана важная роль весенних половодий на заражённость моллюсков и рыб личинками описторхид в Обь-Иртышском бассейне. При высоких половодьях заражённость как моллюсков, так и рыб возрастала (Маёрова, 2021). Для озера Ильмень также характерны значительные весенние половодья, что может влиять и на заражённость промежуточных хозяев. В то же время в акватории Финского залива уровень воды в прибрежной зоне колеблется в зависимости от ветровых приливов и отливов, но не от весеннего половодья. На численность моллюска *Bithynia tentaculata* в Финском заливе может влиять и солёность его вод. Таким образом, несмотря на существование прямой водной связи между озером Ильмень и Финским заливом, гидрологически эти акватории очень отличаются и их следует рассматривать как два разных и самостоятельных очага описторхоза на Северо-Западе.

ПАРАЗИТЫ ОБЫКНОВЕННОГО СУДАКА (*SANDER LUCIOPERCA* LINNAEUS, 1758) В ДЕЛЬТЕ Р. ВОЛГА.

Е. А. Воронина, Н. Ю. Терпугова, В. В. Проскурина

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (КаспНИРХ), 414056, ул. Савушкина, 1,
Астрахань, Россия, Voroninaea7@yandex.ru

В период с 2016 по 2020 гг. посезонно методом неполного паразитологического анализа обследовали обыкновенного судака, выловленного на промысловых участках Волго-Каспийского рыбохозяйственного подрайона. С целью контроля численности наиболее распространенных паразитических организмов исследованы дыхательный аппарат, плавники и покров тела, а также брюшная полость и внутренние органы 866 экз. рыб.

Обследованные особи судака были инвазированы 8 видами паразитов различных систематических групп: *Sphaerospora* sp. (Myxosporidia: Sphaerosporidae), *Apophallus donicum* (Trematoda: Heterophyidae), *Anisakis schupakovi* (Nematoda: Anisakidae), *Eustrongylides excisus* (Nematoda: Dioctophymidae), *Camallanus truncatus* (Nematoda: Camallaninae), *Corynosoma strumosum* (Acanthocephala: Polymorphidae), *Achteres percarum* (Crustacea: Lernaeopodidae), *Argulus* sp. (Crustacea: Argulidae). В состав паразитофауны входили организмы морского, эвригалинного и пресноводного комплекса. Такое разнообразие связано с образом жизни пелагического хищника, который мигрирует из мелководной осолоненной части Каспийского моря в дельту р. Волга, заражаясь паразитическими организмами соответствующих биотопов.

Наиболее распространенными компонентами паразитофауны рыб являлись личинки нематод *A. schupakovi* ($71.02 \pm 4.29\%$), локализовавшиеся, как правило, в полостном жире и стенках пищеварительного тракта. Субдоминировали специфичные для окуневых паразитические копеподы *A. percarum* ($47.50 \pm 3.25\%$), поражавшие ротовую полость, глотку и жабры рыб. Третьим по степени распространения являлись личинки круглых червей *E. excisus* ($27.49 \pm 4.01\%$), характеризовавшиеся наиболее разнообразной локализацией в организме. Экстенсивность инвазии судака остальными паразитическими видами не превышала $10.46 \pm 1.21\%$.

Соотношение паразитов с прямым и сложным циклами развития, в период исследования, увеличивалось в сторону последних. Преобладание видов с поликсенным циклом развития указывало на благоприятные условия нагула судака, поскольку его заражение данными гельминтами происходит исключительно по пищевой цепи.

В сезонном и межгодовом аспектах видовой состав паразитов сохранял относительное постоянство. Изменения, происходившие в количественных показателях инвазии рыб, были закономерны и обуславливались биологическими особенностями развития паразитических организмов и их хозяев в зависимости от формировавшихся экологических условий. При этом абсолютное большинство видов сосуществовали с хозяином на уровне бессимптомного носительства. Исключение составил *A. percarum*, численность которого незначительно выросла в последние два года, эпизодически приводя к развитию ахтериоза судака на субклиническом уровне.

В целом, выявленные паразиты были типичными для обыкновенного судака, при этом «ядро» паразитарной составляющей оставалось неизменным, что свидетельствовало об устойчивости паразитарной системы данного промыслового вида рыб.

БИЛАТЕРАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ – УНИКАЛЬНАЯ ОСОБЕННОСТЬ СЕЙСМОСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ КАМБАЛООБРАЗНЫХ РЫБ

Е. П. Воронина

Зоологический институт РАН, 199034, Университетская наб., 1, Санкт-Петербург, Россия,
voron@zin.ru

Исключительное своеобразие представителей отряда камбалообразных находит своё отражение в строении и функции систем органов, в том числе, важнейшей для всех видов поведения сейсмодатированной системы. Известно, что наибольшее значение эта система имеет для рыб, обитающих в пограничных слоях с неоднородным водным потоком. Такая пограничная зона является средой придонного обитания камбал, что и определяет большую роль сейсмодатированной системы в их жизни. Функциональный вклад каналов заключается в снижении низкочастотного шума, создаваемого, например, собственными движениями животного, и улучшении восприятия биологически важных сигналов. Иная пространственная ориентация камбал, несомненно, изменила значимость отдельных сенсорных каналов. Как результат, в ходе эволюции сейсмодатированная система этих рыб претерпела критически важные изменения и приобрела уникальную особенность – двустороннюю асимметрию. Она проявляется в асимметричном положении каналов орбитальной области, в первую очередь, надглазничного канала слепой стороны, вызванном смещением глаза. Асимметрично расположена и укороченная корональная комиссура, соединяющая надглазничные каналы обеих сторон, а ее непарный каналец, расположенный у других костистых рыб посередине, у всех камбал смещен на глазную сторону к заднему краю нижнего глаза. Кроме того, нередко просвет каналов на слепой стороне в разы больше, чем на глазной. Наиболее ярким примером этого являются расширенные в виде полостей каналы слепой стороны у видов рода *Glyptocephalus*. Различается число первичных каналцев, отходящих от каналов. В частности, число каналцев нижнечелюстного канала может быть больше на глазной стороне, например, у видов рода *Poecilopsetta* или, наоборот, на слепой, как у рода *Peltorhamphus*. У видов с разветвленными кожными каналцами их разветвленность обычно немного меньше на слепой стороне. Значительно различается число поверхностных невромастов на глазной и слепой стороны, как в процессе развития, так и у взрослых особей.

Наиболее примечательно асимметричное, независимое на глазной и слепой стороне, отсутствие каналов и/или их участков. Чаще всего, у 92% исследованных родов, отсутствует подглазничный канал глазной стороны, а на слепой стороне вдвое реже, у 43% родов. Полное или частичное отсутствие надглазничного канала глазной стороны обнаружено только у 7%, на слепой стороне – у 40% родов. Остальные каналы сохраняют относительную симметричность. Исключение составляет отсутствие нижнечелюстного канала слепой стороны у всех представителей трех семейств Achiridae, Synoglossidae и Soleidae при наличии канала глазной стороны. Асимметрия имеется и в туловищном канале, и выражается в его отсутствии на слепой стороне, например у Bothidae и отдельных родов и видов других семейств, или в разном числе каналов на глазной и слепой стороне у Synoglossidae

Такие особенности сейсмодатированной системы встречаются только у камбал и являются результатом дезинтеграции развития каналов глазной и слепой сторон.

СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА ЗАРОСЛЕЙ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ БАССЕЙНА СРЕДНЕЙ ВОЛГИ: СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Д. Е. Гаврилко, В. С. Жихарев, И. А. Кудрин, В. Н. Якимов, Г. В. Шурганова
*Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, 603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, dima_gavrilko@mail.ru*

Организмы зоопланктона играют ключевую роль в структуре и функционировании пресноводных экосистем. Однако до сих пор проводится крайне мало исследований структурной организации сообществ зоопланктона зарослей высших водных растений. Средообразующая роль макрофитов для зоопланктона проявляется через изменение гидрохимических, гидродинамических и трофических условий водной среды, а также через изменение физической организации пространства. Видовой состав, строение и плотность высших водных растений изменяют таксономическую структуру, распределение и динамику сообществ зоопланктона. Изучение взаимосвязи между характеристиками макрофитов и зоопланктона становится одной из центральных задач в гидроэкологических исследованиях.

В период 2014-2020 гг. были проведены исследования зарослевого зоопланктона разнотипных водных объектов бассейна Средней Волги. Видовое богатство сообществ зоопланктона зарослей высших водных растений различалось в разных типах зарослей. Зоопланктоценозы гидрофитов обладали более высоким видовым богатством по сравнению с планктонными сообществами гелофитов и нейстофитов.

Анализ видовой структуры сообществ зоопланктона разнотипных зарослей высших водных растений водотоков показал, что наибольшее влияние на формирование зоопланктоценозов оказывает тип зарослей, их проективное покрытие и плотность. Структурирующее влияние на сообщества зоопланктона оказывает проективное покрытие растением-эдификатора.

Проведенный анализ структуры сообществ с использованием функциональных признаков зоопланктона позволил получить более обобщенную картину. Зарослевые зоопланктоценозы существенно различались по функциональной структуре в разнотипных зарослях макрофитов и зоне открытой воды водотоков. В зарослях макрофитов по типу питания преобладали первичные и вторичные фильтраторы, собиратели и всасыватели. В зоне открытой воды по типу питания преобладали вертикаторы. Доля хищных видов зоопланктона в зарослях макрофитов была выше, чем в зоне открытой воды. Наиболее крупный зоопланктон в водотоках был сосредоточен в зарослях макрофитов.

Высшие водные растения увеличивают количество экологических ниш, способствуя присутствию видов зоопланктона с различными функциональными особенностями. Неоднородность среды обитания, создаваемая высшими водными растениями, является ключевым фактором формирования функционального разнообразия и экологических функций сообществ зоопланктона.

Использование функционального подхода позволяет получить более полное представление о структурно-функциональной организации сообществ зоопланктона. При этом продолжение исследований функциональных особенностей зоопланктона необходимо для лучшего понимания их воздействия на функционирование экосистем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-04-01084).

РАЗВИТИЕ НИТЧАТЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ СВИНЦА

А. Р. Гальперина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Астраханский государственный технический университет», 414056, Астрахань, Татищева, 16,
alina_r_s@rambler.ru

Одной из важнейших функций цианобактерий является способность к биоаккумуляции и детоксикации тяжелых металлов. Специфические ответные реакции (размеры, морфология, ультраструктура клеток, содержание пигментов и их соотношение) на действие антропогенных факторов могут служить репрезентативными показателями состояния экосистем. В связи с этим, особую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение как морфологических, так и физиолого-биохимических параметров цианобактерий под действием тяжелых металлов.

Целью исследований являлась оценка влияния различных концентраций ацетата свинца на развитие нитчатых цианобактерий. В эксперименте использовались концентрации свинца 0.02, 0.1, 0.2, 0.4 мМ/дм³. Длительность эксперимента составила 21 сутки. В течение эксперимента измеряли убыль Pb²⁺ в растворе; оценивали прирост биомассы цианобактерий, как показатель адаптации культуры; определяли содержание фотосинтетических пигментов, как показатель сохранения жизнеспособности культуры.

В ходе исследований отмечено снижение концентрации ионов Pb²⁺ в растворе. Степень извлечения возрастала в зависимости от увеличения исходной концентрации Pb²⁺: минимальная (51.6%) – в растворе с концентрацией ионов Pb²⁺ 0.02 мМ/дм³, максимальная (96.2%) – в растворе с 0.4 мМ/дм³. Убыль в абиотическом контроле не превышала 3.2%.

В микрэкосистемах с концентрациями Pb²⁺ 0.1, 0.2 и 0.4 мМ/дм³ наблюдался прирост биомассы по сравнению с контролем. Максимальные значения увеличения биомассы ЦБ до 7.5 раз отмечен в присутствии 0.1 мМ Pb²⁺.

В эксперименте наблюдалось последовательное снижение содержания хлорофилла *a* в цианобактериальной биомассе под действием возрастающих концентраций ионов свинца в растворе. Минимальное содержание пигмента (на 94.2% меньше, чем в контроле) наблюдалось в присутствии 0.4 мМ/дм³ Pb²⁺. Снижение интенсивности фотосинтетических процессов за счет подавления синтеза хлорофилла *a* является одним из первых признаков интоксикации тяжелыми металлами.

Концентрация каротиноидов в биомассе ЦБ под воздействием Pb²⁺ изменялась неоднозначно. Под действием растворов с концентрациями Pb²⁺ 0.02, 0.1 и 0.4 мМ/дм³ содержание каротиноидов в биомассе цианобактерий снизилось на 48%, 75% и 92% соответственно. При концентрации Pb²⁺ 0.2 мМ/дм³ наблюдалось максимальное содержание каротиноидов, на 1% превышающее содержание в контрольном варианте. Поскольку каротиноидные пигменты играют защитную роль в процессах фотосинтеза, предохраняя липидную фазу тилакоидных мембран от переоисления, стимуляция их синтеза может свидетельствовать об активации клеточных процессов детоксикации.

При изучении воздействия Pb²⁺ на комплекс фикобилиновых пигментов отмечено ингибирующее действие всех используемых концентраций. Снижение концентрации фикобилиновых пигментов указывает на ухудшение передачи световой энергии, собираемой ими и передаваемой далее фотохимически активным молекулам.

Таким образом, исследуемая культура цианобактерий способна аккумулировать свинец из раствора с концентрациями Pb²⁺ 0.02 – 0.4 мМ/дм³. В целом, ионы свинца угнетающе воздействуют на пигментную систему, что выражается в угнетении синтеза хлорофилла *a* и фикобилипротеинов. Вместе с тем, прирост биомассы цианобактерий в присутствии 0.1 мМ/дм³ Pb²⁺ и повышение синтеза каротиноидов при 0.2 мМ/дм³ Pb²⁺ могут свидетельствовать об адаптации исследуемой культуры к ионам свинца.

AULACOSEIRA SCALARIS И A. PUSILLA – НОВЫЕ ЦЕНТРИЧЕСКИЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ДЛЯ ФЛОРЫ РОССИИ

С. И. Генкал

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук
152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок,*

genkal@ibiw.ru

При изучении морфологии панциря центрических диатомовых водорослей *Aulacoseira subarctica* (O.Müller) Haworth и *A. subborealis* (Nygaard) Denys, Muylaert et Krammer показана широкая изменчивость основных диагностических количественных (диаметр створки и высота ее загиба, отношение высоты загиба к диаметру створки, число штрихов и ареол в 10 мкм), ряда качественных (расположение ареол на лицевой части створки и ее загибе) признаков и выявлены новые флоры России *A. scalaris* (Grunow) Houk, Klee et Passauer и *A. pusilla* (F.Meister) Tuji et Houki. Для этих видов впервые проведена оценка длины шипов, размера кольцевидной диафрагмы и формы шипов. Полученные данные позволили расширить диагнозы *A. scalaris* и *A. pusilla*, уточнить систематическое положение известных для России *A. subarctica* и *A. subborealis*, их экологию и распространение в России, свести в синонимику *A. stevensiae* Weide.

Работа выполнена в рамках государственного задания №121051100099-5.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МОЛЛЮСКА *FERRISSIA CALIFORNICA* (ROWELL, 1863) (MOLLUSCA, GASTROPODA) В ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ ТЮМЕНСКОЙ ТЭЦ-1

А. Г. Герасимов¹, Т. А. Шарапова², А. А. Герасимова², Е. С. Бабушкин^{2,3,4}

¹Тюменский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (“Госрыбцентр”), 625026, Тюмень, ул. Одесская, 33, g.aleksey72@gmail.com

²Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, 86

³Сургутский государственный университет, 628403, Сургут, пр. Ленина, 1

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

Интерес к изучению гидробионтов водоемов-охладителей связан с влиянием подогретых сбросных вод на изменение естественного термического режима, что может способствовать проникновению и распространению инвазивных видов. Брюхоногий моллюск *Ferrissia californica* (Rowell, 1863) – североамериканский вид, широко расселившийся по всей Европе, в странах Закавказья и Центральной Азии. На территории Западной Сибири моллюски впервые были встречены в 2005 г. в водоеме-охладителе тюменской ТЭЦ-1 и определены как *F. wautieri* (Mirolli, 1960), однако это название является младшим синонимом и в настоящее время не используется.

Изучение зооперифитона водоема-охладителя тюменской ТЭЦ-1 в 2016-2017 гг. проводили на 7 станциях: в зоне повышенного подогрева воды (ст. 1, 2, 3), умеренного подогрева (ст. 4, 5, 7) и естественного термического режима (ст. 6), которые располагались на лотических (ст. 1, 3, 5 и 7) и лентических (ст. 2, 4, 6) участках. Моллюски *F. californica* были обнаружены в зооперифитоне практически по всей акватории водоема-охладителя, при этом их численность сильно изменялась в зависимости от абиотических условий (температура и течение).

Полученные данные указывают на неоднородное распределение *F. californica* по различным температурным зонам. Максимальная численность отмечена в зоне умеренного подогрева воды, в августе 2016 г. на станции 5 (до 3361 экз./м²), в сентябре 2017 г. – на станции 4 (3983 экз./м²). В зоне повышенного подогрева воды в течение всего периода исследований развитие ферриссии было угнетено, на станциях 1, 2 и 3 отмечены лишь единичные находки. На станции 6 в термических условиях, приближенных к естественным, находки также единичны. В течение всего периода исследований моллюски не были отмечены на станции 7.

Результаты наших исследований свидетельствуют о натурализации и многолетнем устойчивом существовании популяции брюхоногих моллюсков-вселенцев *F. californica* в водоеме-охладителе тюменской ТЭЦ-1. На рост и развитие вселенцев оказывают влияние скорость течения и температура воды. Моллюски предпочитают зону умеренного подогрева воды, экстремально высокие температуры (35-39.4°C) лимитируют их развитие, при таких температурах находки единичны.

Финансовая поддержка исследований получена от РФФИ и Тюменской области, проект № 20-44-720008, а также Департамента образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

ЦЕНТРОХЕЛИДНЫЕ СОЛНЕЧНИКИ СОЛЁНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДОЁМОВ РОССИИ

Е. А. Герасимова

*Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения РАН, Россия,
460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11, ea-ermolenko@yandex.ru*

Центрохелидные солнечники, или центрохелиды (*Centroplasthelida* Febvre-Chevalier et Febvre 1984) – монофилетический таксон хищных одноклеточных амeboидных протистов, обитающих в бентосе и перифитоне морских и пресноводных экосистем и выполняющих в них роль консументов высшего порядка, являясь обязательным компонентом микробных пищевых цепей. Солнечники характеризуются всесветным распространением, но несмотря на это остаются недостаточно изученными в таксономическом и экологическом аспектах. Солнечники долгое время считались преимущественно пресноводными организмами, в связи с их эпизодической встречаемостью в соленых и солоноватых биотопах и отсутствием специальных исследований в них. Однако, согласно данным секвенирования ампликонов 18S рДНК из природных местообитаний, до 90% разнообразия солнечников до сих пор не открыто, в связи с чем потенциально новые виды все еще ждут своего описания. Каждое обстоятельное электронно-микроскопическое исследование или экологический метабаркодинг выявляет новые виды или последовательности солнечников. Данные секвенирования природных образцов демонстрируют, что солнечники, выделенные из гипергалинных водоемов, зачастую занимают базальные ветви на филогенетическом древе центрохелид и определяют дальнейшие перспективы исследования центрохелид в них.

В настоящее время в экосистемах соленых и солоноватых водоемов России и мира, включая моря и континентальные водоемы, описаны двадцать девять видов центрохелидных солнечников, среди которых в континентальных солоноватых водоемах России описаны двадцать видов, в солоноватых водах морей – восемнадцать видов. Данные по изучению солнечников, проведенные в последние годы в континентальных соленых и солоноватых водоемах, позволили выявить представителей новых родов и видов, новых филогенетических клад и слабоизученных линий солнечников.

Принимая во внимание, что среди многочисленного разнообразия солоноватых водоемов на нашей планете, солнечники были изучены лишь в четырнадцать, говорить об истинном видовом богатстве солнечников в соленых водах довольно рано, необходимо продолжать комплексные исследования их морфологии и филогении.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ 21-74-00043.

РОСТ И ПОЛОВОЕ СОЗРЕВАНИЕ ЛЕЩА В РЫБИНСКОМ И ИВАНЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

А. В. Герман

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
152742, пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н,
gera@ibiw.ru

Лещ (*Abramis brama* L.) является одним из основных объектов промыслового лова в водоемах России, в частности, в водохранилищах волжского каскада. Благодаря высоким адаптивным возможностям, лещ приспосабливается к условиям жизни путем изменения скорости роста и полового созревания в зависимости от температуры и обеспеченности кормом. Хорошо известно замедление скорости роста и созревания леща в направлении с юга на север (Танасийчук, Танасийчук, 1979). Вместе с этим, в пределах одной географической зоны наблюдаются значительные различия между популяциями рыб, обусловленные величиной кормовой базы. Наши исследования роста и созревания леща Рыбинского и Иваньковского водохранилищ показали, что в настоящее время возраст впервые созревающих самок в Рыбинском водохранилище колеблется от 8+ до 12+ лет. Промысловая длина неполовозрелых особей достигает 40 см. Приводятся значения линейных и весовых приростов рано - и поздносозревающих рыб. Показано, что в Волжском плесе водохранилища годовые линейные приросты снижаются задолго до наступления половозрелости, в то время как прирост массы рыб уменьшается с началом периода размножения. Отмечается появление тугорослых особей, темп роста которых сходен с темпом роста леща Иваньковского водохранилища. Созревание леща в Иваньковском водохранилище наступает при достижении длины рыб 25 – 31 см и возраста 8 – 10 лет. В сравнении с предыдущими данными по росту леща (Никаноров, 1984; Володин, 1992) в Рыбинском водохранилище темп роста увеличился, в Иваньковском водохранилище – замедлился. Возраст полового созревания в обоих водохранилищах увеличился.

МАКРОФИТЫ ТАРМАНСКИХ ОЗЕР И АССОЦИИРОВАННЫЕ С НИМИ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В. А. Глазунов, Т. А. Шарапова, С. А. Николаенко, А. А. Герасимова
Тюменский научный центр СО РАН, Институт проблем освоения Севера,
625026, ул. Малыгина, 86, Тюмень, Россия, v_gl@inbox.ru

Тарманский озёрно-болотный комплекс – сложное природное образование площадью 1240 км², расположенный на юге Западной Сибири, в подзоне мелколиственных лесов, по левому берегу р. Туры. Комплекс начал формироваться около 10 тыс. лет назад. Собственно болота занимают 55% площади, озера – 7%, остальная часть покрыта лесной и луговой растительностью. Одни из наиболее крупных водоёмов – озёра Большое и Среднее Тарманское, Копанец, Шайтанское расположены в Нижнетавдинском районе Тюменской области. Они соединены друг с другом и р. Ахманкой (притоком р. Туры) каналами искусственного происхождения, которые в настоящее время затянуты сплавидами и связь с речной сетью почти прекратилась. Питание озер осуществляется, преимущественно, грунтовыми водами. В результате осушения болотного массива в конце 1960-х гг. уровень воды в озерах снизился, диапазон колебания в течение года достигает 25 см. Изменился микроклимат и ряд физических и морфометрических характеристик.

Флора Тарманского комплекса включает более 430 видов сосудистых растений, из которых почти четверть (101 вид) составляют макрофиты. Из них, к погруженным гидрофитам относятся 12 видов, к плавающим и имеющим плавающие листья – 10, к гелофитам – 24, к гигрофитам – 55. В составе водной растительности отмечены также харовые водоросли и *Fontinalis antipyretica*.

Для озёр характерно преобладание сплавинного типа зарастания. В сложении прибрежной растительности доминируют виды водно-болотные виды: *Comarum palustre*, *Carex pseudocyperus*, *C. rostrata*, *C. vesicaria*, *C. acuta*, *Thelypteris palustris*, *Calla palustris*, *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum fluviatile*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *S. tabernaemontani*, *S. radicans*, *Phragmites australis*, *Salix cinerea*. Отличительной чертой водной растительности является массовое развитие *Elodea canadensis* и *Stratiotes aloides*. Среди гидрофитов наиболее обычны *Utricularia vulgaris*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum sibiricum*, *Nymphaea candida*, *Nuphar lutea*, *Lemna trisulca*, *L. turionifera*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Spirodela polyrrhiza*, несколько видов *Potamogeton*.

Единственным субстратом для развития зооперифитона является растительность. Пробы беспозвоночных отбирали с побегов ив, рогоза, тростника, камыша, хвоща приречного. Всего в перифитоне озер найдено 56 таксонов беспозвоночных, включая гидр, нематод, олигохет, турбеллярий, пиявок (3 вида), моллюсков (3 вида), ракообразных, мшанок (6 видов), тихоходок, водных пауков, личинок бабочек, поденок (3 вида), жуков, ручейников (5 видов), двукрылых из семейства мокрецов и хирономид (28 видов). Количество таксонов, численность и биомасса зооперифитона изменяются в широких пределах – от 28 до 30 таксонов, от 1787 до 35695 экз./м², от 0.89 до 37.35 г/м². Наиболее часто доминировали по биомассе личинки хирономид (виды родов *Endochironomus*, *Glyptotendipes* и *Dicrotendipes*) и мшанки (*Paludicella articulata*, *Hyalinella punctata*, *Fredericella sultana* и *Plumatella fungosa*), редко – личинки ручейников (*Polycentropus flavomaculatus*, *Psychomyia pusilla*). Наибольшее таксономическое богатство и количественное развитие зооперифитона отмечено на ветках ив, несколько меньшее – на отмерших прошлогодних остатках тростника и камыша, низкие значения развития зооперифитона отмечены на стеблях тростника и камыша текущего года, минимальные – на хвоще.

Исследования выполнены при поддержке гранта регионального конкурса Российского фонда фундаментальных исследований и Тюменской области, проект № 20-44-720008.

ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ МАКРОФИТОВ ВЕСЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Г. В. Головки, Е. М. Саенко

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Россия, 344002, Ростов-на-Дону,
Береговая, 21в, golovko_g_v@azniirkh.ru

Водная растительность Веселовского водохранилища в значительной степени изменялась по видовому разнообразию и интенсивности развития в зависимости от солености воды и антропогенного влияния.

В начальный период существования (1933–1948 гг.) поступление воды в Веселовское водохранилище происходило в основном за счет главного притока Западного Маныча – Большого Егорлыка. За 10 лет весной 1942 г. водохранилище было наполнено до проектной отметки. Минерализация воды в этот период варьировала в пределах 5.1–84.2 г/л и относилась к сульфатно-натриевому типу или хлоридно-натриевому. В начальный период формирования водохранилища в период 1932–1942 гг. видовой состав макрофитов состоял из 12 видов и обуславливался соленостью воды. С повышенной соленостью, по-видимому, было связано массовое развитие хары, рупии и кладофоры. В этот период почти три четверти площади, занятой растительностью, приходилось на ассоциации клубнекамышя. Сравнительно большие ассоциации тростниковых зарослей встречались всего в нескольких лиманах. Из погруженной растительности наиболее распространенной были ассоциации рдеста нитевидного, реже – заннихеллии, рдеста гребенчатого, частухи и урути, местами было много рупии.

Осенью 1948 г. началось снабжение Веселовского водохранилища водой из р. Кубань, в результате чего уровень воды к 1951 г. повысился на 4 м по сравнению с 1947 г. Это привело к снижению минерализации воды до 0.321–0.353 г/л.

Распределение вод Веселовского водохранилища способствовало смене флористического состава, а также распределению и составу ассоциаций макрофитов. Произошло увеличение числа видов от 12 до 17, полностью исчез из состава макрофитов галофильный вид – рупия морская, появился ряд новых, ранее здесь отсутствовавших пресноводных, таких как рогоз, рдест курчавый и пронзеннолистный, роголистник, камыш озерный, гречиха земноводная, резуха, ряска. Виды, ранее распространенные незначительно, получили более широкое территориальное развитие – рогоз узколистный, уруть, рдесты. В этот период в составе макрофитов отмечено максимальное количество видов (17 экз.). Самой распространенной стала ассоциация тростника, которая составляла три четверти площади, занятой растительностью. Помимо монодоминантных ассоциаций тростника стали появляться полидоминантные со значительным участием рогоза узколистного, камыша прибрежного и камыша озерного. Заросли клубнекамышя вследствие повышения уровня воды почти полностью погибли.

В дальнейшем отмечалась невысокая тенденция роста минерализации воды до 0.23–4.3 г/л, и в период 2010–2020 гг. биомасса водных растений в Веселовском водохранилище увеличилась до 80–130 т/га. Открытые участки водохранилища на 90–100% стали зарастать погруженной растительностью. В береговой зоне из жесткой растительности продолжают доминировать тростник обыкновенный, рогоз узколистный, изредка отмечается клубнекамыш. В настоящее время ассоциация тростника, в 1958–1959 гг. занимавшая 2/3 акватории под растительностью, уступает ассоциациям урути, рдестов и др.

В современный период в видовой структуре погруженных макрофитов в разных частях Веселовского водохранилища преобладают ассоциации рдестов и валлиснерии. Типичными для водохранилища являются ассоциации макрофитов, исследованных в балке Житкова в мае 2018 г., с доминированием урути мутовчатой (55.5% биомассы), роголистника полупогруженного (24.6% биомассы) и рдеста гребенчатого (16.4% биомассы), остальные представители погруженной водной растительности (рдест нитевидный, наяда морская и др.) представлены незначительно и их доля в общей биомассе составляет от 0.1 до 3.2%.

По экспертной оценке, проведенной в балке Житкова, на фоне усиления роли ассоциаций урути и роголистника полупогруженного, расширения площади их распространения и густоты зарослей, биомасса погруженной растительности достигала 134.7 т/га, проективное покрытие составляло 95–100%.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАНКТОНА МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2019 Г.

А. В. Гончаров¹, С. Э. Болотов², О. Н. Ерина¹, Д. В. Малашенков³

¹Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 119234, Ленинские горы, 1,
Москва, Россия, mama15333@mail.ru

²Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, пос. Борок,
Ярославская обл., Россия

³Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 119234, Ленинские горы, 1,
стр. 12, Москва, Россия

Переходный от зимы к лету период в жизни водоемов насыщен многими событиями, которые протекают в разные годы по-разному. Исследование Можайского водохранилища (у с. Красновидово) весной 2019 г. показало, что взаимодействие гидрометеорологических и биотических факторов влечет за собой ряд взаимосвязанных процессов. Так, раннее нагревание весной и стаивание снега со льда способствовало усилению фотосинтеза и возрастанию кислорода в воде подо льдом до 120% насыщения. Последующее освобождение водоема ото льда и активное вертикальное перемешивание привело к аэрации гипolimниона и обогащению эвфотической зоны биогенными элементами. Таким образом, создаются благоприятные условия для развития фитопланктона, который в это время представлен мелкими формами, способными к быстрому размножению (*Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round).

Затем водную толщу заселяют циклопы (*Cyclops strenuus* Fischer, 1851); большую часть года они провели на дне в состоянии диапаузы и теперь размножаются, имея достаточное питание для себя и своего потомства. Затем из покоящихся яиц появляются дафнии (*Daphnia cucullata* Sars, 1862, *Daphnia galeata* Sars, 1864); они дают резкий рост численности уже после того, как циклопы, произведя потомство, снова уйдут на дно. В условиях гомотермии, зоопланктон был равномерно распределен по глубине водоема.

При переходе поверхностной температуры воды через 10°C в водоеме начинает формироваться вертикальная стратификация. Она сопровождается истощением запасов кислорода в гипolimнионе, таким образом, что в начале июня формируется устойчивая гипоксия на глубине ниже 8 м. Из-за этого дафнии сосредотачиваются в поверхностном горизонте водоема и здесь выедают фитопланктон. Это является одной из причин того, что максимальная биомасса фитопланктона наблюдалась (в первой половине июня) не у поверхности, а на глубине около 6 м. Другой причиной может быть оседание клеток диатомовых водорослей и недостаток биогенных элементов у поверхности.

Период стратификации водоема характеризуется недостатком минерального фосфора в эвфотическом слое, поскольку в отсутствие вертикального перемешивания он не поднимается из придонного горизонта к поверхности. У дна, где кислорода мало, фосфаты активно выделяются из иловых отложений, создавая условия для роста фитопланктона в будущем (при нарушении стратификации).

Сравнение полученных в 2019 г. данных с результатами исследований, проводившихся в 1981-1991 гг., показало, что общий характер сукцессии планктона весной остался прежним. Вместе с тем имеются различия. Во-первых, изменился состав преобладающих видов зоопланктона: если раньше устойчиво доминировала *Daphnia galeata*, то в 2019 г. ей на смену пришла *Daphnia cucullata*; вместо *Cyclops vicinus* развивается *Cyclops strenuus*. Кроме того, максимум развития этих видов в 2019 г. наблюдался намного раньше, чем в прежние годы; это вызвано более ранним весенним прогревом воды в настоящее время. Однако уровень количественного развития зоопланктона снизился. Возможно, что причиной этого является ухудшение кислородных условий в водоеме, вызванное ранним наступлением стратификации в результате потепления климата, а также – эвтрофированием водохранилища.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ПЛЕСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Л. Г. Гречухина, О. С. Любина

Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ТатарстанНИРО), г. Казань, ул. Тази Гиззата, 4,
rezedageorgii@mail.ru, olyubina@mail.ru

Изучено вертикальное распределение фитопланктона на русловом участке Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища (в районе г. Болгары) в мае 2019 г. Отбор проб производился с поверхности воды (0 м) и затем с глубин 2 м, 4 м, 6 м и 8 м с помощью батометра. Глубина на месте отбора составляла 8 м. Отобранные пробы, объемом 0.5 л, фиксировали раствором Люголя с добавлением формалина и ледяной уксусной кислоты. Камеральную обработку осуществляли по общепринятым методикам (Мордухай-Болтовской, 1975; Вассер и др., 1989). Пробы фитопланктона концентрировали методом прямой фильтрации через мембранный фильтр диаметром пор 5 мкм и 1.2 мкм под слабым давлением, далее пробы сгущали до объема 6 мл. Количественный анализ проб проводили с использованием счетной камеры «Нажотта» объемом 0.02 мл. Таким образом было собрано и обработано 5 проб фитопланктона.

На рассматриваемом участке в мае было обнаружено 80 таксонов микроводорослей рангом ниже рода, относящихся к семи отделам. Из них доминировали диатомовые водоросли – 44% от общего числа видов. Существенно им уступали зеленые (23%), криптофитовые (11%), синезеленые и эвгленовые (по 10%), доля остальных таксономических групп не превышала 2%. Суммарные показатели численности фитопланктона изменялась от 352 до 1156 тыс. кл/л и в среднем составили 664 ± 140 тыс. кл/л. Биомасса находилась в пределах от 0.075 до 0.52 мг/л, а средние ее значения соответствовали 0.22 ± 0.07 мг/л.

Наибольшее количество видов было отмечено на поверхности и у дна (6 и 8 м). Видовое разнообразие микроводорослей варьировало по глубинам от 24 до 43 таксонов, в среднем 33 ± 3 . В этот период отмечалось интенсивное развитие диатомовых водорослей по всей толще воды, однако наибольшее их видовое разнообразие и количественные показатели наблюдали у дна. Зеленые водоросли, в отличие от диатомовых, развивались в большей степени на поверхности воды. Здесь встречались мелкие хлорококковые водоросли родов *Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Actinastrum*, *Golenkenia*, *Tetraedron*. Вольвоксовые водоросли в основном были представлены видами рода *Chlamydomonas*. Доминирующим видом этой группы по численности выступала *Spermatozopsis exsultans* Korschikov. На всех исследуемых глубинах отмечалось присутствие криптофитовой водоросли *Komma caudata* (L.Geitler) D.R.A. Hill, 1991 и развивались эвгленовые. Из них чаще всего встречались: *Trachelomonas*, *Lepocinclis*, *Phacus*, *Euglena*. Синезеленые водоросли развивались от поверхности до дна. Основными представителями синезеленых были *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Lynghya*. Золотистые водоросли были обнаружены в единичном экземпляре только на глубине 4 м, а динофитовые – в поверхностном слое воды, основным представителем которых была *Gymnodinium* sp.

Показатели биомассы фитопланктона по выделенным глубинам распределялись сравнительно равномерно. Максимальные ее значения были выявлены на глубине 8 м (0.52 мг/л), в основном за счет диатомовой водоросли *Melosira varians* C. Agardh 1827.

Таким образом, в весеннее время, на русловой части исследуемого участка диатомовые микроводоросли были господствующей группой на протяжении всего вертикального разреза. Зеленые и синезеленые водоросли были обнаружены во всей толще воды, но в придонных слоях их количественные показатели характеризовались более низкими значениями. Криптофитовые и эвгленовые водоросли распространены по вертикали относительно равномерно. Динофитовые и золотистые водоросли были встречены единично на поверхности и на глубине 4 м, соответственно.

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ФИТОПЛАНКТОНА ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И. Л. Григорьева, А. Б. Комиссаров

Институт водных проблем Российской академии наук, Ивановская научно-исследовательская станция, 171251, Тверская область, г. Конаково, ул. Белавинская 61-А, Irina.Grigorieva@list.ru

Иваньковское водохранилище – первая ступень Волжско-Камского каскада водохранилищ, создано в 1937 г. Полный объем водохранилища при НПУ (124 м) составляет 1.12 км³, площадь водного зеркала 327 км², средняя глубина – 3.4 м, площадь мелководий – около 48% от площади водного зеркала. Водоохранилище осуществляет сезонное регулирование стока.

Одной из экологических проблем водохранилища является цветение воды. Исследование видового состава фитопланктона Иваньковского водохранилища проводилось нами летом 2010, 2015–2017 и 2019 гг. Одновременно с отбором проб на фитопланктон брались пробы воды на химический анализ. В пробах воды определялись такие показатели и ингредиенты как: рН, электропроводность, мутность, взвешенные вещества, содержание растворенного кислорода, температура, кремний, железо общее, марганец, нитраты, нитриты, аммонийный азот, фосфор общий и валовый, перманганатная и бихроматная (ХПК) окисляемость, цветность, БПК₅.

Было установлено, что основу альгофлоры Иваньковского водохранилища формируют зелёные и диатомовые водоросли, на долю которых приходится около 60% суммарного таксономического разнообразия. Второстепенную роль играют эвгленовые и синезелёные водоросли. По солевому составу вода водохранилища гидрокарбонатная кальциевая, средней минерализации. Концентрация кремния в основных створах наблюдений (Городня, Безбородово, Конаково, верхний бьеф Ивановской ГЭС (г. Дубна)) в летний период в среднем за 2013 – 2019 гг. составляла 0.7–1.8 мг/дм³, железа общего – 0.09–0.13 мг/дм³, марганца – около 0.04 мг/дм³. Содержание растворенного кислорода за тот же период в среднем изменялось в интервале от 89 до 102%, значения рН варьировали от 8.1 до 8.4. ед. рН. Средняя концентрация аммонийного азота составила 0.12 мгN/дм³, нитратного азота – 0.20–0.27 мг/дм³, нитритного азота – 0.003–0.007, общего растворенного фосфора – 0.063–0.077 мгP/дм³. Значения цветности в летние периоды 2013–2019 гг. изменялись в среднем от 41 до 49 град. Pt-Co шкалы, перманганатной окисляемости – от 10.8 до 12 мгО/дм³, а БПК₅ – от 2.5 до 4.5 мгО/дм³.

Расчет коэффициентов корреляции Спирмена показал, что заметная связь наблюдается между удельным разнообразием фитопланктона и температурой воды, значениями ХПК, мутности, рН, БПК₅ и концентрациями валового фосфора. Заметная корреляционная связь получена также между рН воды и численностью и биомассой зеленых и стрептофитовых водорослей, между концентрациями валового фосфора и общей численностью и биомассой фитопланктона, численностью и биомассой зеленых водорослей, численностью стрептофитовых и желто-зеленых водорослей. Установлена заметная корреляционная связь между перманганатной окисляемостью, численностью и биомассой эвгленовых водорослей и численностью желтозеленых водорослей; между значениями БПК₅ и биомассой динофитовых водорослей.

Высокая корреляционная связь зафиксирована между БПК₅ и общей численностью и биомассой фитопланктона, численностью и биомассой зеленых, биомассой синезеленых и стрептофитовых водорослей.

ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ КРАСНОПЁРКИ (*SCARDINIUS ERYTHROPHthalmus*)

М. П. Грушко¹, Н. Н. Федорова¹, Н. Ю. Терпугова²

¹ ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, mgrushko@mail.ru

² Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («КаспНИРХ»), 414056, г. Астрахань,
ул. Савушкина, 1, n.terpugova@bk.ru

Гистоморфологический анализ является современным методом для выявления патологических изменений микроскопической структуры тканей органов в организме рыб на различных стадиях болезни или при нарушениях обмена веществ. Обыкновенная красноперка (*Scardinius erythrophthalmus*) является одним из наиболее широко распространенных видов пресноводных рыб на территории Волго-Каспийского региона. В современной научной литературе морфологическое состояние организма данного вида слабо изучено. Целью исследования является гистопатологическая оценка внутренних органов краснопёрки.

Для гистологического исследования отобраны пробы органов от 50 экземпляров краснопёрки. Сбор биологического материала осуществляли на основных водотоках дельты р. Волги в 2020 г.

Исследования показали, что в органах дыхательного аппарата у обследованных особей было выявлено разнообразие патологических отклонений. Филаменты жабр имели разрастания многослойного неороговевающего эпителия, напоминавшие «шапочку». Наверху этой «шапочки» наблюдались скопления бокаловидных, переполненных секретом клеток. На этих же участках полностью отсутствовали ламеллы. Хрящевые гиалиновые пластинки, составляющие основу филламентов, были различными по толщине на всем своем протяжении; в хрящевой пластинке хрящевые клетки разной по форме величине; в хряще очень небольшое количество аморфного вещества. Рядом с хрящевой пластинкой проходит в филламенте кровеносный сосуд, дающий в ламеллы тонкие капиллярные веточки.

В результате исследования печени установлено, что у 35.0% обследованных рыб выявлена липоидная дистрофия различной степени выраженности. Также у большинства особей выявлены нарушения микроциркуляции: внутрипеченочные капилляры имели разный диаметр, разную наполняемость плазмой и форменными элементами крови, наблюдались мелкие кровоизлияния, внутрипеченочные сосуды имели расширения, которые напоминали сосудистые лакуны, стенки более крупных сосудов были утолщены.

У обследованных рыб кишечные ворсинки были разной высоты, толщины и формы. Некоторые из них срослись боковыми отделами между собой, заполнив собой все пространство полости кишки. В средней части ворсинок выявлялись участки отслоенных от рыхлой волокнистой неоформленной соединительной ткани пластов каемчатого эпителия.

Половые клетки обследованных особей (яичники III – IV степени зрелости) окружают две оболочки: первичная и вторичная. Под внутренней оболочкой находились 4-5 рядов кортикальных гранул, липопротеидные гранулы образовывали сплошную плотную поверхность вокруг ядра. Ядро круглое, находилось в центре клетки, в среднем, в ядре насчитывалось 30-40 ядрышек.

В результате исследования выявлено, что наибольшие патологические нарушения обнаружены в жабрах вследствие прямого контакта с водой. Печень является менее лабильным органом.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕДОКС-ЗОНЫ ЧЁРНОГО МОРЯ КАК ГЛУБИННОГО ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ

М. Б. Гулин

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»
проспект Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Российская Федерация,
m_gulin@mail.ru

Цель работы: изучение закономерностей формирования пространственной и иерархической структуры сообществ гидробионтов, их экофизиологического состояния, а также комплекса ключевых средообразующих факторов среды в экотопе редокс-зоны Чёрного моря.

Черноморский бассейн уникален наличием двух автономных экосистем в водной толще. В поверхностном слое доминирующим источником энергии служит солнечная радиация, тогда как в нижележащей афотической зоне, в месте соприкосновения поверхностных вод с глубинными аноксическими, эту же роль выполняет сероводород и некоторые другие химические соединения.

С использованием данных об окислительно-восстановительном потенциале и распределении кислорода, радиоактивных индикаторов ^{35}S и ^{14}C , прижизненных наблюдений и количественного учёта фауны, приуроченной к редокс-хемоклину, а также подводных визуальных наблюдений были определены границы общего хемоклина Чёрного моря, как дискретного экологического объекта. Вертикальная пространственная структура общего хемоклина охватывает слои постоянного окси/пикноклина, субоксидную зону, горизонт появления глубинного сероводорода, а также верхнюю часть анаэробной зоны.

Суммарная интенсивность продуцирования органического вещества хемолитоавтоτροφными бактериями может составлять $42 - 61 \text{ г } C_{\text{орг.}} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$. Также, в пределах редокс-зоны Чёрного моря (глубины 160-260 м) макроколонии метанотрофов, образующиеся вблизи черноморских газовых сипов, достигают максимального развития и формируют одно из наибольших скоплений микробной жизни на Планете (до $20 \text{ кг } C_{\text{орг.}} \cdot \text{м}^{-2}$ площади дна).

Впервые выполнены детальные прижизненные исследования микро- и мейобентоса из редокс-градиентного сегмента бентали глубоководной зоны шельфа и континентального склона. В прибосфорском районе и в северо-западной части найдены значительные пики численности микроаэрофильных бентосных организмов. Они сосредоточены преимущественно в границах периферийной бентальной полосы черноморского хемоклина, причём их основная доля располагается несколько выше верхней границы сероводорода. Во всех случаях, местообитания глубоководного бентоса в Чёрном море отличались, пусть и кислород-дефицитными, но, тем не менее, аэрированными условиями среды (субоксидная и редокс зоны).

Наиболее интересными представляются данные о плотных скоплениях рыб у дна в глубоководном гипоксическом слое, примыкающем к перманентно сероводородной зоне. На северо-западном шельфе, на глубинах 144 – 163 м, у дна обнаружены стаи шпрота *Sprattus sprattus phalericus* и мерланга *Merlangius merlangus euxinus*. Содержание кислорода при этом не превышало $0.1 - 1.1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. В прибосфорском районе зарегистрировано проникновение мерланга на глубину 186 м. Отрицательные значения Eh отмечены здесь начиная с 191 м, т.е. обнаруженные скопления рыбы располагались непосредственно у границы H_2S -зоны.

Присутствие в переходной зоне Чёрного моря всех основных трофических уровней гидробионтов, включая автотрофный и гетеротрофные блоки, наличие консументов как первого, так и второго порядков, позволяет характеризовать эту редокс-градиентную часть стратифицированного водоёма как высокопродуктивный биогеоценоз, организованный по трофической цепи: «бактериальный хемосинтез → скопление микробной биомассы → флагелляты → инфузории → мейобентос → донная рыба и желетелые хищники».

РАЗНООБРАЗИЕ И СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ КОЛЬЧАТЫХ ЧЕРВЕЙ (ANNELIDA: OLIGOSCHAETA И AEOLOSOMATIDAE) ВОДОЕМОВ ВЬЕТНАМА

В. А. Гусаков¹, Нгуен Тхи Хай Тхань², Чан Дык Зьен², Чан Куок Хоан³, Во Тхи Ха²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, пос. Борок,
Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия, gusakov@ibiw.ru

²Приморское отделение Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского
и технологического центра, г. Нячанг, пров. Кханьхоа, Вьетнам

³Головное отделение Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и
технологического центра, г. Ханой, Вьетнам

Разнообразие водных микродрильных олигохет (крупные, макродрильные, представители в данной работе не рассматриваются) и эолосоматид (микроскопические аннелиды со все еще не до конца ясным таксономическим положением внутри типа) в некоторых районах Ориентального зоогеографического региона изучено относительно хорошо. Большая часть таких исследований выполнена в Индии, Китае, Индонезии и некоторых соседних странах (Naidu, 1966, 2005; Timm, 1999; Ohtaka et al., 2000, 2006; Das, Reynolds, 2003; Wang, Cui, 2007; Singh et al., 2009; Tsai et al., 2009; Naveed, 2014; Ohtaka, 2018; Chakma et al., 2020 и др.). Согласно различным источникам к настоящему времени в регионе зарегистрировано примерно 5-7 видов из семейства Aeolosomatidae, а также около 120 представителей олигохет из семейства Naididae и по 1-3 из Enchytraeidae, Nematodermata, Lumbriculidae и Phreodrilidae (Das, Reynolds, 2003; Naidu, 2005; Martin et al., 2008, 2016; Glasby, Timm, 2008; Glasby et al., 2009). На данном фоне пока имеется очень мало работ, в которых анализируется состав и разнообразие рассматриваемых таксонов кольчатых червей в водоемах Вьетнама. В редких источниках, где есть данные об этой группе гидробионтов, обычно даются названия только единичных видов, обнаруженных при изучении бентоса и/или других водных сообществ (Mai et al., 2005; Ngo et al., 2013; Sor et al., 2017 и др.). Наиболее полный из ранее опубликованных списков приведен, по-видимому, в изданной на вьетнамском языке монографии "Гидробиология внутренних пресных водоемов Вьетнама" (Dang et al., 2002). Он включает три вида из р. *Aeolosoma* и 43 таксона Naididae из четырех подсемейств: Branchiurinae (1), Naidinae (27), Tubificinae (9) и Pristininae (6) (по классификации WoRMS Editorial Board (2021)).

В ходе наших исследований донной и фитофильной фауны разнообразных водоемов трех провинций центрального и южного Вьетнама (Кханьхоа, Даклак и Донгнай), проводимых с 2010 г., выявлено четыре представителя р. *Aeolosoma* и более 50 таксонов (некоторые черви пока не определены до видового уровня) олигохет: 46 из семейства Naididae (26 Naidinae, 12 Pristininae, 6 Tubificinae, по одному Branchiurinae и Opisthocystinae) и 6 из Enchytraeidae (Гусаков и др., 2011, 2014; неопубликованные данные). При этом, более трети всех зарегистрированных таксонов указываются для водоемов страны, очевидно, впервые: две эолосомы, шесть наидин, шесть пристинин, две тубифицины, опистоцистина и все энхитреиды. В основном – это широко распространенные представители, в том числе уже известные в Юго-Восточной Азии и непосредственно в некоторых странах, прилегающих к Вьетнаму, но три червя (*Aeolosoma* sp., *Bratislavia* sp. и *Pristina* sp.) относятся, скорее всего, к новым, ранее не описанным видам, поскольку имеют явные морфологические отличия от своих предполагаемых сородичей. В настоящее время таксономический статус и положение этих трех представителей уточняются.

Таким образом, общее число известных таксонов рассматриваемых представителей Annelida в водоемах Вьетнама к текущему моменту превышает 60, включая пока не идентифицированные виды. Присутствие в исследованном в последнее десятилетие на сравнительно небольшой территории страны материале значительного количества новых и прежде неизвестных таксонов указывает, что фауна пресноводных кольчатых червей Вьетнама изучена все еще недостаточно полно. Очевидно, что для заполнения этого пробела необходимы более интенсивные фаунистические, таксономические и экологические исследования водных Annelida во всех климатических районах и ландшафтных зонах страны.

КОРМОВАЯ БАЗА РЫБ-БЕНТОФАГОВ ВЕСЁЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Я. А. Даниленко, Н. С. Елфимова

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Россия,
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, elfimova_n_s@azniirkh.ru

Веселовское водохранилище – один из важнейших в рыбохозяйственном отношении водный объект среди водохранилищ Маньчжунского каскада. Его высокая рыбопродуктивность обеспечивается не только за счет естественного воспроизводства, но и выпуска заводской молоди рыб. В связи с этим актуальной задачей является учёт качественных и количественных характеристик зообентоса, как основного компонента кормовой базы рыб-бентофагов.

В апреле 2020 г. на водоеме были проведены гидробиологические исследования с целью определения видового состава и структуры зообентоса. Пробы отбирали в наиболее продуктивной – западной части водохранилища на глубинах от 2.5 до 7 м. Работы были проведены с использованием стандартных методик.

В составе макрозообентоса обнаружено 18 таксонов бентосных организмов из 8 основных групп: гидроиды, моллюски, нематоды, малощетинковые черви, многощетинковые черви, пиявки, насекомые и ракообразные. От станции к станции число зарегистрированных таксонов варьировало от 3 до 12. Наиболее разнообразно были представлены ракообразные (8 таксонов), среди которых было отмечено представители родов *Dikerogammarus*, *Chelicorophium* и *Pterocirca*. Насекомые были представлены 3 таксонами, моллюски – 2, прочие группы по одному. Олигохет, нематод, личинок хирономид и ручейников до вида не идентифицировали.

В районе работ численность зообентоса изменялась от 4520 до 26880 экз./м², в среднем составляя 12896 экз./м². Биомасса варьировала от 92.71 до 17485.04 г/м², при среднем значении 4334.60 г/м². Максимальных значений биомасса достигала на участках, где формировались дружки двустворчатых моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) и *D. bugensis* (Andrusov, 1897). Моллюски рода *Dreissena* формировали 58% общей численности и около 100 % общей биомассы. Кроме двустворчатых моллюсков значимыми по численности группами являлись насекомые (19%) и малощетинковые черви (10%).

На долю кормового бентоса в среднем по району работ приходилось 80% общей численности и 72% общей биомассы донных беспозвоночных. Численность кормового бентоса варьировала от 4240 до 22720 экз./м², в среднем составляя 10352 экз./м². Биомасса изменялась от 13.60 г/м² до 14969.64 г/м², в среднем составляя 184.99 г/м². Основу кормовой биомассы, также как и общей, формировали моллюски рода *Dreissena*. Основу биомассы «мягкого» кормового бентоса формировали хирономиды, подёнки вида *Caenis robusta* Eaton, 1884 и олигохеты.

Проведенные исследования позволяют оценить уровень трофности Веселовского водохранилища по биомассе зообентоса, который согласно шкале С.П. Китаева оценивается как высокий.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Ю. С. Даценко, К. К. Эдельштейн

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 119991, Москва,
Ленинские горы, д.1, yuri0548@mail.ru*

Температура воды, наряду с биогенным питанием и освещенностью относится к главным абиотическим факторам, определяющим уровень первичной продуктивности фитопланктона в водоемах. Однако, прямые сопоставления температуры воды и биомассы фитопланктона в вегетационный период, проведенные с помощью экологической модели за многолетний период на Можайском водохранилище обнаружили слабую скоррелированность этих показателей. Совместное воздействие различных абиотических факторов на экосистему водохранилища, нередко противоречивое, не позволяет объяснить значительную межгодовую изменчивость цветения в летне-осенний сезон. В то же время учащенными автоматизированными наблюдениями на Можайском водохранилище установлено, что одним из факторов межгодовой изменчивости продукции цианобактерий в летне-осенний сезон разных лет может быть частота и контрастность изменчивости температуры вод поверхностного слоя водоема в сезон цветения. Фазы охлаждения и нагревания водоема существенно влияют на характер внутреннего водообмена в водоеме. Возникающая в фазы охлаждения воды вихреобразная циркуляция полностью перемешивает водную толщу, в результате чего наблюдается вынос обогащенных биогенными веществами вод придонного слоя к поверхности. Конвективно-ветровые вихри приводят к смене малого биогидрохимического круговорота веществ в эпилимнионе на большой круговорот биогенных веществ вследствие разрушения стратификации и вовлечения в перемешивание вод гиполимниона. Чем продолжительней фаза охлаждения, тем сильнее снижается температура поверхности воды в эту фазу, и чем больше таких фаз, тем интенсивнее вспышки цветения цианобактериями. Они возникают при смене погоды холодной фазы на теплую фазу с солнечной и штилевой погодой.

Изменчивость температуры воды поверхностного слоя водохранилища характеризовалась нами индексом погодной контрастности, вычисляемым по изменениям температуры воды в различные температурные фазы, а изменения продуктивности водоема – индексом цветения, представляющим собой суммарную биомассу за период развития фитопланктона. Наблюдениями и моделированием получена статистически высоко значимая связь между интегральным индексом контрастности погоды и индексом цветения цианобактериями в почти полувековом ряду колеблющейся от года к году продуктивности слабопроточного стратифицированного в летне-осенний период водохранилища.

Таким образом, именно изменчивость погодных условий, определяющих режим температуры воды поверхностного слоя водоема, в значительной мере способствует формированию ярко выраженной внутрисезонной и годовой изменчивости продуктивности водохранилищ многолетнего регулирования стока.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭКОСИСТЕМУ ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. С. Дельва¹, Д. И. Наумкина¹, А. А. Ростовцев¹, А. Л. Абрамов¹, А. В. Филиппова²,
А. В. Морозко¹, Л. А. Шиповалов¹

¹Новосибирский филиал «Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии», 630091, г. Новосибирск, ул. Писарева, 1, Россия,

zapsibniro@vniro.ru

²Кемеровский государственный университет, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6, Россия

В Западной Сибири, особенно в Кемеровской области, достаточно хорошо развита тяжелая промышленность. Интенсификация производства зачастую негативно влияет на окружающую среду, в том числе и на водные объекты – крупные и мелкие реки, озера и водохранилища.

Основными видами хозяйственной деятельности на водоемах являются: сброс сточных вод, разработка нерудных строительных материалов, добыча ценных ископаемых, прокладка трубопроводов, выращивание ценных видов рыб на естественных кормах и садковое выращивание, вылов водных биоресурсов и т.д.

Любая хозяйственная деятельность на водоеме нарушает экологическое равновесие с сокращением численности и исчезновением из биоценоза более чувствительных к изменению водной среды гидробионтов. Например, вместе со сточными и грунтовыми водами в водоем может попадать огромное количество фосфатов, нитратов, карбонатов, что приводит к «цветению воды» – увеличению размножения фитопланктона (некоторых цианопрокариот), которое в свою очередь, может приводить к снижению растворенного в воде кислорода и образованию зон замора. В таких водоемах может выжить только карась, как самый неприхотливый вид.

При моделировании взаимодействия водных гидробионтов необходимо учитывать, какое негативное воздействие оказывает хозяйственная деятельность на каждую составляющую водной экосистемы.

Моделирование в программе MAEcoS (Modelling and Analysis of Ecological Systems) позволяет применять системы дифференциальных уравнений, учитывающих различные факторы: биотические, абиотические и антропогенные.

Антропогенные факторы часто вводятся в модели в виде прямого (через питание кормовыми организмами, мирными рыбами, рачками и т.п.) и косвенного повышения общей смертности во времени рассматриваемых в моделях взаимодействующих гидробионтов.

Например: - при пастбищном выращивании рыбы негативное влияние хозяйственной деятельности проявляется при вселении вида рыбы, который является конкурентом в питании местной ихтиофауны, вследствие чего производится подрыв кормовой базы экосистемы водоема, также эта рыба может быть переносчиком и распространителем паразитов, к примеру, цестод, которые в свою очередь, при благоприятных для их цикла развития условий, приводят к паразитарной инвазии остальных рыб с увеличением смертности;

- забор воды из водоема влечет в первую очередь увеличение гибели кормовых организмов рыб, что косвенно сказывается на степени упитанности и биомассе самих рыб, уменьшая выживаемость последних. Также с водной массой забираемой воды выбывают личинки и молодь рыб на ранних стадиях при наличии рыбозащитных сеток на водозаборе, взрослые рыбы часто гибнут при отсутствии рыбозащитных сооружений;

- перелов водных биоресурсов, например, гаммарид (на их восстановление обычно требуется 5 и более лет) косвенно влияет на гидробионтов, в рацион которых входят бокоплавы.

Таким образом, при построении цифровых моделей негативного воздействия той или иной хозяйственной деятельности на водную экосистему, необходимо учитывать, как именно это воздействие отражается на всех составляющих элементах модели, что в свою очередь ведет к более точному результату прогноза негативного воздействия.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ СЕЗОННЫХ ГРУПП КОЛОВРАТОК В ПЕЛАГИАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА В СЛОЕ 0-50 М В 2017-2019 ГГ.

А. А. Демидова, Т. М. Алексеева, О. О. Русановская, Р. С. Кривороткин,
С. В. Шимараева, Е. А. Зилов

НИИ биологии ИГУ, 664011, г. Иркутск, Россия, nastyaldem1@gmail.com

Уникальной особенностью экосистемы озера Байкал является большое разнообразие и эндемизм обитающих в ней организмов. Коловратки играют значительную роль в функционировании экосистемы озера.

В Байкале выделяют три экологические группы коловраток: круглогодичные, зимне-весенние и летне-осенние. Известно, что общая численность коловраток положительно связана как с температурой воды (Кипрушина, 2009), так и развитием фитопланктона (Пислегина, 2012).

Комплекс круглогодичных коловраток в исследуемые годы включал четыре вида. Лидирующее положение по показателям суммарной численности занимала *Keratella quadrata*, минимальная численность зарегистрирована у *K. cochlearis*.

Наибольшая среднегодовая численность круглогодичных коловраток наблюдалась в 2018 г. (958.09 ± 7.48 тыс. экз. м⁻²), в связи с наибольшими температурами в период их максимального развития; а наименьшая – в 2019 г. Такое же соответствие в развитии по годам наблюдается и для *K. quadrata*. В 2017-2018 гг. наблюдалось четыре пика численности коловраток, в 2017 г. максимальные показатели отмечены осенью, а в 2018 г. – ранним летом. Двумя осенними пиками характеризуется 2019 год.

Зимне-весенний комплекс в 2017 г. представлен шестью видами, а в 2018-2019 гг. – четырьмя. По суммарной численности преобладает *Notholca intermedia*. Минимальные показатели численности зарегистрированы для *Synchaeta pachypoida* и *S. sp.*

Наибольшая среднегодовая численность отмечена в 2017 г. (23.43 ± 0.23 тыс. экз. м⁻²), наименьшая – в 2019 г. В динамике численности группы в 2017 г. наблюдается четыре пика, в 2018 г. – два пика, наибольшие показатели зафиксированы соответственно ранней и поздней весной. В 2019 г. выделено три максимума с наибольшей численностью ранним летом. В более ранних исследованиях максимальное развитие зимне-весенних видов позднее весны не отмечалось (Шупруто, 2012). Максимумы численности сдвигаются от ранней весны к раннему лету. И, в связи с неподходящими термическими условиями, зафиксировано значительное снижение показателей. Вспышка численности коловраток ранней весной отмечается из-за подледного прогревания и развития фитопланктона (Кожов, 1972). Отмечено, что *N. intermedia* в 2017-2019 гг. встречалась поздним летом, хотя в другие годы она развивалась до раннего лета (Кипрушина, 2009).

В составе летне-осенних коловраток в 2017 и 2019 гг. выявлено одиннадцать видов, в 2018 г. – десять. В 2018-2019 гг. отсутствовал *Bipalpus hudsoni*, но отмечался новый вид – *Collotheca pelagica*. Наибольшая суммарная численность характерна для *S. stylata*. В связи с потеплением воды в 2019 г. возросли показатели численности *Polyarthra vulgaris* и *Gastropus stylifer*. Минимальная численность зафиксирована для *Asplanchna herricki* и *S. grandis*.

Наибольшая среднегодовая численность данной группы наблюдалась в 2019 г. (171.13 ± 2.11 тыс. экз. м⁻²), наименьшая – в 2017 г. Наивысшие показатели *S. stylata* характерны также для 2019 г., а в 2018 г. численность наименьшая. В 2017-2019 гг. в развитии летне-осенней группы выявлено четыре пика численности. В 2017 и 2019 гг. наибольшие показатели отмечаются поздним летом, в 2018 г. – ранним летом. Наблюдались осенние вспышки, их причиной могло стать массовое развитие фито- и бактериопланктона (Рогозин, 2019).

Снижение численности зимне-весенних коловраток, и напротив, рост показателей летне-осенних видов за исследуемый период отмечались ранее и в многолетней динамике (Зилов, 2016).

Настоящее исследование было поддержано грантом №18-44-06201 РФФ, проектами № FZZE-2020-0026 и № FZZE-2020-0023 Министерства высшего образования и науки РФ, Фондом поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал» (<https://baikalfoundation.ru/project/tochka-1/>).

ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР СИСТЕМЫ ЛЕБЯЖЬЕ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОРЕАБИЛИТАЦИИ

О. Ю. Деревенская

Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, oderevenskaya@mail.ru

В условиях урбанизации и усиливающейся антропогенной нагрузки вопрос сохранения городских водоемов становится все более актуальным. Вследствие ухудшения качества воды, снижения эстетических свойств возникает необходимость осуществления проектов восстановления водоемов. Главная цель экорееабилитации должна быть в восстановлении всех связей, обеспечивающих нормальное функционирование водной экосистемы, но очень часто проекты восстановления предполагают в основном увеличение площади водоема или борьбу с эвтрофированием, например, путем снижения поступления соединений биогенных элементов, вследствие этого не удается достичь желаемого результата.

Объектами наших исследований были озера системы Лебязье, расположенные в г. Казани, на территории лесопарка. Ранее система озер состояла из четырех водоемов (Малое, Большое, Светлое и Сухое Лебязье), но вследствие сокращения площади водосбора, площадь системы также сократилась, и осталось только одно озеро. Мероприятия по восстановлению озер системы Лебязье были осуществлены в 2017 г. и включали углубление котловин озер Большое и Светлое Лебязье до 4 м, изоляцию ложа будущих водоемов бентонитовыми матами, пригрузку их слоем песка толщиной 0.5 м и слоем ранее извлеченных илов, подачу воды из озера Изумрудное по напорному водоводу и заполнение котловин озер водой.

Проведенные исследования посвящены изучению восстановления сообществ зоопланктона в озерах системы Лебязье. Для этого было проведено сравнение показателей сообществ зоопланктона до начала трансформации водоемов, в период существования одного из системы озер, и после проведения мероприятий по экорееабилитации.

После осуществления мероприятий по экорееабилитации наблюдались значительные изменения параметров окружающей среды: снизилась минерализация воды, увеличилось содержание кислорода в воде, рН. В зоопланктоне исследованиями 2018–2020 годов было выявлено 97 видов, из них коловраток 43 видов (43%), ветвистоусых ракообразных – 35 (36%), веслоногих – 19 (21%). Индекс сходства состава сообществ в периоды до и после экорееабилитации составлял в оз. М. Лебязье 70%, в озерах Большое Лебязье и Светлое Лебязье - 67-68%. Наибольшее сходство состава сообществ в послерееабилитационный период было с тем составом, который был в 1991-2000 гг. Через год после завершения работ по экорееабилитации (в 2019 г.) увеличилось видовое разнообразие зоопланктона, что показывают значения индекса Шеннона, рассчитанные по численности и по биомассе, но эти показатели снизились в 2020 г.

Наибольшие количественные показатели зоопланктона озер были в 1995 г. В озере Малое Лебязье в 2015–2017 годах численность и биомасса зоопланктона были чрезвычайно низкими, что было связано с изменением минерализации и типа воды в этот период. В 2018–2020 годах численность увеличилась. Однако, для сообщества стали характерны периодические увеличения численности одного из видов зоопланктона, вызывающие резкое и кратковременное увеличение общей численности. Из таксономических групп зоопланктона по численности преобладали коловратки и веслоногие ракообразные, по биомассе – веслоногие ракообразные. Индекс сапробности на протяжении периода исследований характеризовал озера системы Лебязье как β -мезосапробные.

Таким образом, вследствие проведенных мероприятий зоопланктон успешно заселил вновь созданные водоемы, но «цветение» воды фитопланктоном и сопровождающие его изменения физико-химических показателей воды (увеличение рН), могут оказывать угнетающее действие на зоопланктон. Восстановление водной растительности было бы рекомендуемым методом с точки зрения поддержания качества воды, биоразнообразия и равновесия экосистемы.

МИКРОБНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЦИКЛА МЕТАНА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА

А. Н. Дзюбан

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, пос. Борок, Ярославская обл., microb@ibiw.ru*

Разнообразные органические вещества (ОВ), поступающие в водоемы извне и синтезированные при фотосинтезе, включаются в экосистемный цикл через бактериальное звено. Автохтонные и другие лабильные соединения окисляются микробиотой водной толщи. В донных отложениях микробному распаду подвергаются в основном труднодоступные и даже токсичные аллохтонные ОВ.

Исследования интенсивности и направленности микробных процессов деструкции органического вещества и цикла метана в донных отложениях внутренних водоемов разного происхождения и уровня продуктивности (выполненные по разработанным автором схемам и методам) выявили важную, но различную роль этих процессов в функционировании континентальных водных экосистем. Оказалось, что доля илового распада ОВ в общеводоемном деструкционном потоке составляет в вегетационный период от 21 до 74%, а в подледный – достигает 90%. Обнаружено, что анаэробные процессы распада в отложениях играют важную роль во всех водоемах, а в большинстве из них – доминирующую. При этом в илах продуктивных озер и водохранилищ решающий вклад в анаэробную деструкцию принадлежит процессам метаногенеза.

В водохранилищах, водная толща которых постоянно насыщается кислородом при перемешивании, усредненная величина деструкции в воде под 1 м² водного зеркала (Д-в) во всех водоемах Волго-Камского каскада превышает суммарную иловую деструкцию на 1 м² донных отложений (Д-до). Это соотношение (Д-в/Д-до) растет с севера на юг от 1–1.5 в камских и верхневолжских водохранилищах до 3–4 на Нижней Волге, достигая в Цимлянском водохранилище 9.5. Обнаруженная нами (Дзюбан, 2010) географическая зональность имеет глубокую экологическую основу. В северных водоемах часть автохтонных ОВ, не успевая минерализоваться в воде, депонируются в илах, где продолжают активно разрушаться на протяжении всего сезона вместе с другими соединениями. В южных (особенно в продуктивных) – лабильные ОВ быстро «сгорают» в прогретых водах, при этом минерализованные грунты лишаются притока свежего органического вещества.

В целом обнаружено, что с учетом цикла метана доля иловых процессов микробного распада С_{орг}-соединений в валовой для экосистемы деструкции ОВ в водохранилищах весьма существенна. В северных водоемах (особенно в камских) она достигает 30–35% общеводоемной деструкции (вода + грунты), на Средней Волге составляет около 20%, а в южных водохранилищах – около 10–12% (Дзюбан, 2015).

Показано, что ведущим экологическим фактором, определяющим уровень валовой деструкции ОВ в донных отложениях, является их обеспеченность лабильными соединениями и в целом – трофический статус водоемов. Направленность деструкционных потоков обусловлена Red/Ox условиями и кислородным режимом водоема в целом.

Полученные по разработкам автора оценки роли илового микробного распада ОВ в круговороте органического вещества разнотипных внутренних водоемов, в формировании среды обитания гидробионтов и утилизации труднодоступных соединений позволяют внести существенные поправки в схемы расчетов балансов и потоков вещества и энергии. Поэтому количественные оценки аэробных и анаэробных валовых процессов распада органических соединений в донных отложениях водоемов необходимо вводить в обязательную программу экосистемных гидробиологических исследований.

**ЗИМНЕЕ ОСАЖДЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО АЗОТА И ФОСФОРА
НА ГОРНЫЕ ОЗЕРА (ЕРГАКИ, ЗАПАДНЫЙ САЯН)
И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ФИТОПЛАНКТОНА**

Д. Диас де Кихано¹, А. В. Агеев¹, Е. А. Иванова¹, О. В. Анищенко^{1,2}

¹*Сибирский федеральный университет, кафедра водных и наземных экосистем,
пр. Свободный, 79, 660041, Красноярск, РФ, daniquijano@gmail.com*

²*Институт биофизики, СО РАН, Академгородок, 50/50, 660036, Красноярск, РФ*

Антропогенное нарушение круговорота азота является одной из важнейших проблем мировой экологии. Один из признаков современного цикла азота – это увеличение осаждения атмосферного азота, в том числе аммония, нитратов, нитритов и других оксидов азота. Учёные обнаружили, что этот процесс обеспечивает малопродуктивные озера азотом до такой степени, что он перестал быть лимитирующим фактором роста фитопланктона, передав эту роль фосфору. Тем не менее, осаждение атмосферного азота и его влияние на первичную продукцию фитопланктона не однородно изучали по миру, и значительные белые пятна еще остаются на карте мира.

В этом исследовании мы измерили зимнее атмосферное осаждение азота и фосфора на покров снега в малоизученном регионе – в природном парке «Ергаки» на юге центральной Сибири. Содержание этих элементов, измеренных в осадках (40 ± 16 мг $\text{NO}_3\text{-N м}^{-2}$, 0.58 ± 0.13 мг общего Р м^{-2}), пересчитали с расчетом на год (119 ± 71 мг $\text{NO}_3\text{-N м}^{-2}$ год⁻¹ и 1.71 ± 0.91 мг общего Р м^{-2} год⁻¹) и получили, что данные приблизительно соответствует прогнозам всемирных математических моделей в литературе. Эти значения являются характерно низкими для материков, особенно по фосфору.

Атмосферное осаждение азота в озерах хребта Ергаки было немного ниже, чем в водоемах на севере Швеции, где обнаружили, что при низком потоке осаждения рост фитопланктона в малопродуктивных озёрах лимитирует азот, а не фосфор. Тем не менее, осаждение атмосферного фосфора в районе исследования было одним из самых низких на материке, если не самым низким. Из-за низкого содержания биогенов, стехиометрия N:P в атмосферных осадках и водах озёр не коррелируют друг с другом, поэтому наши озера не попадают в группу озёр мира, находящихся под влиянием атмосферного осаждения биогенов. Таким образом, и азот и фосфор периодически могут являться лимитирующими факторами фитопланктона в наших озёрах.

В итоге, мы предполагаем, что, во-первых, природный парк «Ергаки» – это идеальное место, где можно изучать экологию глобального потепления с минимальным вмешательством атмосферного осаждения азота. Во-вторых, даже при низких уровнях атмосферного осаждения азота в местах, где атмосферное осаждения фосфора очень низкое, лимитирующим фактором роста фитопланктона не обязательно является азот, что может противоречить общему характеру современной парадигмы. Дальнейшие исследования должны проверить круглогодные осаждения биогенов и расширить количество озёр и регионов в Сибири, где значительная часть водоемов не подвержена сильному антропогенному загрязнению.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-04-00960.

**ЗИМНИЙ ПЛАНКТОН ГОРНОГО ОЗЕРА
(НА ПРИМЕРЕ ОЗ. ОЙСКОГО, ЕРГАКИ, ЗАПАДНЫЙ САЯН)
Д. Диас де Кихано¹, А. В. Агеев¹, Е. А. Иванова¹, О. В. Анищенко^{1,2},
И. О. Велегжанинов³, О. П. Дубовская^{1,2}**

¹Сибирский Федеральный Университет, кафедра водных и наземных экосистем,
пр. Свободный, 79, 660041, г. Красноярск, РФ, daniquijano@gmail.com

²Институт Биофизики СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Академгородок, 50/50,
660036, г. Красноярск, РФ

³Институт Биологии Коми научного центра УрО РАН, ул. Коммунистическая, 28,
167982, г. Сыктывкар, РФ

Исторически сложилось так, что лимнологи обращали мало внимания на зимний период из-за суровых условий полевых работ и из-за устаревшей идеи, что только «вегетационный период» важен. В результате этого, и вследствие потепления климата, зимний период сокращается по миру с неизвестными науке последствиями. В 2017-2019 гг. мы изучали зимнюю динамику биогенов, фитопланктона и зоопланктона на южно-сибирском горном озере Ойском, где обитает новый вид копеподы *Arctodiaptomus sp.* Осенью столб воды характеризуется перемешиванием до дна, самыми низкими концентрациями фосфатов, растворённого кремния и нитратов, и умеренно низкой концентрацией аммония. Как только сформируется зимний покров, естественно, наблюдается обратная стратификация температуры и происходит ряд гидрохимических изменений. Концентрации растворённого кремния и нитратов, как и ожидалось, увеличивались до порядка, наблюдаемого дальше и зимой, и в начале лета. Растворённое органическое вещество из наземных экосистем немного уменьшалось подо льдом. Концентрации фосфатов в начале зимы были низкие, в середине и конце зимнего сезона – умеренно высокие, в начале летнего сезона опять резко уменьшались.

Зимний покров, естественно, снижает проходимость света в столбе воды, но верхние слои подо льдом всегда получали немного больше, чем 1% падающей ФАР. Вследствие этого, пик фитопланктона наблюдали подо льдом в начале зимнего сезона, который составлял больше половины биомассы пика в начале летней стратификации. В состав зимнего фитопланктона входили практически только криптофитовые *Cryptomonas erosa* и *C. ovata*, которые развивались также и осенью и, в меньшей степени, в начале лета. Стоит отметить, что значительные биомассы зеленой *Botryococcus braunii* на глубине могут быть показателем развития этого вида осенью, до момента отбора проб в начале зимы. Осенью ещё встречались диатомовые водоросли (*Tabellaria fenestrata* и *Aulacoseira distans*), также как и в начале лета, когда доминировала *Iconella biseriata* и возрождались *T. fenestrata* и *Aulacoseira islandica*. *Chromulina sp.* тоже хорошо развивалась в начале лета.

Arctodiaptomus sp. доминировал в зоопланктоне оз. Ойского во все периоды исследований и, особенно, зимой. Половозрелые особи концентрировались в верхних слоях воды в начале и середине зимнего сезона, где концентрации кислорода и фитопланктона более благоприятные. Науплиусы арктодиаптомуса появились в конце зимы, а младшие копеподиты – уже в начале лета, когда другие представители зоопланктона, в том числе *Cyclops gracilipes*, занимали значительную долю сообщества.

В итоге, наши данные свидетельствуют о том, что зимний период играет важную роль в годовой динамике популяции арктодиаптомуса и поэтому будущее сокращение зимнего периода из-за потепления климата потенциально может повлиять на неё. Причем сократится поздний зимний период, когда фитопланктон почти отсутствует и, скорее всего, гетеротрофные представители микропланктона и бактериопланктона участвуют в минерализации фосфора, который, очевидно, и обеспечивает пик фитопланктона в начале лета. Т.о. сокращение зимнего периода повлияет на всю годовую динамику планктона.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-04-00960.

СООБЩЕСТВО ПЛАНКТОННЫХ МИКРОЭУКАРИОТ ОЗ. ОЙСКОГО ДО И ПОСЛЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЗИМНЕГО ПОКРОВА (ЕРГАКИ, ЗАПАДНЫЙ САЯН)

Д. Диас де Кихано¹, О.В. Колмакова^{1,2}, М.Ю. Трусова²,
О.В. Анищенко^{1,2}, Е.А. Иванова^{1,2}

¹Сибирский Федеральный Университет, кафедра водных и наземных экосистем,
пр. Свободный, 79, 660041, Красноярск, РФ, daniquijano@gmail.com

²Институт Биофизики, СО РАН, Академгородок, 50/50, 660036, Красноярск, РФ

Димиктические озера испытывают формирование стратификации столба воды дважды в год. Традиционно лимнологи считали, что только весенняя стратификация играет важную роль в качестве стартового пункта сукцессии и вегетационного периода. Тем не менее, формирование зимней инвертированной стратификации тоже является критическим событием для годовой динамики микропланктона замёрзающих озёр.

Мы изучили изменение видового состава и структуры сообщества микроэукариот до и после формирования зимнего покрова малоизученного оз. Ойское, Ергаки, Западный Саян, с помощью ДНК-меташтрихкодирования, микроскопического анализа и анализа пигментов. В целом, сообщество микроэукариот резко изменилось после формирования зимнего покрова озера вне зависимости от метода исследования. Тем не менее, между методами имелись значительные различия. Были обнаружены 37 морфовидов против 261 OTUs эукариотического фитопланктона, и из 55 родов только 7 были обнаружены обоими методами. С помощью ДНК-меташтрихкодирования получилось обнаружить больше родов из всех групп фитопланктона, кроме зелёных и диатомовых водорослей, для которых микроскопический анализ оказался лучшим вариантом. С другой стороны, ДНК криптофитов доминировала в 10 из 15 проб, хотя их вообще не видно под микроскопом.

Самым поразительным результатом было обнаружение массового цветения фитопланктона подо льдом в ноябре при значении хлорофилла а 23.9 мкг на литр. По составу пигментов более половины продуцентов – диатомовые водоросли и/или динофлагелляты, около 30% – цианобактерии, и меньше 10% – хлорофиты. Согласно микроскопическому анализу, доминировали *Pandorina morum* и *Peridinium sp.* По результатам ДНК-меташтрихкодирования, доминирующими родами в этом же эпизоде цветения были *Cryptomonas* и *Chrysochromulina*. Эти результаты говорят о том, что разные методы способны обнаружить разные компоненты сообщества и поэтому дополняют друг друга.

Клада LKM11 из *Cryptomycota*, которую до этого обнаружили в замороженных озёрах Антарктиды, доминировала в сообществе микроэукариот на глубинах с 2 по 8 м, то есть под вышеупомянутым цветением фитопланктона, где представляли собой от 6.1 до 10.7% ампликонов.

В заключении мы обсуждаем роль редкой биосферы в изменениях структуры сообщества микроэукариот после формирования зимнего покрова, их значимость в филогенетическом биоразнообразии, а также факторы, управляющие такими изменениями.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-04-00960.

СТРУКТУРА И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

О. А. Дмитриева^{1,2}, А. С. Семенова¹, К. А. Подгорный¹

¹Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), 236022, г. Калининград,
ул. Дмитрия Донского, 5

²Институт океанологии им П.П. Ширшова РАН, 117997, Москва,
Нахимовский проспект, 36, phytob@yandex.ru

Вислинский залив – мелководная лагуна юго-восточной части Балтийского моря. Показано, что первичная продукция водоема и биомасса фитопланктона даже при достаточной обеспеченности минеральным питанием не достигает максимально возможного уровня. Вероятно, фактором, регулирующим уровень продукции и биомассы фитопланктона, служит высокая степень его утилизации зоопланктоном. Изучение фито- и зоопланктона выполняли в 2008–2018 гг. на 6 станциях Вислинского залива. В целом, за период 2008–2018 гг. средняя за вегетационный сезон биомасса фитопланктона варьировала от 3.75 до 16.23 г/м³. Были отмечены два сезонных максимума биомассы: весенний, когда в марте-мае биомасса варьировала от 0.36 до 38.47 г/м³ и составляла в среднем 8.83 г/м³, и летний, когда биомасса в июне-августе варьировала от 0.58 до 42.8 г/м³ и в среднем составляла 9.29 г/м³. Осенью, в сентябре-ноябре, биомасса изменялась от 0.81 до 14.11 г/м³ и составляла в среднем 4.75 г/м³. Доминирующий комплекс видов во все года исследований составляли в основном динофитовые, диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли. Стоит отметить, что в 2010 г. показатели биомассы фитопланктона были самыми высокими за период наблюдения, начиная с 2002 г., и в среднем за сезон составили 16 г/м³. Летом отмечался ярко выраженный пик биомассы фитопланктона, обусловленный массовым развитием синезеленых и диатомовых водорослей. Средние за сезон численность и биомасса зоопланктона в 2008–2018 гг. варьировали в широких пределах: от 71.3 до 326.9 тыс. экз./м³ и от 0.72 до 2.92 г/м³. Для зоопланктона, также как и для фитопланктона, были отмечены два пика развития: весенний – в апреле-мае, и летний – в августе. Количественное развитие зоопланктона во время весеннего пика (до 724 тыс. экз./м³ и 7.51 г/м³), как правило, превышало его показатели во время летнего пика (до 530 тыс. экз./м³ и 6.13 г/м³). К осени количественные показатели развития зоопланктона снижались. В течение всего вегетационного периода основным доминирующим видом зоопланктона Вислинского залива была *Eurytemora affinis*. В весенний и летний период также значительно возрастала роль коловраток, особенно *Keratella quadrata*, рр. *Synchaeta* и *Brachionus*, в летний период – ветвистоусых ракообразных, в особенности р. *Diaphanosoma* и видов-вселенцев *Cercopagis pengoi* и *Moina micrura*. Необходимо отметить, что по сравнению с семидесятыми-восемидесятыми годами в период с 2002 по 2010 гг. в заливе отмечали рост биомассы фитопланктона, а с 2011 по 2018 гг., в период вселения и натурализации моллюска *Rangia cuneata*, биомасса фитопланктона снижалась. Количественное развитие зоопланктона в целом оставалось на среднемноголетнем уровне, но происходило снижение количественного развития зоопланктона в летний период и возрастание величины весенних пиков. В 2008–2009 гг. в среднем за вегетационный период зоопланктоном Вислинского залива могла потребляться значительная часть биомассы фитопланктона (до 49% в среднем за сезон). Исключением был 2010 г., в котором из-за низкой биомассы зоопланктона процент потребления биомассы фитопланктона был очень низким – 4%. В 2011–2018 гг. процент потребления варьировал в широких пределах: от 14 до 78%. В отдельные года (2014, 2017, 2018 гг.) в мае потребление превышало 100%, что свидетельствовало о напряженных трофических взаимоотношениях в планктонном сообществе. Отношение B_z/B_{ph} в Вислинском заливе в 2008–2018 гг. варьировало от 0.05:1 до 0.37:1 и в среднем составляло 0.23:1. Это было в 2 раза ниже аналогичного показателя, полученного в 1974–1984 гг. Таким образом, в современный период передача большей части энергии происходит по пастбищной пищевой цепи, что способствует снижению биомассы, продукции и интенсивности «цветения» воды синезелеными водорослями в Вислинском заливе.

ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ, ВЫПУСКАЕМЫХ В ЕСТЕСТВЕННЫЕ ВОДОЕМЫ В ЦЕЛЯХ ПОПОЛНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ

В. Г. Досаева, Д. Е. Кириллов, В. С. Никитушкина, О. В. Золотовская

Волжско-Каспийский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («КаспНИРХ»), 414056 г. Астрахань, ул. Савушкина, 1, dosaeva2@mail.ru

Основной объем искусственного воспроизводства осетровых видов рыб в целях пополнения природных популяций осуществляется в Астраханской области на шести осетровых рыбоводных заводах ФГБУ «Главрыбвод». Видовой состав выпускаемой молоди анадромных видов осетровых представлен белугой (*Huso huso*), осетром русским (*Acipenser gueldenstaedtii*), севрюгой (*Acipenser stellatus*), которые после ската нагуливаются в Каспийском море до созревания гонад.

В настоящее время, согласно разработанному стандарту и нормативным требованиям, средняя масса выпускаемой молоди должна составлять 2-3 г, в зависимости от видовой принадлежности. Именно такая масса осетровых, согласно исследованиям, соответствует функциональной готовности организма молоди к скату.

Оценку качества молоди белуги, осетра русского и севрюги осуществляли в конце выращивания, в период бонитировочного учета. Исследовали размерно-массовые, трофологические и физиологические показатели объектов выращивания.

В 2020 г. на ОРЗ ФГБУ «Главрыбвод» выживаемость молоди белуги, осетра русского и севрюги составляла 38.6%, 51.2% и 85.1%, соответственно, при средней массе 3.9 г.

Трофологический анализ выявил высокую интенсивность питания молоди в течение всего сезона, вплоть до бонитировочного учета и выпуска в естественную среду обитания. Индексы наполнения желудков составляли в среднем у белуги 366.4 ‰, у русского осетра 247.3 ‰, у севрюги – 208.8 ‰. Качественный анализ содержимого пищеварительного тракта показал, что основу рациона молоди белуги и осетра русского составляли *Streptocephalus*, *Daphnia* и личинки *Chironomidae*. В рационе выращиваемой на ОРЗ «Лебяжий» молоди севрюги преобладали представители Cladocera *Daphnia*, регулярно вносимые в пруды в целях обеспечения кормовой базы.

Качество молоди осетровых видов на ОРЗ ФГБУ «Главрыбвод» было достаточно высоким, масса ее превышала среднееголетние значения, чему способствовали благоприятный термический режим в мае-июне 2020 г. и соответствующее развитие кормовой базы выростных прудов. К периоду экстремальных летних температур воды в июле почти вся молодь уже достигла нормативной массы, либо превышала последнюю. Гематологические показатели соответствовали таковым для здоровой стандартной молоди осетровых видов рыб: концентрация гемоглобина в крови белуги, русского осетра и севрюги составляла 39.8 г/л, 49.0 г/л и 24.2 г/л, соответственно; содержание общего сывороточного белка – 13.6 г/л, 19.8 г/л и 13.9 г/л; СОЭ – 2.8-3.0 мм/ч.

Общее количество молоди анадромных видов осетровых, выращенной в 2020 г. на ОРЗ ФГБУ «Главрыбвод» в рамках Государственного задания составило 34.886 млн экз., в том числе белуги – 1.008 млн экз., севрюги – 0.171 млн экз. Указанное количество демонстрирует подавляющую долю молоди осетра русского в общем объеме выпуска. Количество воспроизводимой молоди белуги и севрюги резко недостаточно для сохранения природных популяций указанных видов в естественных водных объектах. Одной из причин низких объемов выпуска молоди белуги и севрюги является отсутствие достаточного количества качественных производителей указанных видов. Используемые для получения половых продуктов ремонтные особи из стад, формируемых на ОРЗ в искусственных условиях, демонстрируют неоднозначные результаты. В то же время отмечается недостаток площадей для содержания производителей. Для повышения эффективности искусственного воспроизводства осетровых видов рыб необходима реконструкция Астраханских ОРЗ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В ОЗЕРЕ, ПОДВЕРЖЕННОМ ВЕТРОВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

О. П. Дубовская, А. П. Толмеев, Е. С. Кравчук, О. В. Анищенко, А. В. Дроботов
Институт биофизики ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН»,
г. Красноярск 660036, Академгородок, 50/50,
dubovskaya@ibp.krasn.ru

Для случая водоема с простой батиметрией и несложной трофической сетью – озера Ши́ра (Хакасия, Россия) – сформулирована гипотеза формирования горизонтальных неоднородностей зоопланктона и других звеньев трофического каскада под влиянием ветра, потенциально приводящая к разобщению продуцентов и консументов первого порядка. Согласно гипотезе, основной механизм создания горизонтальных неоднородностей в распределении зоопланктона – сочетание малоамплитудной дневной вертикальной миграции зоопланктона (вниз) и ветровых течений эпилимниона – ветровых поверхностных и компенсационных надтермоклинных.

Полевые работы 2019 и 2020 гг. на озере включали: периодические запуски на сутки дрейфтеров с GPS/GSM модулями, до 5 дрейфтеров у поверхности воды и 5 – в надтермоклинном слое, на глубине 4 м; экспонирование на стационарной станции акустического профилографа ADCP; съемки по всему озеру (на 6-11 станциях) химических, биологических и физических показателей; 3 эксперимента в бутылках (скляночным методом) по измерению первичной продукции, деструкции планктона, концентрации хлорофилла и интенсивности выедания фитопланктона зоопланктоном у разных по отношению к ветру берегов, северо-восточного (чаще подветренного) и юго-западного (чаще наветренного).

В результате получены картины поверхностных и надтермоклинных течений и пространственных неоднородностей измеряемых параметров в разных метеорологических условиях, выполнена оценка размера и структуры зон с разными биомассами зоопланктона относительно биомассы фитопланктона в масштабах почти всего озера. Скляночными экспериментами подтверждены предполагаемые различия по разным по отношению к ветру берегам озера в функционировании трофического каскада. А именно, концентрация хлорофилла «а», валовая и чистая первичная продукция фитопланктона (оцененная скляночным и флуоресцентными методами), суточная интенсивность питания зоопланктона (по хлорофиллу) были выше у юго-западного берега (наветренного), а биомасса сетного зоопланктона и скорость дыхания планктонного сообщества – у северо-восточного (подветренного), что совпадает с картиной распределения по озеру фито- и зоопланктона по материалам съемки в аналогичных погодных условиях. Погружной зонд PhycosProbe (BBE Moldaenke, Germany) в режиме кюветных измерений позволяет разделить суммарный хлорофилл по отделам водорослей, это разделение показало, что в бутылках с зоопланктоном уменьшалось количество диатомовых водорослей, очевидно за счет их выедания зоопланктоном. Кроме диатомовых, в конце эксперимента исчезали и криптофитовые, присутствовавшие в небольшом количестве в начале эксперимента в склянках у северо-восточного берега. Полевые эксперименты с дрейфтерами в надтермоклинных течениях (на 4 м) показали, что в отличие от поверхностных течений возможные сценарии надтермоклинных течений более разнообразны. Тем не менее, учитывая устойчивую розу ветров и четкое разделение направления ветра в дневное и ночное время, полагаем, что число вариантов возникающих форм компенсационных течений в озере Ши́ра ограничено и поддается изучению и классификации.

Работа поддержана грантом РФФИ 19-04-00362.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ЗЕЯ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИТОПЛАНКТОНА

А. С. Дюкова, А. А. Третьякова, С. А. Бутенина

ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», 156005 г. Кострома,
ул. Дзержинского, 17, annadyukova.kgu@mail.ru

Исследование фитопланктона реки Зeya проводилось в мае и июле 2018 года. Для сбора фитопланктонных проб использовался классический метод Вассера. Для определения биомассы использовали счетно-объемный стереометрический метод. Сапробность вод определяли по индексу Пантле-Букка в модификации В. Сладечека. При вычислении индекса родового разнообразия использовали формулу Менхиника.

В исследуемом водоеме в периоды сбора проб сообщество фитопланктона было представлено 33 родами, относящимися к 6 отделам: Chlorophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta, Chrysophyta, Xanthophyta. 46% от всего количества обнаруженных таксонов приходится на отдел Bacillariophyta, 33% - на отдел Chlorophyta, все остальные отделы водорослей представлены существенно меньшим количеством таксонов.

Количественный и качественный состав фитопланктона на исследуемом участке реки отличался в весенний и летний периоды. В весенний период отмечалось меньшее количество обнаруженных видов водорослей: сообщество фитопланктона было представлено 24 родами, относящимися к 4 отделам: Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Chrysophyta. Во всех пробах были отмечены *Asterionella*, *Aulacoseria*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Synedra*, *Tabellaria*, часто встречался *Dinobryon divergens*. В то же время *Bulbochaete*, *Closteriopsis longissima*, все обнаруженные виды рода *Closterium*, *Oedogonium*, *Desmidium schwartzii* встречались редко.

В летний период фитопланктонное сообщество было представлено 26 родами, относящимися ко всем 6 отделам. Во всех пробах в этот период были отмечены *Vaucheria*, *Asterionella*, *Aulacoseria*, *Pinnularia*, *Diatoma*, *Dinobryon divergens*, *Chryso-sphaerella longispina*, а также *Eudorina elegans*. В то же время некоторые представители фитопланктона встречались редко, в основном это представители отдела Chlorophyta: *Hyalotheca dissiliens*, *Ulothrix zonata*, *Desmidium schwartzii* и *Cladophora globulina*, а также водоросли отдела Dinophyta. В целом видовой состав фитопланктонного сообщества исследуемого участка реки Зеи в исследуемые периоды не отличался богатством и разнообразием.

Наибольшие значения численности и биомассы планктонных водорослей были отмечены в весенний период. Наибольшей численностью в этот период отличался род *Pinnularia*, *Ulothrix zonata*, *Anabaena variabilis*, *Dinobryon divergens*. В летний период наибольшей численностью отличался род *Asterionella*, а также *Cladophora globulina*, *Anabaena variabilis*, *Anabaena spiroides*, *Anabaena minima*, *Dinobryon divergens*.

Летом показатели биомассы были значительно ниже в сравнении с весенним периодом. Суммарная биомасса фитопланктона исследуемого участка реки Зея в мае 2018 года составила 4181 мг на 1 куб. метр и была сформирована в основном зелеными и диатомовыми водорослями. Суммарная биомасса фитопланктона в июле 2018 года уменьшилась практически на 70% и составила 1216 мг на 1 куб. метр. Сформирована биомасса в летний период исследований в основном зелеными и диатомовыми водорослями.

Средние значения индекса сапробности по Пантле-Букку составили в весенний период от 1.0 до 1.58, а в летний – от 1.24 до 1.7. На большинстве исследуемых точек этот показатель соответствует олиго-бетамезосапробной зоне и II классу чистоты вод.

Значения индекса Менхиника в весенний и летний периоды колебались значительно: от 0.7 до 2.3 в мае и от 2.1 до 6.6 в июле соответственно. Столь низкие значения индексов в мае могут быть связаны с небольшим видовым разнообразием в этот период вследствие ещё недостаточно благоприятных климатических условий для развития фитопланктона в водоеме. В июле же низкие показатели индекса также связаны с небольшим видовым разнообразием и низкой численностью фитопланктонных организмов, что является следствием неблагоприятной паводковой ситуации, быстрым течением и низкой температурой воды.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *NITZSCHIA PALEA* В БИОИНДИКАЦИИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА ВЕРХНЕГО ИРТЫША

А. А. Евсеева¹, Л. Б. Кушникова²

¹ Отдел «Ханты-Мансийский» Тюменский филиал

Федерального государственного бюджетного научного учреждения

«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («Госрыбцентр»), 628002, г. Ханты-Мансийск, ул. Гагарина, 190В, annaeco@mail.ru

² Алтайский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», 070000, Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 80, lbk249157@mail.ru

В работе приведены результаты исследования и анализа данных о распространении уродливых форм *Nitzschia palea* в бассейне Верхнего Иртыша, выявлены зоны локального загрязнения, где были отмечены аномальные морфологические изменения диатомовой водоросли. Материалом для данной работы послужили результаты исследований 2010-2011 гг. (322 альгологические пробы). Пробы перифитона отбирали на 8 водотоках на 23 створах. Станции отбора расположены с учетом населенных пунктов и источников загрязнения (выше и ниже участков с различной антропогенной нагрузкой).

Диатомовая водоросль *N. palea* в водотоках бассейна Верхнего Иртыша имеет широкое распространение. Высокая частота встречаемости в просматриваемых камерах отмечена в 70% проб перифитона, отобранных в 2010-2011 гг. Уродливость диатомовой водоросли *N. palea* заключалась в деформации створок. Анализ динамики встречаемости уродливых форм *N. palea* показал, что морфологические изменения водорослей отмечены на загрязненных участках рек Иртыш, Ульба, Глубочанка, Красноярка, Тихая. Наибольшая частота встречаемости зарегистрирована на створах р. Ульба в зоне влияния рудника Тишинского (71%) и в черте г. Усть-Каменогорска (86%), а также на створе р. Красноярка, расположенном ниже сбросов сточных вод (86%). На р. Иртыш наиболее часто уродливые формы регистрировали на створе, расположенном ниже впадения р. Ульба, что указывает на транзитное загрязнение р. Иртыш загрязненными водами ее правобережного притока р. Ульба.

Анализ парных корреляций между встречаемостью уродливых форм *N. palea* и гидрохимическими показателями исследуемых рек показал наличие значимой отрицательной корреляции с концентрациями тяжелых металлов, хлоридами и сульфатами. Выявлена связь присутствия уродливых форм водоросли *N. palea* с БПК₅, углекислым газом, бихроматной окисляемостью, концентрацией азота нитритного и нитратного. Положительная зависимость отмечена от концентрации калия, кальция, магния. Выявлена отрицательная корреляция в парах признаков, связанных с минерализацией. Так, в паре «минерализация воды – встречаемость уродливых форм» коэффициент корреляции для створов на р. Ульба $r = -0.99$, для створов на р. Красноярка и Глубочанка $r = -0.80$. Аналогичная тенденция выявлена для пары «нефтепродукты – встречаемость уродливых форм», $r = -0.75$. Установлено высоко достоверное влияние концентраций металлов (железо, цинк, марганец, кадмий, никель) на распространение уродливых форм диатомовой водоросли *N. palea* – 94%, тогда как влияние азота аммонийного было в пределах 60%.

В целом, состояние поверхностных вод исследуемых водотоков бассейна Верхнего Иртыша можно считать неудовлетворительным. Концентрации большинства определяемых веществ выше пределов ПДК для рыбохозяйственных водоемов. На участках, расположенных ниже сбросов, наблюдается деградация донных сообществ, здесь в пробах частота встречаемости уродства створок *N. palea* значительно выше.

МАКРОЗООБЕНТОС НЕКОТОРЫХ ВОДОТОКОВ БУХТАРМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. А. Евсеева

Отдел «Ханты-Мансийский» Тюменский филиал
Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский
научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («Госрыб-
центр»), 628002, г. Ханты-Мансийск, ул. Гагарина, 190В, annaeco@mail.ru

Бухтарминское водохранилище образовано плотиной Бухтарминской ГЭС на р. Иртыш, входит в десятку крупнейших искусственных водоемов мира по площади, самое большое водохранилище Казахстана. В работе представлены некоторые результаты гидробиологических исследований в 2011-2018 гг. малых и средних водотоков, впадающих в Бухтарминское водохранилище; приведен таксономический состав амфибиотических насекомых и других донных беспозвоночных.

В р. Урке в составе донных сообществ было определено 11 таксонов: личинки поденок *Epeorus pellucidus*, *Baetis pseudothermicus*, личинки веснянок *Kamimuria exilis*, *Diura* sp., личинки ручейников *Brachycentrus americanus*, *Arctopsyche ladogensis*, *Ceratopsyche nevae*, *Stenopsyche marmorata*, *Glossosoma altaicum*, *Limnephilus* sp., личинки хирономид п/сем. Diamesinae.

В р. Сухая Кайнды в составе макрозообентоса было обнаружено 13 таксонов: личинки поденок *E. pellucidus*, *Heptagenia sulfurea*, *Ephemerella lepnevae*, личинки ручейников *B. americanus*, *Ceratopsyche nevae*, *Stenopsyche marmorata*, *Hydatophylax* sp., *Athripsodes* sp., *Hydroptila tineoides*, ракообразные *Gammarus* sp., моллюски *Euglesa* sp., личинки жуков сем. Elmidae, личинки хирономид п/сем. Diamesinae.

В составе зообентоса р. Курчум было определено около 20 таксонов: ракообразные *Gammarus* sp., личинки стрекоз *Ophiogomphus cecilia*, личинки поденок *Baetis vernus*, *B. fuscatus*, *Baetis* sp., *Procloeon* sp., *Choroterpes altiocus*, *Ephemerella ignita*, *E. lenoki*, *Potamanthus luteus*, *Ephemerella sachalinensis*, *Brachycercus harrisella*, личинки веснянок *Agnetina extrema*, клопы *Micronecta poweri*, *Sigara* sp., личинки жуков *Heterolimnius ennearthrus*, личинки ручейников *B. americanus*, *Asynarchus amurensis*, *Mystacides dentatus*, личинки хирономид п/сем. Orthoclaadiinae, п/сем. Tanypodinae, п/сем. Chironominae.

В составе макрозообентоса р. Нарым было зарегистрировано 17 таксонов: личинки поденок *Baetis* sp., *Ephemerella kozhovi*, *E. pellucidus*, *Rhithrogena grandifolia*, *Ephemerella triacantha*, личинки веснянок *Suwalia teleckoejensis*, *Skwala pusilla*, личинки ручейников *C. nevae*, *C. silfvenii*, *Dicosmoecus palatus*, *Rhyacophila rectata*, *B. americanus*, личинки двукрылых сем. Simuliidae, *Hexatoma* sp., личинки хирономид п/сем. Orthoclaadiinae, п/сем. Diamesinae, ракообразные *Gammarus* sp.

В составе зообентоса р. Кулунджун было обнаружено 15 таксонов беспозвоночных: личинки поденок *B. vernus*, *Baetis* sp., *Cloeon dipterum*, *Caenis horaria*, личинки ручейников *Oecetis lacustris*, *M. dentatus*, *Hydropsyche angustipennis*, *H. pellucidula*, моллюски *Viviparus viviparus*, *Sphaerium* sp., ракообразные *Gammarus* sp., клопы *M. poweri*, *Sigara* sp., личинки хирономид п/сем. Orthoclaadiinae, п/сем. Tanypodinae.

В составе зообентоса р. Буконь было обнаружено 27 таксонов беспозвоночных: личинки поденок *E. pellucidus*, *B. vernus*, *B. fuscatus*, *Centroptilum luteolum*, *Procloeon* sp., *E. ignita*, *E. sachalinensis*, *Leptophlebia vespertina*, личинки веснянок *Diura bicaudata*, личинки ручейников *Chaetopteryx sahlbergi*, *C. nevae*, *Halesus tessellatus*, *Apatania zonella*, *Goera tungusensis*, *Phryganea grandis*, *Agripnia absoleta*, *Ecnomus tenellus*, личинки стрекоз *Platycnemis pennipes*, *Libellula quadrimaculata*, малощетинковые черви *Oligochaeta* sp., пиявки *Glossiphonia complanata*, *Piscicola geometra*, моллюски сем. Planorbidae, ракообразные *Gammarus* sp., клопы *M. poweri*, *Sigara* sp., личинки хирономид п/сем. Orthoclaadiinae.

НАХОДКА ДВУХ НОВЫХ ВИДОВ ПИЯВОК *HEMICLEPSIS* (GLOSSIPHONIIDAE) В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

Т. А. Елисеева¹, О. В. Аксенова^{1,2}, А. В. Кондаков^{1,2}

¹ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова УрО РАН, 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 23,
tania.eliseeva2014@yandex.ru;

² Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, г. Санкт-Петербург,
Университетская набережная, 7/9

Пиявки рода *Hemiclepsis* (*Glossiphoniidae*) – обитатели стоячих водоемов, русел и заливов рек с сильно развитой растительностью. Ведут хищный образ жизни, питаются кровью пресноводных рыб, моллюсков и земноводных. Прикрепляются к жертве благодаря своей сильной подвижности, особенно в голодном состоянии. Последние исследования демонстрируют, что пиявки выступают в качестве переносчиков вирусов и бактерий (Bauters et. al. 2007) – это является важным основанием необходимости изучения гирудофауны.

Отличительной особенностью данного рода является расширенный передний конец, отделенный от остальной части тела. Начиная с переднего конца, тело постепенно расширяется и достигает максимальной ширины примерно во второй трети своей длины, а затем округляется и заканчивается задней присоской. Передняя и задняя присоски достаточно крупные. Имеются хорошо заметные две пары глаз, при этом первая пара значительно меньше второй. В Европе род представлен только одним видом – *Hemiclepsis marginata*. Большая часть видов этого рода на данный момент описана с территории Дальнего Востока России и Южной Кореи.

В ходе проведенных исследований были получены нуклеотидные последовательности фрагмента гена первой субъединицы цитохром с-оксидазы (COI) для образцов из Хабаровского края. Полученные в ходе анализа последовательности показали, что генетическая дистанция для отдельных видов составила более 2%, что соответствует уровням видовой отличия. Также было определено, что один из проанализированных образцов относится к дивергентной линии *Hemiclepsis kasmiana*.

Первый образец (кат. номер Hir_420) отличается от ближайшего вида *Hemiclepsis* по гену COI на 7.4%. Его можно отличить от других представителей рода сочетанием следующих признаков: спинная сторона желтовато-оранжевого цвета, покрытая мелкими сосочками, а также имеются скопления мелких темных пятен, образующих продольные ряды по всей поверхности; обе присоски крупные, на задней имеются крупные желтые пятна; брюшная сторона более светлая с мелкими темными пятнами по всей поверхности. Вторым образцом (кат. номер Hir_433/1) отличается от сестринского вида *Hemiclepsis kasmiana* по гену COI на 2.7%, при этом характеризуется гладкой спинной стороной, которая покрыта 5 рядами крупных желтых пятен; по всему телу рассеян пигмент буро-коричневого цвета; на задней присоске также имеются крупные желтые пятна; обе присоски хорошо развиты.

Для проведения филогенетического анализа из базы данных NCBI GenBank были взяты последовательности COI рода *Hemiclepsis*. Филогенетический анализ максимального правдоподобия (ML) проведен на сервере IQ-TREE v. 1.6.12 (Kalyaanamoorthy et. al. 2017).

Анализ филогении рода *Hemiclepsis* указывает на то, что в настоящий момент на основе молекулярно-генетических методов можно выделить 15 видов. На филогенетическом дереве они формируют 5 групп, которые представлены видами с Дальнего Востока, Европейской части России, Юго-Восточной и Восточной Азии. Самый высокий уровень генетического разнообразия отмечен на Дальнем Востоке, где обнаружено 10 видов данного рода.

Находка двух новых видов пиявок *Hemiclepsis* spp. в Хабаровском крае свидетельствует о том, что видовое богатство данного рода было сильно недооценено исследователями. Полученные результаты указывают на то, что в настоящий момент Дальний Восток России выступает в качестве центра биоразнообразия для представителей данного рода.

Молекулярно-генетические исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 18-44-292001 р_мк), экспедиционные работы проведены за счет средств проекта РНФ (№ 19-14-00066).

**ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ СВЕТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
НА ПРЕСНОВОДНЫЙ ВИД КРЕВЕТОК *NEOCARIDINA DENTICULATA SINENSIS*
(CRUSTACEA, DECAPODA)**

**Я. К. Ермолаева, М. А. Теплых, Е. М. Долинская, С. А. Бирицкая, В. А. Пушница,
И. В. Кузнецова, А. И. Охолина, Л. Б. Бухаева, Д. Ю. Карнаухов, Е. А. Зилов**
Иркутский государственный университет, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, 664003,
erm.yana@mail.ru

Одной из актуальных проблем водных экосистем является проблема светового загрязнения, которое вызывается двумя основными факторами: освещением береговых линий вдоль населенных пунктов и водным транспортом. Искусственное освещение не только привлекает гидробионтов, но и влияет на поведение организмов. Креветка *Neocaridina denticulata sinensis* является коренным видом Японии, Кореи, Китая, Вьетнама, Тайваня, где обитает в пресноводных водоемах. Благодаря своей устойчивости к различным условиям среды и высокой скорости размножения *N. denticulata sinensis* широко распространена в аквариумистике.

Для исследования влияния искусственного освещения на *N. denticulata sinensis* использовали удлиненный аквариум, сужающийся к одному концу, в который помещали прозрачный цилиндр без дна. Другой конец аквариума, на котором размещали осветительный прибор, разделён перегородкой на две половины. Внутреннюю часть аквариума обклеивали непрозрачным темным материалом для уменьшения рассеивания света, исходящего от осветительного прибора.

Эксперименты проводили в лаборатории с нулевой освещенностью (0 lx). Всего было проведено 6 экспериментов. В первом эксперименте одна половина аквариума освещалась теплым светом, другая холодным, в обеих половинах устанавливалась освещенность в 2-2.5 lx. Во втором эксперименте освещенность составляла 10-11 lx. В третьем и четвертом экспериментах освещалась только одна половина теплым светом с освещенностью 2-2.5 lx (третий эксперимент) и 10-11 lx (четвертый эксперимент), при этом другая половина аквариума оставалась темной, неосвещенной (0 lx). Пятый и шестой эксперименты проводились так же, как третий и четвертый, но вместо теплого света использовали холодный. Для каждого эксперимента отбирали 20 особей *N. denticulata sinensis*. Креветку помещали в цилиндр и ставили таймер на 3 минуты. После истечения отведенного времени убирали цилиндр и записывали, в какую часть аквариума заплывет креветка в течение 1 минуты. Данные действия проводили с каждой из 20 креветок по 10 раз.

Полученные в ходе экспериментов данные обрабатывали путем подсчета общего количества раз выбора какой-либо части аквариума креветками. В первом эксперименте в 64.5% случаев креветки выбирали теплый свет, в 35.5% - холодный. Во втором в 39.5% случаев креветки оставались в зоне выбора (ничего не выбирали), в 37.5% выбирали теплый свет, в 23% - холодный. В третьем в 36% случаев выбирали теплый свет, в 41.5% выбирали неосвещенную часть аквариума и в 22.5% ничего не выбирали. В четвертом в 25% случаев выбирали теплый свет, в 41% - темную часть, в 44% ничего не выбирали. В пятом в 14% случаев выбирали холодный свет, в 35.5% - темную часть, в 50.5% ничего не выбирали. В шестом в 20% случаев выбирали холодный свет, в 37.5% - темную часть и в 42.5% ничего не выбирали.

Полученные в ходе экспериментов данные свидетельствуют о том, что теплый свет является более привлекательным для *N. denticulata sinensis*, чем холодный с тем же уровнем освещенности. Теплый свет с освещенностью в 2-2.5 lx более привлекателен для креветок, чем тот же свет, но с большим уровнем освещенности (10-11 lx). Холодный свет с освещенностью 10-11 lx привлекает креветок больше, чем с освещенностью 2-2.5 lx. При этом креветки больше предпочитали плыть в неосвещенную часть аквариума или оставаться в зоне выбора, т.е. креветки избегали или чувствовали себя комфортно в условиях теплого света с освещенностью в 10-11 lx и в условиях холодного освещения.

ГРАНИЦЫ ТОЛЕРАНТНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОПТИМУМЫ МАССОВЫХ ВИДОВ ЗООПЛАНКТОНА В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н. И. Ермолаева

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск,
Морской просп. 2, hope413@mail.ru

Отдельные виды зоопланктона могут существовать только в своем собственном, строго определенном диапазоне гидрохимических параметров, называемом диапазоном толерантности. На основе обобщения результатов комплексного исследования гидробиологических и гидрохимических характеристик 236 малых озер на территории юга Западно-Сибирской равнины вдоль трансекты от южной границы Алтайского края (51°с.ш.) до южной границы Васюганского болота (60°с.ш.), проведен расчет оптимумов и пределов толерантности различных видов зоопланктона в условиях юга Западной Сибири по формуле:

$$WA_{opt} = \sum_{i=1}^n (A_i \times S_i) / \sum_{i=1}^n A_i$$

где A_i – численность конкретного вида в точке i , S_i – соленость в точке i , n – число проб, в которых встречен данный вид.

Большинство Cladocera и Rotifera не выносят солености выше 5 г/дм³. А оптимумы находятся еще ниже. Однако, например, для *Daphnia magna* верхняя граница галотолерантности оказалась равна 18.5 г/дм³. При этом максимальная численность вида фиксировалась при солености в районе 4.0-5.0 г/дм³. Наибольшую степень галотолерантности из ветвистоусых продемонстрировала *Moina mongolica*. В ряде соленых озер она образовывала монодоминантное сообщество.

Из коловраток самый широкий диапазон обитания в зависимости от солености продемонстрировали *Brachionus plicatilis plicatilis*, *Brachionus plicatilis asplanchnoides* и *Brachionus urceus*. Из видов, предпочитающих повышенный уровень солености, отметим *Hexarthra mira* (оптимум солености 9.7 г/дм³) и *Hexarthra fennica* (оптимум солености 22.3 г/дм³), при том что оба указанных вида вполне успешно живут и размножаются в более пресных водоемах.

Уровень солености выше 5.0 г/дм³ выдерживают только 8 видов отр. Cyclopoidea (*Diacyclops (Acanthocyclops) bisetosus*, *Megacyclops gigas*, *Megacyclops viridis*, *Cyclops kolensis*, *Thermocyclops crassus*, *Paracyclops affinis*, *Paracyclops fimbriatus*, *Apocyclops (Microcyclops) dengizicus*), однако оптимумы у большинства видов все же находятся значительно ниже данного уровня. У представителей отр. Calanoida уровень галотолерантности значительно выше, как и процент галотолерантных или галофильных видов. Но есть и виды, приуроченные исключительно к пресным водоемам: *Arctodiaptomus dudichi*, *Hemidiaptomus ignatovi*, *Mixodiaptomus theeli*, *Hetercope appendiculata*.

Таким образом, в различных климатических условиях у массовых видов зоопланктона формируются различные пределы галотолерантности и приспособленности к диапазону значений рН. При анализе пограничных условий существования каждого вида нельзя ограничиваться каким-либо одним параметром. Для того же *Hetercope appendiculata* оптимальным является низкий уровень солености в сочетании с повышенными показателями рН, *Moina mongolica* предпочитает соленые щелочные воды и т.д.

Рассчитанные границы встречаемости и точки экологического оптимума по каждому показателю не являются абсолютными, поскольку данные получены по принципу «моментальной съемки» «здесь и сейчас», а учесть всё многообразие факторов, обеспечивающих развитие или угнетение того или иного вида, пока не удастся. При изменении каких-либо условий (снижение или повышение концентрации любого иона, температуры, уровня кислорода и т.д.) может наблюдаться значительный сдвиг предпочтительности.

ЗИМНИЙ ЗООПЛАНКТОН ГЛУБОКОВОДНОГО МЕЗОТРОФНОГО ОЗЕРА ПЛЕЩЕЕВО (РОССИЯ)

С.М. Жданова, М.И. Малин

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, Ярославская область,
Некоузский район, пос. Борок, zhdanova@ibiw.ru

В настоящее время в связи с изменением климата во многих водоемах умеренной зоны наблюдается сокращение периода ледостава (Экологический мониторинг, 2014; Su et al., 2021; Филатов и др., 2014; Benson et al., 2012; Ключев, Лебедев, 2019), что может значительно изменять условия существования комплекса холодолюбивых видов планктонных животных (Сярки, Фомина, 2017; Лазарева, Соколова, 2017; Ривьер, 2012). Зимний и зимне-весенний зоопланктон глубоководного озера Плещеево ранее подробно исследовали в январе–марте 1980–1985 и 1990–1991 гг. (Столбунова, 1992, 2006, 2007; Ривьер, 1986, 2012; Ривьер и др., 1992). Было показано, что максимального развития в подледный период зоопланктон достигал в марте, в его состав входили как специфические зимние (криофильные, холодолюбивые), так и эвритермные (круглогодичные с холодолюбивой генерацией) виды. В первую половину зимы встречались летние ослабленные формы.

В марте 2019 г. исследовали состав и вертикальное распределение зоопланктона в северо-западной части озера Плещеево. Выявлен 21 вид коловраток и ракообразных. Преобладали планктонные формы, обитающие в водоеме круглый год (43%, 9 видов). Зимние холодолюбивые виды составляли 24% списка (5 видов), летние виды – 19% (4 вида). Концентрация зоопланктона на исследованных участках озера была близка (11.5–13.8 тыс. экз./м³), тогда как средняя для столба воды биомасса планктонных животных на глубоководном (20 м) участке выше почти в 3 раза (29.4 мг/м³) по сравнению с другими (глубины 7 м и 9 м, 9.9 и 12.4 мг/м³), что обусловлено присутствием в придонном слое копеподитов *Cyclops kolensis*. Основу зимнего сообщества составляли по численности коловратки (68–73%) и по биомассе веслоногие ракообразные (63–88% биомассы). Вертикальная структура зоопланктона характеризовалась преобладанием во всей водной толще коловраток, и только в придонном слое – веслоногих ракообразных. Максимальные значения обилия планктонных животных характерны для нижних горизонтов водной толщи. Холодолюбивые виды Rotifera доминировали в поверхностном слое (0–2 м) (*Synchaeta lakowitziana*, 60–64% общей численности зоопланктона) и в более глубоких слоях (>6 м) (*Keratella hiemalis*, 43–69%). Циклопоидные копеподы формировали заметную численность в слое 4 м за счет науплиусов и в придонном слое за счет науплиусов и копеподитов р. *Cyclops*. Доминировал один вид веслоногих ракообразных *Cyclops kolensis*, единично отмечены копеподиты *Thermocyclops*, *Mesocyclops*, *Paracyclops*. Популяция *Cyclops kolensis* немногочисленна (до 4.6 тыс. экз./м³) и сосредоточена у дна на глубинах 18–20 м. Ранее также отмечали приуроченность этого рачка к придонным слоям в глубоких участках озера и значительные вариации его количества по годам (Ривьер, 1986; Столбунова, 2006). В марте 2019 г. находили единичных взрослых особей эвритермных каланоидных копепод *Eudiaptomus graciloides* (0.25 тыс. экз./м³). Однако ранее в условиях озера отмечали более высокие количественные показатели (до 24 тыс. экз./м³). *E. graciloides* был приурочен к верхним слоям (до 5–11 м), при температуре от 0.7 до 1.1°C его вклад в общую биомассу зоопланктона в марте составлял 53–84% (Ривьер и др., 1992; Столбунова, 2006). Кладоцеры были малочисленными в подледный период в озере, как и в более ранних исследованиях. В марте 2019 г. обилие зоопланктона было небольшим и ниже, чем регистрировали в 1980-х годах. Это связано с выпадением из числа доминантов рачка *E. graciloides*. Состав коловраток во второй половине зимы также претерпел изменения. Стали многочисленными ранее не отмеченные в водоеме представители р. *Synchaeta*. Причины указанных изменений не ясны и требуют дополнительного изучения.

Работа выполнена в рамках государственного задания НИОКТР 121051100109-1 при финансовой поддержке Национального парка «Современная структура сообществ беспозвоночных (зоопланктон, зообентос) оз. Плещеево».

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИРРИГАЦИОННЫХ КАНАЛОВ ВЕРХНЕЙ КУБАНИ

Л. А. Живоглядова, Д. А. Вехов, Е. В. Иванченко, Н. А. Шляхова, Н. С. Елфимова,
Д. Ф. Афанасьев

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», 344002, г. Ростов-на-Дону,
ул. Береговая 21- в, l.zhivoglyadova@mail.ru

В верхней Кубани берут начало две крупные ирригационных системы – Большой Ставропольский и Невинномысский каналы. Наполняемые кубанской водой, они отличаются своеобразием условий обитания и слабо изучены в гидробиологическом и рыбохозяйственном отношении.

В 2020 г. в Большом Ставропольском канале на участке от Кубанского водохранилища до г. Невинномысск, а также на Невинномысском канале – от г. Невинномысск до поселка Свистуха были проведены комплексные гидробиологические исследования по оценке качественного состава и количественных характеристик планктон и бентоса. Пробы отбирали на 14 станциях в течение вегетационного сезона (весна, лето, осень). Исследованиями были охарактеризованы типологически разные участки ирригационной системы, как сами каналы, характеризующиеся разной степенью проточности, так и накопительные резервуары – водохранилища. Суммарный объем гидробиологических проб – 165.

В составе фитопланктона обнаружено 92 вида микроводорослей, в том числе диатомовых – 42 вида, зеленых – 19, эвгленовых – 11, цианобактерий – 11, прочие группы были представлены 1–3 видами. В весенний период численность фитопланктона по станциям изменялась от 35.5 млн. кл/м³ до 170.8 млн. кл/м³, при среднем значении 73.5 млн. кл/м³. Биомасса варьировала от 63.1 мг/м³ до 363.4 мг/м³, в среднем составляла 133.6 мг/м³. Летом показатели обилия сохранялись на уровне весенних значений, численность варьировала в диапазоне 33.8–96.0 млн. кл/м³, при среднем значении 67.4 млн. кл/м³, биомасса – от 66.9 мг/м³ до 249.7 мг/м³, при среднем значении 118.0 мг/м³. Осенью в целом по району работ наблюдали увеличение показателей обилия фитопланктона. В этот период численность в среднем составила 116.8 млн. кл/м³ при диапазоне 7.2–312.0 млн. кл/м³, биомасса – 368.4 мг/м³ при диапазоне 70.0–1796.7 мг/м³.

Зоопланктон каналов ирригационной системы сравнительно беден. За весь период исследований отмечен 21 таксон, в том числе коловраток – 7, копепод – 8, кладоцер – 5, представителей меропланктона – 2. Весной численность зоопланктона изменялась от 630 экз./м³ до 12096 экз./м³, биомасса 2.4 до 133.3 мг/м³, при средних значениях 2863 экз./м³ и 27.8 мг/м³. Летом показатели обилия зоопланктона существенно возросли, численность варьировала в диапазоне 1612–41771 экз./м³, биомасса – 59.3–1942.6 мг/м³, средние значения составляли 8927 экз./м³ и 359.3 мг/м³. Осенью сохранялся высокий уровень развития зоопланктона. Численность варьировала в диапазоне 910–41665 экз./м³, биомасса – от 37.6 до 1918.2 мг/м³. Средние показатели обилия осенью составляли 7019 экз./м³ и 333.1 мг/м³.

Зообентос исследуемых каналов был представлен 21 таксоном, в том числе личинок ручейников – 5 видов, личинок поденок – 4, ракообразных – 3, моллюсков – 2 вида, стрекоз, мошек, мокрецов и пиявок – по 1 виду. Видовую идентификацию олигохет, нематод и личинок хирономид не проводили. Весной численность макрозообентоса варьировала от 167 до 4139 экз./м², в среднем составляя 1173 экз./м². Биомасса изменялась от 0.1 до 74.3 г/м², в среднем достигала 13.5 г/м². В летний период показатели были ниже и изменялись в пределах от 55 до 1527 экз./м², в среднем составляя 483 экз./м², биомасса варьировала от 0.01 до 1.97 г/м², в среднем составляя 0.78 г/м². Осенью на некоторых станциях с плотным грунтом бентос не обнаружен. На прочих численность зообентоса изменялась от 10 до 3193 экз./м², в среднем составляя 1077 экз./м², биомасса – от 0.1 до 4.5 г/м², составляя в среднем 1.1 г/м².

ПАРАЗИТ РОТАНА, ЦЕСТОДА *NIPPOTAENIA MOGURNDAE*, В БАССЕЙНЕ ИРТЫША

О. Н. Жигилева, Г. В. Алямкин

Лаборатория AquaBioSafe, Тюменский государственный университет, Тюмень,
ул. Володарского, 6, 625003 Россия, zhigileva@mail.ru, alyamkin.egor@yandex.ru.

Значительная часть исследований систем «паразит-хозяин» основывается на количественных показателях зараженности и морфологии организмов. Эти данные говорят о состоянии популяции в контексте экосистемы – например, позволяют оценить жизнеспособность инвазивной популяции в приобретенном ареале. Однако в задаче определения путей распространения и источников таких инвазий подобные данные менее эффективны. В то время как фенотип и состав паразитов подвержены влиянию множества факторов, генетические данные относятся непосредственно к изучаемому организму. Показатели генетического разнообразия популяции могут никак не отражаться на внешних признаках, но при этом демонстрируют как жизнеспособность популяции, так и ее положение относительно других популяций в географическом и генетическом плане. Однако для успешного применения методов генетического анализа важно знать нуклеотидные последовательности исследуемых видов, и для многих паразитов объем известных последовательностей, представленных в базах данных, весьма мал. Для *Nippotaenia mogurndae*, паразитирующей на инвазивном ротане-головешке *Perccottus glenii*, известны только последовательности, кодирующие синтез 18S РНК малой и 28S РНК большой субъединиц рибосомы. В то время как у хозяина секвенирован полный митохондриальный геном и представлены данные по генетической изменчивости в различных регионах, сведения о генетической изменчивости паразита фрагментарны.

В данном исследовании изучалось генетическое разнообразие инвазивных популяций *N. mogurndae* и ее хозяина в приобретенном ареале – бассейне р. Иртыш. Во всех пяти исследованных популяциях ротана отмечены высокие показатели зараженности *N. mogurndae* – встречаемость 88–95%, обилие 5.1–11.8.

Генетический анализ проводился с помощью метода ISSR-PCR – полимеразной цепной реакции, использующей для отжига праймеров микросателлитные участки ДНК. Так как специфические праймеры были неизвестны, была проведена предварительная апробация, и удовлетворительные результаты показали праймеры (AG)₈C (UBC-808), (AG)₈G (UBC-809), (AG)₈T (UBC-807) и (TC)₈C (UBC-823). Генотипирование показало, что каждая из пяти изученных популяций *N. mogurndae* обладает специфическим генетическим профилем, отличается частотами бендов (всего идентифицировано 38) и наличием уникальных бендов – по 3 для 2 популяций. Уровень полиморфизма варьирует в пределах 18–45%, а генетическое разнообразие – 0.06–0.15. Наибольшая генетическая дистанция между популяциями – 0.18. Все эти показатели у ротана-головешки более высокие. Это объясняется узкой гостальной специфичностью и большей стабильностью среды организма хозяина, нивелирующей в определенной степени влияние разнообразных условий различных водоемов. Тем не менее, показатели дифференциации популяций паразита и хозяина сходны, что указывает на совместный путь расселения по региону. Благодаря большей консервативности генетической структуры, для *N. mogurndae* можно предположительно определить место обитания популяции с наибольшими показателями генетической изменчивости и инвазии как точку заселения в исследуемом регионе (р. Тобол). Эти показатели, в целом высокие для региона, указывают на успешность натурализации как хозяина, так и паразита. Внутрипопуляционные несовпадения между показателями ротана и *N. mogurndae* можно объяснить влиянием дрейфа генов, более сильным у паразита. Также на генетическую структуру *N. mogurndae* может влиять популяционная динамика ее промежуточного хозяина, циклопа *Mesocyclops leucharti*, что требует дальнейшего изучения. Таким образом, изучение генетической изменчивости паразитов может не только предоставить сведения непосредственно об исследуемом виде, но и получить дополнительные данные о распространении его хозяина.

ЗАВОЕВАНИЕ ВОЛЖСКИМ ПОДКАМЕНЩИКОМ *COTTUS KOSHEWNIKOWI* ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА БАЛТИКИ: РЕЗУЛЬТАТЫ КОЛОНИЗАЦИИ

З. В. Жидков

Зоологический институт Российской академии наук, 199034, Санкт-Петербург,
Университетская наб., 1, zhidkovz@gmail.com

Cottus koshevníkowi – вид, имеющий широкое распространение в континентальных водоемах Европы: от Финляндии и Северо-Запада России на западе до склонов Уральского хребта на востоке. Типовое местообитание – р. Горедва (Верхняя Волга). Это демерсальный, типично пресноводный вид, населяющий реки, ручьи и озера. *C. koshevníkowi* населяет водоемы как ледникового генезиса (бассейн Балтийского моря), так и систему р. Волга, сформировавшуюся задолго до периода оледенения и принадлежащую к бассейну Каспийского моря. Для изучения морфологических и генетических признаков русского подкаменщика были проанализированы выборки из рек, принадлежащих к обоим бассейнам. Материалом для исследования послужили коллекции Зоологического института РАН (Санкт-Петербург) и Финского музея естественной истории (Хельсинки).

У 4 выборок (81 экз.) проанализировано 26 пластических и 7 меристических признаков. Выполнен анализ главных компонент. Изучены последовательности контрольного региона (CR, 769 п.н.) и гена цитохрома b (сyt b, 1141 п.н.) у особей, пойманных в системе Волги и реках Балтийского бассейна. Использованы 2 последовательности (CR) из Genbank NCBI для *C. koshevníkowi* из водоемов Финляндии.

На обширном ареале, включающем значительную по площади область реколонизации, *C. koshevníkowi* демонстрирует высокую морфологическую мономорфность. У выборок из системы Волги, являвшейся во время последнего оледенения рефугиумом для этого вида, уровень изменчивости пластических признаков на том же уровне, что и у экземпляров из Балтийского бассейна (область реколонизации). Отличий по этому комплексу признаков между подкаменщиками из разных бассейнов не выявлено (морфопространства выборок в пространстве 2-й, 3-й и 4-й главных компонент сильно перекрываются). По 4 из 7 меристических признаков различий между выборками не обнаружено. Для особей из Волжской системы характерны более высокие значения и степень варьирования для таких признаков, как: число позвонков в хвостовом отделе, числа лучей во втором спинном и анальном плавниках (модальные значения между выборками из разных бассейнов стабильно различались на единицу).

Генетическая изменчивость у *C. koshevníkowi* в пределах Волжского и Балтийского бассейнов была низкой (8 полиморфных сайтов в CR и 2 – в сyt b). Анализ последовательностей CR позволил выявить 6 гаплотипов, образующих 2 гаплогруппы. Первая группа гаплотипов (4) характерна для особей из Верхней Волги и рек, впадающих в Ладожское озеро и Финский залив, вторая (2) – для подкаменщиков из водоемов Финляндии. Расстояние между гаплогруппами – 4 нуклеотидные замены. По гену сyt b выявлено всего 3 гаплотипа, различия между которыми представлены одномутационными переходами.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ПЛОТНОСТЬ ЧУЖЕРОДНОЙ КОЛОВРАТКИ
KELLCOTTIA BOSTONIENSIS (ROUSSELET, 1908) (ROTIFERA: BRACHIONIDAE)
В ВОДОХРАНИЛИЩАХ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ И ИХ ПРИТОКАХ**

В. С. Жихарев, Т. В. Золотарева, Д. Е. Гаврилко, Г. В. Шурганова

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603022,
г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, slava.zhiharev@bk.ru*

Неоарктическая коловратка *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) является чужеродным видом для палеарктического региона. Вид активно заселяет водоемы и водотоки не только Европы, но и Европейской России в частности. На сегодняшний день ведутся исследования морфологии и экологических предпочтений этого вида.

Исследования акваторий водохранилищ Средней Волги и их притоков позволили выявить 15 местообитаний этого вида. *K. bostoniensis* обнаружен во всех трех водохранилищах Средней Волги: Горьковском, Чебоксарском и Куйбышевском. Первые для Горьковского водохранилища находки в 2018 и 2019 гг. были приурочены к озерной части водохранилища. Количественное развитие коловратки было невысоким, 10-300 экз./м³, вид не вносил существенного вклада в общую численность зоопланктона. В Чебоксарском водохранилище вид на сегодняшний день, очевидно, натурализовался. Однако его встречаемость и количественное развитие остается невысоким. Проведенные в течение последних 10 лет исследования количественного развития *K. bostoniensis* в Чебоксарском водохранилище показали незначительные изменения ее плотности. Обилие вида изменялось от нескольких экз./м³ до 400 экз./м³. Доля *K. bostoniensis* от общей численности зоопланктона составляла менее 1%. В Куйбышевском водохранилище *K. bostoniensis* была обнаружена нами впервые в 2020 г. Наибольшая численность коловратки зафиксирована на станции отбора проб ниже г. Волжск (1.7 тыс. экз./м³), доля вида от общей численности зоопланктона была близка к 1%. Полученные нами сведения сопоставимы с данными С.М. Ждановой с соавт. (2016), ей отмечены невысокие показатели численности *K. bostoniensis* в водохранилищах Верхней Волги.

Масштабные исследования притоков водохранилищ Средней Волги, которые проводились в период с 2017 по 2020 гг. позволили выявить 12 местообитаний чужеродной коловратки. Вид обнаружен в одном притоке Горьковского водохранилища (р. Шача), в 9 притоках Чебоксарского водохранилища (рр. Ока, Пыра, Черная, Везлома, Керженец, Сундовик, Ватома, Ветлуга и Сура) и в двух притоках Куйбышевского водохранилища (рр. Казанка и Кама). В большинстве случаев нами были исследованы устьевые области притоков водохранилищ, являющиеся буферными зонами и отличающиеся наибольшим видовым богатством и особыми гидрологическими, гидрофизическими и гидрохимическими условиями. Плотность *K. bostoniensis* в притоках водохранилищ Средней Волги значительно варьировала. В большинстве из них численность коловратки не превышала 100 экз./м³. В р. Черная (приток Чебоксарского водохранилища) плотность коловратки была наибольшей среди всех притоков и составляла 17.6 тыс. экз./м³. В других исследованных водотоках доля чужеродного вида не превышала 1%. Однако в устьевой области р. Черная доля коловратки в общей численности зоопланктона составляла 22.4%, а в общей численности коловраток 78.4%. В устьевой области р. Керженец (приток Чебоксарского водохранилища) доля коловратки в общей численности зоопланктона составляла 11.0%, в устьевой области р. Кама (приток Куйбышевского водохранилища) – 11.4%.

Таким образом, чужеродная коловратка *K. bostoniensis*, очевидно, успешно натурализовалась в бассейне Средней Волги. Об этом также свидетельствуют данные о ее распространении и плотности в притоках водохранилищ 2-го и 3-го порядка, и многочисленных озерах бассейна Средней Волги. Плотность коловратки невысока, однако ее доля в зоопланктоценозах некоторых устьевых областей является существенной. Наши исследования показывают, что в водохранилищах и притоках на участках с сильным течением *K. bostoniensis* чаще всего не многочисленна, однако на участках рек с замедленным течением (например, в р. Черная) она может развиваться в массе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 20-34-90097 и 19-34-90013).

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ БЕСКИШЕЧНЫХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ (АСОЕЛА) И ИХ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Я. И. Заботин

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18,
Yaroslav.Zabotin@rambler.ru

Бескишечные турбеллярии (Асоела) являются мелкими свободноживущими морскими беспозвоночными с невыясненным до конца систематическим положением. На сегодняшний день наряду с молекулярно-генетическими методами наиболее надежным критерием при реконструкции филогенетических связей внутри этого таксона остается морфология половой системы, отличающаяся удивительным многообразием. При этом особое внимание уделяется ультраструктуре сперматозоидов и женских копулятивных органов, однако еще далеко не у всех видов описаны эти таксономически значимые признаки.

В ходе данной работы была исследована ультраструктура сперматозоидов, бурс и их наконечников у пяти видов Асоела из различных семейств: *Archaphanostoma agile*, *Otocelis rubropunctata* (Isodiametridae), *Convolutriloba retrogemma*, *Symsagittifera japonica* и *Amphiscolops sp.* (Convolutidae). Представители *A. agile* были собраны на литорали различных островов Керетского архипелага (губа Чупа, Белое море, Россия), *C. retrogemma* – в морском аквариуме кафедры зоологии и общей биологии КФУ (г. Казань, Россия), остальные три вида – на литорали острова Мукайшима (Внутреннее Японское море, Япония). Материал был зафиксирован в 1% глутаровом альдегиде на 0.1 М фосфатном буфере и обработан для ТЭМ по стандартной схеме.

Сперматозоиды *A. agile* характеризуются как признаками, типичными для архаичных семейств Асоела (формулой аксонем жгутиков 9+2, кортикальным положением свободных микротрубочек), так и видоспецифическими особенностями (наличием пары опорных тяжей в хвостовом отделе). У *O. rubropunctata* аксонемы имеют формулу 9+2 в хвостовом и в среднем отделе, но в проксимальном обе центральных микротрубочки заканчиваются, и аксонема приобретает вид 9+0. Сперматозоиды представителей семейства Convolutidae, принадлежащего к наиболее высокоорганизованным группам Асоела, напротив, характеризуются формулой аксонемы 9+0 и аксиальными микротрубочками, как было обнаружено у *C. retrogemma*. В «шейке» сперматозоида *S. japonica* свободные микротрубочки занимают аксиальное положение, а в хвостовом отделе они расходятся к периферии клетки и занимают кортикальное положение. Спермии *Amphiscolops sp.* отличаются наличием в «головке» опорных «губчатых тел» и аксиального цилиндра, который в хвостовом отделе распадается на два пучка дистальных микротрубочек.

Женские копулятивные органы Convolutidae представлены семенной бурсой с одним (у *S. japonica* и *C. retrogemma*) или двумя (у *Amphiscolops sp.*) наконечниками, направленными вперед. Стенка бурсы *S. japonica* образована тремя тонкими слоями мышечных волокон (кольцевым, продольным и вторым кольцевым). У *Amphiscolops sp.* и *C. retrogemma* каждый наконечник образован «стопкой» плоских клеток, каждая из которых в центре пронизана отверстием. В составе наконечника чередуются два типа клеток – склеротизированные, цитоплазма центральных участков которых заполнена электронно-плотным материалом (актиновыми волокнами), и промежуточные (секреторные). У *C. retrogemma* просвет наконечника закрыт «пробкой», состоящей из различных клеточных элементов, в т.ч. актиновых волокон, препятствующих проникновению сперматозоидов партнера, что, вероятно, может объяснить факт распространения бесполого («reverse budding»), а не полового размножения в аквариумных культурах данного вида.

Таким образом, обнаруженные в ходе данного исследования новые ультраструктурные особенности половой системы Асоела расширяют имеющиеся представления о репродуктивной биологии конкретных видов и могут найти свое применение в систематике и филогенетике этой группы.

СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ РАКОВИННЫХ АМЕБ (TESTACEA) ПОБЕРЕЖЬЯ АЗОВСКОГО МОРЯ

О. Н. Загумённая¹, Д. И. Коробушкин²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская область, Некоузский район, пос. Борок, д. 109,

²Институт проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН,
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, 33,

zagumelga@gmail.com

Раковинные амёбы (Testacea) являются полифилетической группой простейших из двух супергрупп эукариот; TSAR и Амёбозоа. Амёбодные клетки тестаций заключены в устойчивую к разложению раковинку. Раковинные амёбы выполняют важные функции в поддержании биогеохимических циклов, регулируя круговорот углерода, азота, кремния, разлагают лигнин и целлюлозу, аккумулируют минеральные элементы, являются ключевым компонентом «микробной петли» в почвенных и некоторых водных экосистемах.

На данный момент исследования тестаций актуальны во всем мире. Изучение раковинных амёб побережья Азовского моря до сих пор не проводилось.

Мы исследовали морфологию, видовой состав и количественное обилие тестаций на 1 г абсолютно сухого вещества (а.с.в.) почвы пяти трансект побережья Азовского моря (Азовский, Неклиновский районы Ростовской области, Ейский район Краснодарского края) по мере удаления от берега. Каждая трансекта состояла из 7 станций, удаленных от береговой линии на разном расстоянии: 0.5 м – соответствующая расстоянию 0.5 м от уровня максимального прилива; 5 м; 25 м; 50 м; 100 м; 250 м и 2000 м – контроль.

Исследования проводились с использованием световой микроскопии (фазовый контраст, дифференциально-интерференционный контраст). Было выявлено 100 видов тестаций из 17 семейств и 34 родов. Все они являются новыми видами для региона исследований.

В исследованных пяти трансектах побережья Азовского моря по мере удаления от берега наблюдалось увеличение видового богатства раковинных амёб, а также, наблюдалось увеличение плотности тестаций на 1 г а.с.в. почвы.

В точках отбора проб «5», соответствующей расстоянию пяти метров от уровня максимального прилива, во всех исследованных трансектах не было обнаружено тестаций.

В точках отбора проб «2000», соответствующих расстоянию от максимального прилива равному 2000 м и более, наблюдается резкое увеличение плотности тестаций на 1 г а.с.в. почвы, а также увеличение видового разнообразия.

Для побережья Азовского моря выявлены три доминирующих вида тестаций: *Centropyxis aerophila* Deflandre, 1929 (7635 экз./г а.с.в.), *Centropyxis sylvatica* (Deflandre, 1929) Bonnet et Thomas 1955 (5530 экз./г а.с.в.) и *Cryptodiffugia oviformis* Penard, 1902 (4936 экз./г а.с.в.), а также три вида редко встречающихся раковинных амёб: *Plagiopyxis bicamera* Coûteaux, 1978 (41 экз./г а.с.в.), *Geopyxella sylvicola* Bonnet et Thomas, 1955 (40 экз./г а.с.в.), *Centropxyiella gibbula* Valkanov, 1970 (24 экз./г а.с.в.).

Авторы искренне признательны д.б.н., г.н.с. Д. В. Тихоненкову (ИБВВ РАН) за научно-методическое руководство и внимание к работе. Сбор материала осуществлен за счет гранта Российского научного фонда №19-74-10104. Анализ сообществ тестаций выполнен при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-04-00583А) и в рамках государственного задания (№ темы АААА-А18-118012690098-5).

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, МОРФОЛОГИЯ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИССЛЕДОВАННОСТЬ ЦЕНТРОХЕЛИДНЫХ СОЛНЕЧНИКОВ ЕВРАЗИИ

Д. Г. Загумённый, К. И. Прокина, Л. В. Радайкина, Д. В. Тихоненков

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанова РАН,
152742, Ярославская область, Некоузский район, пос. Борок, д. 109,
zdmitryg@gmail.com

Центрохелидные солнечники или центрохелиды (*Centroplasthelida* Febvre-Chevalier et Febvre, 1984) – группа голофилетичных свободноживущих одноклеточных протистов сферической формы с радиальными аксоподиями. Вместе с сестринской группой гаптофитовых водорослей центрохелиды объединены в супергруппу *Naptista*, которая родственна пикозоям, анкорацистам и большой супергруппе TSAR. Для центрохелидных солнечников характерно наличие ловчего аппарата, состоящего из многочисленных экструсом (кинетоцист), расположенных на радиальных тонких выростах цитоплазмы – аксоподиях. В отличие от многих других протистов у центрохелид на всех стадиях жизненного цикла отсутствуют жгутики или реснички. Представители данной группы являются хищными гетеротрофными организмами, поедающими других протистов, а иногда и мелких многоклеточных. Центрохелиды являются убиквистами, чаще всего отмечаемыми в бентосе и перифитоне как морских, так и пресноводных биотопов.

Покровы центрохелидных солнечников чаще всего представлены кремнеземными чешуйками различных типов. Встречаются также органические покровы в виде иглоподобных спикул или мукополисахаридного чехла, некоторые представители лишены специальных покровов.

Данная группа организмов, несмотря на всесветную распространенность и относительно широкую экологическую валентность, является слабо изученной. Данные о распространенности видов центрохелид очень фрагментарны, для многих регионов мира сведения отсутствуют вовсе. Для более 70% описанных видов отсутствуют молекулярные данные, а также морфологически не охарактеризовано большое количество клад природных сиквенсов.

Нами были исследованы разнотипные биотопы Восточной Европы (Россия, Украина, Беларусь), Северной Европы (Швеция) и Юго-Восточной Азии (Монголия, Вьетнам, Южная Корея, Китай, Мальдивы). В результате исследования с применением комплекса световой и электронной микроскопии обнаружено более 90 видов, из которых 30% оказались предположительно новым для науки. Наиболее часто встречающимися видами в нашем исследовании оказались *Acanthocystis trifurca*, *Pterocystis tropica*, *Raineriophrys fortisca*, *Acanthocystis pectinata* и *Raineriophrys erinaceoides*. Выделены и поддерживаются 33 клональных культуры центрохелид. Для 28 из них секвенирован ген 18S рРНК, и построены филогенетические деревья, позволившие расширить представления о родственных отношениях внутри группы центрохелидных солнечников. По результатам проведенного молекулярно-филогенетического исследования впервые морфологически охарактеризованы 9 клад центрохелид, которые ранее были представлены исключительно природными сиквенсами. Обсуждается полифилетичность рода *Choanocystis*.

Также проведено метабаркодинговое исследование планктона р. Волга. Проанализировано разнообразие таксонов центрохелид этого водотока. Обсуждается доля центрохелид среди всего сообщества планктонных протистов, сделано сравнение такого соотношения в других исследованиях.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 18-14-00239, <https://rscf.ru/project/18-14-00239/>.

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗЕРНЫХ МАКРОФИТОВ РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е. Ю. Зарубина

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,
656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, zeur11@mail.ru*

Территория юга Западной Сибири относится к числу озерных районов России, здесь находится более 20 000 озер, различных по происхождению, морфометрии, гидрологии и гидрохимическим параметрам, характеру зарастания и продуктивности водных фитоценозов. В работе представлены результаты многолетних исследований более 150 малых и средних озер, расположенных в таежной, лесной, лесостепной, степной и горно-тундровой зонах.

Величину биомассы водных фитоценозов определяли методом укусов на укосных площадках размером 0.25 м² в 3–5 повторностях. Укосы разбирали по видам, измеряли высоту стеблей и число экземпляров, в камеральных условиях укусы высушивали при 85°С до абсолютно сухой биомассы (Руководство..., 1992). При переводе биомассы в продукцию использовали поправочные коэффициенты по (Папченко, 2003): для высокотравных гелофитов – 1.2; для низкотравных гелофитов – 1.3; для плейстофитов и гидатофитов – 2.5. При проведении исследований измеряли также: глубину, прозрачность, температуру воды, концентрацию растворенного в воде кислорода, рН, минерализацию (по NaCl), содержание органических веществ (по БПК₅).

Степень развития высшей водной и околоводной растительности в озерах юга Западной Сибири в значительной степени связана с зональными факторами, в частности соотношением элементов водного и теплового баланса, определяющих особенности гидрологического, гидротермического и гидрохимического режимов озер региона. Наибольшая величина первичной продукции макрофитов отмечена в озерах лесной и лесостепной зон, которые расположены, согласно (Мезенцева, 2009), в зоне оптимального увлажнения и теплообеспеченности. Озера лесной зоны, северной и центральной лесостепи, преимущественно, пресные или слабосоленоватые с нейтральной реакцией среды и высоким содержанием биогенов в воде. Для этих озер характерно обильное развитие как погруженной и плавающей (гидрофитов), так и полупогруженной (гелофитов) растительности. Тип зарастания озер – массивно-зарослевый или займищный. Площадь зарастания колеблется от 30–40% до 50–90%. Годовая продукция гидрофитов – от 416 до 2660 г/м², гелофитов – от 960 до 2438 г/м². В озерах с займищным типом зарастания продукция гелофитов может достигать 7500 г/м² в год.

Низкопродуктивные таежные озера находятся в зоне избыточного увлажнения и недостаточной теплообеспеченности. Более короткий вегетационный период, невысокая прозрачность (1.28±0.45 м), кислые воды (рН = 5.75±0.6), очень низкая минерализация (0.019±0.03 г/дм³) – основные лимитирующие факторы развития макрофитов в этих озерах. Коэффициент корреляции между годовой продукцией тростника и рН – 0.9, между продукцией и минерализацией воды – 0.94, при уровне достоверности $p < 0.05000$. Площадь зарастания озер – от 5 до 25%. Годовая продукция низкотравных гелофитов очень низкая – 80.1±27.4 г/м², высокотравных – 470.1±95.3 г/м², плейстофитов – 420±99.4 г/м². Основными продуцентами органического вещества являются придонные погруженные гидатофиты, представленные водными мхами, годовая продукция которых составляет 550–675 г/м².

Степные озера расположены в зоне недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности. Низкая прозрачность воды (0.5±0.05 м), высокая минерализация (1.5–247.7 г/л), значительные колебания уровня воды (в летние месяцы часть озер пересыхает) лимитируют развитие макрофитов. Для ряда озер характерно полное отсутствие макрофитов, в других – зарастание 5–10%, тип зарастания – бордюрный. Годовая продукция основного доминанта – тростника зависит от минерализации воды и колеблется от 86.4 до 2328 г/м².

В озерах горно-тундровой зоны (недостаточного увлажнения и теплообеспеченности) доминируют гидрофиты. Площадь зарастания – от 10–15 до 30%. Годовая продукция гидрофитов составляет от 235 до 970 г/м² и лимитируется коротким вегетационным периодом и низкой трофностью водоемов.

**ВЛИЯНИЕ ОПЕРАТИВНОГО СООТНОШЕНИЯ ПОЛОВ И РАЗМЕРА КЛАДКИ НА
ФОРМУ РОДИТЕЛЬСКОЙ ЗАБОТЫ У ЦИФОТИЛЯПИИ
*CYPHOTILARIA FRONTOSA***

Д. Д. Зворыкин

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, 33,
d.zworykin@gmail.com*

Для всех представителей обширного семейства цихловых рыб (Cichlidae) характерна забота о потомстве, проявляемая в одной из двух форм: на субстрате или в ротовой полости. Среди субстратофилов наиболее распространена бипарентальная родительская забота, в то время как оральную инкубацию чаще всего осуществляют только самки. Известно лишь несколько моногамных цихловых рыб, у которых потомство инкубируют во рту самцы или оба родителя. Обитающих в африканском оз. Танганьика цифотилипий (*Cyphotilapia frontosa*) принято считать типичными полигинными рыбами, оральную инкубацию потомства у которых осуществляют самки. Однако, на самом деле, про образ жизни и размножение цифотилипий в природе известно немного. Существенная часть повторяемой в публикациях информации основывается на интерпретации сравнительно немногочисленных подводных наблюдений за этими рыбами, обитающими на большой глубине, достигающей 100 м и более. В связи с этим важным дополнительным источником информации могут служить лабораторные аквариумные наблюдения и эксперименты.

Нами было показано, что репродуктивная стратегия цифотилипии характеризуется высокой пластичностью, а её компоненты могут скоординировано меняться. Оперативное соотношение полов (OSR) и размер кладки связаны у цифотилипии с системой спаривания и формой заботы о потомстве. В аквариумных условиях чем выше количество икринок в кладке, тем выше вероятность того, что самец также будет участвовать в её инкубации, а форма родительской заботы, соответственно, сменится с типичной для природы унипарентальной матеральной на бипарентальную. Для групп, в которых количество самок превышает количество самцов, наиболее типична полигиния, однако при равном соотношении самцов и самок система спаривания может меняться на моногамию. По нашему мнению, переключения репродуктивных стратегий у цифотилипий обусловлены изменениями интенсивности полового отбора в соответствии с принципом Гонсалес-Войера.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА СИМПАТРИЧЕСКИХ ФОРМ СИГА *COREGONUS LAVARETUS* В ВОДОЕМАХ КРУПНЫХ ОЗЕРНО-РЕЧНЫХ СИСТЕМ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. М. Зубова, Н. А. Кашулин, П. М. Терентьев

*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН,
184209, г. Апатиты, Академгородок, 14а,
seelewolf84@yandex.ru*

Несмотря на довольно большое число работ по оценке биологических характеристик сига и описанию его жизненных стратегий в антропогенно-модифицированных водоемах Мурманской области, разнообразие экологических форм сига, механизмы формообразования и пространственно-функциональной дифференциации его популяций остаются малоизученными. Обобщающее описание внутривидовых группировок сига на основе числа тычинок на первой жаберной дуге в водоемах Мурманской области дано в работе Ю.С. Решетникова (1980), где в основном описаны единичные особи из коллекции ЗИН РАН (без указания точной даты вылова) и наиболее полно представлены данные по озерам Лапландского заповедника (бассейн оз. Имандра) за 60-е гг. прошлого века.

Исследование водоемов бассейнов четырех крупных рек Мурманской области в 2011–2019 гг. (Паз, Тулома, Нива и Умба), показало присутствие в этих озерно-речных системах сига двух экологических форм: мало- и среднетычинковой. Малотычинковая форма сига наиболее распространена и может встречаться в водоемах «самостоятельно», в то время как среднетычинковая форма встречается реже и только с малотычинковой. Это закономерность в целом характерна для озер Северной Фенноскандии и послужила основой для предположения, что крупные малотычинковые сига являются исходной предковой формой для остальных форм сига. Нам представляется, что генофонд исходной формы содержал генотипы всех возможных форм, реализуемые в конкретных условиях. В целом, для малотычинковой формы сига характерны минимальные и максимальные значения числа жаберных тычинок: 15–31, для среднетычинковой – 27–44. Малотычинковые сига имеют в основном редкие короткие, утолщенные у основания тычинки, среднетычинковые – удлиненные и тонкие тычинки. У обеих форм на тычинках имеются тонкие выросты – зубчики, но у среднетычинковой их больше. Среди сигов с числом жаберных тычинок 27–31 встречаются как мало-, так и среднетычинковые сига, различаемые по форме тычинок. Таким образом, можно говорить, что первоначальное выделение мало- и среднетычинковую экологических форм сига водоемов Мурманской области по строению первой жаберной дуги происходит в рамках принятой литературной классификации. Исключение составили сига из водохранилищ Кайтакоски, Янискоски и Раякоски верхнего течения р. Паз, где определение формы сига на основе принятой классификации было затруднено. Значения числа тычинок (крайние и средние) на первой жаберной дуге у сигов из исследованных водоемов носят относительно постоянный характер, за исключением сигов из водохранилищ верхнего течения р. Паз, где фиксируются значительные изменения в строении первой жаберной дуги в течение десяти лет. Скорей всего это связано с процессами обратной гибридизации симпатрических форм, обусловленной резким изменением условий обитания сига вследствие инвазии нового вида – ряпушки. Таким образом, симпатрическое формообразование сигов и их обратная гибридизация – это достаточно динамические процессы, обуславливаемые динамикой условий обитания. Наряду с изменениями стратегий жизненного цикла, реализация генетического потенциала вида в формирование сегрегированных внутриводоемных форм, являются механизмами адаптации популяции к глобальным и региональным изменениям окружающей среды, позволяющие наиболее эффективно использовать доступные ресурсы, адаптироваться к их динамике, и поддерживать жизнеспособность популяции даже в самых экстремальных условиях среды. Ярчайшим примером являются сига оз. Куэтсьярви, на протяжении многих десятилетий поддерживающие высокую численность в условия сублетальной токсичности и представленные в небольшом озере четырьмя формами.

Работа выполнена на средства гранта РФФ № 19-77-10007.

ПРОДУКЦИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА НЕВСКОЙ ГУБЫ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В ЗОНЕ ИНТЕНСИВНОГО ПРИБРЕЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Е. С. Зуй, Р. Т. Исламова, Е. Р. Тараховская

Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб. 7–9

catzuj@gmail.com

В ходе реализации проекта «Морской фасад» по освоению новых намывных территорий в Санкт-Петербурге проводятся активные строительные работы на побережье Невской губы Финского залива. Резкое повышение антропогенной нагрузки на данный участок может негативно сказаться на функциональном состоянии биоты близлежащих вод.

Целью данной работы является оценка состояния прибрежных вод Невской губы, примыкающих к зоне активного строительства, на основе анализа физиологических характеристик фитопланктона. Исследование проводилось в сентябре-ноябре 2020 и апреле-июне 2021 гг., и в него были включены две станции: первая находится вблизи зоны активного строительства, вторая (контрольная) – прилегает к территории ООПТ «Северное побережье Невской губы». С обеих станций систематически отбирали пробы воды и оценивали следующие параметры: содержание хлорофиллов (Хл) «а», «b» и «с», феофитина, каротиноидов, а также общее содержание белка. Общую биомассу сестона и биомассу фитопланктона рассчитывали на основе содержания белка и Хл «а» в пробах. Физиологическое состояние фитопланктона оценивали по относительному содержанию феофитина в клетках и пигментному индексу (E_{430}/E_{663}). Таксономический состав фитопланктона оценивали на основе содержания дополнительных хлорофиллов. Параллельно в воде определяли ряд гидрохимических параметров (содержание растворенного кислорода, БПК₅, ХПК, содержание макроэлементов).

Данные гидрохимического анализа показали относительную чистоту и сходство минерального состава воды на обеих станциях, однако по содержанию и физиологическому состоянию фитопланктона были выявлены существенные различия. В течение всего периода исследования, биомасса фитопланктона вблизи зоны прибрежного строительства была ниже, чем на контрольной станции (соответственно, 42 и 130 мг сух. массы/м³ осенью и 128 и 229 мг сух. массы/м³ весной), также была снижена и доля фитопланктона в общей биомассе сестона (в среднем на 30%) и повышено относительное содержание окисленной формы Хл «а», феофитина (на 15% осенью и на 10% весной). Вода с контрольной станции стабильно имела более высокое содержание растворенного кислорода, по сравнению с водой из района намывных территорий. Таксономический состав фитопланктона существенно изменялся в зависимости от сезона. Осенью на контрольной станции доминировали цианобактерии и зеленые водоросли, а вблизи зоны застройки преобладающей группой являлись таксоны, клетки которых содержат Хл «с» (диатомовые, золотистые водоросли и др.). Одной из причин этого может являться повышенная мутность воды в зоне застройки, по сравнению с контрольной станцией. В весенне-летний период на обеих станциях доминировали цианобактерии.

Полученные данные позволяют сделать заключение о том, что фитопланктон в части акватории Невской губы, примыкающей к зоне интенсивного прибрежного строительства, находится в угнетенном состоянии. Динамика исследованных показателей свидетельствует о значительной сезонной изменчивости состояния фитопланктона и степени влияния антропогенной нагрузки, что указывает на необходимость проведения систематического круглогодичного мониторинга.

Проект выполнен при поддержке РФФИ (грант № 20-04-00944).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МЕЙОБЕНТОСА ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ СУЛЬФИДНО-ГИПОКСИЧЕСКИХ БИОТОПОВ

Е. А. Иванова

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»

299011, г. Севастополь, проспект Нахимова, 2

katya.iva@mail.ru

Исследования возможности выживания бентосных гидробионтов в среде с критическими условиями существования – острой гипоксией и сероводородным заражением – активно обсуждается в научных публикациях в последние годы. Примерами таких экстремальных местообитаний могут служить сульфидные биотопы донных осадков беломорских меромиктических озёр-лагун, отшнуровывающихся от данного водоёма в связи с поднятием его берегов в Голоцене, а также метановые сипы – места струйных выходов газов из морского дна с образованием сульфуретт бактериальных матов или редокс-зона Чёрного моря, где кислород регистрируется в следовых количествах, а присутствие дыхательного яда – сероводорода делает среду малопригодной для большинства морских организмов.

Ключевым параметром исследуемых прибрежных местообитаний является значительное сероводородное заражение донной среды, происходящие в результате бактериальной сульфатредукции. Следствием наличия высокой концентрации сероводорода в осадках является острая гипоксия среды в редокс-зоне, переходящая с глубиной в аноксию.

В докладе представлены результаты серии визуальных наблюдений методом прямого микрофотографирования для определения фактической доли живой компоненты в пробах мейобентоса из сульфидно-гипоксических местообитаний Чёрного моря – прибрежных метановых сипов у западного и восточного побережья Крыма и зоны хемоклина Чёрного моря, а также меромиктических озёр-лагун Белого моря (Кандалакшский залив).

В осадках метановых сипов мыса Тарханкут и бухты Двужкорная, также, как и в хемоклине Чёрного моря в районе Геленджика на глубине 240 м, живые особи мейофауны обнаружены только в верхнем 0.0–0.5 см слое осадка, а доля активного мейобентоса не превышала 3–4% от общего количества найденных в пробах организмов.

В озёрах-лагунах Кандалакшского залива Белого моря активный живой бентос встречается не глубже верхней границы хемоклина. В аноксиейной зоне на дне сульфидного озера-лагуны на глубине 7.5 м живой мейобентос не обнаружен.

УЛОВЫ, ВОЗРАСТ И РОСТ ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS* (CYPRINIDAE) СРЕДНЕЙ ОБИ (В ПРЕДЕЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е. А. Интересова^{1,2}, А. А. Ростовцев¹

¹Новосибирский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ЗапСибНИРО»), 630091, г. Новосибирск, ул. Писарева, 1

²Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

interesovaea@yandex.ru

Плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) – широко распространенный вид рыб в бассейне Средней Оби и один из основных промысловых объектов в регионе. В середине XX века уловы данного вида составляли в среднем 2098 т в год. Во второй половине 60-х годов они резко упали более, чем в два раза, что вызвано уменьшением площадей эффективного нереста из-за снижения стока Оби во время весеннего половодья в результате регуляции уровня режима плотинной Новосибирской ГЭС. После этого вылов плотвы сохранялся на уровне около 1013 т в год вплоть до начала экономических реформ в стране, когда добыча этого вида стала не очень выгодна, в результате чего уловы сократилась в среднем до 436 т в год. В настоящее время основу промысловых уловов составляют особи плотвы с промысловой длиной от 140 до 210 мм и массой от 50 до 150 г в возрасте 2+ – 5+. При этом по сравнению с 70–80-ми годами XX века наблюдается смещение возрастного ряда в сторону увеличения значения старших возрастных групп, что может свидетельствовать о недоиспользовании запаса данного вида рыб.

При анализе связи уловов плотвы с водностью паводка (для чего использованы данные о вылове только в годы стабильно высокой промысловой нагрузки: 1946–1987 гг.), обнаруживается положительная зависимость объема добычи данного вида от средней продолжительности затопления поймы в годы появления поколений, составляющих основу уловов (2+ – 5+), которая может быть описана регрессионным уравнением:

$$Y = -0.3283 \cdot X^2 + 98.364 \cdot X - 5539.5$$

где Y – вылов плотвы в год λ ; X – средняя продолжительность затопления поймы в годы появления поколений, которые играли роль в промысле в год λ , т.е. $X = (\text{продолжительность затопления поймы в год } \lambda-2, \text{ плюс продолжительность затопления поймы в год } \lambda-3, \text{ плюс продолжительность затопления поймы в год } \lambda-4, \text{ плюс продолжительность затопления поймы в год } \lambda-5) / 4$.

Коэффициент корреляции Спирмена между объемом добычи плотвы и средней продолжительностью затопления поймы в годы появления поколений, составляющих основу уловов, составил 0.399 ($p = 0.0004$). Зависимость обилия поколений плотвы от характеристик весеннего половодья обусловлена фитофильностью этого весенне-нерестующего вида рыб: чем больше площадь и продолжительность затопления поймы, тем больше участков, пригодных для воспроизводства и, в итоге, выше его эффективность, обуславливающая численность соответствующих генераций. Длительное половодье также обеспечивает лучшие условия нагула рыб – выявлена положительная зависимость массы плотвы от продолжительности затопления поймы в анализируемый год.

Таким образом, определяющее влияние на состояние запасов плотвы *Rutilus rutilus* в бассейне Средней Оби (в пределах Томской области) оказывает характеристика весеннего половодья: чем больше площадь и продолжительность затопления поймы, тем выше численность появляющихся генераций, а также размерные характеристики производителей данного вида. Однако причиной снижения объемов добычи плотвы может служить не только ухудшение состояния ее запасов, но и падение интенсивности промысла. Очевидно, что при нахождении действенных экономических механизмов стимуляции интереса пользователей к добыче плотвы, ее уловы могут возрасти более чем в два раза по сравнению с текущей ситуацией и составить не менее 1000 т в год.

ФЛОРА ВОДНЫХ МАКРОФИТОВ ГОРОДА ТОБОЛЬСКА (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

О. А. Капитонова

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН,
626152, г. Тобольск, ул. им. академика Ю. Осипова, 15

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская область, Некоузский район, пос. Борок, д. 109, kapoa.tkns@gmail.com

Тобольск (58°11'43" с. ш. 68°15'29" в. д.) – город в Тюменской области, расположенный в месте слияния крупных рек Иртыш и его левобережного притока Тобол. Общая площадь территории муниципального образования город Тобольск составляет 222 км². Численность городского населения на начало 2021 г. – около 100 тыс. человек. В зональном отношении Тобольск расположен у южного предела таежной природной зоны, что определяет общий южно-таежный характер растительного покрова. Положение города в пределах Западно-Сибирской равнины определяет высокий уровень обводненности территории. Водные объекты города многочисленны и разнообразны, они представлены как естественными, так и искусственными водоемами и водотоками. Цель работы: выявление флоры водоемов и водотоков (флоры водных макрофитов) г. Тобольска и ее анализ.

Исследования в рамках указанной цели проводятся автором с 2015 г. Обследованы водоемы (старицы и протоки) в пойме рек Иртыш и Тобол, мелководья и прибрежная зона р. Иртыш и протекающих по городу малых рек (Курдюмка, Слесарка, Бекеровка, Абрамовская, Княтуха, Дусовка, Сузгунка, Моториха, Ерек, Ломайка, Быковка и др.) и ручьев, обводненные участки низинных болот, заболоченных лесов и пойменных лугов, обводненные карьеры, выемки грунта, дренажные каналы и коллекторы, придорожные канавы, лужи. Изучены гербарные фонды (LE, ТК, IBIW, ТОВ), литературные источники.

Согласно полученным результатам флора макрофитов г. Тобольска насчитывает 266 видов, объединенных в 130 родов и 67 семейств, в том числе 5 видов макрководорослей из семейства Characeae и 34 вида мохообразных (5 видов печеночников и 29 – мхов), остальные виды представлены сосудистыми растениями. Высокий уровень таксономического разнообразия изученной флоры обеспечивается широким спектром водных и прибрежно-водных экотопов, имеющих на территории города, в том числе ненарушенных или слабо трансформированных. Гидрофильная флора Тобольска включает 11 адвентивных на территории региона видов сосудистых растений (*Chenopodium glaucum*, *C. rubrum*, *Impatiens glandulifera*, *Iris pseudacorus*, *Echinochloa crusgalli*, *Echynocystis lobata*, *Epilobium adenocaulon*, *E. pseudorubescens*, *Phragmites altissimus*, *Puccinellia distans*, *Typha laxmannii*), еще 2 вида рассматриваются как вероятные интродуценты (*Acorus calamus*, *Zannichellia repens*). Рассматриваемая флора включает также 3 гибрида (*Potamogeton* × *acutus*, *Salix* × *fragilis*, *S.* × *reichardtii*) и 7 видов, охраняемых в Тюменской области (*Lycopodiella inundata*, *Epipactis palustris*, *Acorus calamus*, *Nuphar pumila*, *Nymphaea tetragona*, *Saxifraga hirculus*, *Zannichellia repens*).

Составлен конспект выявленной флоры, дана характеристика каждого вида по продолжительности жизни, принадлежности к биологическому типу по системе И.Г. Серебрякова (1962, 1964), к экологической группе по классификации В.Г. Папченкова (2001) с изменениями (Капитонова, 2021), жизненной форме по классификации Х. Раункиера (Raunkiaer, 1905, 1934), экобиоморфам по классификации О.В. Смирновой (Смирнова и др., 1976; Жукова, Смирнова, 1988) и Н.П. Савиных (Савиных, 2006, 2010), долготному и широтному типу геоэлемента согласно подходам Б.А. Юрцева (1968), для заносных видов дополнительно приводятся сведения по времени и способу заноса, степени натурализации, типу флорогенетического элемента. Кроме того, для каждого вида указаны наиболее характерные экотопы, занимаемые видом в пределах рассматриваемой территории, распространение (встречаемость) в пределах города (при единичных находках указывается конкретное место произрастания вида и дается ссылка на источник литературы или место хранения образца), практическое значение, индикаторные свойства, статус редкости на территории Тюменской области.

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ РЫБ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО РЕГИОНА

Д. П. Карабанов, Д. Д. Павлов, М. И. Базаров, Е. А. Боровикова, Ю. В. Герасимов,
Ю. В. Кодухова, Ю. И. Соломатин, А. К. Смирнов, И. А. Столбунов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН
152742, Ярославская обл., Некоузский р.-н, пос. Борок, д. 109, dk@ibiw.ru

Чужеродные виды рыб являются стабильным (хотя, часто и малочисленным) компонентом прибрежных сообществ. Приводятся данные о распространении, численности и особенностях генетической идентификации для основных видов рыб-вселенцев.

Benthophilus stellatus (Sauvage, 1874) – звездчатая пуголовка. Редкий вид, наиболее часто встречается на Нижней и Средней Волге, единичные находки вплоть до Рыбинского вдхр.

Clupeonella cultriventris (Nordmann, 1840) – черноморско-каспийская тюлька. Массовый вид-вселенец, новый ареал охватывает все водохранилища Волги и Камы. Регионом-донором по результатам генетико-биохимического анализа, предположительно, послужили жилые пресноводные популяции тюльки в настоящее время затопленных «Саратовских затонов».

Coregonus albula (Linnaeus, 1758) – европейская ряпушка. Представитель «северных» рыб-вселенцев. Крайняя точка нахождения – верхний бьеф Жигулёвской ГЭС. Также в Волге обнаружены гаплотипы, характерные для пеляди, что требует дополнительного изучения.

Knipowitschia longecaudata (Kessler 1877) – длиннохвостый бычок Книповича. Естественный ареал охватывает низовья Волги и Дона, а также водохранилища р. Маныч. Единственная находка, относящаяся однозначно к инвазийным в Волге, относится к району выхода Волго-Донского канала. Видовой статус *K. longecaudata* требует уточнения.

Neogobius fluviatilis (Pallas, 1814) – бычок-песочник. Обычен на Нижней и Средней Волге, и, вероятно, представлен в других водохранилищах Волжско-Камского каскада.

Ponticola gorlap (Pjin, 1949) – каспийский бычок-головач. Наиболее крупный из расселяющихся по Волге вид бычковых рыб. Обычен на Нижней и в водохранилищах Средней Волги. Данных о находках этого вида в водохранилищах Камы пока нет, однако вероятность его экспансии в этом направлении крайне велика.

Neogobius melanostomus (Pallas, 1814) – бычок-кругляк. Успешно расселился по всей Волге, по Каме – вплоть до верховьев Воткинского водохранилища.

Osmerus eperlanus (Linnaeus, 1758) – европейская корюшка. Является представителем «северных» рыб-вселенцев, ранее встречавшийся до Куйбышевского вдхр. Адвентивный ареал этого вида ныне сократился фактически до водохранилищ Верхней Волги.

Perccottus glenii (Dybowski, 1877) – ротан-головешка. Редко встречается в прибрежье Куйбышевского и Чебоксарского вдхр., единичные находки в прибрежье Рыбинского вдхр. Возможность существования стабильных речных популяций не ясна.

Ponticola syrman (Nordmann, 1840) – бычок-ширман. Встречен только на Нижней Волге, хотя, по литературным данным, не должен выходить за пределы эстуарной части.

Proterorhinus semipellucidus (*P. cf. marmoratus*) – тупоносый бычок. Генетически волжские тупоносые бычки соответствуют виду *P. semipellucidus* (по записям в NCBI GenBank and Taxonomic Database). Присутствует практически во всех водохранилищах Волги. Вопрос региона-донора и таксономического статуса тупоносых бычков Волжско-Камского бассейна требует отдельного изучения.

Syngnathus abaster (Risso, 1827) – малая игла-рыба. Массовый вид-вселенец в водохранилищах Нижней и Средней Волги, и Нижней Камы. Генезис пресноводных популяций не ясен, а таксономический статус иглы-рыбы требует уточнения. Генетически волжско-камские популяции отличаются от выборок из бассейна Дона.

Кроме этих массовых чужеродных видов имеются данные о крайне редких (или сомнительных) поимках ещё 11 инвазийных видов рыб.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБВВ РАН, тема № АААА-А18-118012690102-9 при частичной поддержке гранта РФФИ № 20-34-70020

ЯЗВЕННЫЙ ДЕРМАЛЬНЫЙ НЕКРОЗ (UDN) И ВЛИЯНИЕ БОЛЕЗНИ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* L.)

Т. А. Карасева, Л. Н. Голикова

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО») им. Н. М. Книповича),
183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, karaseva@pinro.ru

Язвенный дермальный некроз является болезнью неизвестной этиологии, которая поражает преимущественно атлантического лосося (*Salmo salar*) и кумжу (*S. trutta*) в период нерестового хода и нереста. Несмотря на то, что первое сообщение об этой болезни относится к 19 веку, на территории Российской Федерации болезнь до последнего времени не встречалась.

Летом 2015 г. вспышка UDN произошла в двух реках, впадающих в Кольский залив Баренцева моря – в реках Кола и Тулома. В других реках бассейна Баренцева моря особи лосося с симптомами UDN встречались единично. Начиная с 2019 г. болезнь распространилась в бассейне Белого моря.

В связи с негативным влиянием болезни на численность популяций атлантического лосося в 2015–2020 гг. проводились диагностические исследования, направленные на изучение этиологии болезни и оценку её влияния на воспроизводство атлантического лосося. При проведении работ были использованы методы ихтиопатологии, микробиологии и гистологии. Сбор проб и учёт больных рыб выполнялись на рыбоучётных заграждениях в реках Кола и Умба, а также на рыбоходе Нижне-Тулумской ГЭС.

Установлено, что болезнь характеризуется комплексом симптомов, который включает геморрагические и некротические изменения кожного покрова, пятна без чешуи и красноватые концентрические пятна в основании плавников и на брюшной стороне тела, некроз плавников, анемию жабр, сердца и печени, гипертрофию предсердия, селезенки и головной почки, сосудистые нарушения. Кожный покров больных рыб поражается водными грибами и оомицетами, которые вызывают глубокий некроз и язвы. Больные рыбы ослаблены, не могут преодолеть пороги и водопады, течением их прибивает к берегам, где они погибают.

Результаты гистологических исследований показали, что основным патологическим процессом у анадромных мигрантов является некроз и дегенерация эпидермиса, включая клетки мальпигиева слоя, вследствие чего нарушаются основные функции эпидермиса – защитная, осморегулирующая и дыхательная. Очаги некроза представляют собой питательный субстрат для условно-патогенных бактерий, водных микромицетов и паразитов, которые усугубляют некротические процессы и являются основной причиной язвообразования. Нарушения функций репродуктивной системы и полового цикла у больных самок не обнаружены. Тем не менее, они не принимают участия в нересте. Высокая скорость развития болезни и наступления смерти у анадромных мигрантов в качестве этиологического агента предполагает участие эпителиоидного вируса. Однако в настоящее время доказательства в пользу вирусной этиологии UDN не получены.

Учёт и регистрация больных рыб проводились в реках Кола, Тулома и Умба. Анализ статистических данных показал, что в течение шести лет в реках бассейна Баренцева моря ежегодная заболеваемость и смертность в среднем составляла не менее 14.5% от числа учтенных лососей. В реках, впадающих в Белое море, ситуация была иной. Вспышка UDN в реках Белого моря произошла в 2019 г., т.е. через пять лет после начала эпизоотии в бассейне Баренцева моря, и характеризовалась 100% заболеваемостью лососей в р. Умба. В 2020 г. в этой реке заболеваемость уменьшилась до 59% от числа учтенных лососей.

В связи с гибелью производителей, отсаженных для маточного стада, заготовка икры и выпуски заводской молоди атлантического лосося в р. Кола с 2016 г. и в р. Умба с 2019 г. прекращены. Продолжающаяся эпизоотия, высокая заболеваемость и смертность анадромных мигрантов, а также прекращение работ по искусственному воспроизводству атлантического лосося уже в ближайшие годы отрицательно отразятся на популяциях лососей в крупнейших лососевых реках Кольского полуострова.

РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ДЕЛЬТЫ РЕКИ МЕКОНГ

Е. П. Карпова^{1,2}, Э. Р. Аблязов^{1,2}, Ку Нгуен Динь²

¹ Институт биологии южных морей РАН – ИнБИОМ РАН,
299011, г. Севастополь, проспект Нахимова, 2

² Южное отделение Совместного российско-вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра Института проблем экологии и эволюции РАН, Хошимин, Вьетнам karpova_jey@mail.ru

Экологическое состояние бассейна Меконга вызывает глубокую озабоченность не только в странах, располагающихся на его берегах, но и мировой общественности. Большинство экологических угроз для среды и биоты особенно остро проявляются во Вьетнаме, что связано с географическим положением региона, являющегося конечным звеном сложной экосистемы этой реки, а также с высокой степенью развития аквакультуры, сельского хозяйства, рыболовства, добычи строительных материалов, судоходства и др.

Специфической проблемой для низовьев дельты, особенно обострившейся в последние 15 лет, является аномальное повышение солёности воды. Повышение солёности воды коренным образом влияет и на изменение исторически сложившихся биоценозов реки, в первую очередь донно-придонных, изменения структурных характеристик которых могут использоваться как биоиндикаторы состояния среды и биоты.

С другой стороны, в настоящее время наибольшей угрозой для экосистемы большей части бассейна Меконга является прогрессирующее развитие гидроэнергетики, для нужд которой уже построено 16 дамб и 47 плотин и к 2030 г. количество плотин может возрасти до 88. Одним из отрицательных факторов перекрытия реки является уменьшение естественного стока, что в низовьях дельты провоцирует проникновение морских вод вверх по течению. Кроме того, для большинства рыб и некоторых десятиногих ракообразных, населяющих Меконг, характерны продолжительные катадромные, диадромные и потамодромные миграции, осуществлению которых препятствуют плотины. Количество дамб и плотин в самом Вьетнаме очень невелико, но даже небольшая глухая дамба, построенная на р. Балай для предотвращения осолонения верхней части протоки уже оказала влияние на структуру сообществ рыб и их миграции.

На распределение многих видов рыб, в том числе не только донных, оказывает влияние высокая загрязненность дна твердыми промышленно-бытовыми отходами. При среднем значении удельной биомассы рыб и десятиногих ракообразных около 2.7 кг/га, масса пластикового мусора в среднем составляла более 53 кг/га. Наибольшие его концентрации обнаружены в районах населенных пунктов, плавучих поселков рыбоводных хозяйств.

Разработка подводных месторождений песка относятся к наиболее экологически опасным видам антропогенного воздействия на гидробиоценозы. По официальным данным в дельте Меконга только во Вьетнаме насчитывают около 126 организаций и предприятий, имеющих лицензии на добычу песка, ежегодная добыча которых составляет около 28 млн. м³.

Одним из основных негативных факторов антропогенного пресса для биологических ресурсов бассейна Меконга является чрезмерный и мало контролируемый вылов рыбы, в том числе с применением браконьерских способов лова. По результатам наших исследований основу уловов донных тралов в исследованном районе составляют неполовозрелые особи рыб, в частности, таких наиболее массовых семейств, как пальцеперовые, ариевые сомы, горбылевые и некоторые другие. До настоящего времени не проведены исследования по выявлению последствий вселения чужеродных видов рыб и других гидробионтов на нативную фауну. Такие виды как нильская тилапия *Oreochromis niloticus*, кольчужный сом *Pterygoplichthys disjunctivus* и некоторые другие, часто встречались в уловах рыбаков.

Исследования выполнены в рамках темы «Эколан Э-3.4 «Экосистема реки Меконг в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия»

**АССОЦИИРОВАННАЯ МИКРОБИОТА НЕМАТОД *CYSTITICOLA FARIONIS*,
ПАЗАТИРУЮЩИХ В ПЛАВАТЕЛЬНОМ ПУЗЫРЕ НОСАТОГО ГОЛЬЦА
SALVELINUS SCHMIDTI РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП**

Е. Н. Кашинская¹, Е. П. Симонов^{1,2}, П. Г. Власенко¹, М. М. Соловьев¹

¹*Институт систематики и экологии животных СО РАН,*

630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11,

²*Тюменский государственный университет,*

625003, г. Тюмень, ул. Володарского, 6,

elena.kashinskaya@inbox.ru

Известно, что нематоды, паразитирующие в плавательном пузыре рыб, могут вызывать патологические изменения в этом органе за счет физического перемещений паразитов и выделения ими токсичных метаболитов (Menconi et al., 2019). С использованием секвенирования V3–V4 региона гена 16S рРНК бактерий охарактеризовано микробное сообщество кишечника нематод, их тела и среды обитания паразитов – плавательного пузыря.

Сбор материала проводили в прибрежной зоне оз. Кроноцкое (Камчатка, 54°47'11" N 160°13'36" E). Носатые гольцы были отнесены к двум хорошо обособленным морфологическим группам – N1g и N2.

По результатам проведенных исследований микробиота кишечника и тела нематод представлена бактериями рр. *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Shewanella* и *Yersinia*. Доминирующая микробиота плавательного пузыря представлена *Acinetobacter*, *Cetobacterium*, *Pseudomonas*, *Shewanella*, *Yersinia* и неклассифицированными Enterobacteriaceae. Разнообразие других доминантов (*Cutibacterium*, *Lawsonella*, *Staphylococcus* и *Tumebacillus*) с относительным обилием до 3% в микробиоте нематод также варьировало. В ассоциированной микробиоте нематод и плавательного пузыря выявлены уникальные таксоны, нехарактерные для других сообществ. Так, бактерии р. *Paracoccus* были зарегистрированы только в микробиоте, ассоциированной с плавательным пузырем, а бактерии р. *Lawsonella*, *Staphylococcus*, *Tumebacillus* и неклассифицированные Alicyclobacillaceae были обнаружены в микробиоте кишечника и тела нематод.

Согласно тесту ADONIS (данные не представлены) микробиота, ассоциированная с кишечником нематод, достоверно не отличалась от микробных сообществ их тела и плавательного пузыря ($p > 0.05$); достоверных различий также не выявлено в микробиоте нематод, паразитирующих в плавательном пузыре рыб как формы N1g, так и N2 ($p = 0.057$). Однако анализ главных координат (PCoA) показал, что микробиота, ассоциированная с плавательным пузырем рыб выделяется в отдельную группу по сравнению с микробиотой кишечника и тела нематод. Также хорошо группируется друг от друга микробиота нематод и плавательного пузыря рыб как формы N1g, так и N2. Отсутствие значимости этих различий может быть связано с сильными видовыми вариациями в составе микробиоты.

Работа поддержана Российским Научным Фондом, проект № 19-74-00104.

МОНИТОРИНГ ГЕНОТОКСИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Р. ВОЛГИ В АКВАТОРИИ Г. ЯРОСЛАВЛЯ

М. И. Ковалева, А. Ю. Угарова

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,
150057, г. Ярославль, проезд Матросова, 9,
kovalevamargo@rambler.ru

Мониторинг генотоксического загрязнения водоемов, являющихся источником питьевого водоснабжения населения крупных городов, является одной из задач экологических исследований. Необходимость проведения подобных исследований обусловлена, в первую очередь, негативными отдаленными последствиями влияния мутагенов на популяции человека. Мутагены — это факторы, способные повреждать наследственный материал всех живых организмов, в том числе и человека. Последствия воздействия мутагенов могут проявиться у организмов, подвергшихся воздействию в виде соматических мутаций, которые приводят к возникновению нарушений метаболизма, преждевременному старению и онкологическому перерождению соматических клеток. Кроме того, последствия воздействия мутагенного загрязнения могут проявиться и у последующих поколений, передаваясь через генеративные мутации, возникшие в половых клетках у родительского поколения. Рост числа таких мутаций может проявиться в увеличении частоты наследственных патологий, спонтанных прерываний беременности и пр. Одним из серьезных последствий такого влияния является рост генетического груза популяции — это совокупность негативных мутаций в популяции. Особенно опасно, когда воздействию генотоксикантов подвергаются большие группы населения, это происходит, когда мутагенному загрязнению подвергаются водоемы - источники питьевого водоснабжения.

В лаборатории генетики ЯрГУ им. П.Г.Демидова с середины 1990-х годов проводятся регулярные исследования генотоксической активности воды р. Волги в акватории г. Ярославля. В ходе работы используются следующие принципиальные методические подходы: во-первых, проводится анализ суммарной мутагенной активности, который позволяет оценить мутагенность всего сложного химического комплекса соединений проб природной воды. Во-вторых, поскольку концентрация мутагенов в природных водах не высока, всегда проводится концентрирование проб методом вымораживания, для снижения вероятности получения ложноотрицательных результатов. В-третьих, для анализа используется система токсикогенетических методов, позволяющая регистрировать различные типы нарушений: в том числе, изменение пролиферативной активности и частоту хромосомных aberrаций в меристематической ткани проростков корешков лука *Allium cepa* (L., 1753) (*Allium* тест), частоту доминантных летальных мутаций у дрозофилы *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830), частоту видимых мутаций (метод макроколоний) у одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* (Beijerinck, 1890).

Проводимый мониторинг позволяет отметить некоторые особенности генотоксического загрязнения воды в черте г. Ярославля: 1. Вода р. Волга в черте г. Ярославля содержит факторы, обладающие токсической, эмбриотоксической, митозмодифицирующей и мутагенной активностью для использованных тест-объектов. 2. Частота и спектр генетических изменений претерпевает внутригодовую и межгодовую изменчивость, связанную с сезонными особенностями погодных условий, а также метеорологическими особенностями текущего года, гидрологическим режимом в акватории города. Наибольший уровень токсикогенетического загрязнения наблюдается в центральной части города (в районе Центрального водозабора). 3. Парное сравнение мутагенности питьевой воды и природной воды соответствующего водозабора показывает, что системы подготовки питьевой воды несколько снижают мутагенное загрязнение воды, но полностью не освобождает питьевую воду от мутагенов.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СТАТУС ОТДЕЛОВ МИОКАРДА ЧЕРНОМОРСКОГО ЕРША В УСЛОВИЯХ ОСТРОЙ ГИПОКСИИ

Е. Э. Колесникова, А. А. Солдатов, И. В. Головина, И. В. Сысоева,
А. А. Сысоев, Т. А. Кухарева

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,
299011, г. Севастополь, проспект Нахимова, 2
dr-kolesnikova@mail.ru

Адаптивные возможности живых организмов в водной среде с постоянно варьирующим уровнем O_2 (P_wO_2) в значительной степени зависят от эффективности взаимодействия аэробного и анаэробного путей энергетического метаболизма и баланса между энергетическим обменом и запросом на макроэргические соединения. Сердце рыб представляет собой уникальную модель для сравнения устойчивости к гипоксии двух камер сердца – предсердия и желудочка, различающихся по строению и функциональной нагрузке. В условиях острой гипоксии ($0.9\text{--}1.2$ мг $O_2 \cdot л^{-1}$, 90 мин) изучали активность оксидоредуктаз (МДГ, 1.1.1.37; ЛДГ, 1.1.1.27) и параметры аденилатной системы в камерах сердца половозрелых особей черноморского ерша или скорпены *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758. Донный хищник – засадчик обладает значительной устойчивостью к действию ряда стрессорных факторов, включая гипоксию/аноксию. В сердце скорпены активность МДГ в желудочке была ниже по сравнению с предсердием на 28% при отсутствии различий в активности ЛДГ. Вместе с тем, желудочек характеризовался более высоким содержанием аденилатов (АТФ, АДФ, АМФ), большим суммарным аденилатным пулом и аденилатным энергетическим зарядом (АЭЗ). Величина АЭЗ перфузируемых исключительно венозной кровью предсердия и желудочка скорпены («венозное сердце») не превышала ~ 0.7 (против максимальных значений этого показателя $\sim 0.9\text{--}1.0$), что, по-видимому, отображает энергетический статус тканей, исходно адаптированных к условиям гипоксии. При острой гипоксии отмечалось две стратегии преобразования метаболизма относительно камер сердца в виде падения активности МДГ в 2.4 раза ($p < 0.05$) в предсердии и прироста активности ЛДГ в 2.2 раза ($p < 0.05$) в желудочке. Вероятно, снижение активности МДГ в ткани предсердия детерминировано более пассивной функцией этой камеры сердца в обеспечении кровотока при снижении PO_2 . Острая гипоксия приводила к уменьшению количества адениловых нуклеотидов и убыванию АЭЗ в камерах сердца, что было наиболее явно выражено в миокарде желудочка. В условиях дефицита O_2 сдвиги АЭЗ камер сердца скорпены происходили в достаточно узком диапазоне (от 0.7 до 0.6), что указывало на сохранение определенного стационарного энергетического состояния, достигаемого путем торможения потребления или потребности в АТФ. Предполагаемый нами механизм удержания величины АЭЗ может базироваться на отрицательном хронотропном эффекте гипоксии. Полученные результаты свидетельствуют, что реакция камер сердца скорпены на острую гипоксию, исходно имевших статистически незначительные различия в своём метаболизме, по-видимому, детерминирована широким спектром «стартовых» характеристик этих структур, включающих архитектуру миокарда, особенности его кровоснабжения, степень функциональной нагрузки, аэробную и анаэробную ёмкости, которые определяют манифестацию двух метаболических стратегий при снижении P_wO_2 . Так, на недостаток кислорода предсердие реагирует резким уменьшением O_2 -зависимого производства макроэргов, в то время как желудочек активизирует гликолиз, позволяющий сохранить соответствующий моменту уровень рабочего потенциала данной камеры. Вероятно, подобные изменения энергетического метаболизма разворачиваются на фоне перехода к брадикардии и устранения необходимости активного расходования производимой/ресинтезируемой АТФ, что позволяет удержать энергетический статус (АЭЗ) миокарда в определенном диапазоне.

Работа выполнена в рамках госзадания № 0556-2021-0003 (номер гос. регистрации 121041400077-1) и при поддержке проекта РФФИ № 20-44-920001.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ И ОБИЛИЯ ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В. А. Колозин

Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО»,
410002, г. Саратов, ул. Чернышевского, д.152,
zaolog@mail.ru

На основании материалов мониторинговых летних (июльских) исследований, проводимых на Ириклинском водохранилище (Оренбургская область, р. Урал) с 2016 по 2020 гг. исследовано изменение структуры и обилия зоопланктон (Cladocera, Copepoda, Rotifera), а также меропланктона. Всего собрано и проанализировано 135 проб.

Глубина на станциях (в точках) отбора проб изменялась от 0.3 до 33 м, составляя в среднем 7.3 ± 0.5 м. Прозрачность воды варьировала от 0.4 м до 3.0 м (1.5 ± 0.1 м). Температура воды $22.3\text{--}23.9^\circ\text{C}$ ($23.3 \pm 1.3^\circ\text{C}$ в среднем). При этом разница между самым холодным и самым теплым участком не превышала 3°C , лишь в 2018 г. эта разница составила 6.2°C . Максимальный прогрев водоема до 28.1°C наблюдался в 2018 г. в Чапаевском плесе.

В зоопланктоне Ириклинского водохранилища с 2016 по 2020 гг. обнаружено 80 таксономических единиц, среди них Cladocera – 25, Copepoda – 17, Rotifera – 37 и представитель меропланктона – велигеры *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Обнаружено 52 новые таксономические единицы, а 38 ныне не встречаются.

Обычными (>30% встречаемости), в целом за весь период исследований, для водохранилища среди Cladocera были 4 вида, среди Copepoda – 3 вида, а также их наплиальные и копеподитные стадии, среди Rotifera – 5 видов. Также в последние два года исследований стали обычными велигеры, впервые обнаруженные в 2019 г., к лету 2020 г. они увеличили свою численность в 4.8 раза (Колозин, Филинова, Мелешин, 2021). Трофическая структура зоопланктона формировалась преимущественно за счет мирных фильтраторов и седиментаторов 55–74% от общего списка видов, но основную долю сообщества по биомассе формировали хищные копеподы и кладоцеры, а также полифаги 56–87% от общей биомассы.

В целом структуру доминантного комплекса Ириклинское водохранилища за весь период исследований можно охарактеризовать как достаточно однообразную. Наборы доминантов не сильно различались от года к году, а также в среднем по участкам за один год. Индекс сходства Чекановского-Сьеренсена варьировал от 40 до 69%. Из обследованных плесов, наиболее продуктивными для нагула рыб оказались Чапаевский (1.074 г/м^3), Уртазымский (0.897 г/м^3), Приплотинный (0.778 г/м^3), из заливов – Суундукский (0.513 г/м^3) и Таналыкский (0.493 г/м^3).

**ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ПИЩЕВЫХ СТРАТЕГИЙ У КАРПОВЫХ РЫБ
РОДА *LABEOBARBUS* (ВОСТОЧНАЯ АФРИКА)
СО СКРЕБУЩИМ РОТОВЫМ ФЕНОТИПОМ**

А. С. Комарова¹, О. Л. Розанова³, А. С. Голубцов³, Б. А. Лёвин^{1,2}

¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109,
komarova.as90@yandex.ru, borislyovin@gmail.com

²Зоологический институт РАН,
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 1

³Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
119071, г. Москва, Ленинский Проспект 33
shill.oks@mail.ru; sgolubtsov@gmail.com

Разделение трофических ресурсов является одним из основных факторов адаптивной радиации. Эфиопское нагорье, по-видимому, является «горячим регионом» адаптивной радиации для некоторых родов карповых как в озерной, так и в речной среде. Эволюционная диверсификация крупных африканских усачей р. *Labeobarbus* Rüppell, 1835, вероятно, связана с полиморфизмом строения ротового аппарата – наряду с генерализованной формой отмечены губастая, скребущая и большеротая/рыбоядная формы.

Усачи со скребущим фенотипом считались ранее перифитонофагами. Однако наши данные показывают, что среди этой группы возможно подразделение трофических ресурсов (экологическое видообразование). Для проверки данной гипотезы были проведены полевые исследования в трёх реках Эфиопского нагорья для сбора материала: 1) р. Генале (бас. Индийского океана), 2) р. Годжеб (бас. оз. Туркана) и 3) р. Дидесса (приток Голубого Нила, бас. Атлантического океана). Лов рыбы осуществляли с использованием ставных сетей и накидок в марте–апреле 2009 г. и марте 2019 г. (р. Генале), феврале 2011 г. (р. Годжеб) и феврале–марте 2011 г. (р. Дидесса). Всего исследовали 117 экз. крупных африканских усачей р. *Labeobarbus*. Проведен анализ морфологической изменчивости остеологических признаков черепа, изучено содержимое пищеварительных трактов рыб, определены показатели стабильных изотопов азота (¹⁵N) и углерода (¹³C) в мышечной ткани для пяти скребущих ротовых фенотипов усачей и одной генерализованной формы из вышеперечисленных рек.

В реках Эфиопского нагорья выявлено пять форм усачей со скребущим ротовым фенотипом. На основании полученных данных по морфологии черепа, спектра питания и соотношения стабильных изотопов ¹⁵N и ¹³C показано, что изученные формы характеризуются тремя основными типами питания: 1) перифитонофаги; 2) растительноядные детритофаги и 3) бентофаги (соскребающие прикрепленный бентос на перекатах). В двух географически изолированных бассейнах (р. Генале и р. Годжеб) выявлены два случая параллельного расхождения симпатрических форм с различными типами питания (растительноядные детритофаги и бентофаги). Симпатрические формы усача со скребущим ротовым фенотипом значительно различались по уровню ¹⁵N, что говорит о разделении трофических ресурсов. Высокоспециализированный перифитонофаг (*L. beso*) отличался от прочих форм очень высокими значениями ¹⁵N, сходными с таковыми для симпатрических рыбоядных форм. Эти данные могут свидетельствовать о весьма эффективной утилизации перифитоновых сообществ рыбами в качестве богатой белком пищи.

Можно предположить, что низкая конкуренция и слабый естественный отбор, характерный для обедненной фауной верховьев рек Эфиопского нагорья, является предпосылкой для продолжающейся адаптивной радиации усачей р. *Labeobarbus*.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-14-00218 «Адаптивная радиация и видообразование у карповых рыб в условиях симпатрии».

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АНОКСИГЕННЫХ ФОТОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ СОЛЕННЫХ И СОДОВЫХ ОЗЕР ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

А. В. Комова, Е. Д. Бахмутова, А.А. Мельникова, З.Б. Намсараев

НИЦ «Курчатовский институт»,

123182 Москва, пл. Академика Курчатова, 1,

KomovaAV@gmail.com

В крио-аридной зоне Евразии (Алтайский край, Новосибирская область, Прибайкалье, Забайкалье, Северная Монголия, Северный Китай) находится множество соленых и содовых озер, характеризующихся крайне нестабильным водным и химическим режимом и подверженных сезонным и многолетним колебаниям минерализации, щелочности, рН. Изучение уникальных экстремофильных сообществ этих местообитаний представляет значительный интерес, как для описания новых таксонов (Bryantseva et al., 1999; Bryantseva et al., 2000; Sorokin et al., 2000; Горленко и др., 2004; Boldareva et al., 2008; Boldareva et al., 2009; Kompantseva et al., 2010; Kompantseva et al., 2012), так и с точки зрения гипотезы о микробных сообществах содовых озер как реликтового аналога наземных экосистем раннего протерозоя (Заварзин, 1993).

Филогенетически аноксигенные фототрофные бактерии (АФБ) крайне разнородны. Из 6 фил, к которым относятся АФБ, в соленых и содовых водоемах Центральной Азии на настоящий момент обнаружены представители *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Chloroflexi*. Среди аноксигенных фототрофных бактерий единичны экстремально галофильные или алкалофильные виды. Однако диапазоны минерализации и рН, в которых способны существовать АФБ, а также метаболические возможности некоторых из них (несерные пурпурные бактерии) весьма широки, благодаря чему данные микроорганизмы благополучно переживают колебания условий окружающей среды.

Как правило, АФБ в соленых и содовых озерах присутствуют в составе бентосных сообществ в микробных матах или наилке (Горленко и др., 2010; Компанцева и др., 2010). Разнообразии и видовой состав АФБ зависит главным образом от минерализации (Компанцева и др., 2007; Компанцева и др., 2010). В пресных озерах с повышенным рН преобладают *Chromatiaceae*, *Rhodobacteraceae*, *Oscillochloris*; практически отсутствуют *Ectothiorhodospiraceae* и гелиобактерии. С ростом минерализации свыше 20-30 г/л количество *Chromatiaceae*, *Chloroflexus*, *Oscillochloris* снижается, возрастает число *Ectothiorhodospiraceae* при высокой доле *Rhodobacteraceae*. При минерализации свыше 200 г/л и до насыщения (300-400 г/л) сообщество АФБ начинает угнетаться, сводясь практически полностью к *Halorhodospira* (Sorokin et al., 2004; Компанцева и др., 2010; Комова et al., 2018).

Опыт получения накопительных культур АФБ путем помещения образцов осадков, микробных матов и обрастаний в условия (рН, минерализация), отличающиеся от природных, показал, что в соленых и содовых озерах постоянно присутствует большое разнообразие АФБ, обладающее широким спектром физиологических оптимумов, и состав сообщества непрерывно изменяется вслед за изменением условий среды (распреснение водоема, высыхание/концентрирование) (Компанцева и др., 2007; Комова et al., 2018).

Вклад аноксигенного фотосинтеза в общую первичную продукцию водоемов был зарегистрирован для озер с минерализацией до 200 г/л и количеством АФБ свыше 10^7 КОЕ/см³ (Компанцева и др., 2010), при этом его доля в фототрофной продукции микробных матов и осадков составляла 2–92% (Компанцева и др., 2005; Намсараев и др., 2007). Наиболее продуктивными являются водоемы с наибольшей щелочностью и восстановительной обстановкой в илах, где проявляется положительная связь между процессами деструкции (сульфатредукция) и продукции (аноксигенный фотосинтез) (Намсараев и др., 2007; Компанцева и др., 2009).

Работа поддержана Министерством высшего образования и науки, соглашение № 075-15-2019-1659 от 31 октября 2019 г.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЧИСЛА ПОЗВОНКОВ У САМОК ПЛОТВЫ, ОБЛАДАЮЩИХ РАЗНОЙ ПЛОДОВИТОСТЬЮ

Н. И. Комова

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109,
komova@ibiw.ru

Воспроизводительная способность самок рыб во многом определяется условиями нагула, обеспеченностью пищей, ее доступностью и качеством. Предпринята попытка оценить наличие или отсутствие связи плодовитости плотвы *Rutilus rutilus* (L., 1758) с таким, в значительной степени наследуемым показателем (Изюмов, Касьянов, 1995), как строение осевого скелета, в частности, числом и частотами встречаемости позвонков в отделах позвоночника, а также частотами фенотипов позвоночника.

Самки плотвы отловлены в преднерестовый период в Волжском плесе Рыбинского водохранилища. Из общего числа исследованных самок отобраны особи с длиной тела 231–270 мм, 6–11 лет, всего 136 экз. Рыбы были разделены по индивидуальной абсолютной плодовитости: с низкой плодовитостью (НИАП), средней (СрИАП) и высокой (ВИАП). В данной работе рассматриваются в основном группы НИАП и ВИАП.

Группа НИАП характеризовалась следующими значениями средних арифметических величин биологических показателей: ИАП 42.72±0.99 тыс. шт., длина тела 244±2 мм, масса тела без внутренностей 239±5 г, возраст 9 лет, группа ВИАП – соответственно 78.81±0.97 тыс. шт., 262±5 мм, 303±5 г и тот же возраст.

Средние значения числа позвонков (V) в грудном (V_a), переходном (V_i) и хвостовом (V_c) отделах, а также сумма всех позвонков позвоночника, включая веберовы и преуральные, (V_t) статистически достоверно не отличались у групп рыб с разной плодовитостью.

Была рассчитана частота встречаемости (в долях от 1) числа позвонков в отделах и целом позвоночнике. По каждому отделу отобраны варианты с наибольшей частотой, это $V_a = 16$, $V_i = 3$, $V_c = 15$ и $V_t = 41$. Оказалось, что в группе ВИАП все значения частот этих вариантов были выше, чем в группе НИАП, тогда как частота $V_t = 42$ у них имела минимальные значения по сравнению с менее плодовитыми рыбами. Интересно отметить, что у малоплодовитых самок не встретились $V_a = 15$, которые, хотя и в небольшом количестве, отмечены у высокоплодовитых.

Изучена изменчивость фенотипов по частоте встречаемости разных комбинаций числа позвонков в отделах позвоночника (Касьянов, Изюмов, 1997). На долю наиболее часто встречаемых 7 фенотипов у НИАП приходилось 92%, тогда как у ВИАП – 84%. Наибольшая доля среди позвонковых фенотипов, рассчитанных для всех рыб, отмечена для 16–3–15, причем частота этого фенотипа среди трех групп имела максимальные значения у ВИАП (0.368), однако минимальные – у НИАП (0.200).

Для сравнения исследованных выборок по частотам фенотипов использовали показатели популяционной изменчивости (Животовский, 1982). У ВИАП показатель внутривнутрипопуляционного разнообразия $\mu = 6.8 \pm 0.7$, у НИАП он немного выше - $\mu = 7.6 \pm 0.3$, при этом доля редких фенотипов у ВИАП $h = 0.151$, а у НИАП $h = 0.047$. Самый высокий показатель сходства популяций по позвонковым фенотипам $r = 0.900$ отмечен между группами НИАП и СрИАП.

Кластерный анализ также показал близость этих двух групп на дендрограммах, построенных как по частотам всех отмеченных фенотипов, так и по индивидуальным значениям абсолютной плодовитости. На обеих дендрограммах от них в значительной степени обособлена группа ВИАП.

Полученные данные позволяют отметить не только морфологическое разнообразие, но и различия по позвонковым фенотипам между группами малоплодовитых и высокоплодовитых самок плотвы.

БАЙКАЛЬСКИЙ ОМУЛЬ В УЛОВАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗАКИДНОГО НЕВОДА В БАРГУЗИНСКОМ ЗАЛИВЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

В. В. Коновалова^{1,2}, М. Ц. Цырендылыкова^{1,2}

¹Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО»,
670034, г. Улан-Удэ, ул. Хахалова, д.46

²Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения,
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьянова, д.6,
konovalo-vv@mail.ru

В результате снижения добычи байкальского омуля по всем промысловым районам с 1 октября 2017 г. был введен запрет на промышленный лов омуля в Байкале.

В условиях введенного запрета на промышленный лов омуля, основной объем материала для оценки расовой, размерно-возрастной и половой структуры омуля в летний период планировалось получать с применением сетных орудий лова. Однако проведение качественных сетных ихтиологических съемок в 2018–2019 гг. с использованием маломерных плавсредств осложнялось рядом факторов, поэтому было принято решение в экспериментальном режиме применить промышленный закидной невод длиной 450–650 м, с шагом ячеи в мотне 22–28 мм.

Цель данной работы – проанализировать биологические показатели нагульного стада байкальского омуля в уловах экспериментального закидного невода.

На акватории Баргузинского залива в границах ФГБУ «Заповедное Подлеморье», а также вне зоны парка после эхолотной съемки с 28 июня по 20 июля 2019 г. в местностях Сиговое, Жиротопка, Вышка, Церковь, Буртуй, работал экспериментальный закидной невод. В рамках мониторинговых исследований было совершено 6 притонений, 5 из которых результативных. На массовые промеры взято 7774 экз. и на полный биологический анализ исследовано 862 экз. байкальского омуля.

В расовом соотношении нагульное стадо омуля в Баргузинском заливе представлено тремя морфо-экологическими группами. Основу уловов составили омули прибрежной морфо-экологической группы, на долю которых пришлось 97%, а доли пелагических и придонно-глубоководных омулей – 2% и 1% соответственно.

Согласно нашим исследованиям, байкальский омуль прибрежной морфо-экологической группы в неводных уловах встречался длиной от 12.8 до 36.8 см, массой от 20 до 670 г, возрастом от 1+ до 8+ лет. Средние значения длины составили 25.2 ± 0.19 см, массы – 201 ± 4.74 г, возраста 3.8+ лет. Доминировали особи размерами от 20 до 27 см (72.3%) и возрастными группами 3+ и 4+ лет (67%).

Пелагический омуль в уловах представлен особями более старшего возраста по сравнению с прибрежным омулем и относится к возрастным группам 4+ – 8+ лет, длиной тела от 26.6 до 37.2 см и массой от 170 до 616 г. Средние показатели длины – 32.1 ± 0.47 см, средняя масса – 375 ± 20.62 г, средний возраст 5.7+ лет.

Придонно-глубоководный омуль состоит из особей промысловой длины 33.1–39.6 см, массой 404–780 г, возрастными рядами 7+ – 9+. Средние показатели размера тела 36.3 ± 0.86 см, средний возраст 8+ лет и средняя масса – 644 ± 57.23 г.

Таким образом, байкальский омуль встречался в закидном неводе размерами тела от 12.8 до 39.6 см, массой от 20 до 780 г, возрастом от 1+ до 9+ лет. Средние значения длины составили 25.6 ± 0.19 см, массы – 212 ± 4.74 г, а средний возраст 4.1+ лет.

Контрольные притонения закидного невода, проведенные в Баргузинском заливе озера Байкала, показали их эффективность для сбора первичных данных о структуре нагульного стада омуля.

**ВЛИЯНИЕ СТОКОВ КРУПНЫХ СИБИРСКИХ РЕК
(ОБЬ, ЕНИСЕЙ, ЛЕНА, ИНДИГИРКА, КОЛЫМА)
НА СТРУКТУРУ ВИРИОПЛАНКТОНА И АКТИВНОСТЬ ВИРУСОВ
БАКТЕРИОФАГОВ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РФ**

**А. И. Копылов¹, Е. А. Заботкина¹, А. Ф. Сажин², Д. Б. Косолапов¹,
А. В. Романенко¹, Н. Д. Романова²**

¹*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109*

²*Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, 117997, г. Москва, Нахимовский пр., 36
kopylov@ibiw.yaroslavl.ru*

Со стоком сибирских рек в арктические моря РФ поступают огромные объемы пресной воды, содержащие огромные количества аллохтонных биогенных элементов, взвешенного и растворенного терригенного материала и загрязнений. В зонах взаимодействия речных и морских вод формируется устойчивый пикноклин, и происходит геохимическая и биологическая трансформация гигантского объема поступающего с континентальным стоком вещества.

Цель работы – выяснить особенности структуры вириопланктона и вирусиндуцированную смертность бактерий в зоне смешения речной и морской вод в прибрежных районах арктических морей РФ. Исследования были выполнены в зонах смешения пресной и морской воды ((ЗПМВ) в Карском море (район устья р. Енисей и северный район эстуария р. Обь), в море Лаптевых (район устья р. Лена), в Восточно-Сибирском море (районы устья р. Индигирка и р. Колыма), а также участках внешнего шельфа морей, в значительно меньшей степени испытывающих влияние сибирских рек (ЗМВ). В ЗПМВ численность (N_B) и продукция бактерий (P_B) были выше таковых в ЗМВ. Особенностью ЗПМВ является очень высокая численность мелких детритных частиц размером от 0.2 до 3.0 мкм (N_D). Отношение: $N_B : N_D$ составило в ЗПМВ 1.2–4.2 и в ЗМВ 4.0–23.5. Численность бактерий с прикрепленными вирусами и численность детритных частиц с прикрепленными вирусами различались в ЗПМВ в 1.4–2.0 раза, тогда как в ЗМВ – в 4.2–19.6 раз. В исследованных районах установлена численность свободных вирусов (N_{VF}), численность вирусов, прикрепленных к бактериям (N_{FB}), и численность вирусов, прикрепленных к детритным частицам (N_{VD}). В ЗПМВ, в среднем для района, N_{VF} составляли $(1.4–4.1) \times 10^6$ вирусов/мл и превышали N_B в 2–4 раза. Диаметр капсид (головки) вирусов колебался от 15 нм до 389 нм. В общей численности вириопланктона доля N_{VF} в ЗПМВ меньше, чем в ЗМВ, а доля N_{VD} , напротив, выше. В ЗПМВ частота инфицированных клеток (FIC) и вирусиндуцированная смертность бактериопланктона (VMB), в среднем для района, изменялась в пределах 6.2–7.5% N_B и 7.0–8.6 P_B . При этом, в случае высокого содержания в воде детритных частиц величины FIC и VMB в ЗПМВ и ЗМВ существенно не различались, при относительно низких величинах N_D величины FIC в ЗПМВ были выше таковых в ЗМВ в 1.4–1.8 раз. В общем количестве зараженных вирусами бактерий преобладали палочки и вибрионы. Количество фагов в инфицированных бактериальных клетках достигало 100–130 фагов/кл.

Поступление в прибрежные морские воды, со стоком речной воды, значительного количества растворенного и взвешенного органического вещества и более высокая температура воды во внутреннем шельфе, по-видимому, являются причинами более высокой численности и продукции бактерий и активности вирусов-бактериофагов в ЗПМВ, чем в ЗМВ. В тоже время, наличие, благодаря речному стоку, значительных концентраций мелких детритных частиц в ЗПМВ являются причиной потери активности большого количества вирусов в результате их адсорбции к этим частицам. По-видимому, высокое содержание в воде мелкодисперсной органической взвеси снижает потенциальные возможности сообщества вирусов к инфицированию гетеротрофных бактерий.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 121051100102-2 при частичном финансировании РФФИ (грант № 18-05-60069).

ГРИБЫ-ЭПИБИОНТЫ УСТРИЦ НА ФЕРМАХ КРЫМА (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Н. И. Копытина, Е. А. Бочарова

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей

имени А.О. Ковалевского РАН»,

299011, г. Севастополь, проспект Нахимова, 2

kopytina_n@mail.ru

Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) завезена в Чёрное море в 1980 г. с Дальнего Востока (Монина, 1983). Устрица является организмом-фильтратором, поэтому особи, выращенные в загрязнённых морских водах, могут стать источником заражения человека, как химическими соединениями, так и патогенной микрофлорой.

В течение 2017–2019 гг. был изучен видовой состав микромицетов на раковинах *C. gigas* на 3-х фермах Крыма. Две фермы расположены в заливе Донузлав: одна у входа в залив, вторая в районе пос. Озёрное. Третья – устрично-мидийная ферма ООО НИО «Марикультура» находится в 200–300 м от берега в акватории, прилегающей к лабораторному корпусу ФИЦ ИнБЮМ РАН между южным молотом Севастопольской бухты и б. Карантинная. Средняя глубина погружения коллекторов с моллюсками соответствовала 4.5–7 м, максимальное заглубление – 9–12 м. Средний размер раковин устриц составлял: длина 81.8 ± 33.0 мм, ширина 53.6 ± 22.8 мм, высота 28.7 ± 4.7 мм (\pm стандартное отклонение). Исследовано 70 экземпляров устриц.

Раковины моллюсков измельчали и выдерживали в течение 2 ч в стерильной морской воде с добавлением спиртового раствора левомецитина 3%, 1 мл на 1 литр, для подавления роста сопутствующих бактерий, 2 раза промывали в стерильной морской воде. Фрагменты створок помещали в чашки Петри на поверхность агаризованной среды Чапека с добавлением левомецитина в той же концентрации, в 2-х повторностях.

Выделены 30 видов грибов, которые относятся к 15 родам из 9 семейств, 6 порядков, 4 классов, 2 отделов (Ascomycota, Mucoromycota), 3 не идентифицированных вида объединили в группу Fungi spp. В видовом составе микобиоты доминировали представители семейства Pleosporaceae (13 видов). По одному виду отмечено в родах *Bipolaris*, *Drechslera*, *Epicoccum*, *Stemphylium*, род *Alternaria* был представлен 9 видами.

На ферме в устье залива Донузлав обнаружено 17 видов грибов, в районе пос. Озёрное – 6, на ферме «Марикультура» – 22. В районе пос. Озёрное все идентифицированные виды относились к семейству Pleosporaceae, в устье залива присутствовали виды из семейств Pleosporaceae, Apiosporaceae, Aspergillaceae, Chaetomiaceae, Cladosporiaceae, Nectriaceae, на ферме «Марикультура» – Pleosporaceae, Apiosporaceae, Aspergillaceae, Cladosporiaceae, Nectriaceae, Incertae sedis. Наименьшее сходство видового состава по коэффициенту сходства Брея-Кёртиса вычислено между фермами пос. Озёрное и «Марикультура» – 28.6%, наибольшее между хозяйствами в устье залива и «Марикультура» – 51.3%.

На всех фермах в видовом составе преобладали меланинсодержащие виды грибов, число которых изменялось от 5 (пос. Озёрное) до 12 («Марикультура»). Меланинсодержащие формы широко распространены в природных условиях, обладают высокой способностью к спорообразованию и резистентны к нескольким экстремальным воздействиям: повышенной концентрации тяжёлых металлов, высокой температуре, городским местам обитания, коммунально-промышленным стокам. Эти свойства организма обуславливают пигменты – меланины.

Ферма «Марикультура» в большей степени подвержена антропогенному воздействию, только в этом районе обнаружены грибы *Mucor ramosissimus* (Samouts, 1927), *Rhizopus stolonifer* ((Ehreb.) Vuill. 1902) и *Botryomyces* sp.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме № гос. регистрации 121030300149-0.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА КРУПНЫХ РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ

Л. Г. Корнева¹, В. В. Соловьева¹, И. В. Митропольская¹, О. С. Макарова¹,
С. И. Сиделев²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109

²Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
150057 г. Ярославль, проезд Матросова, 9, korneva@ibiw.ru

Равнинные водохранилища, образованные в долинах рек, перегороженных плотинами, наиболее распространенные по генезису формирования котловин. Гидростроительство на крупных реках помимо положительного экономического эффекта имеет ряд отрицательных экологических последствий («цветение» воды). Первоначально было установлено, что после образования водохранилища биоценоз коренной реки проходит поэтапно определенные фазы развития от «трофического взрыва» до стадии стабилизации. Современное изменение планетарного климата и нарастающая антропогенная нагрузка на водные экосистемы детерминировали новые экологические проблемы (вызовы), выявление которых возможно только при проведении регулярного мониторинга. В Институте биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (Борок) не прекращаются уникальные регулярные исследования фитопланктона Волги и водохранилищ ее бассейна, начатые еще в 1950-е годы. Под постоянным наблюдением находится фитопланктон Рыбинского водохранилища. Начиная с 2015 г. продолжены ежегодные маршрутные летние исследования по водохранилищам Волги, Шексны, Камы и Дона, которые проводились в 1969–1975 гг. и в 1989–1991 гг. Это позволяет достоверно интерпретировать и прогнозировать состояние искусственных водных экосистем, а также исследовать экологическую эволюцию их сообществ.

Последние исследования Рыбинского водохранилища показали, что ко второму десятилетию XXI в. фитопланктон претерпел ряд значительных изменений. Это выражалось в продолжающемся упрощении структуры альгофлоры, увеличении численности фитопланктона за счет цианобактерий, обилия и разнообразия миксотрофных фитофлагеллят (криптофитовых и золотистых), способных к фаготрофии (хищничеству), что можно рассматривать как признак начального этапа гетеротрофной фазы планктонной сукцессии, а также пропорции мелкоразмерных видов (г стратегов), в преобладании летнего пика в сезонной динамике биомассы, обусловленного развитием цианобактерий, снижении соотношения минимальной и максимальной биомассы, как меры устойчивости экосистемы. Последнее благоприятствовало проникновению новых инвазийных видов водорослей. Увеличение продолжительности безледного периода в водохранилище способствовало увеличению обилия цианобактерий и миксотрофных фитофлагеллят в подледный период. Современные исследования (2010–е годы) фитопланктона девяти водохранилищ Волги показали, что в условиях выраженной географической зональности прослеживается достоверное снижение биомассы и разнообразия фитопланктона в направлении от Верхней к Нижней Волге, что связано с увеличением скорости течения, минерализации и снижением цветности воды. Впервые проведенный одновременный сравнительный анализ цианобактерий планктона 13-ти водохранилищ Волги, Камы, Шексны и Дона (Шекснинского, Ивановского, Угличского, Рыбинского, Горьковского, Чебоксарского, Куйбышевского, Саратовского, Волгоградского, Камского, Воткинского, Нижнекамского и Цимлянского) показал, что в последние годы наблюдается положительный многолетний тренд обилия, разнообразия цианобактерий и выравнивание их биомассы между водохранилищами по каскаду. Установлено увеличение обилия и разнообразия безгетероцистных видов цианобактерий в направлении от Верхней к Нижней Волге и в ходе многолетней сукцессии фитопланктона Рыбинского водохранилища, что связано с увеличением минерализации воды, а также снижением диатрофов по мере роста электропроводности в камских водохранилищах. В водохранилищах Волги, Камы и Дона обнаружено 14 вариантов структур микроцистинов, разнообразие которых зависело от состава продуцирующих видов. С помощью ПЦР анализа были выявлены основные продуценты микроцистинов – *Microcystis* и *Dolichospermum*. Показано, что температура воды и азот определяют уровень развития микроцистин-продуцирующих видов цианобактерий.

ЗАРАЖЕННОСТЬ МОЛЛЮСКОВ ЛИЧИНКАМИ ТРЕМАТОД В ВОДОЕМАХ РАЗНЫХ ТИПОВ

О. И. Коробов

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,
680000, г. Хабаровск, ул. Карла Маркса, 68.

oikorobov@mail.ru

Материал собирался в водоемах Омской области в 2003–2011 гг.

Были обследованы 12 водоемов разных типов подтайги, северной и южной лесостепи в пределах Омской области, включая городские водоемы.

Было исследовано компрессорной методикой 5934 моллюсков рода *Lymnaea*.

Фауна прудовиков в исследованных водоемах включает 8 видов из 4 подродов: *L. (Lymnaea) stagnalis* (Linnaeus, 1758), *L. (L.) fragilis* (L., 1758), *L. (Radix) auricularia* (L., 1758), *L. (Stagnicola) palustris* (Muller, 1774), *L. (Peregriana) ampullacea* (Rossmassler, 1835), *L. (P.) ovata* (Draparnaud, 1805), *L. (P.) tumida* (Held, 1836), *L. (P.) balthica* (L., 1758).

Были обнаружены 13 видов партенит и церкарий трематод из 6 семейств: *Echinoparyphium aconiatum* (Dietz, 1909), *E. cinctum* (Rudolphi, 1802) Dietz, 1909, *E. recurvatum* Lühe, 1909, *Echinostoma revolutum* Looss, 1899, *Moliniella anceps* (Molin, 1859) Hübner, 1939, *Hypoderma conoideum* Dietz, 1909 (сем. Echinostomatidae); *Diplostomum spathaceum* Rudolphi, 1819, *D. chromatophorum* (Brown, 1931) Shigin, 1986 (сем. Diplostomatidae); *Plagiorchi elegans* Rudolphi, 1802, *Opisthio glypha ranae* (Frohlich, 1791) (сем. Plagiorchiidae); *Cotylurus cornutus* (Rud., 1808) Szidat, 1928 (сем. Strigeidae); *Notocotylus attenuatus* Rudolphi, 1809 (сем. Notocotylidae); *Trichobilharzia ocellata* La Val, 1854 (сем. Schistosomatidae).

Обнаружено 9 видов метацеркарий трематод из 3 семейств: *E. revolutum*, *E. aconiatum*, *E. recurvatum*, *E. cinctum*, *M. anceps*, *H. conoideum*, *C. cornutus*, *P. elegans*, *O. ranae*.

При паразитологическом обследовании моллюсков в водоемах различных типов (пойменные и непопойменные) мы столкнулись с отличиями инвазии как количественного и качественного характера. В непопойменных водоемах обнаружено 13 видов партенит и церкарий, 9 видов трематод на стадии метацеркарии. Меньшее количество видов личинок обнаружено в пойменных водоемах: 10 видов партенит и церкарий, 8 видов метацеркарий.

Проявляются и качественные различия трематодофауны моллюсков. В пойменном водоеме Междуречье экстенсивность инвазии партенитами составила 35.5%. Относительно малой была и степень зараженности метацеркариями 28.2%. Однако зараженность в водоеме Самарка, по данным многолетнего исследования, по сравнению с непопойменными водоемами была даже выше (50.8 и 68.7% соответственно). Это связано с тем, что места сборов моллюсков были удалены от р. Иртыш и течение практически отсутствовало, в этих условиях оседание яиц трематод происходит равномерно, что не препятствует проникновению мирацидиев.

В непопойменных водоемах экстенсивность инвазии моллюсков личинками трематод составляла от 43.3 до 100%.

Вероятнее зависимость экстенсивности инвазии личинками трематод от проточности – косвенная, так как большее влияние оказывает плотность населения и разнообразие окончательных хозяев трематод.

Не встречались в пойменных водоемах трематоды: *E. recurvatum*, *D. chromatophorum*, *T. ocellata*. В пойменных же водоемах мы обнаруживали только прудовика *L. fragilis*, а в непопойменных водоемах распространен *L. stagnalis*. Из прудовиков именно *L. fragilis* имел меньшее разнообразие личинок трематод.

В пойменных водоемах средняя экстенсивность инвазии партенитами-церкариями трематод сем. Strigeidae составляет – 4.8%, что значительно меньше, чем в непопойменных (8.8%). Относительно мала инвазия церкариями сем. Plagiorchiidae, которая составила – 4.8%. Церкарии сем. Diplostomatidae встречались чаще, чем в непопойменных водоемах (6.5% против 6.1%).

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИГА ОЗЕРА ИМАНДРА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

И. М. Королева, П. М. Терентьев

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ "Кольский НЦ" РАН,
184209, г. Апатиты, Академгородок, д. 14а,*

koririn@yandex.ru

Показатели крови являются необходимым элементом в морфо–физиологических исследованиях, поскольку оперативно отражают состояние организма рыб и сигнализируют о патологических изменениях, возникших под воздействием неблагоприятных факторов (заболевания, токсическое воздействие). Исследования гематологических показателей малотычинковой формы обыкновенного сига (*Coregonus lavaretus* L.), обитающего в оз. Имандра проводятся с 1978 г. Установлена возрастная, сезонная и половая вариабельность основных клинических параметров. Проведен сравнительный анализ клинической картины крови в условно–фоновых и загрязненных акваториях водоема. Цитоморфологическим методом выявлены изменения формы и размеров эритроцитов, атипия структуры и формы ядра. Характеристики, полученные в условиях природного качества вод, предложены как региональная физиологическая норма. В целях биоиндикации качества вод рекомендовано проводить цитоморфологический анализ клеток крови с учетом частоты встречаемости патологий их структуры.

Отлов рыб осуществлялся ставными жаберными сетями. У рыб измерялись масса и длина, после вскрытия определялся пол, стадия зрелости гонад, степень наполнения желудка. Отбор крови производился капилляром из гемального канала хвостового стебля. Первая порция крови (20 мкл) использовалась для определения общего содержания гемоглобина с помощью гемометра Сали (в 2018 г. – портативного гемометра). Для дальнейшего подсчета числа эритроцитов в камере Горяева, следующая капля фиксировалась раствором, содержащим сульфат натрия (20 г), хлористый натрий (5 г), лимоннокислый натрий трехзамещенный (3 г), ледяную уксусную кислоту (100 мл), дистиллированную воду (до 1 л). Изготовленный мазок, после высушивания на воздухе, фиксировался метиловым или этиловым спиртом и в дальнейшем окрашивался по Романовскому. В последнюю очередь кровь набиралась в капилляр от аппарата Панченкова для определения СОЭ.

По данным, полученным в 1990-х гг., содержание гемоглобина и количества эритроцитов уменьшается по мере старения рыбы. Наименьшие показатели данных параметров регистрировались в зимний период, что объясняется снижением активности и метаболизма в это время года. Интенсивность эритропоэза и лейкопоэза во время нагула возрастала, происходило увеличение молодых форм эритроцитов, абсолютного количества лимфоцитов и, соответственно, общего числа лейкоцитов. У нерестящихся в текущем году самок, как правило, содержание общего гемоглобина снижалось.

Сравнение показателей крови после частичного улучшения качества воды привело к небольшому повышению уровня гемоглобина у сигов, обитающих в наиболее загрязненных акваториях. Произошло сжатие ряда варьирования содержания гемоглобина и количества эритроцитов. Реже встречались сиги с высокой долей патологий форменных элементов крови. В динамике показателей белой крови произошло снижение количества лейкоцитов у сигов из наиболее загрязненных районов Имандры (преимущественно плеса Большая Имандра).

Работа выполнена в рамках темы НИР 0226-2019-0045 и частично поддержана грантом РФФИ 18-05-60125.

**ОСОБЕННОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФИТОПЛАНКТОНА
МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР ТЕРРИТОРИИ ЗАМКНУТОГО СТОКА
ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
Ю. Н. Косачева¹, Е. Ю. Митрофанова²**

¹Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»),
656056, г. Барнаул, ул. Баварина, 2, оф.502-513, Kosacheva.july@yandex.ru

²Институт водных и экологических проблем СО РАН,
656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, mitelena-09@mail.ru

На территории Кулундинской равнины, расположенной к юго-западу от Приобского плато, находится более 3000 пресных, соленых и горько-соленых озер с минерализацией воды от 1 до 430 г/л (Колпакова и др., 2015). В понижениях гривно-займищного рельефа Кулундинской равнины располагаются бессточные гипергалинные озера, крупнейшие – Кулундинское, Большое (Б. Яровое) и Малое Яровые (М. Яровое) (Веснина, 2016). Они различны по размерам, источникам водно-солевого питания, гидрогеологическим условиям местоположения. Озера имеют изометрическую форму диаметром от 8–10 км (Б. Яровое) до 35 км (Кулундинское), их чаши мелководны (средняя глубина – менее 2.5 м, исключение – оз. Б. Яровое с максимальной глубиной до 7.5 м). Уровень воды в озерах колеблется в пределах 0.4–1 м с максимумом в засушливые годы.

Основным фактором, определяющим развитие водорослей в планктоне таких озер, является общая минерализация, которая в период с 2001 по 2020 гг. в оз. Кулундинском изменялась в пределах 52.6–150.5 г/л при среднемноголетней величине 97.7 ± 5.4 г/л, оз. Б. Яровое – 120.0–160.4 и 140.7 ± 2.7 , оз. М. Яровое – 161.0–262.8 и 215.8 ± 24.0 г/л, соответственно. При этом среднемноголетние значения рН среды в озерах Б. и М. Яровое составили 7.89 ± 0.04 и 7.79 ± 0.03 , соответственно, то в оз. Кулундинском – 8.47 ± 0.04 .

Фитопланктон оз. Кулундинского исследовали в 2017–2019 гг. в период открытой воды с апреля по октябрь. Число выявленных таксонов варьировало от 47 в 2017 г. до 35 в 2018 и 20 в 2019 г. Наиболее разнообразной группой в планктоне озера были зеленые водоросли, которые составляли 29.8–45.7–65% от общего состава, соответственно. Увеличение доли зеленых водорослей в общем составе коррелирует с уменьшением среднегодовой минерализации воды в эти годы – 97.3–81.7–73.9 г/л, соответственно, что вполне закономерно, ведь увеличение разнообразия зеленых водорослей обеспечивается в основном за счет зеленых хлорококковых водорослей, которые предпочитают более опресненные условия среды. Постоянным компонентом планктона озера является зеленая нитчатка *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. Она в массе развивается на подводных субстратах, но легко отрывается при ветровом воздействии, образуя маты, которые сносятся к берегам. Среди нитей *C. glomerata* периодически можно обнаружить нитчатую цианобактерию *Lyngbya aestuarii* Liebman ex Gomont, а также различных мелкоклеточных одиночных или ценобиальных водорослей как из зеленых хлорококковых, так и водорослей других отделов.

Фитопланктон озер Б. Яровое (в 2017 и 2019 гг.) и М. Яровое (2017 г.) был малоразнообразный. В оз. Б. Яровое выявлено 14 и 6 таксонов с преобладанием диатомовых водорослей, доля которых в общем составе уменьшалась с 64.3 до 50%, а вклад зеленых, напротив, увеличивался с 7.4 до 16.7%, соответственно. Общая минерализация в водоеме снижалась от 145.7 г/л в 2017 г. до 131.1 г/л в 2019 г., что отразилось, в первую очередь, на зеленых водорослях. *Dunaliella salina* Teod. составляет основной фон фитопланктона озера, присутствуя в планктоне постоянно в разных стадиях своего жизненного цикла (вегетативные клетки, зооспоры и цисты). В фитопланктоне оз. М. Яровое в 2017 г. отмечено 10 таксонов водорослей из трех отделов с преобладанием цианобактерий и зеленых водорослей (50 и 40%, соответственно). *D. salina* также является основным компонентом планктона озера, остальные таксоны развиваются преимущественно в периоды с меньшей минерализацией воды, например, в апреле, когда идет опреснение вод озера за счет таяния снега.

Отбор и обработка проб произведены в рамках гос. задания АлтайНИРО, анализ результатов – гос. задания ИВЭП СО РАН (рег. № 121031200178-8).

**ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОЗЕР ВОЛЖСКО-КАМСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА,
ПОСТРАДАВШИХ ОТ СБРОСОВ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

М. В. Косова¹, О.Ю. Деревенская¹, Е.Н. Унковская²

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

² Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник
422537, Республика Татарстан, Зеленодольский район, пос. Садовый, ул. Вехова, д. 1
mary.burunina96.5@yandex.ru

В 1970–1980 гг. озера Гнилое, Линево и Илантово, расположенные на территории заповедника, испытывали интенсивное антропогенное воздействие, вызванное деятельностью бройлерной птицефабрики «Казанская» и зверосовхоза «Раифский». Мероприятия, направленные на очистку озер от последствий сброса неочищенных сточных вод с территорий хозяйственных объектов разработаны не были. В течение многих лет проводились наблюдения процессов естественного восстановления озер в результате влияния проточности.

В 2018–2019 гг., оценивался процесс восстановления озер Волжско-Камского заповедника по показателям зоопланктона.

В результате, отмечались колебания численности и биомассы зоопланктона озера Гнилое в 2018 и 2019 гг. Основу сообщества составляли коловратки (Rotifera). Доминирующий вид по численности в 2018 г. – *Postclausa hyptopus*, в 2019 г. – *Asplanchna priodonta* и *Postclausa hyptopus*. Биомасса озера Гнилое сложилась за счет вида *Asplanchna priodonta*. Структура сообществ зоопланктона, оцененная по индексу Шеннона, была относительно выровненной по численности. Что касается трофического статуса вод, оцененного по значениям биомассы, озеро Гнилое относится к эвтрофному типу.

В озере Илантово в 2018–2019 гг. преобладали по численности и биомассе коловратки. В 2018 г. доминирующий вид по численности и биомассе – хищник *Asplanchna priodonta*. В 2019 г. – по численности *Keratella cochlearis* и *Postclausa hyptopus*, по биомассе *Asplanchna priodonta*. Индекс Шеннона в 2018 г. показал, что сообщество не выровнено, наблюдается выраженное доминирование. Индекс Шеннона, рассчитанный по биомассе зоопланктона, охарактеризовал озеро как эвтрофное. В 2019 г. значения индекса характеризуют структуру сообщества как более выровненную. Трофический статус вод, в основном, показывает эвтрофность.

В 2018 г. численность озера Линево состояла, в основном, за счет коловраток. Преобладающий вид – *Postclausa hyptopus*. В 2019 г. численность на станциях сформировалась благодаря веслоногим ракообразным (Copepoda). Доминировали копеподитные стадии. В 2018 г. доля коловраток (Rotifera) в общей биомассе намного выше, за счет биомассы такого вида коловратки как *Asplanchna priodonta*. В 2019 г. на станциях, в среднем, биомасса распределилась равномерно по таксономическим группам. Очевидных доминантов не выявлено. Индекс Шеннона, рассчитанный по численности, в большинстве случаев показал, что сообщество достаточно выровнено. Трофический статус вод озера можно оценить как изменение от мезотрофного до эвтрофного.

Сотрудники заповедника с 1985 г. ведут мониторинг состояния озер. Это дает возможность сравнивать характеристики зоопланктонных сообществ во временном аспекте. В озерах Гнилое и Илантово, катастрофические нарушения структуры сообществ зоопланктона наблюдались вплоть до 2001 г. В озере Линево разрушения структуры сообщества зоопланктона фиксировались в 1986–2000 гг.

После органического и токсического загрязнения, в озерах наблюдается снижение индекса сапробности на протяжении всего периода, наблюдается антропогенная эвтрофикация, структура сообществ гидробионтов восстанавливается очень медленно.

Несмотря на процессы естественного восстановления озер, до сих пор прослеживаются последствия поступления аварийных сточных вод хозяйственных объектов, деятельность которых привела к экологической катастрофе в прошлом. Низкое качество воды сдерживает восстановление сообществ зоопланктона исследуемых озер.

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К БИОГЕОГРАФИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ И СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ: ВЕТВИСТОУСЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ КАК МОДЕЛЬНАЯ ГРУППА

А. А. Котов, Д. П. Карабанов, Е. И. Беккер, П. Г. Гарибян
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
119071, г. Москва, Ленинский Проспект 33,
alexey-a-kotov@yandex.ru, evbekker@ya.ru, petr.garibyan21@mail.ru
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109
dk@ibiw.ru

Картины (паттерны) распространения многих пресноводных животных радикально отличаются от таковых модельных объектов, на которых создавалась современная «наземная» биогеография. Особенности биогеографии пресноводных беспозвоночных интенсивно исследуются на примере нескольких модельных групп. Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) – одни из наиболее массовых животных планктона, бентоса и нейстона внутренних водоемов всех типов и всех континентов, важнейшее пищевое звено пресноводных экосистем, фактор формирования качества воды, стандартные тест-объекты в токсикологических исследованиях, модельные объекты палеоэкологических работ и различных исследований в рамках различных подходов современной эволюционной биологии. История формирования биоразнообразия ветвистоусых ракообразных, их отдельных фаун и таксонов крайне важна для понимания фауногенеза животных континентальных вод в целом.

Цель наших работ – предложить общую схему биогеографического районирования континентальных вод Северной Евразии, учитывающую историю формирования фауны региона, основываясь на данных по филогеографии ветвистоусых ракообразных и распространению современных таксонов. Наши филогеографические и фаунистические данные подтверждают существование основного долготного градиента в Северной Евразии и наличие здесь двух основных биогеографических Провинций (Западной Голарктической и Берингийской, заходящей на североамериканский континент) Голарктики с переходной зоной между ними в Восточной Сибири. Мы пришли к заключению о целесообразности применения по отношению к ветвистоусым ракообразным биогеографической схемы без выделения «Палеарктической» зоны, что ранее предлагалось и исследователями некоторых других групп пресноводных животных.

Нами изучены исторические процессы, приведшие к формированию подобного паттерна. При этом был поставлен вопрос о южной и восточной границах Берингийской Провинции, которые к настоящему времени не изучены. В целом, выделение Берингийской Провинции значительной протяженности и расположенной на двух континентах, свойства которой применительно к ветвистоусым ракообразным никогда ранее не рассматривались, ставит ряд новых задач по ее изучению, в частности, значительно расширяя регион исследования и сдвигая фокус коллектива дальше на восток.

В результате работ коллектива подтверждено существование особой зоны эндемизма самого высокого ранга на Дальнем Востоке. Нами выдвинута гипотеза о том, что эта зона совпадает по своему географическому положению с переходной зоной между Берингийской Провинцией Голарктики и более южной биогеографической зоной (условно на данном этапе мы называем ее «тропической») и именно наличие здесь зоны древнего эндемизма определило положение современной переходной зоны между биогеографическими провинциями.

Таким образом, наши работы представляют собой вклад в понимание биогеографических особенностей пресноводных животных и выработку общей схемы выделения биогеографических провинций в северном полушарии.

Исследования поддержаны грантом РНФ 18-14-00325П.

ТРАНСФОРМАЦИЯ СТОКА ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И ФИТОПЛАНКТОНА В ВЕРХНЕЙ ОБИ

А. В. Котовщиков, М. К. Ширинина

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,
656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, kotovschik@iwep.ru*

Знание процессов формирования и трансформации стока веществ и организмов в верховье крупной равнинной реки важно для выявления глобальных закономерностей и региональных особенностей функционирования речных экосистем. Изучение сезонной динамики и годовых объемов стока биогенных элементов и биомассы планктона на разных створах протяженного участка реки, позволяет количественно описать происходящие по длине реки изменения содержания важнейших химических и биотических компонентов геостока, а также дать интегральную оценку воздействия определенной части водосборного бассейна или зарегулированного участка реки на речную экосистему.

Цель работы – выявить сезонную динамику и годовые величины стока различных форм органического углерода, содержания хлорофилла и биомассы фитопланктона в Верхней Оби.

Река Обь образуется при слиянии рек Бии и Катунь, бассейны которых расположены в горных территориях. Верхний участок Оби имеет длину 964 км и заканчивается перед впадением р. Томь. На протяжении половины длины Верхней Оби (около 500 км), до выклинивания подпора водохранилища Новосибирской ГЭС, происходит формирование экосистемы Оби как равнинной реки, впадают практически все основные притоки. Среднегодовой расход воды увеличивается с 1170 м³/с до 1550 м³/с. Ниже по течению (к г. Новосибирску) происходят значительные изменения режима реки в результате ее зарегулирования, при этом среднегодовые расходы почти не изменяются.

Натурный материал был собран в 2020 г. на трех створах реки Обь: 1 – Фоминское (9-й км от слияния); 2 – Камень-на-Оби (495-й км); 3 – Новосибирск (693-й км). Отбор производили ежемесячно, включая период ледостава, на 2–4 станциях створа из поверхностного горизонта.

Внутригодовая динамика суточного стока изученных компонентов имела существенные различия на разных створах. Сезонный ход водного стока на всех трех створах описывался одновыпуклой кривой (в створе 1 – с многими мелкими пиками) с максимумами в мае на незарегулированных створах 1 и 2 (0.3 и 0.4 км³/сут.) и в апреле – на створе 3 (0.33 км³/сут.). Наибольшие величины твердого стока в створе 1 отмечены в середине лета (12 тыс.т/сут.), а в створах 2 и 3 – во второй половине апреля (61 и 16 тыс.т/сут.). В створах 2 и 3 максимумы стока общего $C_{орг}$ отмечены в период первой волны половодья (5.5 тыс.т/сут.), а в створе 1 – в середине лета (2.1 тыс.т/сут.). Наибольший сток углерода легкоокисляемого ОБ (по ПО) на всех створах также наблюдали во время весеннего половодья (от 450 до 660 т/сут.), при этом в створе 3 пик был значительно снижен (320 т/сут.). В створах 1 и 2 проявлялись выраженные максимумы в середине лета (240 и 410 т/сут.). Характер динамики углерода лабильного ОБ (по БПК) в целом был похожим. В створе 1 максимумы стока биомассы фитопланктона проявлялись слабо и не превышали 200 т/сут. В створе 2 наблюдали выраженный пик в июне (950 т/сут.), а в створе 3 – в середине мая (1160 т/сут.).

Годовые объемы стока изученных компонентов изменялись вниз по трем створам следующим образом. Водный сток (км³): 37→54→53; твердый сток (тыс.т): 818→2967→988; общий $C_{орг}$ (тыс.т): 200→434→436; растворенный $C_{орг}$ (тыс.т): 109→290→282; углерод легкоокисляемого ОБ (тыс.т): 33→69→62; углерод лабильного ОБ (тыс.т): 16→45→38; углерод фитопланктона (тыс.т): 3→26→19; биомасса фитопланктона (тыс.т): 22→109→101. Доля растворенных форм $C_{орг}$ в общем углероде увеличивалась от истока к створу 2 с 54 до 67% и остается на том же уровне в створе 3. Доля автохтонного углерода (фитопланктона) составляла на трех створах соответственно 2, 6 и 4%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00528.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В НЕСКОЛЬКИХ МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕРАХ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ

Е. Д. Краснова¹, Д. А. Воронов²

¹Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
119234 Москва, Ленинские горы, МГУ, стр. 12;

²Институт проблем передачи информации РАН,
127051, г. Москва, Большой Каретный переулок, д.19 стр. 1,

e.d.krasnova@wsbs-msu.ru

На побережье Белого моря из-за послеледникового поднятия берега образовалось множество водоемов, в разной степени изолированных от Белого моря. Первая стадия отчленения от моря – ковшовая губа, отделенная подводным порогом, который еще не препятствует приливно-отливным колебаниям. По мере поднятия порога водоем превращается сначала в морскую лагуну с ослабленными асимметричными приливными колебаниями, потом становится меромиктическим водоемом с разбавленным верхним слоем и соленой водной массой внизу. На трансформацию водоема от морского залива до финальной полностью пресноводной стадии уходит от нескольких сотен до тысячи лет. На всех этапах изоляции водоемы характеризуются устойчивой вертикальной стратификацией. Уже на стадии ковшовой губы в отделившемся водоеме может возникать аноксигенная сероводородная зона, а начиная со стадии лагуны она существует круглогодично. В хемоклине между аэробной и анаэробной зонами (редокс-клине) образуется высокопродуктивное сообщество микроорганизмов. Основными первичными продуцентами там выступают аноксигенные фототрофные бактерии, с ними ассоциировано богатое сообщество гетеротрофных и миксотрофных микроорганизмов, которые образуют последовательность микрослоев сантиметрового масштаба, заселенных организмами с разной чувствительностью к сероводороду, диффундирующему снизу. Вблизи хемоклина нередко наблюдаются скопления зоопланктона. В 2020–2021 году мы впервые исследовали состав и вертикальное распределение зоопланктона в 13 водоемах на разных стадиях изоляции от моря. В четырех исследованных ковшовых губах (бухта Биофильтров, губа Лобаниха, лагуна за Тихими островами и губа Педуниха в Порьей губе) зоопланктон был представлен в основном копеподами и их личинками–науплиями. Науплии, как правило, концентрировались вблизи поверхности, а максимум численности копеподитных стадий находился между летним термоклином и хемоклином, то есть в слое, защищенном от приливных движений, где присутствует кислород. В лагунах со слабым водообменом (лагуна на Зеленом мысе, озеро Кисло-Сладкое, лагуны «Озерки» в Восточной Порьей губе, Савино-Канозеро) науплии более равномерно распределены между поверхностью и хемоклином, а численность копеподитных стадий возрастает в нижней части аэробной зоны. Эффект хемоклина проявляется в этих водоемах в: 1) скоплении разновозрастных личинок многощетинковых червей *Polydora* cf. *ciliata* (сборный таксон из отр. Spionidae) при концентрации кислорода менее 2 мг/л, которые присутствовали там в течение всего периода наблюдений с апреля по декабрь; 2) концентрации личинок других многощетинковых червей; 3) плотных популяциях *Synchaeta balthica* с численностью до 0.9–3.7 тыс. экз./л. В меромиктических озерах с пресным миксолимнионом (оз. Еловое, Трехцветное и Большие Хрусломены) преобладали коловратки, выявлено 36 видов, из которых 12 доминировали в разных пробах. Возле хемоклина встречались скопления 8 видов. Кроме трех видов *Synchaeta*, это *Keratella quadrata* с широким диапазоном толерантности к солености, пресноводная *Polyarthra remata*, солоноватоводный *Brachionus plicatilis*, хищник *Asplanchna priodonta* (их, вероятно, привлекали концентрирующиеся там другие зоопланктеры), а также *Filinia longiseta* (возможно, зависшие на градиенте плотности благодаря длинным щетинкам). Таким образом, в беломорских прибрежных стратифицированных водоемах хемоклин служит фактором вертикальной неоднородности зоопланктона, а высокопродуктивный слой с аноксигенными фототрофами – мощным аттрактантом.

Работа выполнена с использованием финансовых средств гранта РФФИ № 19-05-00377а и государственной темы, номер ЦИТИС 121032500077-8.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ФАУНЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ГОРНЫХ ОЗЁР БОЛЬШОГО КАВКАЗА

С. В. Крыленко, Е. С. Чертопруд

Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова,
119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1,
krylenkoserg@mail.ru, horsax@yandex.ru

В бассейне реки Теберды на территории ГПЗ «Тебердинский» находится более ста горных озёр. Большая часть из них слабо изучена в гидробиологическом плане. Кроме того, из-за усиления процессов абляции, образовался ряд новых приледниковых водоемов. Цель данной работы: характеристика фауны макрозообентоса горных озёр ГПЗ «Тебердинский».

В августе 2020 г. изучены донные беспозвоночные пяти озёр, разных по формированию и возрасту. Собрано 20 количественных проб.

Озеро *Туманлы-Гель* находится на высоте 1860 м. н. у. м. и имеет лавинно-ударное происхождение. Озеро приближается к стабильному состоянию, но в результате лавинной деятельности не достигает его поэтому в водоёме отсутствуют мягкие грунты. Побережье покрыто осоковыми зарослями, а на мелководье растут рдесты. В водоеме представлены 3 типа сообществ макрозообентоса: 2 вида Chironomidae, ручейники *Agrypnia varia* (Fabricius, 1793) и виды из семейства Limnephilidae населяют каменистую центральную часть; 3 вида Chironomidae, жуки *Ilybius fuliginosus* Fabricius, 1792, стрекозы *Aeshna juncea* Linnaeus, 1758 и *Coenagrion puella* Linnaeus 1758 и 2 вида подёнок семейства Baetidae обитают в зарослях рдеста; на урезе воды в зарослях осок многочисленны виды Chironomidae, Baetidae, а также стрекоза *A. juncea* и жук *Hydroporus pubescens* Gyllenhal, 1808. В настоящем исследовании в озере обнаружено 13 таксонов макрозообентоса, а общее их число, вместе с литературными данными, составляет 16.

Все три *Бадукских озера* имеют завальное происхождение, но находятся на разных стадиях развития. *Нижнее Бадукское озеро* (высота 1950 м. н. у. м.) наименее развито, его дно сложено гранитными обломками, а растительности нет. На камнях встречаются Chironomidae, личинки *Baetis* sp. и Limnephilidae. В озере отмечено только 4 таксона. *Среднее Бадукское озеро* (высота 1975 м. н. у. м.) имеет дно, сложенное крупными камнями, покрытыми тонким слоем ила, растительность также отсутствует. В нем выделено два типа сообществ: личинки подёнок *Baetis* и *Ameletus*, а также ручейники Limnephilidae и жук *H. pubescens* населяют твердые каменистые грунты; Chironomidae, Lumbriculidae и *Euglesa* sp. многочисленны на мягких грунтах. Всего в озере обнаружено 10 таксонов. *Верхнее Бадукское озеро* (высота 1983 м. н. у. м.) самое большое и развитое. Его котловина сложена гранитными глыбами, дно илистое, а по всему берегу встречаются густые заросли хвоща, также есть осоковые сплавины. Сообщества озера относительно разнообразны. Chironomidae и Dytiscidae доминируют на твердых субстратах. Chironomidae (7 видов), Lumbriculidae, Pisididae и Ostracoda обильны на илах. В зарослях хвоща часто встречаются имаго Dytiscidae, вероятно, питающиеся в других биотопах. На урезе воды в осоковых зарослях преобладают ручейники Limnephilidae, Lumbriculidae, имаго и личинки Dytiscidae. Всего в озере отмечено 17 таксонов гидробионтов.

Впервые исследовано молодое приледниковое озеро *Чучхур* (высота 2520 м. н. у. м.). Рельеф его дна представлен камнями, между которыми накапливается ил. Фауна озера включает 4 вида Chironomidae и 1 вид Lumbriculidae.

Таким образом, при исследовании озёр, был дополнен список фауны беспозвоночных «Тебердинского» ГПЗ. Найдено 5 новых таксонов: *Roseana globularis*, *I. fuliginosus*, *A. bipustulatus*, *A. juncea* и *C. puella*. Отмечено, что богатство фауны донных беспозвоночных, в первую очередь зависит от возраста водоема и стабильности его гидрологии.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 20-04-00145-а. Авторы приносят благодарность сотрудникам ГПЗ «Тебердинский» за помощь в организации экспедиционных работ.

РАЗМЕРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БАКТЕРИОПЛАНКТОНА ВОДОЕМОВ ШПИЦБЕРГЕНА РАЗНОГО УРОВНЯ ТРОФИИ

Е. В. Кузнецова

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

152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, д. 109,

kuzel@ibiw.ru

В августе 2015 г. изучали бактериопланктон двенадцати пресных водоемов Шпицбергена. Трофический статус исследованных водоемов, определённый по концентрации общего фосфора и общего азота, находился в диапазоне от ультраолиготрофных до эвтрофных. Большинство водоемов олиготрофные и ультраолиготрофные. По морфометрии выделялись крупные водоемы, к которым в нашем исследовании можно отнести 4 озера площадью 0.011–0.027 км², и меньших размеров. Глубина всех водоемов не превышала двух метров.

Количество и биомасса планктонных гетеротрофных бактерий изменялись в широких пределах: $(0.3–7.6) \times 10^6$ кл/мл и 5.5–54.5 мг С/м³ соответственно (коэффициенты вариации (CV) этих параметров оказались равными 113.5 и 79.1%). Значения этих параметров были выше в крупных водоемах с более высоким уровнем трофии. Обнаружена прямая корреляционная связь биомассы бактериопланктона с глубиной водоемов ($r = 0.62$, $p = 0.0228$).

Объемы бактерий изменялись в пределах 0.020–0.145 мкм³ (CV = 54.3%) и составляли в среднем 0.063 мкм³. Биомасса бактериопланктона была теснее связана с его численностью ($r = 0.96$; $p < 0.0001$), чем с размерами. Численность и биомасса изменялись согласованно и достигали наибольших значений в эвтрофном водоеме. В ультраолиготрофных и олиготрофных водоемах биомасса бактериопланктона была невысокой, и ее возрастание происходило за счет увеличения размеров клеток, а не столько численности.

Численность среднеразмерных кокков и коккобацилл (диаметром 0.35–0.5 мкм) испытывала значительные вариации – $(31–1674) \times 10^3$ кл/мл, однако во всех исследованных водоемах она составляла около трети общей численности бактериопланктона. Численность и биомасса мелких кокков (0.2–0.35 мкм) колебались в широком диапазоне – 137.2 и 129.2%, тогда как мелкие палочки (до 2 мкм длиной) были, наоборот, относительно стабильны по этим показателям – 83.8 и 87.2%. С возрастанием уровня трофии вод в сообществе увеличивалась доля мелких кокков, тогда как доля всех палочек и вибрионов уменьшалась. Доля среднеразмерных кокков и коккобацилл изменялась меньше (12–46%), хотя наблюдалась тенденция ее увеличения в градиенте трофии.

Нитевидные и ассоциированные с детритом бактерии были минорными компонентами сообщества, возможно, вследствие выедания их многоклеточным зоопланктоном. Между количеством доминирующих в зоопланктоне водоемов Шпицбергена Cladocera и численностью, и биомассой агрегированных бактерий, а также численностью нитей установлены отрицательные корреляционные связи: $r = -0.78$, -0.76 и -0.61 соответственно.

Распределение гетеротрофного бактериопланктона и его размерно-морфологических групп в пресных водоемах Шпицбергена, в основном определяется взаимодействием факторов контроля «сверху» и «снизу».

СОСТАВ И СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ ВЕТЛУГА В ЛЕТНЮЮ

МЕЖЕНЬ 2018-2019 гг.

П. В. Кулизин¹, Е. Л. Воденеева^{1,2}, А. Г. Охупкин¹

¹Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
603105, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 23

²Нижегородский филиал «Всероссийского научно-исследовательского института рыбного
хозяйства и океанографии»

603116, г. Нижний Новгород, Московское шоссе, 31, KulizinPavel@yandex.ru

Река Ветлуга – один из крупных Левобережных притоков Чебоксарского водохранилища (889 км, с площадью водосбора 39400 км²), протекающий по территории Кировской, Костромской и Нижегородской областей и республики Марий Эл. Водосбор исследуемого водотока характеризуется как залесенный и заболоченный, что заметно отражается на гидрохимических показателях вод. Первые сведения о фитопланктоне р. Ветлуги датируются серединой 60-х годов XX века, однако более подробные исследования начаты с начала 2008-х г., как путем стационарных наблюдений, так и в виде маршрутных съемок. Многолетние наблюдения являются важной частью мониторинга экологического состояния водотока и используются при анализе процессов вселения и дальнейшего распространения инвазийных видов водорослей.

Целью исследования является определение основных закономерностей формирования флористической и ценотической структуры фитопланктона р. Ветлуги.

Материалом для исследования послужили результаты полевых наблюдений, выполненных авторами в 2018–2019 гг. на 15 станциях р. Ветлуги. Отбор проб осуществлялся в сжатые сроки (27.07.2018–29.07.2018 и 10.08.2019–11.08.2019) от истока к устью. Такой способ позволил изучить пространственную структуру фитопланктона крупной реки, особенности формирования ее «континуума» с минимальным влиянием сезонной сукцессии.

В период исследований в составе фитопланктона выявлено 176 видов и внутривидовых таксонов водорослей, при общем разнообразии в 522 таксона (33.7% от общего состава), принадлежащих 7 отделам. Флора исследуемого водотока характеризовалась как диатомово-зелено-эвгленовая, что является характерной особенностью рек умеренных широт северного полушария. Удельное видовое богатство фитопланктона варьировало от 44.5±1.1 (в 2019 г) до 56.5±2.4 (в 2018 г). По эколого-географической характеристике отмечено преобладание истинно-планктонных видов (65%), при участии литоральных (19%) и бентосных (7%) форм, по отношению к рН преобладают индифференты (37%), по отношению к солености воды - олигогалобии-индифференты (38%). Количественное развитие фитопланктона соответствовало уровню мезотрофных вод. Общая численность и биомасса фитопланктона составляли от 5.1 (в истоке) до 19.4 млн кл/л (в устьевом участке) и от 0.87 до 6.8 г/м³ соответственно. На ст. 1–5 доминирующими группами выступали представители отделов *Chlorophyta* (*Cosmarium punctulatum* Breb. var. *punctulatum*, *Chlamydomonas* spp., *Gymnodinium* sp.) и *Bacillariophyta* (мелкоклеточные *Cyclotella* sp., *Navicula radiosa* Kütz., *Nitzschia* spp.). На станциях 6–13 отмечено развитие комплекса *Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Simonsen – *Aulacoseira subarctica* (O.Müll.) E.Y.Haw. при участии *Pandorina morum* (O.F.Müll.) Bory, *Chlamydomonas* sp., *Unruhdinium kevei* (Grigorszky & F.Vasas) Gottschling, *Gymnodinium* sp. В устьевом участке реки (ст. 14–15) развивался эвтрофный планктон, представленный синезелеными (*Dolichospermum spiroides* (Klebhan) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek, *Dolichospermum* sp., *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek) и диатомовыми (*Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Aulacoseira granulata*, *A. subarctica*, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère) водорослями.

В среднем течении и устьевом участке исследованного водотока отмечено развитие двух инвазийных видов *Unruhdinium kevei* (0.73 г/м³ – 26% от общей биомассы на ст. 9) и *Plagiotropis lepidoptera* (Gregory) Kuntze (0.49 г/м³ – 7.1% на ст. 15).

Работа подготовлена при поддержке РФФИ, проект № 20-34-90144.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗМЕНЕНИЯ ИХТИОФАУНЫ МАЛЫХ РЕК ВОСТОЧНОГО КРЫМА

А. В. Кулиш¹, В. И. Мальцев²

¹Керченский государственный морской технологический университет
298309, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, kulish1972@mail.ua

²Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН –
филиал ФГБУН ФИЦ «ИнБЮМ»,
298188, г. Феодосия, пгт. Курортное, ул. Науки, 24, maltsev1356@gmail.com

Географически Восточный Крым охватывает территорию от восточных отрогов Крымских гор на западе до восточной оконечности Керченского полуострова. Гидрографическая сеть водоемов включает естественные водоемы (озера, реки, сезонно обводняемые балки) и систему искусственных водных объектов (Керченская ветвь СКК, водохранилища, пруды). Все реки района относятся к категориям малых и самых малых. Особенности гидрологического и гидрохимического режимов рек определяют зачастую, не только состав ихтиофауны, но и само её существование. Потенциальными резерватами для сохранения ряда эврибионтных видов рыб в регионе являются пруды и водохранилища.

Материалом для настоящего сообщения являются данные о составе фауны рыб речных систем Восточного Крыма, полученные в ходе полевых ихтиологических исследований, выполненных авторами в период 2013–2021 гг., дополненные информацией из видовых списков Е.П. Карповой и А.Р. Болтачева (2012). По полученным сведениям, современный состав ихтиофауны региона составляет 32 вида рыб (из них 25 видов подтверждено авторами).

Формирование современного состава ихтиофауны малых рек региона осуществлялось в несколько этапов, в связи с чем все виды рыб возможно разделить на следующие группы: первую – аборигенная фауна рыб (8 видов), вторую – днепровские аутоакклиматизанты и интродуценты (17 видов), и третью – азово-черноморские морские мигранты (7 видов).

Состав аборигенной (исконной) фауны рыб внутренних водоемов района неизвестен и отнесение того или иного вида к данному комплексу носит гипотетический характер. На наш взгляд к таковому возможно отнести *Cobitis tanaitica* (р. Байбуга и Джарджава), *Knipowitschia longicaudata* (оз. Чурбашское), *Gasterosteus aculeatus*, а также *Rutilus heckelii* (в реках). Спорным остается статус бычков *Neogobius fluviatilis*, *Ponticola gymnotrachelus*, *Neogobius melanostomus* и *Proterorhinus marmoratus* (или *Proterorhinus semilunaris*).

Доля днепровских (через систему СКК) аутоакклиматизантов (*Alburnus alburnus*, *Pseudorasbora parva*, *Rhodeus amarus*, *Pungitius platygaster*, *Lepomis gibbosus*, *Leucaspis delineatus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Perca fluviatilis*, *Mesogobius batrachocephalus*, *Ponticola kessleri*) и интродуцентов (*Carassius auratus gibelio*, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Hypophthalmichthys nobilis*, *Sander lucioperca*, *Abramis brama*) в водоемах бассейна рек Восточного Крыма наиболее высока, достигая 53% всего разнообразия.

В водоемах обитают ряд видов азово-черноморского морского комплекса: в водохранилищах по данным Е.П. Карповой и А.Р. Болтачева (2012) – *Clupeonella cultriventris*, *Atherina boyeri pontica*, *Percarina demidoffii*; в руслах рек (преимущественно нижнем течении) по данным авторов – *Liza aurata*, *Mugil cephalus*, *Liza haematocheilus*, *Syngnathus abaster*.

Нестабильные условия не предполагают существования в водоемах обширного ихтиокомплекса. Тем не менее, фауна рыб отдельных рек весьма разнообразна (17 видов в р. Байбуга). Усиливающееся антропогенное воздействие на речные экосистемы может иметь для фауны рыб в целом, и в особенности для аборигенной её компоненты, весьма негативные последствия. Последнее требует выполнения комплекса исследовательских работ, направленных на мониторинг биоразнообразия и разработку мер к недопущению его снижения. Также, необходимо изучить щиповок Восточного Крыма, включающих криптические виды, в том числе *Cobitis taurica* – вид, внесенный в Красную Книгу РФ (2020).

БОРЬБА С ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫМ ЦВЕТЕНИЕМ: РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Е. А. Курашов^{1,2}, Ю. В. Крылова², Е. В. Протопопова¹, В. В. Ходонович², Е. Я. Явид^{1,2}

¹Институт озераедения РАН, обособленное подразделение СПб ФИЦ РАН,
196105, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова д. 9,

²Санкт-Петербургский филиал федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и
океанографии» ("ГосНИОРХ" им. Л.С. Берга),
199053, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова д. 26,
evgeny_kurashov@mail.ru

Увеличение частоты и продолжительности опасных цианобактериальных «цветений» (ОЦЦ) по всему миру как потенциального последствия глобального потепления в сочетании с антропогенным эвтрофированием является феноменом, к которому должно быть привлечено особое внимание, поскольку подобные ОЦЦ несут целый ряд серьезных угроз, включая локальное и глобальное ухудшение водных ресурсов и воздействие цианотоксинов на гидробионтов, околотовных животных и человека (вплоть до летальных исходов). Особенно эта проблема актуальна для малых водоемов, широко используемых для различных целей водопотребления. Подобные обстоятельства диктуют необходимость внедрения в практику управления водными экосистемами технологий, с одной стороны, эффективно препятствующих развитию ОЦЦ, с другой стороны безопасных для других гидробионтов.

Существуют различные технологические тренды в области борьбы с ОЦЦ водоемов.

1) Типичный путь преодоления ОЦЦ как последствия эвтрофирования – снижение биогенной нагрузки на водоемы. Данный путь снижения уровня и последствий эвтрофирования наиболее перспективен в отношении крупных водоемов, когда только серьезные экономические и природоохранные мероприятия на водосборе могут привести к улучшению ситуации;

2) Химические методы преодоления последствий эвтрофирования. Эти способы приводят к поражению всей экосистемы водоема;

3) Физико-химические методы «борьбы» с ОЦЦ отличаются энергозатратностью, значительной дороговизной и малоэффективны;

4) Использование биоплато с водными растениями и ячменной соломы как ингибитора развития фитопланктона и борьбы с эвтрофированием, зарекомендовали себя как достаточно успешные способы без каких-либо нежелательных побочных эффектов;

5) Использование биопрепаратов бактериальной природы, например, технологии МИКРОЗИМ™. Эффективность данного подхода не доказана;

6) Метод альголизации водоемов. С точки зрения экологии водоемов и биологии гидробионтов невозможно ожидать эффекта предотвращения или подавления ОЦЦ путем внедрения в водоем планктонного штамма *Chlorella vulgaris* VIN или какого-либо другого штамма хлореллы. Учитывая имеющейся «бэкграунд» гидробиологической науки, ложность и бесперспективность «альголизации» водоемов очевидны.

В разработке биотехнологических подходов к управлению первичным продукционным звеном в водоемах следует опираться на природные механизмы. Самым перспективным из которых, по-видимому, является аллелопатия. Используя вещества – аллелохимики могут быть разработаны альгициды нового поколения, как например (<https://edrid.ru/rid/219.017.ef34.html>). Преимуществом этого подхода является то, что аллелохимические агенты, полученные из макрофитов (или их синтетические аналоги), являются естественными альгицидами и лишены недостатков искусственных. В связи с этим, природные аллелохимики и их аналоги смогут заменить техногенные альгициды или, во всяком случае, значительно сократить их использование. С получением новых знаний и результатов данный подход обещает стать одним из наиболее перспективных методов сокращения ОЦЦ водоемов в сочетании с другими методами контроля, из которых важным, необходимым и обязательным останется сокращение поступления биогенов в водные экосистемы.

ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП: РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
**С. А. Курбатова¹, А. Н. Шаров^{1,2}, Н. А. Березина³, И. Ю. Ершов¹, Н. Г. Отюкова¹,
Е. Н. Чернова², Е. В. Борисовская¹**

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, д. 109,

²ФГБУН Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр
экологической безопасности РАН

197110, г. Санкт-Петербург, ул. Корпусная, д. 18

³ФГБУН Зоологический институт РАН

199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 1

kurb@ibiw.ru

Массовое развитие цианобактерий в водоемах часто ведет к изменениям в динамике численности и биомассы, а также в видовом составе гидробионтов разных экологических групп. При натуральных наблюдениях регистрируют негативное влияние цианобактерий на водных животных. С другой стороны, нередко отмечают, что сами цианобактерии могут подавляться водными растениями. Исследования в природе показывают суммарный результат взаимодействия организмов всех уровней и не дают возможность выделить взаимоотношения цианобактерий и отдельных компонентов водных экосистем. Взаимовлияние цианобактерий и организмов разных экологических групп исследовали в микрокосмах. Моделировали «цветение» цианобактерий (*Microcystis aeruginosa*). Все микрокосмы изначально содержали равное количество цианобактерий (~ 1 мг/л). Контролем служили микрокосмы с фито- и зоопланктоном, которые попали в экспериментальные экосистемы при заполнении, и добавленными цианобактериями. Разные варианты опыта включали дополнительно внесенный зоопланктон, в котором первоначально преобладали крупные фильтраторы *Daphnia longispina* и *Eudiaptomus* sp., донных ракообразных *Gammarus pulex* и сосудистое водное растение телорез *Stratiotes aloides*.

В первую неделю эксперимента во всех микрокосмах происходило снижение биомассы цианобактерий. Затем она увеличилась в системах с зоопланктоном (в среднем в 7 раз относительно контроля, тест Фридмана: $p < 0.01$) и с гаммарусами (в 4.7 раз, $p < 0.01$). В микрокосмах с телорезом отмечали минимальное количество цианобактерий. Другие водоросли фитопланктона обильнее развивались в экосистемах с гаммарусами. На вторые сутки эксперимента концентрация микроцистинов в воде микрокосмов с зоопланктоном в 3.5 раза превышала контрольный показатель, далее на фоне снижения численности зоопланктона уменьшалась и концентрация цианотоксинов. В экспериментальных экосистемах с гаммарусами на протяжении всего периода наблюдений количество микроцистинов на 21–70% превышало контрольные значения. В конце эксперимента численность гаммарусов снизилась на 23%, средний размер рачков увеличился вдвое (с 5.92 ± 1.03 мм до 13 ± 1.34 мм). В присутствии телореза происходило существенное снижение концентрации микроцистинов в воде и в массе фитопланктона. В воде микрокосмов с телорезом происходило значимое уменьшение концентраций Mg^{2+} ($p < 0.01$) и K^+ ($p < 0.05$), что помимо возможного аллелопатического действия со стороны растений, могло ограничивать развитие цианобактерий и планктонных водорослей. Более низкое содержание P_{tot} наблюдали в микрокосмах с гаммарусами, что возможно обуславливалось большим развитием фитопланктона, и с телорезом, вероятно из-за использования различных форм фосфора растениями.

Проведенный эксперимент показал возможность стимулирующего эффекта планктонных и донных ракообразных в отношении обилия цианобактерий и выработки ими токсинов. В микрокосмах с изначально большой численностью крупных планктонных фильтраторов, уже после снижения численности зоопланктона, и в микрокосмах с гаммарусами биомасса цианобактерий возрастала в несколько раз относительно контрольных показателей.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ АРТЕМИИ В ПРИРОДНЫХ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ НАУПЛИУСОВ

К. В. Куцанов, А. Г. Герасимов, Е. В. Бражников, А. Ш. Гадиадуллина, И. М. Глухих

Тюменский филиал ФГБНУ "ВНИРО" ("Госрыбцентр"),

625023, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 33,

tbzhkk@gmail.com

Артемия (на стадии цист) относятся к ценным видам водных биологических ресурсов, которые в 2019 г. были включены в перечень стратегически важных товаров и ресурсов. Повышенное внимание к этому виду биоресурсов связано с тем, что целые направления аквакультуры не обходятся без этого живого стартового корма. До 80% производимых в мире цист идет на выращивание креветок. Неуклонный рост аквакультуры в мире в ближайшем будущем приведет к дефициту цист, ресурсы которых ограничены. В мире изучаются различные пути решения этой проблемы, одним из которых является вселение (инокуляция) науплиусов артемии в водоем и их пастбищное выращивание. В связи с чем, перед нами стояла цель: определить как возможность, так и эффективность вселения науплиусов артемии в гипергалинный водоем в условиях юга Западной Сибири. В работе представлены результаты исследований в 2019–2020 гг. специалистами Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО» по вселению науплиусов артемии в природный гипергалинный водоем. В опытах использованы сухие цисты Западносибирских популяций жаброногого рачка рода *Artemia*. Для инкубации цист в полевых условиях использовали каркасные бассейны объемом 10 м³. Проинкубированные в полевых условиях науплиусы из цисты артемии были выпущены в природный водоем – озеро Соленое Бердюжского района Тюменской области. Площадь озера 75 га, средняя глубина 0.7–0.8 м, с соленостью около 100‰. В разные годы были поставлены разные задачи: в 2019 г. – определение оптимальных параметров инкубации в полевых условиях, в 2020 г. – апробация оптимальных параметров при более высокой температуре и определение эффективности работ по выращиванию артемии и т.д.

По результатам исследований в 2019 г. сделаны следующие выводы:

- в рапе озера с соленостью 85‰ науплиусы не вылупляются;
- инкубацию следует начинать в утренние и дневные часы с 6 до 12 ч.;
- оптимальная плотность сухих цист при инкубации – 2 г/л (при увеличении плотности до 3–4 г/л создается более напряженный кислородный режим);
- при выпуске науплиусов в рапу озера следует использовать активный способ с применением насоса;
- стандартное время инкубации (24 ч) возможно сократить, поскольку в условиях рапы озера происходит завершение эмбриогенеза и довыклевание науплиусов из «зонтиков».

В экспериментах 2020 г. были учтены все рекомендации 2019 г., также был проведен ряд опытов по оптимизации процессов инкубации цист. По результатам исследований в 2020 г. сделаны выводы:

- наилучшие результаты вылупления науплиусов в каркасных бассейнах зафиксированы при концентрации 3%-ной перекиси водорода 0.4 мл/л;
- кислородный режим даже в условиях повышенных температур не является критическим при использовании оптимальной плотности цист и раннего выпуска науплиусов;
- сроки инкубации цист могут быть сокращены до 15–20 ч без ущерба для вылупления науплиусов в рапе гипергалинного водоема с соленостью около 100‰;
- по результатам мониторинга состояния популяции артемии в водоеме рассчитали, что за сезон (2–3 месяца) от 1 кг сухих цист, проинкубированных и выпущенных в водоем можно максимально получить до 20 кг цист в сырой массе, однако фактические объемы добычи цист могут быть ниже, поскольку зависят от множества абиотических и биотических факторов.

Выражаем огромную благодарность за помощь при проведении научно-исследовательских работ доктору биологических наук Литвиненко Людмиле Ильиничне.

СОСТОЯНИЕ АУТОФЛОРЫ *PARASALMO MYKISS* ПРИ БАКТЕРИОЗАХ СМЕШАННОЙ ЭТИОЛОГИИ

А. А. Кучко, Н. А. Сидорова

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

185910, г. Петрозаводск, просп. Ленина, д. 33,

ufer1996@yandex.ru

Результаты мониторинга состояния аутофлоры объектов аквакультуры, включая *Parasalmo mykiss*, часто свидетельствуют о присутствии в организме рыбы возбудителей бактериозов различной этиологии. Встречаются выделенные в чистую культуру случайные возбудители, как результат идентификации на основе единичного обнаружения, а также представители интермиттирующего носительства, которые выделяются многократно в пределах особей одной или разных экологических и возрастных групп. Они отличаются по видовому и штаммовому признаку и обладают свойствами фаго-, антибиотико- или био- вариабельности, что свидетельствует о постоянной миграции конкретного вида или штамма между различными биотопами в организме хозяина или между организмом и окружающей средой обитания. Учитывая недостаточную изученность проблемы, связанной с причинами развития бактериозов у рыб, целью данной работы явилось изучение разнообразия таксонов аутофлоры *P. mykiss*, выращиваемой в условиях интенсивного форелеводства.

Для достижения поставленной цели использованы результаты ихтиопатологического исследования *P. mykiss* в возрасте 1+ и 2+. При первичном осмотре обращали внимание на внешний вид наружных органов форели: состояние чешуи, жабр, степень ослизнения, присутствие язв и внутренних органов: наличие геморрагий, нарушение анатомии и структуры органа. Для бактериологического исследования отбирали фрагменты кожи с подлежащей мускулатурой, жабры, печень, почки, селезенку и кишечник. Выделение и идентификацию бактерий выполняли на основе свойств, регламентированных в Определителе «Bergey's Manual of Systematic Bacteriology» (2005). Дифференциацию псевдомонад и аэромонад проводили с использованием теста на оксидазную активность и ферментативную активность на среде Хью–Лейфсона. При статистической обработке полученных данных использовали параметрические методы оценки достоверности идентификации выделенных культур.

В результате проделанной работы из микрофлоры радужной форели выделены α - протеобактерии, представленные семейством *Rhodobacteraceae*, которые являются типичными для микрофлоры воды, но при нарушении анатомо-физиологического барьера активно контаминируют биотопы организма форели. Доля *Rhodobacteraceae* в составе бактериофлоры исследованных органов изменялась от 17.0 до 33.8%. В составе γ -протеобактерий идентифицированы представители семейства *Aeromonadaceae* рода *Aeromonas*, *Pseudomonadaceae* рода *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae* рода *Citrobacter* и *Yersiniaceae* рода *Yersinia*. Среди перечисленных таксонов большое эпизоотическое значение имеют аэромонады и псевдомонды. Аэромонады были обнаружены в составе микрофлоры всех исследованных органов рыб, у которых фиксировались асцитно-язвенные и язвенные поражения в количестве от 7.9 до 32.7%. Псевдомонады выделялись из паренхиматозных органов и крови, в единичных случаях – из содержимого язв в количестве от 0.1 до 3.4%. Представители *Bacteroidetes* контаминировали кишечник, кожу, печень, селезенку и жабры. Процентное соотношение бактериоидов изменялось от 0.4 до 0.9%. В составе микрофлоры всех исследованных органов многократно выделялись *Firmicutes*. Преобладали активные протеолитики из группы факультативно аэробных представителей рода *Bacillus* в количестве от 5.3 до 23.4% и облигатных анаэробов рода *Clostridium* в количестве от 8.6 до 31.4%. Таким образом, обнаружено, что независимо от степени проявления бактериоза в организме радужной форели, в составе аутофлоры доминируют α - протеобактерии, γ -протеобактерии, бактериоиды и фирмикутные бактерии.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ (проект № 20-66-47012) совместно с Иркутским государственным университетом.

СТРУКТУРА, ТРОФИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В. И. Лазарева

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанова РАН,
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, Россия, lazareva_57@mail.ru

В начале сентября 2018 г. изучен зоопланктон Цимлянского водохранилища. Установлено, что 60% его численности и 70% биомассы формируют Copepoda, среди которых наиболее многочисленны понто-каспийская *Heterocope caspia* Sars, 1897 и вселенцы *Calanipeda aquaedulcis* Kritschagin, 1873, *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) и *Acanthocyclops americanus* (Marshall, 1893). На основе анализа публикаций 1952–2018 гг. показано, что замена большей части изначальной донской группировки доминантов зоопланктона солоноватоводными видами произошла во второй половине 1970-х годов. К 2018 г. массовые виды Copepoda сменились полностью, среди Cladocera и Rotifera сохранились 4–6 видов, обычных в р. Дон до зарегулирования. Выявлено увеличение более чем вдвое (до 2.1 ± 0.5 г/м³) биомассы сообщества в 2015–2018 гг. по сравнению с 40-летним периодом до 2013 г. (0.8 ± 0.1 г/м³).

В настоящее время наибольшее количество зоопланктона отмечено в Верхнем участке водохранилища (2.4 ± 0.8 г/м³), к плотине Цимлянской ГЭС биомасса снижается вдвое до 1.2 ± 0.6 г/м³. Суточная продукция сообщества варьирует в пределах 3.5–14.2 мг С/м³ × сут (35 – 142 кал/м³ × сут), в среднем по водохранилищу она составляет 8.4 мг С/м³ × сут (84 кал/м³ × сут). В 2018 г. продукция оказалась в 1.7 раза выше наблюдавшейся в 1970-х годах (~ 5.0 мг С/м³ × сут). Увеличение продуктивности сообщества связано с двукратным ростом продукции нехищных животных с 3 до 6 мг С/м³ × сут, тогда как продукция хищников фактически осталась прежней (~ 2 мг С/м³ × сут).

Проанализированы трофические взаимодействия между девятью размерными группами зоопланктона с различными способами питания. Выявлено, что наиболее эффективными хищниками (выедают 11–38% суточной продукции каждый) являются три планктонных вида *Thermocyclops taihokuensis*, *Acanthocyclops americanus* и *Heterocope caspia*. Максимально уязвимы для них мелкоразмерные (<800 мкм) группы нехищных животных (коловратки, науплиусы и копепоиды I–III стадий развития Cyclopoida и Calanoida), выедание продукции которых достигает 110–240%. Индивидуальное суточное потребление зоопланктона оказалось минимально (6% массы тела) для *Heterocope caspia* а максимально – для *Thermocyclops taihokuensis* и *Acanthocyclops americanus* (30–32% массы тела). Отмечен высокий уровень каннибализма в популяциях циклопоидных копепод. У наиболее многочисленного *Thermocyclops taihokuensis* он составляет 27–43% собственной продукции, тогда как у *Acanthocyclops americanus* элиминируется только 12–16%. В пищевой сети северной и южной частей водохранилища принципиально различаются пути передачи энергии от фильтраторов к верхнему трофическому уровню. В северной части поток энергии проходит через Cyclopoida (*Thermocyclops taihokuensis* и *Acanthocyclops americanus*), рыбам доступно 16–17% продукции зоопланктона. Тогда как в южной части – в основном через Calanoida (*Heterocope caspia* и *Calanipeda aquaedulcis*), для рыб доступно 45–64% продукции сообщества.

Более подробно об этом можно посмотреть в работах: Лазарева В.И., Сабитова Р.З. Зоопланктон Цимлянского водохранилища и канала Волга–Дон // Зоол. журн. 2021. Т. 100. № 6. С. 603–617. <https://doi.org/10.31857/S0044513421040115>; Лазарева В.И. Современное состояние и многолетняя динамика зоопланктона Цимлянского водохранилища (р. Дон, Россия) // Аридные экосистемы. 2021. Т. 27. № 2 (87). С. 111–118. <https://doi.org/10.24411/1993-3916-2021-10157>; Лазарева В.И. Трофические взаимодействия в зоопланктоне Цимлянского водохранилища (р. Дон, Россия) // Биология внутр. вод. 2022. (в печати).

О ЗАРАЖЕННОСТИ РЕЧНОГО ОКУНЯ (*PERCA FLUVIATILIS*, LINNAEUS, 1758) В ВОЛЖСКО-КАСПИЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ РАЙОНЕ

А. Э. Лахтина, Е. А. Воронина, Н. Ю. Терпугова, В. В. Проскурина
Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»),
ул. Савушкина 1, Астрахань, 414056, Россия, anastasiaL.chan@yandex.ru

Речной окунь, или обыкновенный окунь (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758) – самый распространенный и жизнестойкий вид из семейства окуневых. Сбор материала осуществляли с 2018 по 2020 гг. в дельте реки Волга. Всего было проанализировано 694 экз. речного окуня. Исследование рыб проводилось ежесезонно в соответствии с общепринятыми в паразитологии методиками и нормативными документами.

Результаты неполного паразитологического исследования показали, что обследованные особи речного окуня были инвазированы восемью видами, относящимися к четырем семействам: *Anisakis schupakovi* (Nematoda: Anisakidae), *Eustrongylides excisus* (Nematoda: Dioctophymatidae), *Camallanus lacustris* (Nematoda: Secernentea), *Apophallus donicum*, (Trematoda: Heterophyidae), *Clinostomum complanatum* (Trematoda, Digenea), *Corynosoma strumosum* (Acanthocephales: Polymorphidae), *Achteres percarum* (Crustacea: Lernaeopodidae), *Argulus foliaceus* (Crustacea: Maxillopoda).

Наиболее распространенными из них оказались представители семейства Nematoda – *E. excisus* (ЭИ – 70.1±1.1%). Максимальный уровень зараженности этим видом гельминтов приходился на 2019 г. (ЭИ – 72.3%, ИО – 5.3). Личинки паразитировали в полости тела, в печени, в стенках желудка и кишечника, в мышечной ткани. Интенсивное накопление эустронгилид связано с особенностями питания окуня, в рационе которого помимо рыбы присутствуют черви, в том числе и олигохеты – первые промежуточные хозяева паразита. Личинки *A. schupakovi* (ЭИ – 20.4±4.5%) локализовались на брыжейке в полости тела, под серозными оболочками печени, в стенках пищеварительного тракта и на их поверхности. В 2018 г. уровень зараженности данным паразитом был наибольшим (ЭИ – 28.0%, ИО – 1.18). Менее распространенными были личинки *C. lacustris* (ЭИ – 6.5±0.7%) с максимальной встречаемостью в 2018 г. (ЭИ – 7.6%, ИО – 0.15). Этот вид преимущественно дислоцировался в пилорических придатках исследуемых рыб.

Плавники и покровы тела окуней инвазировали в основном личинки *A. donicum* (ЭИ – 20.8±2.9%). В 2018 г. регистрировали наибольший уровень зараженности этим паразитом (ЭИ – 26.0%, ИО – 10.65). Другого представителя класса трематод *C. complanatum* (ЭИ – 2.4±1.9%) отмечали в жабрах. Его максимальная встречаемость отмечена в 2020 г. (ЭИ – 4.2%, ИО – 0.07). В ротовой полости и на языке у окуней паразитировал представитель семейства Crustacea – *Achteres percarum* (ЭИ – 4.7±2.2%) с предельной встречаемостью в 2019 г. (ЭИ – 7.6%, ИО – 0.11).

Два вида гельминтов были зарегистрированы у окуней однократно в 2018 г.: *A. foliaceus* отмечали на плавниках и поверхности тела рыб с экстенсивностью инвазии 5.2%, при индексе обилия 0.05; акантеллы *C. strumosum* паразитировали в полостном жире и под оболочками пищеварительного тракта у 0.4% окуней. Относительная численность скребней была не высока (ИО – 0.004).

Анализ данных показал, что в период исследования (с 2018 по 2020 гг.) основа паразитофауны речного окуня оставалась типичной для данного вида. Неизменное «ядро» составляли нематоды (*E. excisus*, *A. schupakovi*, *C. lacustris*), трематоды (*A. donicum*, *C. complanatum*) и копеподы (*A. percarum*). В то же время в гельминтофауне присутствовали виды, заражение которыми носило спорадический характер (*A. foliaceus*, *C. strumosum*).

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е. В. Лобуничева, А. И. Литвин, Н. В. Думнич

Вологодский филиал ФГБНУ «ВНИРО», 160012 г. Вологда, ул. Левичева, д. 5,
lobunicheva_ekat@mail.ru, vologodniro@vniro.ru

Зоопланктон Шекснинского водохранилища изучается в рамках многолетних мониторинговых исследований и периодических комплексных гидробиологических съемок. Однако мониторинговые исследования ранее охватывали только период открытой воды. Комплексные гидробиологические съемки проводились летом или в начале осени (Думнич, Лобуничева, 2012; Лазарева и др., 2013). С 2016 г. исследования гидробионтов водохранилища проводятся на «стандартных» станциях во все сезоны года, в том числе и в подледный период.

Целью наших исследований было охарактеризовать особенности сезонных изменений видового состава, структуры и обилия зоопланктона разных участков Шекснинского водохранилища в 2016–2020 гг. Сбор проб проводили ежегодно в марте, мае, августе и ноябре, а в озёрной части водохранилища (озеро Белое) традиционно и в начале осени. На всех станциях отбор проб выполнялся единым орудием лова – малой сетью Джели (газ №70).

В составе зоопланктона Шекснинского водохранилища в 2016–2020 гг. зарегистрировано 106 видов и подвидов животных. В озере Белом в анализируемый период зарегистрировано 86 видов зоопланктеров (Rotifera – 29, Cladocera – 34, Copepoda – 23), в речной части водохранилища – 90 (Rotifera – 31, Cladocera – 38, Copepoda – 21).

В подледный период в водохранилище наибольшей встречаемостью характеризуются коловратки *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* и калянида *Eudiatomus gracilis*. В летний период встречаемость *Keratella quadrata* резко сокращается на всей акватории водохранилища. Высокая встречаемость хищной коловратки *Asplanchna priodonta* в Белом озере отмечается в мае и октябре–ноябре. В речной части Шекснинского водохранилища этот вид часто встречается и в летний период. В период открытой воды ядро сообщества составляют порядка 9–10 видов. Помимо указанных выше коловраток и *Eudiatomus gracilis*, это кладоцеры *Daphnia cristata*, *Bosmina coregoni*, *Chydorus sphaericus* и циклоп *Mesocyclops leuckarti*. В озёрной части водохранилища высокой встречаемостью характеризуется также *Bosmina longirostris* и *Daphnia galeata*. В августе на всей акватории водохранилища увеличивается встречаемость всех видов рода *Daphnia*, *Diaphanosoma brachyurum* и *Limnosedon frontosa*.

Максимальное обилие зоопланктеров закономерно наблюдается в летний период, минимальное – в подледный период. Для речной части водохранилища свойственно более высокое, чем в озёрной части, обилие зоопланктона весной, что связано преимущественно с высокой плотностью коловраток в условиях более быстрого прогрева воды.

Летом уровень развития зоопланктона озера Белое несколько выше, чем в речной части водохранилища. При этом соотношение основных групп зоопланктона на всей акватории водохранилища сходно. Доминантами по величинам численности являются копеподы, а по биомассе – кладоцеры. Набор доминирующих видов веслоногих ракообразных сходен на обоих участках водохранилища. Среди ветвистоусых рачков в озере Белом доминируют представители родов *Bosmina* и *Daphnia*. В речной части водохранилища помимо этих кладоцер доминантом является фитофильная *Sida crystallina*. Сравнительно высокое обилие этого вида связано с формированием на многих участках водохранилища зарослей макрофитов. Для озёрной части водохранилища в связи с его морфологическими и гидрологическими особенностями не свойственна выраженная зона зарослей, что отражается на структуре планктонных сообществ.

Сезонная динамика зоопланктона Шекснинского водохранилища сходна. Отличия обилия зоопланктона на разных участках водоёма в отдельные сезоны определяются структурой сообществ, в частности, численностью видов-доминантов, и связаны с гидрологическими и биотопическими особенностями водоёма.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКРОЗООБЕНТОСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЛЕТОМ 2019 Г.

Т. А. Ловкова

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, lovkova.tatjana2017@yandex.ru

Материалом для данной работы послужили пробы макрозообентоса, отобранные в июле 2019 г. в Рыбинском водохранилище: 4 – из Волжского плеса, 11 – из Моложского, и по 10 проб из Главного и Шекснинского плесов.

В составе макрозообентоса было обнаружено 63 НОТ (низший определяемый таксон), среди которых хирономид – 21, олигохет – 15, моллюсков – 16, пиявок – 4, прочих – 7.

Наибольшее количество НОТ отмечено в Главном плесе – 42. Из них преобладают хирономиды (16), моллюски (11) и олигохеты (8). В Волжском и Шекснинском плесах число выявленных видов было примерно равным и составило 28 и 27 НОТ соответственно. Число хирономид в этих плесах было примерно равным – 13 и 12 НОТ соответственно. В Моложском плесе было зарегистрировано 34 НОТ, с преобладанием хирономид (12) и олигохет (10).

Во всех плесах доминировали представители олигохет и хирономид. Общими для трех плесов (Главного, Шекснинского и Моложского) были доминанты *Limnodrilus hoffmeisteri* (Claparede, 1862) и *Chironomus f.l. plumosus*. В Волжском плесе доминировали *Tubifex neawensis* (Michaelson, 1903), который входил в доминантный комплекс и в Моложском плесе, и *Procladius choreus* (Meigen, 1804).

Средняя численность макрозообентоса варьировала от 1520 экз./м² в Моложском плесе до 3193 экз./м² в Главном. Биомасса варьировала от 6.8 г/м² в Волжском плесе до 13.7 г/м² в Шекснинском. По численности в Волжском, Моложском и Шекснинском плесах преобладали хирономиды (53%, 54% и 51% от общей численности бентоса соответственно), а в Главном хирономиды (25%) уступали по численности олигохетам (56%). Там же была отмечена максимальная доля моллюсков (11%), а минимальная (1%) – в Моложском. По биомассе хирономиды преобладали в Главном (44%), Шекснинском (67%) и Моложском (50%) плесах, а олигохеты – в Волжском (50%).

В трофической структуре макрозообентоса наибольшая роль по численности была отведена ДФ-Г (детритофагам-глотателям) и ФДФ+С (фитодетритофагам-собираателям). В Главном, Моложском и Шекснинском плесах преобладала группа ДФ-Г (71%, 48% и 61% соответственно), а в Волжском – группа ФДФ+С (48%).

Максимальная средняя величина сапробности (2.9) принадлежала Шекснинскому плесу. Он, как Главный и Моложский плес, был отнесен к α -мезосапробной зоне. Минимальная величина сапробности в Рыбинском водохранилище (2.3) зарегистрирована в Волжском плесе, что соответствует β -мезосапробной зоне.

АНАЛИЗ ГЕНОТИПИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА МОЛЛЮСКОВ *PLANORBARIUS CORNEUS*

О. Д. Лопатина, Р. Р. Усманова, С. С. Кашинцева, Е. Е. Прохорова

РГПУ им. А. И. Герцена, 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48-50-52,
Lusik97@yandex.ru

Моллюски *Planorbarius corneus* (L. 1758) являются одним из распространенных видов на территории Европейской части России (Старобогатов, 1970) и одним из важнейших объектов гидробиологических и паразитологических исследований (как промежуточные хозяева многих видов трематод). В качестве классических морфологических критериев для видового определения планорбид приняты размеры и характер закрученности раковины, а также анатомические особенности репродуктивной системы и радулы моллюска (Жадин, 1952, Gloer, 2002). Высокая степень варьирования морфологических признаков у роговых катушек затрудняет установление видовой принадлежности на основе исключительно морфологических критериев (Жадин, 1952; Gloer, 2002).

Сложившаяся ситуация с видовой идентификацией обусловила необходимость проведения молекулярно-генетических исследований роговых катушек. Один из стандартных методов выявления генотипических различий между близкими группами – сравнение нуклеотидных последовательностей рДНК.

Для работы были выбраны 12 образцов ДНК, выделенных ранее из незараженных особей пресноводных легочных моллюсков рода *P. corneus*, собранных на территории Ленинградской и Калининградской областей в 2010–2014 годах. ДНК была выделена методом экстракции фенолом и хлороформом из ядер, очищенных при центрифугировании через сахарозную подушку по стандартной методике (Maniatis, Sambrook, 1989).

Для ПЦР использовали три пары праймеров, использованные ранее для генотипирования *P. corneus* (Prokhorova et al., 2015), а также подобранные самостоятельно в ходе работы на основе последовательностей *P. corneus* (KU729741.1; KU729745.1) и *Biomphalaria glabrata* (AY030377.1) из GenBank. Анализ ПЦР-продуктов проводили в 1.4% агарозном геле. Выделение ДНК из геля осуществляли из легкоплавкого 1% агарозного геля. Попарное выравнивание и сборка последовательностей осуществлялись в BioEdit, проверка полученного участка – в GenBank.

В результате, для 8-ми образцов ДНК *Planorbarius corneus* был получен протяженный участок рДНК, включающий в себя: частичный 18S-ITS1-5,8S-ITS2-частичный 28S рДНК, и для 4-ёх образцов: частичный 18S-ITS1-5,8S-частичный ITS2. Для шести образцов из Ленинградской области проведена филогенетическая реконструкция методом максимального правдоподобия (maximum likelihood, ML) по участку 5,8S-ITS2 длиной 274 п. н. Предварительные результаты продемонстрировали четкое разделение на три географические точки (места сбора): Вырица, Кузьмолово, Осельки.

Работа выполнена в Лаборатории экспериментальной зоологии (факультет биологии, РГПУ им. А. И. Герцена).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-04-00384.

ЗООБЕНТОС В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

О. А. Лоскутова, Е. Б. Фефилова, М. А. Батурина

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28, loskutova@ib.komisc.ru

Изучение адаптаций водных беспозвоночных на уровне популяций и сообществ, повышающих их устойчивость к угнетающим факторам среды и обеспечивающих развитие в крайних условиях, является важной экологической задачей. В 2018–2019 гг. исследованы сообщества донных беспозвоночных в экстремальных условиях среды – двух сероводородных источниках в бассейне ручья Иска-шор (левого притока р. Уса) и термальных источниках заказника Пымвашор. В сероводородных источниках уровень количественного развития зообентоса был низким, биомасса составила 0.4–0.6 г/м². В составе донных сообществ обнаружен 31 таксон беспозвоночных. Количественно доминировали личинки хирономид и гарпактикоиды. Хирономиды отличались наибольшим разнообразием, в ручье Иска-шор были представлены 20 таксонами, из них непосредственно в источниках обнаружено 17. Наиболее многочисленным был *Tanytarsus verralli* Goetghebuer. Кроме хирономид, зарегистрированы нематоды, остракоды, ветвистоусые раки, личинки поденок, веснянок и ручейников первой возрастной стадии и другие (кроме хирономид) семейства двукрылых. Разнообразие гидробионтов р. Уса выше и ниже впадения ручья, как и состав доминирующих видов, варьировали незначительно. Ниже устья ручья наблюдалось снижение доли круглых червей и увеличение доли циклопов и водяных клещей. Донные сообщества сероводородных источников, обедненные по составу, имеют своеобразную структуру, низкое количественное развитие и характеризуются доминированием по численности хирономид, либо гарпактикоид. Исследования биоты сероводородных источников расширили представления об экологии водных сообществ, формирующихся в экстремальных условиях среды (холодной воде, повышенной солености, наличие сероводорода), а также об экологии некоторых видов гидробионтов, в частности хирономид и гарпактикоид, их адаптивных возможностях.

В гидротермальном заказнике исследован зообентос ручья Пымвашор и находящихся в его бассейне термальных и карстовых источников. В термальных источниках при температуре воды выше 20°C зарегистрировано 12 групп гидробионтов, из которых наиболее разнообразными были группы не насекомых. Численность зообентоса определяли преимущественно олигохеты, составляющие от 36.8 до 92.7%. В биомассе доминирующие группы гидробионтов в разных источниках отличались: в одних преобладали моллюски (88%), в других – олигохеты (73.1%) либо крупные личинки двукрылых сем. Tipulidae (69.3%). Не обнаружены поденки, веснянки, жуки; ручейники *Hydroptila* sp. встречались единично. В холодных карстовых источниках с температурой воды в августе 3–6°C установлен гораздо более разнообразный состав донных беспозвоночных, представленный 21 группой гидробионтов. Подавляющее число амфибиотических насекомых было зарегистрировано в холодных карстовых зонах бассейна руч. Пымвашор. Структура зообентоса существенно отличалась от таковой горячих источников. По численности доминировали хирономиды (43.1–48.3%) и остракоды (22.6–37.3%), по биомассе – хирономиды (35.1–43.5%) и моллюски (19.6–38.4). Биомасса зообентоса как в термальных, так и в карстовых зонах была довольно низкой (0.3–5.0 г/м²).

Установлено, что термальные воды характеризуются специфическими бентосными сообществами, которые резко отличаются от таковых холодных вод. Доминирующими количественно в теплых водах являются группы не насекомых, однако, они отличаются низким разнообразием по сравнению с холодными источниками. Впадение теплых вод приводит к уменьшению общей численности зообентоса и изменениям в качественном и количественном составе донных биоценозов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме № 0414-2018-0005 (AAAA-A-17-117112850235-2)

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ИХТИОЦЕНОЗА ОЗЕРА МОСТОВОЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ ПРОМЫСЛА

А. Ю. Лукерин

Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»)

656056, г. Барнаул, пр-т Баварина, д. 2, оф. 502–513,

altainiro@vniro.ru, lukerin_altayniro@mail.ru

Состав и структура ихтиоценоза водного объекта, как и любое другое биологическое сообщество, в процессе своего развития претерпевает ряд сукцессионных изменений и в последующем приходит к стабилизации. Одним из факторов окружающей среды, в наибольшей степени влияющим на состояние водного объекта и его биоценозов, является организация промышленного рыболовства. В данном случае в структуре ихтиоценоза запускаются адаптивные изменения, которые, при стабильном рациональном ведении рыболовства, приводят к уравниванию биологической системы. Однако, в период действия рыночной экономики, поддерживать промысел на постоянном уровне становится затруднительно, в результате чего в ихтиоценозах возникают значительные изменения.

Одним из примеров дестабилизации рыбного сообщества служит озеро Мостовое, расположенное на границе Завьяловского и Баевского районов Алтайского края. Ихтиофауна озера представлена типичными для поливидовых озер региона видами: серебряным карасём, карпом (сазаном), окунем, судаком, плотвой, щукой, озёрным гольяном и верховкой. Помимо рыбы, из числа промысловых водных биоресурсов, в водоеме обитает речной рак.

До начала 2000-х годов промысел на озере Мостовое осуществлялся преимущественно с использованием активных орудий лова: близнецового невода летом и закидного невода зимой. Доля сетного лова в общем изъятии рыбы из озера не превышала 20%. В последующие годы, в связи со снижением материального обеспечения промысла, доля сетного лова значительно возрастает, а с 2010 года траловый лов носит единичный характер. Вылов рыбы в 2010 году, по данным промысловой статистики составил 80.0 т, в том числе карась – 30.0 и окунь – 50.0 т. С 2012 года в озере Мостовое отмечено начало вспышки численности речного рака, официальный вылов которого за три года увеличился с 5.0 до 56.0 т. В данной ситуации заинтересованность рыбодобытчиков в вылове менее ценной рыбы снижается. Официальный вылов рыбы составил всего 28.6 т, в том числе окунь 11.0 и карась – 15.5 т. Также в уловах отмечены плотва (1.5 т), судак и щука (по 0.3 т каждый).

К 2015 году интенсивность вылова рыбы увеличивается до 54.5 т. При этом, на первое место в уловах выходят плотва (22.5 т) и карась (21.3 т). Вылов окуня снижается до 3.0 т. По данным научных съёмок, в водоеме отмечено обилие окуня мелкоразмерной группы, по своей биомассе превышающая крупноразмерную в 10 раз. Однако, отсутствие спроса на мелкого окуня (менее 100 г) вынуждает рыболовов игнорировать данный биоресурс. В этом же году вылов речного рака достигает своего максимума 72.5 т. При этом, величина ННН-промысла рака соответствовала трем объемам промышленного вылова. В результате активной эксплуатации запасов речного рака, а также привнесения в водоем с орудиями лова возбудителя рачьей чумы, данный биоресурс полностью выпадает из промысла.

С 2018 года, в результате смены пользователя рыболовного участка, промышленный вылов рыбы на озере Мостовое восстанавливается (промышленный вылов составил 101.5 т) и к 2020 году достигает максимального уровня (296.0 т). Помимо сетного лова активно начинает применяться невод в подледный период, а также близнецовое траление.

В настоящее время в структуре ихтиофауны озера доминирующее положение занимает плотва, доля которой в промысловых уловах достигает 56.0%. При этом отмечено значительное увеличение доли хищных видов: окуня – 23.0%, судака – 11.0% и щуки – 5.0%.

Таким образом, переход на селективное рыболовство, а также переориентация промысла с рыбы на речного рака за 10 лет изменили структуру ихтиоценоза озера Мостовое с окунево-карасевого до плотвично-окуневого типа. При этом, высокая доля хищных видов рыб говорит о дальнейшем протекании процессов перестройки ихтиоценоза водоема.

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ И ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОННЫХ ЦИСТ
ЖАБРОНОГО РАЧКА *ARTEMIA LEACH*, 1819
В ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

Г. В. Лукерина

*Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»),
Россия, 656056, г. Барнаул, пл. Баварина, 2, оф. 502-513,
altainiro@vniro.ru, gpermyakova@mail.ru*

Диапаузирующие яйца (цисты) жаброногого рачка *Artemia Leach*, 1819 являются признанным стартовым кормом и широко используются в аква- и марикультуре. Разработанная и действующая в настоящее время методика определения общего и промыслового запасов артемии (на стадии цист) включает ряд показателей, одним из которых является учет донных (бентосных) цист.

В период с 2018 по 2020 гг. на 11 гипергалинных водоемах Алтайского края проводились комплексные исследования, особое внимание уделялось изучению типов грунтов и численных показателей цист артемии в их составе. Исследованные водоемы использовались в качестве модельных и характеризовались как разнотипные. Мелководные, малые по площади озера с соленостью в пределах 100–160 г/л – 5 водоемов (Малиновое, Большое Шкло, Малое Шкло, Живописное, Танатар 1-й); самосадочные озера с соленостью 300–390 г/л – Кучукское, Горносталево, Петухово; относительно крупные озера со средней глубиной более 2.5 м – Кулундинское (82–100 г/л), Большое Яровое (140–150 г/л), Малое Яровое (220–240 г/л). За период исследований было отобрано и обработано 270 проб грунта.

Все отмеченные типы грунтов можно условно подразделить на 5 групп, в зависимости от преобладающих частиц: илистый с растительным детритом, песок разной дисперсности (крупный желтый, мелкий и средний серый), заиленный песок, илистый (черные и серые коллоидные илы), глинистый с примесью песка, соли, ила. Корреляционный анализ позволил установить зависимость численности донных цист от типа грунта ($r = 0.289$, $p = 0.001$, $n = 240$). Наибольшие показатели численности цист были характерны для илистых отложений (в среднем по озерам 18629 ± 2698 тыс. экз./м²). Наиболее варьирующие и наименьшие показатели (1649 ± 490 тыс. экз./м²) характерны для песчаного грунта, численность цист в песке зависит от направления ветра и численности цист в толще воды. Численность донных цист артемии в илистом грунте с растительным детритом составляла 1879 ± 416 тыс. экз./м², в заиленном песке – 4232 ± 1030 , в глинистом грунте – 2804 ± 667 тыс. экз./м². В самосадочных озерах в солевых отложениях цисты артемии отсутствуют.

Отбор проб с помощью стратификационного дночерпателя на озере Большое Яровое позволил проанализировать вертикальное распределение цист артемии в иловых отложениях, а также их качество (целостность и цветность поверхностной оболочки – хориона, жизнеспособность). Наибольшие показатели численности цист отмечены в более глубоких слоях грунта: в слое глубже 20 см содержалось от 30 до 46%; в средних слоях (10–20 см) – от 11 до 21%; в приповерхностном слое (5–10 см) – 15–19%. Наиболее малочисленны цисты в верхнем горизонте (менее 3.0%), что связано, по-видимому, с непосредственным контактом с водой и перемещением верхних слоев ила. Отмечено также, что чем глубже залегают цисты, тем больше содержание пустых оболочек цист или их фрагментов.

Лабораторные исследования выклева из донных цист артемии проводились на образцах цист, вымытых из грунта озер Кучукское и Большое Яровое в весенний и осенний периоды 2020 г. Максимальная жизнеспособность донных цист, отобранных на свободном от соли мелководье озера Кучукское, в оптимальных лабораторных условиях составляла 20%, средняя 10%. Выклев донных цист из озера Большое Яровое в весенний период колебался в пределах 6.1–19.6%, в осенний период: выклев цист из горизонта до 10 см составлял 0–8.1%, более глуболежащие цисты не проявляли признаков жизнеспособности.

МАКРОЗООБЕНТОС ВОДОЕМОВ ПОЙМЫ Р. ПРА В СЕЗОНЫ НИЗКОГО ПОЛОВОДЬЯ

И. Ю. Лычковская

*Окский государственный природный биосферный заповедник,
391072, Рязанская обл., Спасский р-н, п. Брыкин Бор, д. 12. кв. 2, heteroptera@yandex.ru*

Территория Окского заповедника располагается в юго-восточной части Мещерской низменности и характеризуется значительной площадью болот, а также многочисленных водоемов различного происхождения. Реки Пра и Ока являются основными водотоками заповедника, к их поймам относится более 95% водоемов заповедника (Мамай, Анненская, 2005; Панкова, 2012, 2014). Пойма Пры в весенние сезоны 2014–2017 гг. оставалась незатопленной, в результате чего сильно обмелели или полностью пересохли многие пойменные водоемы. И только в 2018 году в весеннее половодье был зафиксирован подъем воды до 3.41 м (Летопись природы, 2019). Позднее, в сезоны 2019–2020 гг. в апреле–мае Пра оставалась в берегах. Сбор макрозообентоса проводили в 2019–2020 гг. в 15 водных объектах старичного происхождения поймы Пры дночерпателем Экмана-Берджа с площадью захвата 1/100 м².

Всего в обследованных водоемах выявлено 88 видов и надвидовых таксонов, из них преобладают моллюски (34.1%, в т. ч. 28.4% – брюхоногие), и личинки стрекоз (17.0%). Максимальным видовым разнообразием отличаются старицы Смолянка (33 вида) и Большое Попово (22 вида). По общеевропейской шкале обилия Ренконена доминантами в обследованных средневозрастных старицах являются гастроподы (18.6%) и личинки стрекоз (5.1%), субдоминантами – ракообразные, личинки поденок и комаров-звонцов. При этом почти все отмеченные группы, за исключением хирономид, имеют большую численность в водоемах на пути транзитного потока (ТП). В старых старицах по численности уже доминируют четыре группы: гастроподы (19.0%), личинки стрекоз (6.8%), поденок (6.3%), полужесткокрылые (5.7%). Субдоминантами являются Oligochaeta, Bivalvia, Crustacea, Chironomidae. Во всех группах беспозвоночных, кроме малоцетинковых червей, большая доля гидробионтов также находилась в водоемах на пути ТП. В молодых и древних старицах доминантных групп не выделено.

На формирование фаун мелких пойменных водоемов оказывает влияние нахождение водоемов на пути ТП во время половодья и их расположения относительно реки. От молодых к средневозрастным и старым старицам возрастает видовое разнообразие, увеличивается численность макрозообентоса. В средневозрастных и старых старицах, находящихся на пути ТП возрастает среднее значение видового разнообразия, сильнее выражено увеличение численности. В древней старице наблюдается снижение видового разнообразия и обилия беспозвоночных, вероятно связанное с длительной изоляцией этого водоема, а также недостаточной инсоляцией лесного водоема. В средневозрастных старицах прослеживается снижение доли группы макрозообентоса весь жизненный цикл видов которой проходит только в воде, от водоемов на пути ТП к находящимся в тени ТП. В старых старицах наблюдается противоположная тенденция с увеличением в водоемах в тени ТП доли видов, связанных только с водой и уменьшением роли насекомых. За прошедшие два года после последнего высокого половодья с разливом Пры сообщества макрозообентоса пришли к такому равновесному состоянию, где сообщающиеся во время весеннего паводка водоемы показали близкие значения соотношений групп гидробионтов, непосредственно связанных с водой на разных стадиях жизненного цикла.

При анализе фаунистического сходства всех исследованных водоемов значение индекса Охай (A. Ochiai) (Песенко, 1982; Розенберг, 2012) было наибольшим для старицы Большое Попово с старицей Смолянка ($I = 0.27$) и озером 4 в кв. 27 ($I = 0.25$). Несмотря на то, что исследованные водоемы в большинстве сходны по абиотическим и биотическим факторам, фаунистическое сходство оказалось невысоким. При этом водоемы с наибольшими значениями индекса Охай ($I = 0.24–0.27$) расположены друг от друга в пределах 0.5–4 км.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИПИДНОГО СОСТАВА ДИКОЙ И ЗАВОДСКОЙ ИКРЫ МУКСУНА *COREGONUS MUKSUN* И НЕЛЬМЫ *STENODUS LEUCICHTHYS NELMA*

А. А. Лютиков

Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ГосНИОРХ им. Л. С. Берга),
199053 Санкт-Петербург, наб. Макарова, 26, tokmo@mail.ru

Многие виды сиговых, в числе которых муксун и нельма, считаются одними из наиболее ценных промысловых рыб в нашей стране. В условиях повсеместно сокращающейся численности появляется актуальная проблема создания искусственных маточных стад сиговых рыб с целью восполнения их естественных популяций. Качественной оценкой результатов подобных работ могут выступать исследования физиолого-биохимических параметров рыбобоводной продукции, особенно икры. Известно, что химический состав икры, в частности её липидный профиль, в значительной степени оказывает влияние на успешность эмбрионального и раннего постэмбрионального развития рыб. В настоящей работе приведена характеристика содержания общих липидов и жирнокислотного состава развивающейся икры муксуна и нельмы обской популяции, полученной осенью 2019 г. от диких производителей, отловленных в р. Обь (Парабельский р-н) и производителей из искусственных маточных стад (ООО «Форват», Ленинградская обл.).

Жирность дикой и заводской икры исследуемых видов рыб имела близкие значения и составляла для муксуна 3.50 против 3.37% в сыром веществе, нельмы – 3.63 против 3.41%, соответственно. Содержание насыщенных жирных кислот (НЖК), занимающих наименьшую долю в составе общих липидов, для дикой и заводской икры муксуна составляло 25.42 против 19.63% суммы ЖК, нельмы 28.50 против 19.90% суммы ЖК. Наиболее представительной жирной кислотой в составе НЖК выступала пальмитиновая кислота 16:0, содержание которой для всей икры находилось в диапазоне 13.18–17.85% суммы ЖК. Более близкими значениями характеризовалось содержание в дикой и заводской икре мононенасыщенных ЖК (МНЖК) – 40.20 против 37.76% суммы ЖК для муксуна и 36.52 против 37.63% суммы ЖК для нельмы. Для дикой икры МНЖК выступали доминирующей группой ЖК. Основная доля в икре разного происхождения приходилась на олеиновую 18:1n-9 и пальмитолеиновую 16:1n-7 кислоты, индексы соотношения которых для дикой икры муксуна и нельмы составляли 2.57 и 3.18, для заводской – 10.78 и 10.93, соответственно. Предельноненасыщенные ЖК (ПНЖК) доминировали среди прочих групп ЖК в заводской икре, в которой они были более представительными, чем в липидах икры диких рыб (42.62 против 34.38% суммы ЖК у муксуна, и 42.47 против 35.33% у нельмы, соответственно), как в отношении кислот n-3 семейства (31.36 против 28.10% у муксуна и 31.14 против 27.08% у нельмы, соответственно), так и в отношении n-6 (11.26 против 6.29% у муксуна и 11.33 против 8.26% у нельмы соответственно). Содержание долей материнских кислот n-3 и n-6 семейств – α -линоленовой 18:3n-3 и линолевой 18:2n-6, было больше в заводской, чем в дикой икре муксуна (в 2.6 и 5.0 раз) и нельмы (в 1.9 и 2.9 раза). Содержание метаболитических производных этих кислот, незаменимых эйкозапентаеновой 20:5n-3 и арахидоновой 20:4n-6, напротив, было больше у дикой икры муксуна (в 1.8 и 1.1 раза) и нельмы (4.8 и 4.4 раза). Докозагексаеновая ЖК 22:6n-3, преобладала в заводской икре, в которой её доля была в среднем в 1.3 раза больше, чем в дикой.

Установленные различия ЖК состава дикой и заводской икры обского муксуна и нельмы, вероятно, связаны с пищей производителей в природе и промышленных условиях. Для последних свойственно использование искусственных кормов с растительными заменителями рыбной муки и рыбьего жира, приводящих к дисбалансу ЖК состава заводской икры относительно дикой. Влияние установленных особенностей липидного профиля икры аквакультурного происхождения на качество потомства требует дополнительных исследований.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНО-СОЛЕВОГО ГОМЕОСТАЗА МОЛОДИ МУКСУНА *COREGONUS MUKSUN PALLAS* В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

А. С. Маврин¹, В. И. Мартемьянов¹, Е. В. Ефремова², Д. Ю. Эльтеков²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук,
152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, mavr@ibiw.ru

²ООО «Научно-производственное объединение «Собский рыбоводный завод»,
629420, Ямало-Ненецкий АО, Приуральский р-н, пгт. Харп, katerinaef@yandex.ru

Увеличение солености внутри толерантного диапазона до некоторого оптимального уровня оказывает благоприятное влияние на развитие и рост рыб, при этом повышается их устойчивость к экстремальным воздействиям. Ранее был предложен метод оценки толерантного интервала и критических зон, совместимых с жизнедеятельностью гидробионтов, по показателям водно-солевого обмена (Мартемьянов, Борисовская, 2012). Показано, что в зоне критической солености происходит обезвоживание организма пресноводных гидробионтов, а содержание натрия увеличивается.

Целью этой работы было экспериментальное определение диапазона солености, совместимого с жизнедеятельностью молоди муксуна, а также оптимальной и критической зоны по содержанию ионов натрия и воды в организме.

Опыты проводились на территории ООО «НПО СРЗ». В 11 пластиковых 10 л емкостей, заполненных пресной водой, взятой из р. Собь, было посажено по 15 экземпляров личинок муксуна начальной массой 6–10 мг и перешедших на внешнее питание (1–2 этап развития). Всего 165 экз. рыб. Контролем была молодь в 1-ой емкости, которую в течение всего периода наблюдений содержали в речной воде. В каждую из опытных 10 емкостей с речной водой добавляли по 5 г пищевой соли 2 раза в сутки для достижения планируемой солености до 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 г/л. В дальнейшем молодь содержалась при постоянной заданной солености до окончания эксперимента. В ходе опыта молодь кормили *in libitum*, меняли воду (на 1 рыбу в среднем 0.09–0.11 л/сут), насыщали кислородом. Контролировали 16 параметров: температуру, кислород, pH, водообмен, соленость общую (минерализацию общую), NH_4^+ , NO_2^{2-} , NO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_2 , освещенность. Продолжительность эксперимента 30 суток.

После окончания эксперимента рыб взвешивали (точность 1 мг) и определяли концентрацию натрия во всем организме в ммоль/кг свободной воды. Подготовку образцов, измерение и расчеты проводили по разработанной ранее методике (Маврин, Мартемьянов, 2013).

Были установлены толерантный диапазон, зона оптимума и угнетения (критическая) для молоди муксуна по солености воды. Толерантный диапазон 0.11–5 г/л NaCl. В диапазоне 0.11–3 г/л концентрация натрия в организме молоди муксуна не зависела от солености среды, поддерживаясь в пределах 48.3–55.5 ммоль/кг свободной воды. Этот признак является критерием для оценки оптимальной зоны фактора среды. Повышение солености в зоне 3–5 г/л сопровождалась увеличением содержания натрия в организме личинок и мальков муксуна от 55.5 до 61.7 ммоль/кг свободной воды, свидетельствуя о достижении зоны угнетения и критических величин фактора среды. Повышение солености более 5 г/л вызывало гибель рыб. Внутри зоны экологического оптимума 0.11–1 г/л наблюдались максимальные приросты массы муксуна. Соленость около 1 г/л достигаемая прибавлением поваренной пищевой молотой соли производителя ООО "Руссоль" г. Соль-Илецк к речной Собской воде близка к оптимальной для выращивания молоди муксуна в производственных условиях Собского рыбоводного завода. Для уточнения диапазона оптимальных концентраций необходимы дополнительные исследования с шагом испытываемых концентраций 0.2 г/л. Результаты экспериментального определения оптимальных величин солености для выращивания молоди муксуна внедрены в технологический цикл производства ООО «НПО СРЗ» с использованием УЗВ.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАЛЫХ РЕК БАЛХАШСКОГО БАССЕЙНА

Н. Ш. Мамилов, С. Е. Шарахметов, Ф. Т. Амирбекова, Н. С. Сапаргалиева,

Г. Б. Кегенова, М. Т. Турсунали, Ж. И. Ургенишбаева

Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,

пр. Аль-Фараби, 71, г. Алматы, Республика Казахстан, mamilov@gmail.com

Бассейн озера Балхаш является одним из крупнейших оазисов Азии. Само озеро является бессточным. Пополнение воды происходит за счет нескольких крупных рек, стекающих с северо-западных склонов Тянь-Шаня. В последние 30 лет в этой части бассейна произошло значительное увеличение численности населения. Это повлекло за собой негативную трансформацию естественных ландшафтов, загрязнение рек, дефицит водных ресурсов и повышенную рекреационную нагрузку на естественные водоемы. Малые реки являются ключевым звеном, определяющим благополучие больших рек и предгорных экосистем. В Балхашском бассейне реки имеют выраженную вертикальную зональность. Многие из них разделены плотинами, а малые реки могут быть фрагментированы в силу естественных причин. Малые реки остаются последним убежищем аборигенной ихтиофауны Балхашского бассейна. Несмотря на важность малых рек, состоянию биологического разнообразия и возможностям использования уделяется крайне мало внимания. Целью проведенного нами исследования являлось изучение ресурсного потенциала малых рек.

Полевые исследования проводили в период с 2003 по 2020 гг. на реках, расположенных на различном удалении от урбанизированных территорий. Перечень основных исследованных рек в порядке удаления от крупных населенных центров: Большая Алматинка, Малая Алматинка, Есентай, Балыкты > Иссык > Тургень > Чилик > Кегень, Шинжилы, Урджар. Для отлова рыб использовали сачки различной конструкции, мальковую волокушу, крючковую снасть. Также проводили учет рыболовов-любителей, их опрос и изучение уловов.

Разнообразие аборигенной ихтиофауны возрастает по мере удаления от населенных центров. На предгорных и горных участках рек в уловах рыбаков-любителей отмечены аборигенные голый осман *Gymnodiphtychus dybowskii*, чешуйчатый осман *Diptichus maculatus*, балхашская маринка *Schizothorax argentatus*, пятнистый губач *Triplophysa staruchii*, а также чужеродная форель *Parasalmo mykiss*. На равнинных участках рек вблизи урбанизированных территорий основу уловов составляют аборигенный голый осман и различные чужеродные виды (плотва *Rutilus rutilus*, карась *Carassius gibelio*, карп *Cyprinus carpio*, судак *Sander lucioperca*).

В результате высокой антропогенной нагрузки к концу прошлого века османы и маринка исчезли на урбанизированных участках рек Большая и Малая Алматинка и Есентай. Сотрудниками Иле-Алатауского национального природного парка в 2008 г. была поведена реинтродукция голого османа в эти реки. Потребовалось около 10 лет, чтобы рыбы стали достаточно многочисленными и вновь стали добываться рыбаками-любителями. Проведенные нами наблюдения показали, что наиболее крупные производители голого османа придерживаются своих участков рек. Продуктивность рыб промыслового размера может достигать до 300 г. на 100 кв.м. (30 кг/га) горного (наименее продуктивного) участка реки. Форелевые хозяйства в настоящее время организованы на горных участках большинства малых рек. Во многих странах мира показано негативное воздействие сбежавшей из хозяйств форели на аборигенную ихтиофауну. В условиях малых рек Балхашского бассейна численность форели эффективно контролируется многочисленными рыбаками-любителями, однако серьезную опасность представляют браконьеры, использующие для добычи электролов и отравляющие вещества.

В целом результаты проведенного исследования показали, что малые реки активно используются населением. Проблемы заключаются в понимании закономерностей функционирования малых рек и организации эффективного управления имеющимися ресурсами.

ЧАСТОТНО-БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (РОССИЯ)

Д. В. Манаков

Балтийский Федеральный Университет им. И. Канта,
236041, Калининград, ул. Александра Невского, 14,
echo_tc2@rambler.ru, dmanakov@kantiana.ru

Калининградская область расположена в зоне избыточного увлажнения и располагает множеством некрупных водоемов и водотоков, которые можно свести к 23 топографическим типам. Однако по характеру лимитирующих развитие моллюсков факторов можно выделить всего 4 типа сред обитания: 1. Постоянные стоячие и слабопроточные водоемы с развитой фиталью; 2. Пересыхающие зоны поверхностного заболачивания или ветленды (водно-болотные угодья без торфа); 3. Водотоки с выраженным течением, которое определяет размещение грунта и водных растений в русле; 4. Прибойно-ледовая зона заливов, а также крупнейших озер (оз. Виштынецкое), литораль и часть профундали. Всего брюхоногих моллюсков в Калининградской области 51 вид, из которых 14 относятся к переднежаберным, их частотно-биотопическое распределение на мелководьях (до 50 см) местных водоемов следующее:

А. Максимально часто встречающиеся массовые и эврибионтные виды, живущие всюду, вне зависимости от условий водоема (только заселенные водные объекты, в незаселенных водоемах условия, как правило, абиотические для моллюсков в целом, там их не будет): *Pl. corneus* (L., 1758), *L. stagnalis* (L., 1758), *B. tentaculata* (L., 1758), *V. contectus* (Millet, 1813), *P. planorbis* (L., 1758).

Б. Второстепенные виды: Ба. постоянных водоемов, стоячие, полупроточные водоемы с активным развитием поясов растительности без заморов и сильного загрязнения органическими сточными водами: *R. balthica* (L., 1758), *R. auricularia* (L., 1758), *St. corvus* (Gmelin, 1791), *V. piscinalis* (Müller, 1774), *A. lacustris* (L., 1758), *A. vortex* (L., 1758), *Ph. fontinalis* (L., 1758), *St. palustris* (Müller, 1774); **Бб. пересыхающих водоемов**, луговых (травяно-осоковых) болот без торфа, ожелезнения, закисления и заморов, локально многочисленны в этих водоемах: *P. planorbis* (L., 1758), *S. nitida* (Müller, 1774), *A. spirorbis* (L., 1758), *B. contortus* (L., 1758), *A. hypnorum* (L., 1758), *Ph. fontinalis* (L., 1758), *St. palustris* (Müller, 1774), *A. leucostoma* (Millet, 1813), *A. septemgyratus* (Rossmässler, 1835); **Бв. водоемов с хорошо выраженным течением или прибоем** формирующим донные сообщества, обитающие на растительности, либо лито-псаммо-реофильные: *R. balthica* (L., 1758), *R. auricularia* (L., 1758), *Th. fluviatilis* (L., 1758) в т.ч. *littoralis*, *V. piscinalis* (Müller, 1774), *L. naticoides* (Pfeiffer, 1828), *V. viviparus* (L., 1758), *A. fluviatilis* Müller, 1774, *P. antipodarum* (Gray, 1843).

В. Редкие виды: Ва. постоянных водоемов, встречаются в танатоценозах (скопления сухих раковин на берегу, в водоеме обнаружить трудно): *V. cristata* Müller, 1774, *B. leachii* (Sheppard, 1823), *B. troschelii* (Paasch, 1842), *G. crista* (L., 1758), *G. albus* (Müller, 1774), *H. complanatus* (L., 1758), *M. glutinosa* (Müller, 1774), *R. ampla* (W. Hartmann, 1821), *G. parvus* (Say, 1817), *A. vorticulus* (Troschel, 1834), *G. acronicus* (Férussac, 1807), *G. riparius* (Westerlund, 1865), *G. laevis* (Alder, 1838), *M. scholtzi* (Shmidt, 1856), *P. carinatus* (Müller, 1774), *B. naticina* (Menke, 1845), *Ph. acuta* Draparnaud, 1805; **Вб. пересыхающих водоемов** (ветлендов, водно-болотных угодий, зон поверхностного заболачивания), встречаются в пробах спорадически: *G. truncatula* (Müller, 1774) (в глиняных лужах), *V. cristata* (Müller, 1774), *G. rossmaessleri* (Auerswald in A.Schmidt, 1851), *O. glabra* (Müller, 1774), *R. labiata* (Rossmässler, 1835), *V. macrostoma* (Steenbuch in Mörch, 1864) (лужи с листовым опадом), *R. lagotis* (Schrank, 1803), *St. fuscus* (Pfeiffer, 1821); **Вв. водотоков с течением**, обитающие на камнях, корягах (отбор из речных танатоценозов, либо с камней): *Ancylus fluviatilis* Müller, 1774 (наиболее крупные экземпляры).

Данное распределение характерно не только Калининградской области, но и Литве, Польше, Германии, а также другим схожим регионам Европы.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЧЕРНОЕ МОРЕ) В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

И. М. Мансурова, Л. В. Стельмах, Н. П. Ковригина, И. И. Бабич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей

им. А. О. Ковалевского РАН», 299011, Севастополь, пр. Нахимова, 2,

ira.mansurova2013@yandex.ua

Севастопольская бухта является акваторией, подверженной высокому уровню антропогенной нагрузки в результате поступления различных стоков: речных, хозяйственно-бытовых, промышленных, а также интенсивного развития судоходства. Преобладающая часть биогенных веществ, поступающих в бухту, имеет антропогенное происхождение. Сезонные и межгодовые изменения их содержания в воде, а также температуры среды отражаются на видовом, таксономическом составе фитопланктона и его размерной структуре.

По результатам анализа наблюдений в бухте в 2000–2001 гг., температурный фон оказался пониженным, чему способствовали сильные ветры, которые наблюдались не только в холодные периоды, но и в летние месяцы. Минимальная температура воды поверхностного слоя моря наблюдалась в феврале и была равна 7°C, максимальная – в августе (23°C). В 2011 г. температура воды не опускалась ниже 8°C и была зафиксирована в марте, а наиболее высокое ее значение (24°C) также зарегистрировано в августе. В 2020 г. минимальная температура воды была в феврале, составив 8°C, максимальная – в августе и достигла 25°C. Таким образом, выявлена тенденция к повышению температуры поверхностного слоя Севастопольской бухты за последние два десятка лет.

Во все исследованные годы сезонная динамика биомассы фитопланктона характеризовалась кривой с двумя максимумами – весенне-летним и, как правило, осенним. Первый пик биомассы в 2000 и 2001 гг. наблюдался в мае-июне на фоне преобладания в среде нитратной формы азота и температуры воды 15–19°C. Основу биомассы фитопланктонного сообщества (около 70%) создавали мелкоклеточный вид диатомовых водорослей *Chaetoceros socialis* и более крупный *Chaetoceros curvisetus*. В мае 2011 г. при 15°C и преобладании аммонийной формы азота представители рода *Chaetoceros* в первом максимуме биомассы составляли незначительную долю, ни один из доминирующих видов не достигал уровня «цветения», диатомовые динофитовые и гаптофитовые водоросли составляли равные доли в общей биомассе. В 2020 г. первый максимум биомассы фитопланктона был сформирован в июне при температуре 20°C и преобладании нитратной формы азота. Доля диатомовых водорослей в суммарной биомассе фитопланктона составляла 59%, а остальная биомасса была представлена преимущественно динофитовыми. В фитопланктоне доминировали *C. curvisetus* (21%) и *Thalassiosira excentrica* (18%). Осенний пик биомассы фитопланктона в каждый из исследуемых годов почти полностью обеспечивался диатомовыми водорослями, основную часть биомассы, как правило, давал один, реже два вида. В 2000 и 2001 г. он наблюдался в ноябре при 15°C и в октябре при 17.5°C, доминирующими видами были *Cerataulina pelagica* и *C. curvisetus*. С октября по декабрь 2011 г. наблюдалось повышение биомассы фитопланктона на фоне снижения температуры с 17.8 до 10.4°C. В эти месяцы в фитопланктоне доминировали диатомовые водоросли, среди видов – *C. pelagica*, составляя 42% биомассы всех водорослей в октябре, 85 и 89% в ноябре и декабре. В 2020 г. в сентябре при температуре воды 24°C отмечено интенсивное развитие диатомовой *Pseudosolenia calcar-avis*, которая сформировала осенний максимум.

Работа выполнена по проекту РФФИ № 20-45-920002 и частично в рамках темы госзадания № 121041400077-1.

ECOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF DIDKHEVI RIVER

D. A. Margalitashvili, M. D. Davitashvili

*Iakob Gogebashvili Telavi State University, 1, Kartuli Universiteti Str., 2200 Telavi, Georgia,
margalitashvili.d58@gmail.com, magda.davitashvili@gmail.com*

Water shortage is yet to be felt in Georgia. The main problem in Georgia is that water is polluted from more than 4/5 of industrial enterprises (metallurgy, oil refining, coal mining, chemistry, energy production). Utility companies also emit a significant amount of toxic substances. The main cause of pollution is often the malfunction of water filters and cleaning products.

The aim of our research was to study the ecochemical and microbiological condition of one of the rivers of Eastern Georgia, Didkhevi and the influence of anthropogenic factors on it.

The subject of research is the right tributary of the Lopota River, the Didkhevi River, which originates on the southern slope of the Kakheta Caucasus. Length 19 km. It feeds on snow, rain and groundwater. The average annual flow at the confluence is 2.84 m³/sec.

The river Didkhevi is used for swimming, irrigation and drinking of cattle. It is polluted by domestic sewage, industrial water. The ecological condition of the river is also affected by pesticides and fertilizers used in agriculture.

Studies have shown that the degree of pollution of the river is affected by settlements, agricultural lands and faulty sewage system. The total number of microbes in 1 ml ranged from 4.5*10³. Collie index from 22 000 to 30 000. No pathogenic microorganisms of the intestinal group were detected in any of the samples. The pH of the water ranged from 7.8 to 8.2. BOD 5 mg/l – from 1.3 to 2.3. The amount of deposited substances – 58–61 mg/l. Due to excessive consumption of pesticides by the population, their amount is also increased in river water, however decreases at the confluence of the river Lopota. Water samples were taken for chemical and microbiological analysis of river water in compliance with the requirements of normative documents.

The results of the study showed that the degree of pollution of the river is affected by settlements, agricultural lands, faulty sewage system. The microbiological contamination at the site we have studied as a whole can be assessed as, so far, epidemiologically safe, i.e. moderately contaminated, which can be explained at the expense of river self-cleaning. We believe that it is necessary not only to monitor water, but also to raise public awareness of the issues that pesticides with certain violations of their regulation accumulate in the soil and seabed, leading to their inclusion in the food chain of living systems in the river.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ ГУМОРАЛЬНЫХ И КЛЕТОЧНЫХ ФАКТОРОВ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ У РАЗНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ГРУПП КАРПА

Д. В. Микряков¹, Г. И. Пронина², Т. А. Суворова¹, А. С. Соколова¹, С. В. Кузьмичева¹

¹ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН, Ярославская обл., Некоузский р-н., п. Борок, daniil@ibiw.ru

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева,
127550 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия, gidrobiont4@yandex.ru

Годовой цикл рыб состоит из ряда периодов: преднерестового, нереста, посленерестового, нагульного, зимовальной миграции, зимовки, нерестовой миграции, преднерестового нагула (Никольский, 1974). Ранее на примере карпа *Cyprinus carpio*, плотвы *Rutilus rutilus*, леща *Abramis brama*, речного окуня *Perca fluviatilis* и синца *Abramis ballerus* было показано, что устойчивость рыб к бактериальной инфекции в разные периоды года отличается. В нерестовый и посленерестовый периоды (май, июнь) отмечена минимальная устойчивость к возбудителям аэромоноза рыб, а максимальная – в конце нагула (Schaperclaus, 1979; Микряков, 1984; Лысанов, Микряков 1990). Снижение неспецифического иммунитета способствует созданию условий для вспышки эпизоотий инфекционных болезней. Весенний период считается наиболее опасным в рыбоводных хозяйствах. Во время отлова, транспортировки и изменения условий содержания в процессе пересадки из зимовалов в нагульные пруды рыбы испытывают стресс, что приводит к снижению выживаемости, иммунореактивности и неспецифической защиты к возбудителям различных инфекционных и инвазионных заболеваний (Wendelaar Bonga, 1997; Van Muiswinkel, Vervoorn-Van Der Wal, 2006; Uren Webster et al., 2018). Одним из наиболее распространенных заболеваний рыб, наносящих большой экономический ущерб, в РФ считается краснуха. Это полиэтиологическое заболевание рыб, в основном семейства карповых, возбудителями которого являются вирус весенней виремии, аэромонады, псевдомонады (Kirpichnikov et al., 1993; Головина и др., 2003). Для решения задачи по снижению значительного ущерба рыбоводству в России с помощью селекции на иммунную устойчивость выведена ангелинская порода карпа, обладающая устойчивостью к возбудителям краснухи (Илясов, 2002). Исследование показателей неспецифического иммунитета у краснухостойчивых карпов позволит понять механизмы, обеспечивающие невосприимчивость рыб к инфекционным заболеваниям.

Проведено сравнительное исследование некоторых параметров гуморальных и клеточных факторов неспецифического иммунитета у ангелинской краснухостойчивой породы, чешуйчатой и зеркальной групп карпа в преднерестовый и конце нагульного периодов. Изучен уровень бактерицидной активности (БАСК), С-реактивного белка (СРБ), неспецифических иммунных комплексов (ИК) в сыворотке крови и фагоцитарная активность (ФА) нейтрофилов.

Сравнение уровня между различными селекционными группами показало, что весенние показатели БАСК у особей краснухостойчивой породы были выше в 3.3 раза, чем у чешуйчатых и в 4.5 раза у зеркальных карпов. С низким уровнем БАСК связан высокий процент иммунодефицитных особей среди чешуйчатых и зеркальных карпов. У ангелинской породы процент таких особей был низкий даже в весенний период, что указывает на более высокий уровень функционального состояния неспецифического гуморального иммунитета. По остальным показателям отмечены незначительные отличия среди исследуемых групп рыб.

Сделан вывод, что более высокий уровень бактериостатической активности сыворотки крови у краснухостойчивой породы, по сравнению с другими группами карпа, обеспечивает низкий процент иммунодефицитных особей и устойчивость к возбудителям инфекционных заболеваний.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-016-0019618).

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА БАССЕЙНА Р. КАЛЬМИУС

Э. И. Мирненко

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», ДНР г. Донецк, ул. Щорса 46,
eduard_mirnenko@list.ru

Донбасс – один из самых малообеспеченных пресной водой регионов на территории восточной Европы. Большие запасы полезных ископаемых в Донецком угольном бассейне, способствовали бурному развитию промышленности и увеличению концентрации населения в регионе. Водоснабжение для населения и промышленности было сформировано за счёт естественных бассейнов рек Северский Донец, Кальмиус и Миус. На бассейнах рек создано большое количество водных объектов используемых разных отраслях промышленности.

Одним из наиболее интенсивно нагруженных водотоков является бассейн р. Кальмиус. Вблизи реки расположены все крупные предприятия региона, которые являются непосредственными источниками использования воды (Донецкий электро-металлургический завод, Старобешевская ТЭС, а также более 50 угольных шахт). В условиях антропогенного воздействия водные объекты теряют способность к самоочищению и становятся непригодными для питьевых, и промышленных нужд.

Оптимальным объектом исследования качества вод, являются фитопланктонные водоросли, которые отличаются высокой скоростью воспроизводства и экологической пластичностью, а значит, способные быстро реагировать на изменения внешней среды. Следовательно, являются оптимальными индикаторами нарушения природной среды.

Изучение развития фитопланктона бассейна р. Кальмиус берёт своё начало в 50-е годы XX века. Проводимые исследования охватывали реку от истока до устья с водохранилищами в русле реки, однако комплексные исследования всего бассейна реки не проводили. Существующие данные носят отрывочный характер, нет сформированной картины состава и развития водорослей фитопланктона.

На современном этапе, установлена динамика развития фитопланктона за 3 года исследований (2017–2020). Определены количественные характеристики, сезонная сукцессия и составлен систематический список с определением ранговой структуры принадлежности к основным отделам.

Для бассейна р. Кальмиус нами был определен 291 вид и 162 внутривидовых таксона (ввт), которые относятся к 8 отделам водорослей. Анализ систематической структуры по видовому составу показал высокое фиторазнообразие у отделов, представленных преимущественно монадой и коккоидной формой тела – *Bacillariophyta* (33%) и *Chlorophyta* (29%). Несколько ниже представлено разнообразие видов отдела *Cyanobacteria* (19%) имеющими более сложную организацию. Жгутиковые формы отдела *Euglenophyta* имеют более низкий показатель доминирования (8%), а отделы *Ochrophyta*, *Cryptophyta*, *Dinophyta*, *Charophyta* суммарно сформировали 13% от общего числа видов. Высокое участие видов отделов *Bacillariophyta* и *Chlorophyta* объясняется их космополитностью и высокой вариабельностью к изменяющимся условиям среды.

Следует отметить, что в исследуемом бассейне реки биоразнообразие фитопланктона достаточно высокое, однако часто наблюдается «цветение» отдельных видов или групп водорослей, особенно в летний и осенний периоды. Стремительная вегетация фитопланктона (зачастую отдела *Cyanophyta*) приводит к кислородной дихотомии, что ухудшает летний термоклин, приводящий к стагнации вод. По-видимому, «цветение» возникает как приспособительная реакция водной экосистемы на меняющиеся условия среды, при этом сложные устойчивые сообщества фитопланктона упрощаются вследствие обеднения видового разнообразия.

ВЕКТОР РАЗДЕЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ В ЭВОЛЮЦИИ АФРИКАНСКИХ УСАЧЕЙ РОДА *BARBUS* (=LABEOBARBUS), ЭФИОПИЯ

А. Н. Мироновский

Институт проблем экологии и эволюции РАН, Москва, Ленинский проспект, 33,
Институт биологии внутренних вод РАН, Борок, Ярославской области, Некоузского района
adissa@mail.ru

Крупные гексаплоидные усачи рода *Barbus* (=Labeobarbus) широко распространены в водоёмах Африки. Центральное место в системе фенетического разнообразия рода занимают рыбы комплекса *Barbus intermedius* (sensu Banister, 1973). Наиболее полно комплекс представлен в оз. Тана, где выделяют до 14 специализированных в отношении питания морфотипов (Nagelkerke et al., 1994). Таксономический статус танских морфотипов разные исследователи оценивают по-разному (Rüppell, 1836; Boulenger, 1902; Bini, 1940; Banister, 1973) и даже одни и те же авторы по-разному понимают его в разные периоды времени (Nagelkerke et al., 1994; Nagelkerke, Sibbing, 2000). Отметим, что рассмотрение этого вопроса в задачи настоящего исследования не входило.

В качестве генерализованных в системе фенетического разнообразия комплекса рассматриваются особи без выраженных признаков специализации питания (Nagelkerke et al., 1994; Mina et al., 1996; Лёвин, 2003; Голубцов, 2010; Levin et al., 2019). Такие особи есть в каждом водоёме, где обитают представители комплекса, тогда как все почти формы, специализированные в отношении питания, известны из тех лишь локальностей, где они были описаны. Неизменность присутствия в любой популяции ареала даёт основания рассматривать генерализованных усачей как близких (или тождественных) особям предковой формы, в процессе диверсификации давшей начало многообразию комплекса (Nagelkerke et al., 1994; Mina et al., 1996; Sibbing et al., 1998; Sibbing, Nagelkerke, 2000). Причиной, обуславливающей трофическую радиацию генерализованной формы (далее – GF) считается необходимость разделения пищевых ресурсов с целью наиболее полного использования кормовой базы водоёма (Sibbing et al., 1998).

Анализ фенетической изменчивости особей GF в мономорфных популяциях озёр Лангано и Аваса и в полиморфной популяции озера Тана в сравнении с дивергенцией усачей 14 танских морфотипов и пяти аллопатрических видов африканских усачей позволяет выявить параметры изменчивости, направленной на разделение пищевых ресурсов. Высокое сходство выявленных параметров в пяти рассматриваемых совокупностях особей свидетельствует о том, что в двух мономорфных популяциях структура изменчивости GF, направленной на разделение пищевых ресурсов, практически совпадает с таковой как в выборке GF из полиморфной популяции озера Тана, так и в модельных совокупностях особей морфотипов и видов. Вводится понятие вектора разделения пищевых ресурсов (*рпр-вектора*). Этот вектор вносит основной вклад в диверсификацию особей GF в оз. Тана, в дивергенцию симпатрических морфотипов и аллопатрических видов. В диверсификации особей мономорфных популяциях значение вектора разделения пищевых ресурсов второстепенно.

Исследование основано на анализе главных компонент (АГК) признаков, широко используемых при изучении изменчивости данной систематической группы (Mina et al., 1993; 2006; 2016; Мироновский, 2021). В отличие от работ, где АГК используется для уменьшения числа переменных с последующим анализом распределения точек-особей в двух- или трёхмерном пространстве первых ГК, настоящее исследование основано на анализе сходства собственных векторов корреляционных матриц, характеризующих главные направления дисперсии особей рассматриваемых множеств. Главные направления дисперсии рассматриваются как главные направления изменчивости (диверсификации, дивергенции) усачей изучаемых совокупностей. Предлагаемый подход полагается перспективным в анализе изменчивости особей не только изучаемой, но и других систематических групп.

ТРАНСФОРМАЦИИ МЕСТООБИТАНИЙ ВОДНЫХ МАКРОФИТОВ В ТАЙГАНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ (КРЫМ) В СВЯЗИ С КРИТИЧЕСКИМИ СНИЖЕНИЯМИ УРОВНЯ ВОДЫ В 2014–2020 ГГ.

О. А. Миронюк¹, В. И. Мальцев^{2,3}

¹ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»
проспект Нахимова 2, г. Севастополь, 299011, mironucolga@gmail.com

²Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского — природный заповедник РАН — филиал
ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
пгт Курортное, г. Феодосия, Крым

³ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»
ул. Орджоникидзе, 82, г. Керчь, Крым, 298309, maltsev1356@gmail.com

Тайганское водохранилище (координаты: 45°2'5.00", 34°35'6.00") расположено в Джайваганской балке (левый приток реки Биюк-Карасу, Белогорский р-н, Крым). Год заполнения – 1938. Длина водохранилища – 2 км, наибольшая ширина 2.28 км, максимальная глубина (при нормальном подпорном уровне, НПУ) – 16.5 м. Проектные площадь зеркала – 2 км², объём – 13.8 млн. м³.

До 2014 г., как правило, не было проблем с заполнением водохранилища. Так, по состоянию на май 2013 г. площадь водного зеркала составила 1.93 км². Однако, возросшая водоотдача в связи с прекращением поставки воды по Северокрымскому каналу в 2015 г. и ряд последовавших засушливых лет привели к сильному обмелению водоёма, его площадь сократилась в 2015 г. до 0.75 км², в 2016 – до 0.72 км² (по состоянию на июль–месяц); наиболее значительное обмеление зафиксировано в июле 2018 г. – 0.41 км². В относительно благополучные 2017 и 2019 гг. площадь водного зеркала Тайганского водохранилища приближалась к проектной (1.82 и 1.89 км² соответственно).

Резкие колебания уровня воды в водоеме привели к значительным изменениям режима его зарастания. В результате критического снижения уровня воды в Тайганском водохранилище в 2015–2018 гг. водная растительность оказалась в очень жестких условиях существования. Так, гидатофиты выживают на глубинах (10–40 см), на которых в условиях нормального режима развиваются гелофиты, при этом они представлены измельчёнными формами. При заполнении водохранилища до НПУ эти биотопы были в самых нижних участках зоны распространения гидатофитов. В маловодные годы наблюдалась полная или частичная деградация существовавших здесь фитоценозов гидрофитов и формирование новых фитоценозов вниз по экологическому профилю при частичном сохранении переживающих группировок полупогруженных растений (гелофитов) в несвойственных им биотопах.

С 2018 по 2020 гг. в пределах ложа Тайганского водохранилища нами обнаружено 12 видов водных растений: гидатофитов – 4, плейстофитов – 2, гелофитов – 6. При этом гелофиты встречены в несвойственных им биотопах, где они существуют в виде переживающих группировок.

Значительные площади прежних мелководий, которые в настоящее время большую часть вегетационного сезона пребывают над урезом воды, зарастают пионерными мокролуговыми группировками с доминированием *Rumex pulcher*, *Lotus tenuis* и *Melilotus* sp.

Гелофиты-эдификаторы, такие, как тростник (*Phragmites australis*), камыш озерный (*Schoenoplectus lacustris*) и рогозы (*Typha angustifolia*, *T. latifolia*), оставшись на прежних местообитаниях, существуют в виде разреженных низкорослых зарослей. Только частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), обладающая повышенной способностью к семенному размножению (по отношению к вегетативному), образует как береговые ценозы на увлажнённых грунтах, богатых органическими веществами, так и пионерные водные комплексы. Плейстофиты же, как им и «положено», занимают на экологическом профиле промежуточное положение, образуя как береговые заросли (*Polygonum amphibium*), так и водные ценозы на небольших глубинах (*Potamogeton crispus*).

РАЗНООБРАЗИЕ ЦЕНТРИЧЕСКИХ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ГЛУБОКОМ ОЛИГОТРОФНОМ ТЕЛЕЦКОМ ОЗЕРЕ (АЛТАЙ, РОССИЯ)

Е. Ю. Митрофанова¹, С. И. Генкал²

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН,
656038, Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, mitelena-09@mail.ru

²Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, 109, genkal@ibiw.ru

Диатомовые водоросли – одна из распространенных и наиболее значимых групп водорослей в водоемах умеренного пояса. В фитопланктоне глубокого (максимальная глубина 323.3 м (Selegei et al., 2001)) олиготрофного Телецкого озера, расположенного в горах Алтая на юге Западной Сибири, они лидируют как по числу видов, так и по численности и биомассе в отдельные периоды года. Таксономический состав диатомовых водорослей был детально изучен на начальном этапе изучения альгофлоры озера в 30-х гг. XX в. по материалам экспедиции Гидрологического института под руководством С.Г. Лепневой. Из центрических диатомей в планктоне озера было выявлено 13 видов (16 видов, разновидностей и форм) из четырех родов – *Stephanodiscus* (3), *Cyclotella* (5), *Ellerbeckia* (1) и *Melosira* (5(7)) (Порецкий, Шешукова, 1953). Позднее, с применением современных методов световой и электронной микроскопии состав водорослей этого отдела был дополнен, особенно мелкоклеточными представителями центрических диатомей – *Cyclotella delicatula* Genkal, *Thalassiosira pseudonana* Hasle et Heimdal, *T. guillardii* Hasle, *Stephanocostis chantaicus* Genkal et Kuzmina *Stephanodiscus alpinus* Hust. (Генкал, 1994; Генкал, Митрофанова, 1995). *C. delicatula* была описана как новый для науки вид. Среди центрических диатомей были выявлены как виды-космополиты, так и аркто-альпийские обитатели, например, *S. alpinus*, а также представитель морского планктона *T. pseudonana*. Известно, что *S. alpinus* встречается в Северных Канадских (Håkansson, Kling, 1989) и Курильском (Genkal, 1993) озерах, часто является доминирующим компонентом в фитопланктоне глубоководного высокогорного оз. Тахо (США) (Mahood et al., 1984). К числу редких находок среди центрических диатомей можно отнести *Orthoseira* cf. *roeseana* (Rabenh.) Pfitzer (= *Aulacoseira epidendron* (Ehr.) Crawford), отмеченную в Каменном заливе северного мелководья озера и характерную для влажных скал, мхов и ручьев (Забелина и др., 1951; Диатомовые водоросли..., 1992).

В настоящее время для альгофлоры Телецкого озера проведена ревизия центрических диатомовых водорослей по пробам планктона и перифитона, собранным по акватории озера и на различных горизонтах в течение 1989–2020 гг. и обработанных с помощью СЭМ. В результате список центрических диатомовых водорослей для озера расширился до 24 представителей класса Centrophyceae из родов *Aulacoseira*, *Conticribra*, *Cyclotella*, *Discostella*, *Ellerbeckia*, *Handmannia*, *Melosira*, *Orthoseira*, *Pantocsekiella*, *Rhizosolenia*, *Stephanocostis*, *Stephanodiscus*. Описанный ранее как новый для науки вид *C. delicatula* переименован в *Pantocsekiella teletskoyensis* Genkal et Mitrofanova sp. nov., потому что такое название вида уже было использовано – *Cyclotella delicatula* Hust. Уточнено систематическое положение большинства выявленных ранее центрических диатомовых водорослей, зафиксировано 12 таксонов новых для флоры озера из 7 родов. Отмечено, что *P. teletskoyensis* обитает как в виде одиночных клеток, так и может образовывать цепочки клеток, что ранее за *C. delicatula* Genkal не было замечено. Изучена морфологическая изменчивость панциря еще одного мелкоклеточного вида – *S. chantaicus*. Выявлено, что отличия в «рисунке» внешней стороны створки наблюдаются в центральном поле – радиальное схождение ребер и борозд, диаметральное прохождение одной борозды через всю створку или обособление центральной лакуны. Этот вид является вторым по встречаемости после *P. teletskoyensis* видом в группе доминантов фитопланктона по численности.

Отбор проб и анализ результатов выполнен в рамках гос. задания ИВЭП СО РАН (рег. № 121031200178-8) и частично (2020 г.) в рамках Гранта РФФИ №.19-05-50055.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ Р. КАЗАНКА (Г. КАЗАНЬ) ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

О. В. Морозова, Р. П. Токинова

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ,
Россия, 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28, oollgaa@mail.ru*

Река Казанка относится к малым рекам с длиной 140 км и площадью водосборного бассейна 2.7 тыс. км², является левым притоком р. Волги (Куйбышевского водохранилища). Устьевая область реки расположена в черте г. Казани, крупного промышленно-урбанизированного центра Среднего Поволжья. В связи с этим, интенсивность негативного антропогенного воздействия на устьевую область реки довольно высока. Наибольший вклад в загрязнение реки вносят сбросы сточных вод промышленных предприятий и городской ливневой канализации, гидронамывы в береговой зоне, застройка водоохранной зоны реки и др. Экологическое состояние водного объекта на протяжении последних десятилетий характеризуется низким качеством воды, высоким уровнем эвтрофирования и, как следствие, снижением эксплуатационно-хозяйственной и рекреационной ценности водоема (Шагидуллин и др., 2017; Абрамова, Токинова, 2020; Абрамова и др., 2020).

Известно, что в водных экосистемах бактериальные сообщества достаточно быстро реагируют на антропогенную нагрузку, поэтому исследование отдельных групп микроорганизмов дает возможность оценить современное состояние и дальнейшее развитие гидроэкосистем. Микробные сообщества играют ведущую роль в процессах синтеза и деструкции органического вещества, круговороте биогенных элементов, выведении из круговорота загрязнителей, т.е. в процессах самоочищения и поддержании стабильного устойчивого состояния водных экосистем. В виду слабой изученности микробных сообществ р. Казанки, целью данного исследования является оценка экологического состояния реки в летний период 2020 г. по микробиологическим показателям – общей численности бактерий, а также по основным эколого-трофическим группам в составе бактериопланктона.

Отбор проб проводился летом 2020 года из поверхностного слоя воды в устьевой области Казанки. Класс качества воды оценивался по трем показателям: общему количеству бактериопланктона, количеству сапрофитных бактерий, отношению общего количества бактериопланктона и численности сапрофитов, согласно классификации качества воды Росгидромета (РД 52.24.309-2016). Также определялось количество олигокарбофилов, предпочитающих низкие концентрации органического вещества и оценивался индекс трофности по соотношению олигокарбофилов и сапрофитов.

По общей численности бактериопланктона, вода в большинстве исследованных проб характеризовалась как «слабозагрязненная», в некоторых пробах – как «условно чистая» т.е. I–II класса качества. По численности сапрофитов в большинстве проб качество воды оценивалось как «условно чистая», либо «слабозагрязненная». По соотношению общего количества бактериопланктона и количества сапрофитов во всех пробах вода характеризовалась как «слабозагрязненная».

Численности олигокарбофилов и сапрофитов различались незначительно и, соответственно, индекс трофности был низким, что свидетельствует о большом содержании в воде легкоразлагаемого органического вещества.

Принимая во внимание все исследованные микробиологические показатели, состояние воды в устьевой области р. Казанка в летний период можно охарактеризовать как «слабозагрязненная», т.е. II класса качества (в соответствии с классификатором качества вод Росгидромета).

Мониторинг устьевой области р. Казанка по микробиологическим параметрам будет способствовать созданию базы данных о качестве воды, позволит проследить динамику изменения отдельных характеристик бактериопланктона, а также выявить источники негативного воздействия на гидроэкосистему реки.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЗООПЕРИФИТОНА НА НЕОБРОСТАЮЩИХ ПОКРЫТИЯХ В КАНЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

И. А. Морозовская¹, С. П. Рогальский²

¹Институт гидробиологии НАН Украины,

04210, г. Киев, просп. Героев Сталинграда, 12, labtech-hb@ukr.net

²Институт биоорганической химии и нефтехимии им. В. П. Кухаря НАН Украины, Киев, 02660, г. Киев, ул. Мурманская, 1, sergey.rogalsky@gmail.com

Исследование динамики развития сообществ перифитона с помощью метода экспериментальных субстратов (ЭС) дает возможность проследить за тонкими особенностями микросукцессий, выявить особенности тех или иных факторов, в частности субстрата, на котором обитают организмы. Качество субстрата имеет важнейшее значение для формирования сообществ перифитона.

Целью работы было: изучить особенности динамики зооперифитона на необрастающих покрытиях в условиях водохранилища.

В течении ряда лет (2010–2016 гг.) проводили исследование на экспериментальных субстратах (ЭС) в одном из заливов Каневского водохранилища на р. Днепр, ниже по течению от г. Киева. Было исследовано 43 покрытия, из которых 12 можно рассматривать как перспективные для дальнейших испытаний. В 2019 году были исследованы необрастающие покрытия на основе биоцидов: С12Руг-ВУНР (5%), С12Руг-олеат (5%). В качестве ЭС использовали пластины размером 30×80×2 мм, которые закрепляли в вертикальном положении на рамочном стенде и подвешивали в воде, закрепив к борту небольшой баржи. В качестве контроля были выставлены субстраты из винипласта и окрашенные ЭС (корабельная эмаль алкидная ПФ-167). Съемка субстратов проводилась через 35, 78, 120, 143 суток. Глубина погружения была около 2 м. Субстраты были выставлены 25 июня 2019 года.

Исследования показали, что в Каневском водохранилище в 2019 г. в перифитоне формировались несколько сообществ: 1) с доминированием мшанок *Plumatella fungosa* Pall.; 2) дрейссеновые сообщества: с доминированием *Dreissena bugensis* Andr. и *D. polymorpha* Pall. В 2019 году при первой экспозиции (35 суток) на покрытии С12Руг-олеат (5%) и двух контролях формировалось сообщество *D. bugensis*+*E. tenellus*+*Gammaridae* sp. (87.8% от дыхания), а на покрытии С12Руг-ВУНР (5%) – сообщество *P. fungosa* (94.8% от дыхания). При экспозиции 78 суток формировалось сообщество с доминированием *D. bugensis* + *D. polymorpha* (81.9% от дыхания). Наиболее распространенным было сообщество *D. polymorpha* (85.0% от дыхания), оно встречалось в контроле, винипласте, и на двух покрытиях при экспозиции 78–143 сут. По количественным характеристикам сообщества существенно различались между собой, наибольшие численность и биомасса были отмечены в сообществе *D. polymorpha* (20375 ± 23139 экз/м² и 1813.87 ± 1031.01 г/м²), в сообществе *P. fungosa* и *D. bugensis* + *D. polymorpha* численность колебалась в пределах 6855–4063 экз/м², а биомасса – 34.28–67.13 г/м². Наименьшие показатели биомассы были отмечены в сообществе *D. bugensis* + *E. tenellus* + *Gammaridae* sp. (8.21 ± 6.49 г/м²). Можно предположить, что на субстратах возникает мшаночная стадия развития обрастания вследствие изменения температурного режима. Так, в водоеме охладителе Хмельницкой АЭС (Техноэкосистема, 2011, Протасов, Силаева..., 2012), в промежуточном этапе формирования сообществ возникали сообщества с доминированием губок *Spongilla lacustris* и *Eunapius carteri*, которые потом сменялись на сообщества с доминированием дрейссены *D. polymorpha*, при отмирании губок в осенний период.

Таким образом, данные, полученные при исследованиях показали, что покрытие С12Руг-олеат (5%) можно рассматривать как перспективное для дальнейших исследований, в связи с наименьшим обрастанием на этом покрытии.

НАХОДКИ НОВЫХ ВИДОВ МАКРОФИТОВ ОЗЕР И ЭСТУАРИЕВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. С. Мосеев, Л. А. Сергиенко, М. О. Березина, Е. Ю. Чуракова, А. В. Лещев,
А. В. Брагин

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

117997, г. Москва, Нахимовский проспект, 36, viking029@yandex.ru

²Петрозаводский государственный университет, 185910, г. Петрозаводск, ул. Ленина, 33

³Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), Отдел Северный («СевПИНРО») 163001, г. Архангельск, ул. Урицкого, 17

⁴ФБГУ Федеральный научный центр комплексного изучения Арктики РАН,
160000, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 23

⁵ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский»,
163000, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 78

В виду недостаточной изученности водной флоры озер и устьев рек на территории Архангельской области регулярно обнаруживаются находки новых видов макрофитов из разных систематических групп: сосудистых растений, водных мхов, водорослей.

Большинство новых для области видов макрофитов оказываются за пределами северной границы ареалов, либо на их северной границе. Так, в 2012–2015 гг. на маршах юга Печорской губы был обнаружен *Glyceria fluitans*, который произрастает здесь далеко за пределами северо-восточной границы ареала и является новым видом для территории Ненецкого автономного округа. В сентябре 2017 г. в оз. Порженское в национальном парке «Кенозерский» нами отмечен новый для области и севера Восточно-Европейской равнины вид водных мхов *Fissidens fontanus*. Появление этого вида за пределами северо-восточной границы ареала, по нашему мнению, обусловлено орнитохорией и переносом спор по системе водотоков; ближайший субъект, где встречается вид – Ленинградская область. Интересны и находки новых видов желто-зеленых водорослей рода *Vaucheria* на побережье Белого моря. На литорали Унской губы Белого моря в сентябре 2020 г. впервые была найдена водоросль *Vaucheria velutina*, которая в России ранее отмечалась только для осушек моря Лаптевых. На побережье Соловецких островов Онежского залива в 2020 г. впервые зарегистрирована водоросль *Vaucheria coronata*. Кроме перечисленных видов, для водной флоры важны и находки представителей, о состоянии популяций которых на побережье Белого моря в настоящее время нет исчерпывающих данных. К ним относится *Zannichellia pedunculata*. Последняя находка этого вида относится к устью р. Тамица, впадающая в Онежский залив Белого моря. Ранее на территории области этот вид был известен только в устье р. Северная Двина и малой реки Кудьма. Обнаружение новых для области видов рода *Vaucheria*, а также *Z. pedunculata* мы связываем со слабой изученностью их местообитаний, т.е. приливо-отливной зоны эстуариев Белого моря. Предполагается, что данные виды имеют здесь более широкое распространение, при этом, побережье Белого моря для них является северной границей ареала. Известно, что *Z. pedunculata* встречается в устьях рек, впадающих в Черное море, *Vaucheria velutina* отмечена в соленых лиманах на территории Украины. В приливо-отливной зоне западной и северной Европы они нечасты.

Несомненно, при обнаружении новых видов на территории области, встает вопрос об их охране. В настоящее время в Красную книгу Архангельской области (2020) под статусом «редкий вид» внесен представитель мхов – *Fissidens fontanus*, со статусом «неопределенный по современному состоянию популяции» охраняется *Zannichellia pedunculata*. Более точные данные по распространению и численности в Архангельской области последнего вида планируется получить позднее, при детальном обследовании устьев рек. Вопрос о включении видов рода *Vaucheria* пока остается открытым в виду недостаточности сведений о состоянии их популяций. Мы также рекомендуем к охране новый для Ненецкого автономного округа – гигрофильный злак *Glyceria fluitans* с возможностью его включения в региональное издание Красной книги округа.

ВОДНЫЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ ДОЛИНЫ РЕКИ КАВА – ВАЖНЕЙШЕГО РЕФУГИУМА ВОДНОЙ ФЛОРЫ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

О. А. Мочалова¹, Е. В. Чемерис², А. А. Бобров²

¹Институт биологических проблем Севера ДВО РАН,
г. Магадан, ул. Портовая, 18, mochalova@inbox.ru

²Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, lsd@ibiw.yaroslavl.ru

Река Кава протяженностью более 300 км течет параллельно побережью Охотского моря на северо-востоке Хабаровского края и на юго-западе Магаданской обл. В отличие от большинства рек региона, имеет равнинный характер. Она протекает по обширной Кавинско-Тайской неотектонической впадине. В бассейне р. Кава располагаются многочисленные озёра разного происхождения и размера. Большинство из них малые, среди них выделяются размером Сборное, Лебединое, Малая Чукча, Нам и др. (площадью 2–3 км²), а самое крупное озеро – Чукча имеет площадь 13.5 км². В бассейне р. Кава находится сразу 3 ООПТ: охотничий заказник «Кава» в Хабаровском крае, комплексный заказник «Кавинская долина» и участок заповедника «Магаданский» в Магаданской обл. Территория включена в перечень особо ценных водно-болотных угодий России.

Водные сосудистые растения в бассейне р. Кава представлены 52 видами и 5 гибридами. Это одна из самых богатых водных флор в Магаданской обл., её вклад в региональное видовое разнообразие водных сосудистых растений составляет не менее 65%.

В реках нами отмечено 26 видов и 3 гибрида (51%), в озёрах – 51 вид и 3 гибрида (95% от общего разнообразия). Исключительно в русловых экотопах р. Кавы найдены *Potamogeton maackianus* и *P. × vepsicus* (*P. natans* × *P. praelongus*). Только в долинных озёрах, отмечены 28 таксонов, среди них такие редкие виды как *Isoëtes asiatica*, *Nuphar pumila*, *Nymphaea tetragona*, *Subularia aquatica*, *Elatine orthosperma*, *Myriophyllum ussuriense*. Остальные 27 видов встречаются и в речных, и в озёрных местообитаниях.

В пределах Кавинской равнины, которую можно рассматривать как крупнейший рефугиум водной (и болотной) флоры в Охотии, представлены водоёмы с очень разнообразными условиями среды, которые позволяет сосуществовать как зональным арктическим и арктобореальным (*Ranunculus pallasii*, *Potamogeton sibiricus*, *Sparganium hyperboreum*) видам (23), более южным бореальным (*Calla palustris*, *Myriophyllum ussuriense*, *Potamogeton maackianus* и др.) (8), а также широко распространённым (плюризональным) водным растениям (*Callitriche hermaphroditica*, *C. palustris*, *Myriophyllum sibiricum*, *M. verticillatum*, *Potamogeton gramineus*, *P. perfoliatus* и др.) (20). В долготном отношении наиболее значимы голарктические (33) и плюрирегиональные (6) виды.

Кавинская равнина уникальна по составу и структуре существующих там водно-болотных комплексов, в которых нередко виды, растущие на северо-восточном пределе ареала и известные в регионе только отсюда как *Potamogeton maackianus* и гибридный *P. × vepsicus*, или известные еще только из 1–2 местонахождений в регионе (*Ceratophyllum demersum*, *Elatine orthosperma*, *Myriophyllum ussuriense*). В бассейне р. Кава произрастают многочисленные редкие виды водных растений, среди которых охраняется 10 видов: 9 – в Магаданской обл. (Красная книга..., 2019) и 2 – в Хабаровском крае (Красная книга, 2019).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 15-29-02498-офи_м, 19-04-01090а, 19-05-00133а) и экспедиционного гранта ДВО РАН 17-1-1-014.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ ЗАПОЛЯРЬЯ

И. Н. Мухина, Т. А. Карасева

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича),
183038 г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, imukhina@pinro.ru*

Мурманская область благодаря географическому положению, климатическим условиям и высокой обеспеченности водными ресурсами является не только одним из основных районов лососеводства в стране, но и обладает высоким потенциалом для воспроизводства и товарного выращивания морских видов рыб и беспозвоночных.

Основная задача настоящей работы – анализ развития аквакультуры в Заполярье (Мурманская область) в 2016–2020 гг.

Наиболее перспективные рыбоводные участки расположены в незамерзающих губах Баренцева моря, в прибрежной зоне Белого моря и в крупных водохранилищах.

Традиционные объекты аквакультуры – это атлантический лосось и радужная форель, которая выращивается как в пресной, так и морской воде. Два рыбоводных хозяйства, размещенные на теплых водах Кольской АЭС, выращивают ленского осётра, икра которого впервые была завезена в 1998 г. В настоящее время объем выращивания осётра составляет 0.6 тыс. т.

В 2016 г. в Мурманской области действовали 13 рыбоводных предприятий различных форм собственности и ведомственной принадлежности. В 2021 г. товарное выращивание рыбы осуществляют уже 24 предприятия рыбоводства.

По данным Министерства инвестиций, развития предпринимательства и рыбного хозяйства Мурманской области в 2018–2019 гг. объем производства товарной рыбы рыбоводными организациями составил 21.3 и 33.8 тыс. т, в том числе продукция марикультуры – 20.6 и 32.6 тыс. т, соответственно. В 2020 г. в Мурманской области было выращено 52.4 тыс. т продукции рыбоводства, из них продукция марикультуры составила 97% всей выращенной рыбы. За год производство лососевых рыб, выращенных в морской воде, возросло на 55.8% (32.6 тыс. т в 2019 г.).

Эти статистические данные свидетельствуют о динамичном развитии аквакультуры Заполярья. Важную роль в этом имеет наличие в Мурманской области большого количества рыбоперерабатывающих предприятий, способных выпускать качественную и деликатесную продукцию из выращенной рыбы.

Вместе с тем, существует ряд проблем, которые сдерживают создание рыбоводных хозяйств. К их числу следует отнести недостаточное количество посадочного материала радужной форели и отсутствие собственного посадочного материала (смолта) атлантического лосося и маточных стад лососевых рыб, адаптированных к условиям Заполярья. В настоящее время действует только один рыбоводный завод по производству посадочного материала форели, продукции которого хватает только для ферм, размещенных в Нижнетуломском водохранилище. Посадочный материал для морских ферм завозится преимущественно из Норвегии, а также из хозяйств Республики Карелия и Смоленской области, что создает угрозу заноса возбудителей новых заболеваний.

В Мурманской области отсутствует собственное кормопроизводство. Рыба выращивается на импортных кормах, закупки которых увеличивают себестоимость производства рыбы и оказывают влияние на последующее ценообразование на продукцию аквакультуры.

Слабое взаимодействие науки и производства привело к созданию несовершенных технологий выращивания, к стихийному ведению производственного процесса и, как следствие, большим потерям товарной продукции. Перенос зарубежных биотехнологий без учета климатических условий Заполярья России приводит к системным ошибкам в биотехнологических циклах и управлении производством, к неоправданным потерям, как товарной продукции, так и финансовых вложений. В связи с этим необходима разработка оптимальных нормативных показателей биотехнического процесса выращивания объектов аквакультуры в условиях Заполярья.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА В ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ ЛУКОМЛЬСКОЙ ГРЭС

К. В. Мягкова, Ж. Ф. Бусева

ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск, ул. Академическая 27, 220072,
myksen@mail.ru

Озеро Лукомльское – природный, четвертый по площади водного зеркала (37.7 км²) водоем Республики Беларусь, расположенный на северо-востоке страны. С 1969 года озеро используется как водоем-охладитель Лукомльской ГРЭС. Исходя из этого, планктонные сообщества подвергаются стрессовым воздействиям температуры, а именно, та часть озера, в которую непосредственно сбрасываются подогретые воды из систем охлаждения ГРЭС. В этой связи, при изучении сообществ зоопланктона мы исходим из того, что в водоеме условно выделяется две температурные зоны – подогреваемая и не подогреваемая и все изменения сообществ зоопланктона рассматриваются исходя из начальной гипотезы о том, что качественные и количественные характеристики сообществ зоопланктона различаются между зонами воздействия температурного фактора и пики и спады численности в зоне подогрева могут быть смещены на более ранние сроки весной и более позднее время осенью.

Исследования проведены в вегетационный сезон 2020 г. (5 съемок с апреля по ноябрь в пелагиали и литорали). Цель исследования – изучить сезонные изменения сообществ зоопланктона и выявить различия между двумя температурными зонами водоема, т.е. зоной, подвергающейся воздействию сбросных вод ГРЭС и зоной с естественной температурой воды. В зоне воздействия сбросных вод ГРЭС температура воды в июне 2020 г. на 6°C превышала температуру в не подогреваемой зоне. Статистический анализ проводили в программе MS Excel, использовали однофакторный (установить влияние температуры) и двухфакторный анализ (влияние сезона и температуры) ANOVA.

Было выявлено достоверное влияние температуры на общую численность рачкового планктона ($F_{3,92} = 36.23$) и на каждую из групп, Cladocera ($F_{3,92} = 33.60$) и Copepoda ($F_{3,92} = 49.03$). В пелагиали подогреваемой зоны численность рачкового планктона была достоверно выше на протяжении лета и начала осени. Двухфакторный анализ выявил достоверное влияние сезона на численность копепод, не было выявлено влияние температуры и совместного влияния обоих факторов. Исходя из биологии данной группы видов, которые имеют весенне-осенний цикл размножения, вполне естественно, что весенний пик численности наблюдался у массовых видов – *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888) (влияние сезона $F_{2,61} = 71.26$) и *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863) ($F_{2,61} = 22.60$), в апреле доминировали копеподитные стадии этих видов. Анализ по численности отдельных групп видов кладоцер-доминантов показал совместное влияние двух факторов – температуры и сезона. Высокая численность *Daphnia* spp. была в начале лета (8 июня) и начале осени (сентябрь), что также характерно для естественных водоемов умеренной зоны. Численность дафний в июне была в подогреваемой зоне в два раза выше, чем в не подогреваемой, влияние сезона было выражено сильнее, чем температуры ($F_{2,61} = 152.2$ и $F_{2,00} = 29.74$ соответственно). Наибольшая численность *Bosmina* spp. была зарегистрирована в середине лета в литорали вне влияния подогрева и осенью в пелагиали подогреваемой части при температурах 24.5 и 23.6°C соответственно. Двухфакторный анализ показал достоверное воздействие обоих факторов ($F_{2,00} = 15.44$) на численность *Bosmina* spp.

Таким образом, температура оказывает достоверное влияние на распределение отдельных видов рачкового планктона в озере. В целом, динамика численности в не подогреваемой зоне изучаемого водоема-охладителя не отличается от динамики сообществ рачкового планктона в естественных водоемах. Поскольку в весенний и осенний периоды в подогреваемой зоне водоема температура воды сравнительно выше, ее воздействие имеет скорее положительный эффект на сообщества зоопланктона, что выражается в сравнительно более высоких и ранних пиках численности отдельных видов Cladocera.

ОЦЕНКА ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В РАСПРОСТРАНЕНИИ ГИДРОБИОНТОВ: ОБЗОР ОБЩИХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

И. О. Нехаев

Санкт-Петербургский государственный университет,
198504 Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9, inekhaev@gmail.com

Мониторинг долгосрочных (занимающих десятки лет и более) изменений в распространении и обилии видов является довольно популярным направлением в экологических исследованиях. Такие работы необходимы как для корректной оценки влияния климатических изменений и регулярной деятельности человека (например – рыбного промысла или вырубки лесов) на биологическое разнообразие планеты, так и для выявления фундаментальных закономерностей эволюции сообществ.

Одними из наиболее значимых проблем в мониторинге длительных изменений биологического разнообразия является невозможность достоверно восстановить исходное состояние изучаемой характеристики экосистемы, а также невозможность изолировать факторы, которые влияют в течении больших временных отрезков.

Наиболее распространённым подходом к решению первой проблемы является использование любых полученных и опубликованных (реже – архивных) фаунистических данных. Такие данные сравниваются с результатами более поздних изысканий. При этом предполагается, что разница между сравниваемыми массивами данных, обусловленная разными методическими подходами (методы сбора, неполное соответствие сеток станций, разница в подходе к таксономической идентификации объектов и т.д.) является минимальной, а сами по себе методики, использованные на разных этапах исследования, пригодны для сравнения (то есть процент выявления видового состава очень высокий). Гораздо реже в распоряжении исследователей имеются результаты специальных мониторинговых исследований, выполняемых в течение длительного периода времени. Однако, и в этом случае часто используют разные, не всегда сопоставимые подходы к обработке материала и анализу данных.

В докладе обобщается серия исследований, целью которых являлась проверка основных концептуальных подходов, используемых в работах, посвящённых изменению видового состава морских арктических беспозвоночных в связи с климатическими сдвигами. Показано, что опубликованные результаты исследований и музейные материалы часто не пригодны для восстановления предшествующего состояния фауны региона и по факту представляют собой отдельные массивы данных, дополняющие современные сведения и не сравнимые с ними. Для проверки предположений о появлении новых для региона видов предлагается использовать сравнительно-фаунистический анализ, а также широко привлекать методы популяционной экологии и молекулярной филогенетики.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда № 21-74-00034

**ИЗУЧЕНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГРУППЫ CLADOCERA НА
ОСНОВЕ АНАЛИЗА СУБФОССИЛЬНЫХ ОСТАТКОВ
В ОЗЕРЕ ЛЕБЕДИНОЕ (ЯНАО, РОССИЯ)**

Н. М. Нигматуллин, Л. А. Фролова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Казань, ул. Кремлевская 18, 420009, niyaz.nigmatullin.1995@mail.ru*

В ходе летней экспедиции, организованной в августе 2017 года в Ямало-Ненецкий автономный округ, были отобраны две колонки донных отложений. Керны были взяты из озера Лебединое (64°17.135 N, 078°07.449 E), расположенного в лесотундровой зоне. Отбор проб для палеоолиминологического анализа производили в наиболее глубокой части водоема, с помощью пробоотборника Gravity Corer.

Для палеоэкологических исследований была использована одна колонка донных отложений (17-Уа-02 А), общая длина которой составила 36 см. Керн нарезали в полевых условиях шагом в 1 см. Для анализа субфоссильных остатков Cladocera использовали стандартную методику А. Корхола и М. Раутио. Все образцы анализировали с помощью светового микроскопа Axio lab A1 при увеличении $\times 100$ – 400 раз. В каждой выборке насчитывалось не менее 200 особей.

Сообщества ветвистоусых ракообразных озера Лебединое были достаточно богаты и разнообразны по видовому составу. Всего в колонке донных отложений 17-Уа-02 А было зарегистрировано 4027 экземпляров кладоцера. Среднее количество экземпляров рачков на образец составляло 223.7 ± 3.8 , с минимальным количеством 203 экз. и максимальным значением 260 экз. Всего было идентифицировано 28 таксонов Cladocera, принадлежащих к 6 семействам – Darniidae, Bosminidae, Chydoridae, Cercopagidae, Macrothricidae и Sididae, причем Bosminidae (51.7%) и Chydoridae (47.6%) встречаются наиболее часто по всей колонке.

Учитывая количество таксонов, встреченных в исследуемом озере, литоральные организмы были многочисленны, а эвритопные и пелагические виды встречались примерно в равных пропорциях. В озере преобладали виды, характерные для Палеарктической (48%) и голарктической (35%) зон, а космополитов насчитывалось всего 17%. Вычисленный индекс Шеннона-Уивера варьировал в пределах от 1.78 до 2.62 бит/экз. Среднее значение индекса составило 1.26 ± 0.05 бит/экз., что соответствует умеренно-загрязненным водоемам.

По шкале Любарского, доминирующим видом озера является пелагическая *Bosmina (Eubosmina) longispina* (2081 экз., что соответствует 51.7%), обитающая в различных водоемах северных территорий. Субдоминантов не было выявлено. Второстепенными видами в озере оказались: *Alonella nana* (12.0%), *Chydorus cf. sphaericus* (11.4%), *Alona affinis* (5.1%) и *Eurycercus* sp. (4.2%). Таксономическое разнообразие и процентное соотношение остатков литоральных и фитофильных видов указывают на то, что в озере хорошо развита литоральная зона. Стоит заметить, что останки ракообразных были равномерно распределены по всей колонке донных отложений.

Особый интерес представляют находки экзоскелетных остатков *Drepanothrix dentata* – редкий вид, широко распространенный в Европе (встречающийся по всему прохладному умеренному поясу), обитает в озерах и болотах, предпочитает водоемы, где обильная растительность и детрит. Еще один крайне интересный вид, обнаруженный в ходе исследований – это *Rhynchotalona latens* – редкий ледниковый реликт. Эти организмы крайне редко встречаются на территории России.

Полевые работы проводились в соответствии с Государственной программой повышения конкурентоспособности Казанского федерального университета и финансировались за счет субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету по государственному заданию № 671-2020-0049. Часть этой работы, касающаяся лабораторных исследований и микроскопии субфоссильных Cladocera, была поддержана Российским научным фондом (проект № 20-17-00135).

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЭКСПРЕССИЯ ФАКТОРОВ ЗАЩИТНЫХ РЕАКЦИЙ МОЛЛЮСКОВ *PLANORBARIUS CORNEUS* ПРИ ШИСТОСОМАТИДНОЙ ИНВАЗИИ

Ю. А. Орлов, Е. Е. Прохорова, А. С. Токмакова, Г. Л. Атаев

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

Лаборатория экспериментальной зоологии,

191186 Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, д. 48, ataev@herzen.spb.ru

Изучение иммунитета беспозвоночных разных таксонов – интенсивно развивающаяся область сравнительной иммунологии, в которой защитные реакции брюхоногих моллюсков на трематодную инвазию занимают особое место. Уникальная специфичность трематод по отношению к промежуточному хозяину-моллюску определяет два направления исследований. Первое – паразитологическое и иммунологическое – посвящено изучению механизмов резистентности, защитных реакций на паразитарную инвазию, этапов их реализации. Второе – молекулярно-генетическое – направлено на выявление генетических основ резистентности и формирования иммунного ответа моллюсков на заражение трематодами.

Одним из путей выявления генетических основ резистентности иммунитета pulmonat является анализ экспрессии факторов защитных реакций, в частности – сравнение экспрессии генов у моллюсков с разным уровнем восприимчивости к трематодной инвазии. Исследования в этой области требуют расширения круга моделей и исследования природных популяций, а также использования современных методов анализа геномов и транскриптомов.

Ранее был выполнен анализ экспрессии генов, кодирующих факторы защитных реакций *Planorbarius corneus*. Было показано, что уровень экспрессии нескольких генов различается у незараженных и зараженных трематодами разных видов моллюсков (Атаев et al., 2016). Для более детального анализа был выполнен транскриптомный анализ. В работе использовали моллюсков (n = 10), зараженных трематодами *Bilharziella polonica* (сем. Schistosomatidae), а также незараженных особей (n = 10). РНК выделяли из пулированных гемоцитов. Фракцию мРНК обогатили методом амплификации с поли-Т праймерами, на ее основе приготовили библиотеки для секвенирования, которое было выполнено в компании «Генотек» (Москва).

На основе полученных наборов транскриптов с использованием oases был собран общий для зараженных и незараженных особей транскриптом. После кластеризации (95%) транскриптов получили 488655 последовательностей, среди которых было выявлено около 90% универсальных для эукариотических и метазойных организмов ортологов и около 55% таких генов для моллюсков. Путем трансляции открытых рамок считывания был определен предполагаемый протеом гемоцитов, который включал 56865 полипептидов. Их аннотировали с помощью BLAST и базы данных NCBI. Домены были предсказаны с помощью InterProScan. Было обнаружено около 2000 белков с доменами, характерными для факторов иммунного ответа. Самыми распространёнными оказались иммуноглобулиновый и фибриногеновый. Также выявлены транскрипты, кодирующие дерматопоинтин, фактор агрегации амебоцитов, факторы комплемента, цитокины, интегрины и др.

Для анализа дифференциальной экспрессии генов при заражении моллюска трематодами применили пакет для R, EdgeR. В результате обнаружили 1657 дифференциально экспрессирующихся (ДЭ) транскриптов, из которых 721 демонстрировал повышенную экспрессию у зараженных животных, а 936 пониженную. Гемоциты зараженных трематодами улиток имеют большую репликационную, транскрипционную, трансляционную активность и более интенсивный энергетический метаболизм.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки научных исследований молодых российских ученых – кандидатов и докторов наук № МК-1015.2021.1.4.

ЗИМНИЙ МЕЙОБЕНТОС ОЗ. КРИВОЕ (КАРЕЛИЯ)

В. А. Петухов, А. О. Смуров

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Зоологический институт
Российской академии наук, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 1,
Vasily.Petukhov@zin.ru

Наша работа посвящена сравнению количественного развития мейобентоса в вегетационный период и в зимнее время в димектическом полярном оз. Кривое (Карелия). Зимний мейобентос оказался значительно беднее по видовому составу, чем мейобентос вегетационного периода (14 и 29 видов соответственно). Среди 8 традиционных групп мейобентоса, найденных в озере в течение вегетационного сезона – Nematoda, Ostracoda, Cyclopoidea, Harpacticoida, Hydracarina, Cladocera, Chironomidae и Oligochaeta, зимой не развиваются Ostracoda и Cladocera. Гидракаринины, которые в отдельные годы дают вспышку численности в сентябре, по инерции, могут сохранять значительную плотность в конце октября - начале ноября при низкой температуре. Впоследствии, они исчезают из состава зимнего мейобентоса и никогда не были встречены в период с января по май.

Среди Nematoda в зимнем мейобентосе встречены 8 видов, в отличие от 17 видов в летнем мейобентосе. Представители отряда Mononchida (2 вида) населяют сублитораль и профундаль озера и встречаются в бентосе круглый год. Остальные 15 видов населяют литоральную зону озера. Виды, относящиеся к отрядам Monhysterida и Araeolaimida, встречаются только в течение вегетационного сезона. Нематоды из отряда Dorylaimida встречаются в прибрежье весь год.

Доля эвмейобентоса в составе мейобентоса с глубиной изменяется одинаково в зимний и вегетационный период. Особенностью оз. Кривое, которое делает его уникальным среди приполярных озер является высокая биомасса в профундали зимой – 0.14 г/м^2 , которая хоть и достоверно, но не сильно отличается от таковой в вегетационный период – 0.2 г/м^2 . В литорали и сублиторали зимой, по сравнению с вегетационным сезоном, наблюдается значительное снижение биомассы мейобентоса с 0.47 г/м^2 до 0.03 г/м^2 и с 0.05 г/м^2 , до 0.001 г/м^2 соответственно. Биомасса зимнего мейобентоса достоверно положительно коррелирует с биомассой сентябрьского мейобентоса $r = 0.82$ ($p < 0.001$) и с таковой в мае следующего года $r = 0.56$ ($p < 0.03$). Корреляции между биомассами мейобентоса в разные месяцы вегетационного сезона при этом были не достоверны.

РАЗНООБРАЗИЕ ПРОТИСТОВ В СОЛЕННЫХ ВОДОЕМАХ РОССИИ ПО ДАННЫМ ДНК-МЕТАБАРКОДИНГА

А. О. Плотников, Е. А. Селиванова, Ю. А. Хлопко, В. Я. Катаев, А. С. Балкин

Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук, 46000, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11, protoz@mail.ru

Соленые и солоноватые водоемы широко распространены на разных континентах, однако разнообразие населяющих их протистов изучено намного слабее по сравнению с пресноводными и морскими местообитаниями. В связи с этим, наше исследование было нацелено на оценку разнообразия протистов в морских и континентальных соленых водоемах, расположенных на территории России. Для этого был использован современный метод ДНК-метабаркодинга, основанный на высокопроизводительном секвенировании региона V4 гена 18S рРНК, характеризующегося высоким разнообразием и таксон-специфичностью среди различных филогенетических линий и таксонов протистов. Указанные особенности определили широкое распространение данного варианта ДНК-метабаркодинга для оценки генетического разнообразия сообществ эукариот в разных водоемах.

Исследованы соленые Соль-Илецкие озера в Оренбургской области, оз. Эльтон и впадающие в него соленые реки в Волгоградской области, солоноватые и соленые озера Челябинской области, а также соленые озера и лагуны Республики Крым. Секвенирование 18S ДНК-библиотек проводили на секвенаторе MiSeq (Illumina, США). Всего секвенировано 79 ДНК-библиотек. Данные по составу сообществ обрабатывали комплексом биоинформатических программ.

В исследуемых сообществах соленых водоемов выявлено широкое генетическое разнообразие протистов, представленное 2215 операционными таксономическими единицами (ОТЕ) из 30 филумов. Доминирующие по численности протисты в изученных водоемах принадлежали таксономическим супергруппам Archaeplastida, Stramenopiles, Rhizaria и Opisthokonta. Анализировали структуру и богатство исследуемых сообществ протистов, а также связь указанных параметров с такими факторами, как тип биотопа (планктон, бентос), степень солености, географическое расположение водоема, а также происхождение водоема (морской, континентальный). Доминирующие ОТЕ и роды были специфичны для каждого водоема, но их богатство снижалось по мере возрастания минерализации. Доля специфичных для каждого водоема видов была намного выше, чем доля общих видов. Кластерный анализ сгруппировал сообщества протистов в соответствии с уровнем солености водоема и географической локализацией.

Установлена высокая доля уникальных сиквенсов протистов, не относящихся к описанным таксонам и не имеющих аналогов в базе данных GENBANK, что говорит о присутствии большого количества новых таксонов в исследованных водоемах.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

С. А. Поддубный¹, А. В. Законнова¹, А. И. Цветков¹, Л. Т. Трофименко², Н. В. Швець²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, пос. Борок,
Ярославская обл., Некоузский р-н, Россия, spod@ibiw.yaroslavl.ru

²ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 249035, г. Обнинск, Калужская обл., ул. Королева 6, Россия,
lt@meteo.ru

Анализируются изменения климата в бассейне волжских водохранилищ, многолетние и сезонные изменения притока в водоемы и их водообмена, режима уровня и температуры воды. Рассматриваются периоды до 1976 г. (относительно стационарный по климатическим условиям) и современный – после 2001 г. (с явными климатическими изменениями).

Изменения климата. В современный период среднегодовая температура воздуха по каскаду изменялась от 4.2°C (Рыбинское водохранилище) до 9.6°C (Волгоградское водохранилище) и была на 1–2°C выше, чем до потепления климата. В течение 2001–2019 гг. средняя температура воздуха в летний сезон (июнь–август) на водохранилищах каскада повысилась в среднем на 1.0°C по сравнению с периодом до 1976 г. Средняя скорость повышения летней температуры воздуха возрастала вниз по каскаду от 0.37°C/10 лет (г. Углич) до 0.79°C/10 лет (г. Волгоград).

Приток и водообмен. Объем притока в волжские водохранилища в современный период по сравнению с периодом до потепления климата в среднем увеличился на 12.4%. Наименьшее увеличение притока (на 7.6%) относилось к Рыбинскому водохранилищу, наибольшее (на 22.5%) – к Куйбышевскому. Объем притока от Ивановского до Куйбышевского водохранилища возрастал по экспоненциальной зависимости и ниже по каскаду не менялся по величине. В результате климатических изменений произошло внутригодовое перераспределение притока в водохранилища. Зимний приток на Верхней Волге увеличился на 44%, на Нижней – на 1.2%. Соответственно вклад весеннего половодья уменьшился на 34–57% для верхневолжских водохранилищ и на 2.8–11.5% – на Средней и Нижней Волге. Осенний приток по каскаду увеличился на 3.3–24%. Коэффициент водообмена водохранилищ в зависимости от объемов стока и колебаний уровня воды уменьшался или увеличивался на 5–13%, относительно полученных ранее величин.

Режим уровня. Для всех водохранилищ Волги характерно постепенное повышение уровня предполоводной сработки в среднем многолетнем плане на 0.33–1.86 м. Уровни наполнения в современный период по сравнению с уровнями до 1976 г. не изменились для Угличского и Саратовского водохранилищ, уменьшились на 15–54 см в Горьковском и Волгоградском и повысились на 8–58 см – в Ивановском, Рыбинском и Куйбышевском водохранилищах. Амплитуда сезонных колебаний уровня воды в водохранилищах после 2001 г. уменьшилась в 1.3–6 раз. Среднемесячные колебания уровня в течение года определялись режимом работы ГЭС, а колебания среднегодового уровня – в большей степени изменениями объема притока.

Термический режим. В период потепления климата установлено повышение средней температуры воды Рыбинского водохранилища во все месяцы при средней скорости 0.67°C/10 лет и максимальной в июле – 0.9°C/10 лет. В первый период (до 1976 г.) самая низкая летняя температура воды отмечалась в Рыбинском и Горьковском водохранилищах 18.2, 18.5°C, соответственно, а самая высокая – в Волгоградском – 20.0°C. Для современного периода (2001–2020 гг.) по уравнениям регрессии выполнены расчеты средней летней температуры воды в зависимости от температуры воздуха. Установлено повышение ее значений для всех водохранилищ Волги – от 0.8°C в Ивановском и Саратовском, до 2.0°C в Волгоградском по сравнению с периодом до потепления.

ХАРАКТЕРИСТИКА КАННИБАЛИЗМА САМОК И САМЦОВ БЕЛОМОРСКОЙ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ ВО ВРЕМЯ НЕРЕСТА

А. Л. Подлевских¹, А. С. Демчук^{1,2}, Т. С. Иванова¹, М. В. Иванов¹, Д. Л. Лайус¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9

²Зоологический институт РАН, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д.1, ann-vesta201395@yandex.ru

Трехиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus* L.) – самый массовый вид рыб Белого моря, поэтому изучение ее трофических связей важно для понимания функционирования всей беломорской экосистемы. Предыдущие исследования питания колюшки показали, что для этого вида характерен каннибализм, в частности, поедание икры. Целью данного исследования является сравнение каннибализма самок и самцов трехиглой колюшки, чье поведение на местах нереста различается: самки сбиваются в группы и нападают на гнезда, а самцы ухаживают за гнездом и охраняют его; при этом самцы, не имеющие гнезд, могут вести себя как самки.

Материал собирали в 2019 г. в течение всего нерестового периода вблизи УНБ СПбГУ в Кандалакшском заливе Белого моря. Рыбы были пойманы равнокрылым мальковым неводом, желудки фиксировались 4% формалином. При обнаружении в желудках икры определялась стадия ее развития согласно классической таблице (Swarup, 1958).

Из изученных 870 особей икра была обнаружена у 249 (29%). Среднее число икринок у самцов и самок достоверно не отличалось (12.27 ± 1.23 и 15.03 ± 1.27 ; ANOVA, $F_{1, 246} = 1.32$, $p = 0.25$). Во всех случаях присутствовали эмбрионы, стадию развития которых нельзя было определить из-за их сильного повреждения. Их доля у самок была достоверно ниже, чем у самцов ($42.4 \pm 2.7\%$ и $54.8 \pm 3.2\%$ соответственно, ANOVA, $F_{1, 228} = 8.71$, $p < 0.05$). Возможно, это связано с тем, что самцы, ухаживающие за гнездами, целенаправленно выедают испорченную икру, соответственно, ее доля в их желудках выше.

При анализе количества стадий развития икры было выявлено, что желудки самцов могли содержать одновременно до 5 различных стадий развития эмбрионов, тогда как желудки самок – до 8 стадий (ANOVA, $F_{1, 139} = 8.32$, $p < 0.01$). Доля неоплодотворенных икринок у самцов ($22.5 \pm 4.0\%$) была достоверно выше, чем у самок ($9.0 \pm 2.4\%$) (ANOVA, $F_{1, 192} = 8.8$, $p < 0.05$), что также можно объяснить заботой о потомстве.

Наибольшую долю из начавших развитие эмбрионов в желудках рыб обоих полов на протяжении всего нереста составляла 1-я стадия, продолжительность которой составляет около 1.5 часов. Поэтому можно предположить, что новые гнезда во время нереста появляются постоянно, но значительная их доля очень быстро выедается. В целом, разнообразие стадий развития икры возрастало с течением нерестового периода.

Таким образом, паттерны каннибализма трехиглой колюшки различаются у самцов и самок. У самок разнообразие стадий развития съеденной икры выше, при этом доля поврежденной и неоплодотворенной икры ниже, чем у самцов. Эти отличия, вероятно, связаны с разным поведением обоих полов во время нереста.

Работа была выполнена при поддержке гранта РНФ 19-14-00092 «Осиная талия» экосистем северных морей: долговременная динамика, популяционная структура и трофические связи массовых пелагических рыб Белого и Балтийского морей.

РОЛЬ ЛИЧИНОК МИНОГ В ДОННЫХ ЦЕНОЗАХ ВОДОЁМОВ И ВОДОТОКОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ».

Н. В. Полякова¹, А. В. Кучерявый¹, А. С. Демчук², А. В. Колотей¹, А. О. Звездин¹,
В. Р. Хохряков³

¹Институт проблем эволюции и экологии им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Ленинский пр., д. 33, nvpnataly@yandex.ru

²Санкт-Петербургский Государственный университет, Санкт-Петербург,
Университетская наб., д. 7/9

³ФГБУ «Национальный парк «Смоленское Поозерье», Смоленская обл., Демидовский р-н,
кп. Пржевальское, д. Подосинки, ул. Гуревича, д. 19

В реках, расположенных на территории национального парка «Смоленское Поозерье» отмечены миноги, относящиеся к родам *Lampetra* и *Eudontomyzon*. Их личинки, проводя в грунте в среднем 5–6 лет, могут играть большую роль в трансформации вещества и энергии в донных экосистемах.

В августе 2020 года были проведены исследования местообитаний пескороек в реке Ильжица, а также озере Баклановское. Были отобраны пробы макрозообентоса (пробоотборник 1/189 кв. м и зубчатый водолазный дночерпатель 1/20 кв. м) и дополнительно проведён количественный учёт личинок с помощью сети Киналёва.

В реке Ильжица исследования проведены от устья (места впадения в реку Ельша) и на протяжении 2.053 км выше по течению. Всего материал отобран на 13 станциях. Личинки миног присутствовали на всём протяжении исследованного участка, численность их составляла 5–150 экз./кв. м без учёта сеголетков. Общая численность макрозообентоса колебалась от 1.6 до 16 тыс. экз./ кв. м. На большинстве станций преобладали личинки комаров сем. Chironomidae (45–99.5%). Биомасса зообентоса составила 3.9–61.3 г/кв. м (в среднем 15.3 г/кв. м) без учёта пескороек. Максимальные значения биомассы обусловлены присутствием пиявок. Значительную долю в общей биомассе на отдельных станциях составляли личинки слепней Tabanidae и вислоккрылок Megaloptera. Биомасса пескороек составляла в среднем 20–30 г/кв. м (в отдельных случаях выше 100 г/кв. м), на большинстве станций составляя более 50% от общего показателя, часто достигая 90% и выше.

В озере Баклановское отобраны пробы в месте впадения реки Сенокосица. Личинки пойманы непосредственно в озере на глубинах до 2 м, на более глубоких участках исследование не проводили. Личинки на данном участке обитают в течение всего года, что показано при дополнительных наблюдениях, проведённых в сентябре 2020, январе и июне 2021 года – при отборе проб макрозообентоса дночерпателем Ван-Вина, во всех пробах отмечены пескоройки. Общая численность зообентоса – 5.5–7.2 тыс. экз./ кв. м. Преобладающими по численности были Oligochaeta и Chironomidae, составляя в совокупности 70–95%. Численность личинок миног составляла 10–60 экз./ кв. м. На исследованном участке отмечены личинки ручейников Trichoptera, вислоккрылок Megaloptera и подёнок Ephemeroptera и крупные двустворчатые моллюски *Anodonta* sp. Последние вносят большой вклад в биомассу, т.к. плотность их поселения составляла 40–60 экз./ кв. м. Таким образом, в озёрном местообитании биомасса определялась не только личинками миног, но и моллюсками. Однако вклад пескороек в биомассу может составлять до 50%.

Таким образом, показано, что личинки миног образуя большие скопления в грунте и достигая высоких показателей биомассы могут играть важную роль в сообществах донных организмов.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ОЗЕРНО-РЕЧНЫХ СИСТЕМ ЗАПАДНЫХ СКЛОНОВ ПРИПОЛЯРНОГО И ПОЛЯРНОГО УРАЛА

В. И. Пономарев

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, Россия, Сыктывкар,
ул. Коммунистическая, 28, ponomarev@ib.komisc.ru*

Работа выполнена в 1994–2021 гг. в бассейнах десяти уральских притоков р. Печора I–III порядка, реках Торговая, Малый Паток, Большой Паток, Войвож-Сыня, Вангыр, Косью, Кожим, Лемва, Большая Уса и Малая Уса. Ранее нами при изучении характера распределения рыбного населения в магистральных руслах ряда водотоков западных склонов Северного, Приполярного и Полярного Урала была выявлена его обусловленность не столько принадлежностью к основным ландшафтам (горный, предгорный и равнинный, высота 90–270 м над уровнем моря), сколько с увеличивающимся с продвижением вниз по течению разнообразием местообитаний рыб, а также особенностями истории формирования местной ихтиофауны.

Показано, что рыбное население озерно-речных систем бассейнов уральских притоков Печоры, включающее 15 видов из девяти семейств, распределено весьма мозаично. В частности, сибирский хариус встречается лишь в озерах бассейнов рек Торговая, Большой Паток, Кожим и Лемва, в то время как сибирский сиг-пыжьян – в озерно-речных системах рек Малый Паток, Вангыр, Большая и Малая Уса), а пелядь – в бассейнах рек Большой Паток и Вангыр, а также в некоторых озерах Полярного Урала.

При изучении широтного распределения рыбной части водных сообществ рассматриваемого региона не выявлено четких закономерностей, при этом большинство видов встречается в водных системах Приполярного и Полярного Урала практически независимо от их широты (европейский и сибирский хариус, щука, обыкновенный голяк, налим, окунь и др.). В ряде случаев (нельма, чир, озерный голяк, усатый голец) распространение видов имеет локальный характер и ограничивается несколькими или даже единичными водоемами.

Установлено, что распределение рыбного населения горных и предгорных озер, расположенных на водосборах десяти изученных горных притоков р. Печора, имеет свою специфику при их сопоставлении в высотном градиенте. За редким исключением, с увеличением высоты над уровнем моря количество обитающих в этих водоемах видов рыб существенно сокращается. Выявлено значительное количество озер, лишенных рыбного населения. Такие водоемы обычно располагаются в горных карах, лишены связи с водотоками и, как правило, локализованы в максимальных высотных градиентах, существенно варьирующих в бассейнах различных уральских рек.

По составу рыбного населения озера, расположенные на высоте свыше 500 м, можно охарактеризовать как голецовые, голецово-хариусовые, хариусовые и голякные. Далее по мере понижения высотного градиента появляются щучьи, плотвичьи и окуневые озера, затем, на высоте 200–300 м над уровнем моря, сиговые, сигово-щучьи, пеляжьи, а впоследствии и ряд вариаций озер с доминированием в составе рыбного населения плотвы и окуня, плотвы и пеляди, окуня и голяка, окуня и щуки, хариуса и окуня, хариуса и ерша, окуня и ерша, пеляди и хариуса и др.

Максимальные высоты, на которых обнаружены те или иные виды рыб, в значительной степени определяются общей высотой горных хребтов в различных областях Урала; на в северной и центральной областях Приполярного Урала большинство горных озер расположено на высоте до 1000 и более метров над уровнем моря, тогда как на Полярном – преимущественно в градиенте 200–500 м. В целом распределение рыбного населения озерно-речных систем западных склонов Приполярного и Полярного Урала в значительной степени определяется приуроченностью к тем или иным высотным градиентам и происхождением ихтиофауны конкретных водных бассейнов.

РАЗНООБРАЗИЕ И СТАБИЛЬНОСТЬ МИКРОБИОМОВ ПРЕСНОВОДНЫХ ИНFUЗОРИЙ

А. А. Потехин^{1,2}, Ю. А. Хлопко³, В. Я. Катаев³, А. С. Балкин³, Е. В. Пенькова¹,
А. О. Плотников³

¹Санкт-Петербургский государственный университет, биологический факультет, кафедра микробиологии, Университетская наб. 7/9, 199034, Санкт-Петербург,

alexey.potekhin@spbu.ru

²Зоологический институт РАН, Университетская наб. 1, 199034, Санкт-Петербург

³Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН,

ул. Пионерская, 11, 460000, Оренбург

Взаимодействия между протистами и бактериями в природе остаются малоизученными, хотя одноклеточные эукариоты и прокариоты так или иначе сосуществуют во всех экосистемах. Известно множество специализированных симбиозов между инфузориями и бактериями, как правило облигатных для симбионтов и факультативных для хозяев. В последние годы установлено, что инфузории также обладают собственными микробиомами – каждая клетка инфузории выступает как экологическая ниша для сообщества прокариотических микроорганизмов. Стабильность таких сообществ, их минимальный состав, характер взаимодействий участников микробиома друг с другом и с хозяином, а также необходимость микробиома для инфузории остаются неизвестными.

Мы провели сравнительный анализ микробиомов пресноводных инфузорий *Stentor coeruleus* с помощью метабаркодинга по гену 16S рРНК. Исследовали микробиомы *Stentor* из трех географически удаленных и сильно различающихся биотопов (озеро в Центральной Мексике, лесной пруд в Южной Мексике, городской пруд в Таллине, Эстония). Для сравнения анализировали микробиомы инфузорий *Dileptus* sp., выделенных из того же пруда в Таллине. Микробиомы инфузорий из одного и того же биотопа были очень сходны. При этом различия в микробиомах *S. coeruleus* из разных популяций были существенными. Тем не менее, микробиомы "мексиканских" и "эстонских" стенторов оказались более сходными друг с другом, чем микробиомы *Stentor* и *Dileptus* из одного и того же водоема. В микробиомах *S. coeruleus* было выявлено много бактерий, принадлежащих к родам, включающим патогенные или условно-патогенные виды. Результаты метабаркодинга показали, что стенторы всех трех популяций содержали также симбиотических бактерий рода *Megaira*.

Аналогичный анализ микробиома был проведен и для нескольких видов инфузорий *Paramecium*. В частности, исследовали микробные сообщества, ассоциированные с клетками инфузорий, выделенных в Городищенском озере (Псковская область). Выявленное сходство микробиомов инфузорий одного вида и различия по составу микробиомов между инфузориями разных видов из одного местообитания подтвердили данные, полученные для *Stentor*. Также мы провели сравнение микробиомов *P. caudatum* у инфузорий, выделенных непосредственно из воды природного водоема, через несколько суток после введения инфузорий в лабораторную культуру и после длительного культивирования в лабораторной среде. Отдельно исследовали минимальный микробиом *Paramecium*, определяя бактерий, сохраняющихся в ассоциации с клетками инфузорий после обработки несколькими антибиотиками. Было показано, что наиболее богатые микробные сообщества характерны для инфузорий, выделенных непосредственно из природного водоема, при культивировании в лаборатории, в том числе – под воздействием антибиотиков, микробиомы обедняются по таксономическому составу, но сохраняются.

Наконец, мы показали, что бактерии из микробиома, в частности, представители рода *Flavobacterium*, могут занимать освободившуюся нишу после исчезновения из клеток *Paramecium* специализированных симбионтов.

Исследования поддержаны грантом РФФИ 19-04-01256а.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА В ГРАДИЕНТЕ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А. А. Прокин

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, prokina@mail.ru

При изучении структуры сообществ, определяемой на основании распределения показателей обилия видов (численности, биомассы или, что более объективно, их интегральной характеристики в виде какого-либо из индексов плотности), традиционно используют математический аппарат, основанный на оценке доминирования – выравниваемости (индексы Шеннона, Симпсона; энтропия Реньи и др.), когда максимально разнообразным и устойчивым считается наиболее выровненное сообщество, с одинаковыми показателями каждого вида. В данном случае структурную близость сообщества предельному «идеальному» описывают с помощью различных мер избыточности, например, показателя Фон Ферстера: $R = 1 - H/H_{\max}$, когда при $H = H_{\max}$ $R=0$.

Данный подход применим для сообществ макрозообентоса Р(Петерсен)–типа в терминологии А.А. Протасова (1989), но не применим к сообществам М(Мёбиус)–типа, консортивных, где доминант является эдификатором и его показатели обилия закономерно значительно превышают таковые прочих.

Сообщества с высокой долей доминирования не всегда относятся к консортивным, часто их доминанты не имеют свойств эдификаторов. Сверхдоминирование одного или реже нескольких видов может быть следствием кратковременной вспышки развития (руководящий(ие) вид(ы) сезонного аспекта), либо продемонстрировать значительно бóльшую эффективность доминанта(ов) в освоении ресурсов (в первую очередь трофических). Как правило, такие доминанты характеризуются относительной эврибионтностью и обширным ареалом. Примеры первого случая часто предоставляют хирономиды и олигохеты, второго – гаммариды (например, *Gammarus lacustris*) и другие группы, способные «оккупировать» максимум доступных ресурсов биотопа. Следовательно, необходимо выделить те сообщества, которые мы без сомнения можно считать консортивными (М–тип), указав на их отличительные признаки. Эти признаки обусловлены тем, что здесь доминант является эдификатором: 1) он кондиционирует среду, обеспечивая поступление новых трофических ресурсов, 2) обеспечивает появление новых топических ресурсов, 3) жизненный цикл эдификатора более длительный, чем у ассектаторов.

Для сообществ М–типа мы предлагаем считать «идеальным» такое, где распределение обилий видов максимально приближено к гиперболе с показателем $\alpha = 1$. В этом случае, по аналогии с Р–сообществами соответствие реального сообщества «идеальному» можно оценить с помощью показателя $R' = |1-\alpha| = |1-\alpha|$, при $\alpha = 1$ $R' = 0$.

Таким образом, совместное использование показателей R и R' математически позволяет определить положение сообщества в МР–градиенте, но для принятия решения о том в сторону какого полюса направлено развитие сообщества и, соответственно, какой из показателей более адекватен для оценки его структурной организации, необходимо максимально учитывать биологические особенности доминирующих видов.

Автор благодарен Д. Г. Селезеву (ИБВВ РАН) за обсуждение данного сообщения.
Работа выполнена в рамках государственного задания № 121051100109-1.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВУХ ТЕХНОГЕННЫХ ВОДОЁМОВ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

А. А. Протасов¹, Т. Н. Новосёлова¹, Ю. Ф. Громова¹, О. В. Томченко²

¹Институт гидробиологии НАН Украины, просп. Героев Сталинграда, 12, 04210, Киев, pr1717@ukr.net

²Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины, ул. О. Гончара, 55-б, 01054, Киев,

Проведено сравнение двух, близко расположенных водохранилищ на р. Южный Буг и её притоке, в южном регионе Украины, они входят в состав энергокомплекса, включающего АЭС, ГАЭС и ГЭС. Одно из них (Ташлыкское, **Та**) является водоемом-охладителем атомной электростанции, другое (Александровское, **Ал**) используется для комплексных целей. Натурные исследования проводились в летний период 2018 года, ранее периодические исследования двух водоёмов проводились с 1980-х годов.

В 2018 г. диапазоны температуры в двух водоемах существенно различались: от 31.1°C до 41.2°C в **Та**, от 26.1 до 27.8°C в **Ал**. Гетерогенность распределения термических полей в **Та** была довольно высокой. Максимальная температура воды была в средней части в районе выхода сбросного канала АЭС. В **Ал** некоторое повышение температуры отмечено в нижней его части. Получены данные по показателям обилия фито- и зоопланктона на ряде станций, по всей акватории водоёмов. При помощи ГИС-технологии были построены сплайны распределения показателей численности и биомассы в них. Это позволило смоделировать распределение обилия планктона по продольному профилю в каждом водоёме. В **Та** по профилю выделяются 2 зоны снижения температуры, это зоны вне непосредственного влияния сбросов в верхней и нижней частях водоёма. Однако обилие фитопланктона (2.0–4.3 мг/дм³) изменялось мало по профилю, в отличие от зоопланктона (биомасса его изменялась от 0.5 до 7.2 г/м³). Показатели прозрачности воды по диску Секки изменялись от 0.6 (зона высоких температур) до 1.5 м. В этих зонах отмечено возрастание разнообразия планктона, как в расчете по численности, так и биомассе. В **Ал** наблюдалась совершенно иная картина: высокая прозрачность воды (до 2 м), соответственно – относительно невысокие показатели обилия фитопланктона сохранялись от верховья до средней части водохранилища, затем резко снижались (до 0.6 м) к плотине. Здесь наблюдалось «цветение» воды (биомасса фитопланктона достигала 56.1 при минимуме в верховье 0.18 мг/дм³). Биомасса зоопланктона различалась еще больше: от 0.02 до 12.6 г/м³.

В условиях климатических изменений, важным трендом которых является повышение температуры, два исследованных водных объекта могут рассматриваться в сравнительном аспекте: охладитель – как модель возможного изменения термического режима и ответа биоты на эти изменения. На основе данных спутника Landsat-8 был проведен анализ термических условий в двух водоёмах на фоне изменений термических условий в приземном слое атмосферы вблизи водоёмов на суше, на площадке, сопоставимой по площади с площадью водоёмов. Были использованы все имеющиеся космические снимки за период с 2013 по 2020 гг. С помощью ГИС-технологий получена средняя температура на акватории или выделенной территории.

Температура на суше имела хорошо выраженную тенденцию к росту, от 33 до 35°C (взяты только летние температуры). Оказалось, что минимальные показатели температуры снижались за период анализа, а максимальные температуры, наоборот, возрастали. В **Та**, как объекте технического, термический режим был более связан с функционированием систем охлаждения АЭС, температура практически не изменялась (была около 32°C). Для **Ал** также как и для суши наблюдалось повышение средней температуры. Если установленный тренд изменений температуры для **Ал** будет сохраняться, то в ближайшие 10 лет можно будет наблюдать увеличение средних летних температур до уровня, характерного для водоема-охладителя в настоящее время. Последствия могут быть катастрофическими, поскольку здесь отсутствуют факторы техногенной циркуляции и аэрации вод.

МАКРОБЕНТОС УЧАСТКА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЙОНЕ ДАРВИНОВСКОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Е. Г. Пряничникова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, 101, pryanichnikova_e@ibiw.ru

В конце августа 2020 г. в Моложском плесе Рыбинского водохранилища возобновлен мониторинг показателей макробентоса в охранной зоне Дарвиновского природного биосферного заповедника. Сетка станций по возможности совпадает с стандартной гидробиологической сеткой, на которой ранее проводили сбор проб сотрудники заповедника. Особый интерес представляют наблюдения на бывшем Демьяновском озере. Это озеро было затоплено при создании Рыбинского водохранилища. До залития озеро только во время весеннего паводка соединялось с Мологой на непродолжительный срок. Остальное же время года оно было непроточным. После залития озеро вошло в общий плес Лоши, который соединен проходами между островами с поймой Мологи. На затопленном озере мы собрали пробы бентоса на разрезе из пяти точек. Глубина варьировала от 4 до 20 м. Также в двух точках возле д. Борок был проведен качественный отбор проб бентоса при помощи гидробиологического сачка на глубинах до 1 м. Грунты были представлены несколькими типами илов в местах сбора количественных и песчаными грунтами в местах отбора качественных проб. Всего было исследовано 8 количественных и 2 качественные пробы.

Нами выявлено 24 НОТ (низших определяемых таксонов), из них наиболее представлены моллюски (8) и олигохеты (6). Чуть меньше было отмечено личинок хирономид (5). Стоит отметить отсутствие пиявок во всех пробах. Единично отмечены представители ракообразных, мокрецов и ручейников. На ст. 1 в пробе не обнаружены живые организмы. В доминантный комплекс видов вошли представители основных таксономических групп *Cincinna piscinalis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Potamothrix hammoniensis*, *Chironomus* гр. *plumosus*, *Cryptochironomus* гр. *defectus*.

Численность бентоса в среднем составила 407 ± 197 экз./ м², а биомасса (без учета организмов мегабентоса) 1.55 ± 1.09 г/м². Наиболее представлены хирономиды (143 ± 61 экз./ м² и 0.6 ± 0.3 г/м²) и олигохеты (143 ± 47 экз./ м² и 0.3 ± 0.1 г/м²).

В макробентосе отмечены четыре трофические группы из пяти возможных. В количественных пробах отсутствовали представители детритофагов-собирателей, то время как в качественных в значительном количестве отмечен *Gmelinoides fasciatus*. Основной трофической группой по численности были детритофаги-глотатели (37%). Эта группа сформирована исключительно олигохетами. По биомассе доминировали фитодетритофаги-фильтраторы+собиратели (более 60%). На станции 4 не учитывали биомассу полиморфной дрейссены, которая является фитодетритофагом-фильтратором по способу питания.

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В. Л. Разумовский¹, Л. В. Разумовский¹, Л. П. Черных²

¹Институт водных проблем Российской академии наук; Москва, 119333, Губкина, 3, nethaon@mail.ru

²Государственный бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна»»

Иваньковское водохранилище входит в группу самых старых водохранилищ России. Оно было образовано в 1937 г. при перекрытии р. Волги в районе с. Иваньково. За прошедшие десятилетия, экосистема водохранилища, его берега и ложе, претерпели существенные трансформации. Будучи одним из основных источников питьевого водоснабжения Московского мегаполиса, Иваньковское водохранилище испытывает достаточно серьезное многофакторное антропогенное воздействие. Основной целью проведенных исследований была апробация новой концепции комплексного мониторинга для оценки экологического состояния водохранилищ. Кроме традиционных форм гидробиологических и биоиндикационных исследований, был применен инновационный метод графического анализа (МГА) и принцип унификации биоиндикационных методов (УБМ).

Для экосистемы Иваньковского водохранилищ был сформулирован новый методологический подход. Он подразумевал совмещение двух традиционных методов: анализа диатомовых комплексов из колонок донных отложений (ДО), который применяется в палеолимнологии, и анализа фитопланктонных комплексов, который применяется при биомониторинге.

В результате комплексного мониторинга (2017–2019 гг.) в фитопланктоне было идентифицировано 149 видов-индикаторов сапробности (S). Минимальное значение индекса сапробности зафиксировано в мае 2017 г на Иваньковском плесе (1.24); максимальное – в августе 2018 г на Шошинском плесе (2.47).

Диатомовые комплексы из колонок ДО были изучены в двух пунктах: в районе Перетрусовского залива, и между малыми островами и западной оконечностью о. Грабиловка (далее – Острова). МГА не выявил по очертаниям построенных гистограмм признаков переотложения. Это позволило в дальнейшем провести реконструкцию долговременных изменений трофического статуса водохранилища.

В Перетрусовском заливе констатируется выраженная сапробизация, что, вероятно связано с процессами зарастания, обмеления и накоплением органики. За проанализированный промежуток времени численные значения индекс сапробности (S) выросли от 1.575 до 1.725, что соответствует β-мезосапробной зоне. В р-не Островов установлены незначительное изменения, носящие циклический характер.

В результате проведенных исследований, в системе Иванковского водохранилища установлена выраженная дифференциация уровня экологического благополучия в открытых, центральных частях и в прибрежной мелководной зоне. Открытые участки стабильно находятся на начальной стадии экологического напряжения и дальнейших негативных трансформаций не происходит. Это определяется высоким показателем водообмена, в результате которого происходит ежегодное десятикратное обновление вод в Иванковском водохранилище. Прибрежные, мелководные участки стабильно пребывают в состоянии сильного экологического напряжения с элементами экологического регресса.

Проведенный в 2017–2019 гг. мониторинг с применением инновационных методов биоиндикации позволяет наиболее объективно оценить экологическую ситуацию на акватории водохранилища и процессы долговременной трансформации его экосистемы.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИВП РАН тема № 0147-2019-0004 и Гранта РФФИ № 17-05-00673. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л. В. Разумовский¹, В. В. Законнов², Л. Г. Корнева², А. В. Анисимова¹

¹Институт водных проблем Российской академии наук; Москва, 119333, Губкина, 3,
l.razumovskiy1960@mail.ru

²Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук

Основной целью проведенных исследований была апробация нового алгоритма комплексного мониторинга. Информационная значимость исследований определялась совместным анализом диатомовых комплексов из колонок донных отложений (ДО) и современных фитопланктонных комплексов. Помимо традиционных форм химического и гидробиологического анализа были применены два авторских метода: метод графического анализа (МГА) и унификация биоиндикационных методов (УБМ).

Диатомовые комплексы были изучены из 2 колонок ДО, отобранных в районе Коприно в июле 2018 г. Длина колонок ДО составила 49 и 52 см. В колонках ДО было идентифицировано 65 низших таксонов диатомовых водорослей. К статистически значимым было отнесено 25 таксонов.

В результате применения МГА таксономических пропорций в диатомовых комплексах было установлено, что ни в одном из интервалов колонок ДО нет признаков переотложения осадков. Полученные результаты подтверждаются гранулометрическим составом ДО, а также данным по изменению магнитных параметров и процентного содержания органического вещества вдоль кернов ДО. Ранее, для фитопланктонных была констатирована высокая вариативность сценариев трансформации их таксономической структуры.

В образцах из колонок ДО, отобранных в р-не Коприно, было идентифицировано 52 вида-индикатора сапробности (S). Из них 3 вида – ксеносапробы, 20 видов – олигосапробы, 26 видов – β-мезосапробы, 3 вида – α-мезосапробы. В результате проведенных подсчетов на основе УБМ были получены численные значения S вдоль всего разреза колонок ДО.

Исходя из численных значений и линии тренда, в заливе идет выраженная сапробизация водоема, что, вероятно связано с процессами накопления органики. Темпы сапробизации этого участка Рыбинского водохранилища имеют нелинейный характер с тенденцией дальнейшего выхода из β-мезосапробной зоны. Аналогичные тенденции выявлены для концентрации P₂O₅. Выраженное повышение концентрации P₂O₅ свидетельствует об окончании периода умеренного эвтрофного статуса Рыбинского водохранилища, и очередного периода эвтрофирования водоема.

Вторая значимая закономерность – выраженная кумуляция Cu и Zn, в нижних горизонтах ДО, сформировавшихся в водохранилище над подстилающими речными и прирусловыми отложениями. Данная тенденция была уже выявлена ранее для ДО Ивановского водохранилища.

Дифференцированное негативное воздействие на акваторию водохранилища может привести к разнонаправленным экологическим модуляциям на её различных участках. Упомянутые экологические модуляции могут иметь различную событийную цикличность, что приведет к кажущимся стагнационным процессам экологического благополучия и реальному уменьшению общей устойчивости экосистемы.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИВП РАН тема № 0147-2019-0004 и Гранта РФФИ № 17-05-00673. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ МОРСКИХ РАКОВИННЫХ БРЮХОНОГИХ И
ЛОПАТОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA: GASTROPODA, SCAPHOPODA)
ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

З. Ю. Румянцева¹, И. О. Нехаев²

¹*Мурманский морской биологический институт РАН, 183010, г. Мурманск, Россия,
rumyantseva@mmbi.info*

²*Кафедра прикладной экологии, Санкт-Петербургский государственный университет,
199178, Санкт-Петербург, Россия, inekhaev@gmail.com*

При изучении распространения раковинных брюхоногих и лопатоногих моллюсков в Баренцевом море основной акцент ставился только на прибрежных регионах, тогда как ни видовой состав, ни особенности распределения в открытых районах моря не описаны.

В ходе настоящего исследования были использованы результаты экспедиций ММБИ РАН, проведенные в 2000–2019 гг. Степень влияния факторов среды на распределение видов оценивали при помощи канонического анализа соответствий (Canonical correspondence analysis) (Legendre, Legendre 1998). Ожидаемое количество видов было рассчитано с помощью непараметрических оценок Chao2 и Jackknife 1 (Colwell and Coddington, 1994).

Фауна брюхоногих и лопатоногих моллюсков в открытых районах Баренцева моря в ходе исследования была установлена не полностью и составила: 60 видов раковинных брюхоногих и 5 видов лопатоногих моллюсков. Предполагаемое число видов, оцененное с помощью Chao 2, равняется 110, Jackknife 1 – 94. Эти данные показывают, что реальное разнообразие видов региона гораздо выше. Однако, данное исследование впервые охватило разнообразие всех таксонов Gastropoda и Scaphopoda открытой части Баренцева моря и является важным шагом для дальнейшего изучения.

По результатам канонического анализа соответствия выявлены виды, имеющие достаточно широкий диапазон толерантности к факторам среды и встречающиеся практически повсеместно. Остальные виды условно можно разделить на две группы. Распределение первой из них в большей степени связано с типом грунта. Грунт, также как и глубина, не является обособленным фактором, потому что с ним прямо или косвенно связан комплекс других, например наличие и характер придонных течений и придонная температура. Распределение другой группы видов оказалось в большей степени приурочено к переменным, которые описывают пространственное распространение (географическое положение и глубина) и не являются непосредственно средовыми факторами. Распределение этой группы видов с грунтом связано в меньшей степени. Корреляция с пространственными переменными может отражать зависимость от факторов, которые имеют чёткий географический градиент. К таким факторам может относиться гидрологический режим, который многими авторами признается основной причиной неоднородности населения Баренцева моря.

ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИЙ ПСЕВДОМОНАДНОГО КОМПЛЕКСА, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ МИКРОФЛОРЫ *PARASALMO MYKISS*

А. И. Савушкин, Н. А. Сидорова

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» Республика Карелия,
г. Петрозаводск, просп. Ленина, д. 33, fagafon@yandex.ru

Бактерии псевдомонадного комплекса относятся к типу *Proteobacteria*; классу *Gammaproteobacteria*; отряду *Pseudomonadales*; семейству *Pseudomonadaceae* (LPSN – List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (<https://lpsn.dsmz.de>)). Это довольно гетерогенная группа прокариот, которая включает, как сапрофитные, так условно-патогенные и патогенные виды. Среди патогенов обнаружены возбудители оппортунистических инфекций рыб: *P. anguilliseptica* (Wakabayashi and Egusa, 1972), *P. chlororaphis* (Hatai et al., 1975), *P. putida* (Altinok et al., 2006), *P. luteola* (Altinok et al., 2007), *P. alcaligenes* и *P. cichorii* (Обухова, Сидорова, 2013). Псевдомонады широко распространены, адаптированы к неблагоприятным факторам, вариабельны по спектру вирулентности, способны к эндогенному и экзогенному заражению. На фоне индустриальной аквакультуры, изменения качества внутриводоемных процессов и нерациональной антибиотикотерапии проявление вирулентных свойств бактерий меняется, эпизоотии становятся неуправляемыми и сопровождаются высокой летальностью рыбы. Для изучения инфекционного потенциала возбудителей традиционно используются методы молекулярной диагностики. Оценке разнообразия фенотипов уделяется мало внимания, несмотря на значительную роль фенотипических признаков в естественном отборе и адаптивных реакциях в ответ на факторы среды. Поэтому изучение фенотипических свойств бактерий псевдомонадного комплекса всегда актуально и необходимо для постоянного пополнения информации о биологических особенностях разных представителей рода, включая механизмы приспособления к меняющимся условиям окружающей среды. В период с 2019 по 2020 гг. выполнены исследования фенотипического полиморфизма псевдомонад, выделенных из микрофлоры 57 особей *Parasalmo mykiss* в возрасте 1+ и 2+, отобранных из водоемов, расположенных на территории Карелии. Накопительные культуры бактерий получали из пораженных участков кожи, внутренних органов (печени, селезенки) и крови при выраженном сепсисе. Идентификацию выполняли по комплексу морфологических, тинкториальных, культуральных и биохимических признаков, регламентированных в Определители бактерий Берджи (1997) с использованием основных, дифференциально-диагностических и элективных питательных сред. К маркерам фенотипического полиморфизма относили факторы вирулентности, характеризующие плазмокоагулязную, протеолитическую и гемолитическую активность, а также способность к био пленкообразованию (БПО) и антилизоцимную активность (АЛА) бактерий. После типирования псевдомонад до рода установлено, что они составляли в среднем 54.2% от общего количества выделенных микроорганизмов. Наибольшее количество штаммов 62.9% выделено из некротических очагов с поверхности кожи, местами переходящих в язвенные поражения. У всех изолятов установлено присутствие протеазной и антилизоцимной активности. Количество штаммов, вызывающих коагуляцию белков сыворотки крови изменялось от 14.2 до 27.6%. На кровяном агаре число штаммов, вызывающих α -гемолиз находилось в диапазоне от 11.3 до 36.4%. Феномен био пленкообразования зарегистрирован для 32.9 – 64.5% выделенных псевдомонад. Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что выделенные фенотипические варианты бактерий псевдомонадного комплекса обладают выраженной вирулентностью, которая в большей степени проявляется в виде протеолитической и антилизоцимной активности. Полученные данные могут быть использованы для мониторинга возбудителей инфекций бактериальной этиологии у радужной форели, а также для разработки эффективных способов их индикации и диагностики.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ (проект № 20-66-47012) совместно с Иркутским государственным университетом.

ОБЗОР ФАУНЫ ВОДНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (COLEOPTERA) САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. С. Сажнев

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская обл., пос. Борок, 101, sazh@list.ru

Около 12600 (>3% от всех видов) описанных видов жесткокрылых в своей жизнедеятельности связаны с водной средой. Из них для Европейской части России известно >450 видов. Для Саратовской области известно 276 видов водных (включая фитофильных Chrysomelidae и Curculionidae) жесткокрылых из 18 семейств: Sphaeriidae – 1 вид (по прогнозу 1 вид), Gyridae – 8 (10), Halplidae – 15 (19), Noteridae – 2 (2), Dytiscidae – 95 (>115), Helophoridae – 12 (16), Georissidae – 2 (минимум 2), Hydrochidae – 5 (7), Spercheidae – 1 (1), Hydrophilidae – 54 (62), Hydraenidae – 13 (около 25), Leiodidae – 1 (2), Scirtidae – 8 (>10), Elmidae – 1 (около 5), Dryopidae – 3 (около 8), Heteroceridae – 10 (минимум 10), Chrysomelidae (Donaciinae) – 19 (более 20) Curculionidae (рода *Vagous*, *Phytobius* и др.) – 26 (более 30), также на территории области возможно нахождение семейств Linnichidae (до 3 видов) и Psephenidae (1 вид). Прогнозируемая фауна региона оценивается в более чем 350 видов. На данный момент степень изученности региональной фауны водных жуков составляет порядка 80% и требует более детального и качественного исследования специфических местообитаний (солончаки, болота, ручьи и родники, моховые субстраты, гидропетрические местообитания и др.) с применением разнообразных методик.

По характеру географического распространения среди водных жесткокрылых Саратовской области преобладают транспалеарктические и голарктические температурные виды, свойственные большей части территории европейской России. Географическое положение и разнообразие природных условий Саратовской области создают уникальные условия формирования водной колеоптерофауны региона, совмещающей в себе бореальные и аридные элементы. «Северные» элементы фауны насчитывают 20 видов (7.2%), имея наибольшую видовую представленность среди Dytiscidae. Большинство таких видов известны только с севера Саратовской области (лесостепная зона). Находки «северных» видов южнее лесостепи приурочены к пойменным интразональным местообитаниям речных долин рр. Хопер, Волга, Медведица с их притоками, а также к транзональным биотопам холодноводных родников и ручьев или к болотам. «Южные» элементы имеют долю в 12.3% (31 вид) от общей фауны водных жесткокрылых области и также представлены в большей степени Dytiscidae. Такие виды характерны для Заволжья, где приурочены к степным водным объектам, включая солоноводные и весенние эфемерные водоемы.

Учитывая региональные особенности фауны был составлен список водных жесткокрылых области рекомендованных для включения в последующие издания Красной книги Саратовской области: *Hygrotus flaviventris* (Motschulsky, 1860), *Dytiscus latissimus* Linnaeus, 1758, *Graphoderus zonatus* (Hoppe, 1795), *G. bilineatus* (DeGeer, 1774), *Hydroporus rufifrons* (O.F. Müller, 1776), *Hydrophilus piceus* (Linnaeus, 1758), *Macronychus quadrituberculatus* (P.W.J. Müller, 1806) и *Macrolea appendiculata* (Panzer, 1794).

ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТЕРЛЯДИ (*ACIPENSER RUTHENUS*) ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ (НА ПРИМЕРЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Ю. А. Северов, А. В. Гранин

*Татарский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии – ТатарстанНИРО, 420111, г. Казань, ул. Тази Гиззата, д. 4,
objekt_sveta@mail.ru*

Стерлядь – единственный представитель семейства осетровых рыб, постоянно обитающий в Куйбышевском водохранилище после зарегулирования р. Волга плотиной Жигулевской ГЭС в 1956-1959 гг. Как и у многих других видов в первые годы после образования водохранилища у стерляди отмечалась резкая вспышка ее численности (Цыплаков, 1974). Вследствие этого, основу уловов промысловиков около 20 лет в основном и составляли особи поколений, появившихся именно в эти годы. С середины 90-х гг. прошлого столетия промышленные уловы (которые в определенной мере отражают состояние запаса) этого вида резко упали и к настоящему времени не восстановились. Напротив, сегодня стерлядь внесена в списки региональных Красных книг многих субъектов РФ, находящихся в границах Среднего Поволжья.

Динамику численности запасов этого вида можно считать типичной и для других водохранилищ. Сходные колебания численности запасов стерляди наблюдались и в других водоемах – Волгоградском, Рыбинском, Чебоксарском водохранилищах и в настоящее время состояние популяций стерляди во многих водохранилищах Волжско-Камского каскада оценивается как депрессивное (Таиров, 2007; Шашуловский, Мосияш, 2010; Минин, 2012; Рыбы Рыбинского..., 2015). Основные причины этого явления также описаны – браконьерский промысел, нередко в разы превышающий объемы промышленной добычи, зарегулирование стока, в результате чего отрезаются ее нерестилища в верхних, речных участках водохранилищ, добыча нерудных строительных материалов из акваторий водохранилищ и пр. Единственной популяцией стерляди водохранилищ Волжско-Камского каскада демонстрирующая определенную положительную динамику численности запасов, является стадо Саратовского водохранилища, сформированное за счет искусственного воспроизводства и поддерживаемое им и сегодня (Ермолин и др., 2020).

Численность пополнения стада стерляди Куйбышевского водохранилища значительно упала в результате ввода в эксплуатацию в конце 70-х гг. прошлого века Нижнекамской и Чебоксарской ГЭС, а объемы ННН – промысла в двухтысячные годы двадцатого столетия, по экспертной оценке, в 15-20 раз превышал объемы промышленной добычи (Гончаренко, 2007). В настоящее время в Куйбышевском водохранилище наблюдается не только тенденция к снижению уловов стерляди, но и уменьшение в уловах доли крупных рыб и преобладание мелких особей (Шакирова и др., 2017). Отметим, что самовоспроизводящиеся стада популяции стерляди в Куйбышевском водохранилище сохранились только в верхних его участках. За последнее десятилетие регистрация поимок половозрелых рыб в нижних участках водохранилища (начиная с Тетюшского плеса) не фиксировалась. Поимка стерляди (в единичном экземпляре) в самой южной точке водохранилища состоялась в 2020 г. непосредственно у плотины Жигулевской ГЭС. На сегодняшний день в Куйбышевском водохранилище осуществляется промышленный вылов стерляди, в регионах, где она не занесена в Красные книги. Официальный вылов регистрируется только в Ульяновской области и составляет 0.1–0.3 т/год. Современные запасы стерляди Куйбышевского водохранилища, оцененные прямым методом, составляют 133–540 т, а промысловый запас находится в диапазоне 5-84 т. Ориентировочная оценка качественного состояния запаса стерляди на основе анализа размерного состава уловов и оценки коэффициента нерестового потенциала (Spawning potential ratio – SPR) при помощи метода LBSPR формально свидетельствует о значительном перелове запаса.

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРУДА ПЕЛАВСКОГО НА РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В 2015-2017 ГГ.

Е. А. Севостьянова¹, Н. А. Цупикова², О. С. Бугранова³

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Россия,
г. Калининград, Советский пр., 1, 236022,

¹lozitskaya.EA@yandex.ru, ²tsoupikova@klgtu.ru, ³olesya.bugranova@klgtu.ru

С 2015 г. на одном из популярных рекреационных водоемов г. Калининграда проводится гидролого-гидрохимический и альгологический мониторинг. Отбор проб для гидрохимического анализа производился ежемесячно с четырех поверхностных береговых станций в соответствии с рекомендациями Росгидромета. Анализ проб воды осуществлялся в лаборатории ФГБОУ ВО «КГТУ» по общепринятым методикам для определения содержания биогенных элементов, растворенного кислорода и величины перманганатной окисляемости. Отбор, фиксирование и концентрирование проб фитопланктона, а также подсчет численности и биомассы проводили по стандартным гидробиологическим методикам.

За представленный период исследования в пруду Пелавском выявлено 160 таксонов водорослей из девяти отделов. Выявленные отделы были распределены следующим образом: Chlorophyta – 79 таксонов (49.38 %), Bacillariophyta – 27 (16.88 %), Cyanoprokaryota – 19 (11.88 %), Streptophyta – 11 (6.88 %), Euglenophyta – 10 (6.25 %). Отделы Dinophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Xanthophyta в сумме составляли не более 9 %.

В 2015-2017 гг. максимальное количество видов фитопланктона наблюдалось в октябре 2015 г. – 73 таксона, минимальное количество – 30 – в июне 2017 г. Наблюдавшееся в 2017 г. снижение видового разнообразия альгофлоры сопровождалось также общим снижением ее численности и биомассы практически во все месяцы.

В распределении фитопланктона выявлены существенные различия в ходе биомассы и численности между рассматриваемыми годами. В 2015 г. отчетливо прослеживалось увеличение биомассы и численности альгофлоры пруда Пелавского к осени до 30 мг/л и 400 млн. кл/л соответственно, в 2016 г. ход численности и биомассы в целом был более сглажен, с небольшим увеличением в летний период. Численность фитопланктона в 2017 г. изменялась аналогично 2016 г., биомасса достигала максимальных значений в мае (около 40 мг/л) – максимум за весь период наблюдения, после чего резко снизилась до минимальных показателей, сохранившихся до конца вегетационного периода.

Формированию такого распределения фитопланктона способствовало высокое содержание биогенных элементов в воде, в частности азота аммонийного, железа общего и в отдельные месяцы фосфора фосфатов. В 2015 г. численность и биомасса альгофлоры особенно хорошо коррелировала со всеми биогенными элементами, концентрация которых также возрастала к осени. В следующие годы эта связь прослеживалась слабее. Во внутригодовом распределении перманганатной окисляемости можно выделить два-три пика. Наблюдалась сложная зависимость, часто обратная, между ходом перманганатной окисляемости и биомассой водорослей, отражающая инерцию реакции изучаемой среды на изменения в количественных характеристиках фитопланктона.

В летние месяцы часто отмечалось снижение биомассы фитопланктона, что, вероятно, связано с совокупным влиянием развития в этот период зоопланктона, высоким и очень высоким индексом ультрафиолетового излучения, которое при таких значениях способно ингибировать функциональную активность фитопланктона в поверхностном слое воды.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА СОВМЕСТНОЙ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ВИДОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Д. Г. Селезнев¹, Е. М. Курина², А. А. Прокин¹

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

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, dmitriy@seleznev.name

Важной частью анализа качественных биологических данных является выявление видовых ассоциаций, обусловленных прямыми и косвенными межвидовыми отношениями. С этой целью обычно используются стандартные статистические метрики сходства-различия, такие как коэффициент Сьёренсена, или специализированные матричные индексы, например, индекс С-заполнения (C-score). Однако, все они обладают рядом недостатков, главный из которых – необходимость использовать ту или иную рандомизационную процедуру для определения уровня значимости ассоциированности пары видов.

Для решения этой проблемы предлагается использовать классический статистический подход, основанный на использовании гипергеометрического распределения. Применительно к совместной встречаемости двух видов он позволяет получить вероятность наблюдаемого обнаружения одного вида в пробах, уже содержащих другой вид. Уровень значимости и решение об ассоциированности или, наоборот, несовместности видов может приниматься с использованием метода доверительных интервалов или одного из критериев сравнения средних (t , U или Z). С этой же целью возможно использование байесовской статистики, где в качестве оцениваемого параметра может быть взят один или несколько наблюдаемых параметров, распределенных равномерно (например, общее число проб), а в качестве генеративной функции – функция вероятности гипергеометрического распределения.

Полученный список ассоциированных видов удобно визуализировать в виде неориентированного графа, в котором узлы представляют виды из списка ассоциированных, а ребра – выявленные ассоциации пар видов. Размер маркера узла удобно делать пропорциональным количественной характеристике вида, а толщину ребра – степени ассоциированности. Взаимное расположение узлов графа может быть задано вручную или определено с помощью одного из автоматических алгоритмов, например алгоритма векторов сил (force-directed) Фрухтермана-Рейнгольда. Другим подходом к взаимному расположению узлов графа может быть использование одного из методов ординации по количественным характеристикам видов, оказавшихся в списке взаимно-ассоциированных. В этом случае расположение узлов на графе окажется менее наглядным, но будет нести дополнительный биологический смысл.

Полученные группы видов будут отличаться между собой по степени ассоциированности, состоящей из двух компонент: числа реализованных в группе связей из общего числа возможных и средней силе ассоциированности на группу. Нормировав оба показателя на диапазоне (0,1) и объединив их по правилу нахождения средних процентов, мы получим единый показатель, названный силой связности группы, характеризующий степень ассоциированности группы видов.

В предложенной схеме анализа может быть использована и транспонированная матрица с исходными качественными данными формата «пробы – виды». В результате анализа мы получим группы проб, чье сходство или отличие по видовому составу значительно отличается от случайного. Этот результат может быть использован для определения схожих по характеристикам среды местообитаний и биотопических предпочтений видов.

Недостатком методики является использование только качественных данных о наличии или отсутствии вида в пробе, вместо характеристик его обилия. Для учета количественных данных, по-видимому, потребуются использование непрерывного аналога дискретного гипергеометрического распределения или какая-то иная методология.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 121051100109-1.

ЗАРАЖЕННОСТЬ РЫБ ТРЕМАТОДАМИ РОДА *DIPLOSTOMUM* В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ ОБИ (В ПРЕДЕЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е. А. Сербина^{1,2}, Е. А. Интересова^{1,3}

¹ ИСЦЭЖ СО РАН, 630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11, Россия

² ФГОБУ ВПО «СибГУТИ» г. Новосибирск

³ Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЗанСибНИРО»), г. Новосибирск,
serbina_elena_an@mail.ru

У пресноводных рыб метацеркарии трематод рода *Diplostomum* могут вызывать серьезные заболевания или даже гибель молоди рыб, как в естественных водоемах, так и на предприятиях аквакультуры. Опасность инвазий этих трематод для предприятий аквакультуры часто недооценивается (Дегтярик и др., 2015). Актуальна эта проблема и для южных районов Томской области, где нарастающими темпами развивается прудовая и пастбищная аквакультура (Ростовцев, Интересова, 2016). Цель настоящего исследования оценить риски развития трематодозов, вызванных метацеркариями рода *Diplostomum* в бассейне Верхней Оби в южной части Томской области. Материалом для исследования послужили рыбы, отловленные в июне 2015 г. в р. Обь в районе с. Мельниково (56°32'52" с.ш., 84°09'29" в.д.) и в р. Томь в районе с. Черная речка (56°27'31" с.ш., 84°55'17" в.д.). Всего было исследовано 111 экз. 8 видов рыб: уклейка *Alburnus alburnus* (45 экз.), лещ *Abramis brama* (3 экз.), серебряный карась *Carassius gibelio* (6 экз.), елец *Leuciscus leuciscus* (19 экз.), плотва *Rutilus rutilus* (17 экз.), окунь *Perca fluviatilis* (15 экз.), судак *Sander lucioperca* (4 экз.), ерш *Gimnocephalus cernuus* (2 экз.). Выборка представлена 90 экз. карповых (Cyprinidae) и 21 экз. окуневых (Percidae) рыб. Стандартная длина рыб составляла: лещ 127 – 210 мм, уклейка 97 – 160 мм, серебряный карась 120 – 250 мм, елец 108 – 170 мм, плотва 130 – 195 мм, судак 250 – 325 мм, окунь, 125 – 195 мм, ерш 108 – 155 мм. Гельминтологическое обследование рыб проведено на свежем материале, стандартными методами (Судариков и др., 2006). Зараженность рыб оценивали, используя показатели экстенсивности инвазии, интенсивности инвазии и индекса обилия. Статистический анализ данных проведен с использованием критерия Манна-Уитни. Обследованные виды составляют доминирующий комплекс рыб в Томской области, представляя наибольшую опасность для поддержания природных очагов диплостоматозов. Метацеркарии рода *Diplostomum* выявлены у всех восьми обследованных видов рыб. Уровень заражения рыб из рек Томской области составил 52.25%. Из 651 метацеркарий 46% были обнаружены в правых и 54% в левых глазах. Зараженность карповых и окуневых рыб не имела значимых различий как по экстенсивности (53.33% и 47.62%, соответственно $p > 0.05$), так и по индексу обилия 3.23 и 2.33 (t -test = 0.8; $p > 0.05$). Самый высокий уровень зараженности отмечен у плотвы 94.12%. Больше половины выборки уклейки (53.66%), и две пятых ельцов и окуней также были заражены метацеркариями рода *Diplostomum*. Следует отметить высокую интенсивность инвазии (87 экз. в одном хрусталике), обнаруженную у плотвы (192 мм; 78 г). Однако максимальная интенсивность инвазии выявлена у судака (380 мм; 418 г), однако метацеркарии были обнаружены в обоих глазах, 42 экз. в левом и 53 экз. в правом. Уровень заражения ельцов и окуней был примерно равный, однако интенсивность инвазии последних была ниже (4.3 и 1.5 экз.). Из р. Обь обследованы 7 видов рыб (кроме уклейки), а из р. Томь 6 видов (кроме плотвы и ерша). У всех видов рыб обследованных из р. Обь обнаружены представители-трематод этого рода. Карась и лещ из р. Томь были не заражены, что может быть связано с малым объемом выборки. Показатели индекса обилия трематод рода *Diplostomum* статистически значимо выше у рыб Оби (13.7 ± 3.64 , $\sigma = 3.638$), чем из р. Томь (1.4 ± 0.27 , $\sigma = 0.269$; $p < 0.001$). Таким образом, риски развития инвазий, вызванных метацеркариями трематод рода *Diplostomum* в рыбоводческих хозяйствах Томской области, следует признать высокими. Необходимо рекомендовать при ведении аквакультуры на водоемах Томской области особое внимание уделять профилактике этих заболеваний.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований государственных академий наук на 2021–2025 гг. FWSG-2021-0004.

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕМОЦИТОВ МОЛЛЮСКОВ *PLANORBARIUS CORNEUS* ПРИ ТРЕМАТОДНОЙ ИНВАЗИИ

М. К. Серебрякова^{1,2}, А. С. Токмакова², Е. Е. Прохорова², Г. Л. Атаев²

¹ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12, m-serebryakova@yandex.ru

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

Гемоциты, являясь ключевым звеном защитных реакций беспозвоночных, оперативно реагируют на патогенную и паразитарную инвазию и повреждение тканей организма, что позволяет судить о состоянии организма животного по составу гемолимфы. В данной работе при помощи метода проточной цитометрии проводилось сравнение популяционного состава и отдельных функциональных характеристик гемоцитов моллюсков *Planorbarius corneus* с признаками заражения *Plagiorchis* spp. и без таковых.

Для проведения исследования было взято 30 улиток, выловленных в реке Оредеж в районе поселка Вырица Ленинградской области. Исследования производились в день отлова. Заражение определялось путем вскрытия животных. У 11 особей были выявлены признаки заражения *Plagiorchis* spp., у 18 признаки заражения отсутствовали. Одно животное не было включено в исследование. У всех особей перед вскрытием забиралась гемолимфа. Далее производилась окраска флуоресцентными зондами: SYTO™62 Red Fluorescent Nucleic Acid Stain, LysoTracker™ Green DND-26 и MitoTracker™ Red CMXRos (Thermo Fisher Scientific, США), связывающимися в клетках с нуклеиновыми кислотами, лизосомами и митохондриями соответственно. Цитометрический анализ образцов проводили на проточном цитометре BD Accuri™ C6 (BD Biosciences, США). Для каждой из клеток оценивали параметры прямого (FS) и бокового светорассеяния (SS) и интенсивность флуоресценции красителей.

Для обеих групп животных было показано наличие в циркуляции двух популяций клеток: крупных сильно гранулированных с высоким уровнем прямого и бокового светорассеяния, что соответствует общепринятым характеристикам гранулоцитов, и мелких менее гранулированных гемоцитов с более низкими показателями светорассеяния, что соответствует описанию гиалиноцитов. Также в гемолимфе на основании показателей FS и SS можно выявить небольшой процент погибших клеток. У зараженных животных отмечалось значительное увеличение числа гранулоцитов ($p = 0.001$) и, соответственно, уменьшение числа гиалиноцитов ($p = 0.0015$) по сравнению с незараженными, а показатели прямого и бокового светорассеяния гиалиноцитов в гемолимфе зараженных животных были достоверно ниже, чем у незараженных ($p = 0.041$ для FS и $p = 0.033$ для SS). Число погибших гемоцитов и их характеристики не менялись достоверно на фоне заражения. Оценка уровня флуоресценции использованных зондов в рамках классических популяций не показала значимых различий между группами. Однако на основании флуоресценции красителей SYTO и LysoTracker можно разделить популяцию гиалиноцитов на две: 1 – с более высоким уровнем FS и SS и флуоресценции LysoTracker, 2 – с более высоким содержанием SYTO. У зараженных улиток в популяции 1 была отмечена тенденция к увеличению уровня накопления LysoTracker ($p = 0.056$) и достоверное увеличение уровня флуоресценции SYTO ($p = 0.0086$) по сравнению с незараженными животными.

Таким образом были продемонстрированы достоверные изменения в популяционном составе и характеристиках гемоцитов *Planorbarius corneus* на фоне трематодного заражения.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки научных исследований молодых российских ученых – кандидатов и докторов наук № МК-1015.2021.1.4. Статистическая обработка выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-54-15003 НЦНИ_а.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗООБЕНТОСА ТЕХНОЭКОСИСТЕМЫ АЭС: ВРЕМЕННОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ АСПЕКТЫ, ФАКТОРЫ СРЕДЫ

А. А. Силаева

Институт гидробиологии НАН Украины, пр. Героев Сталинграда, 12, г. Киев, 04210,
Украина, labtech-hb@ukr.net

Представлены результаты многолетних исследований зообентоса водоема-охладителя Хмельницкой АЭС (ВО ХАЭС). В таксономическом отношении зообентос этого ВО является одним из самых богатых среди охладителей АЭС Украины. За период наблюдений (1998–2019 гг.) отмечено 177 НОТ (низших определяемых таксонов) из 11–19 групп беспозвоночных, до вида определено 63% (110 видов).

В первый период исследований (при работе одного блока ХАЭС) найдено 87 НОТ (30–61 НОТ по отдельным сезонам и годам). Во второй (2005–2010 гг.) – после вселения *Dreissena polymorpha* Pall., общее количество НОТ увеличилось до 128 (42–82 НОТ). Возрастание количества НОТ было отмечено и в период «контуризации» в ВО (2010 г.). На протяжении третьего периода (2012–2019 гг.), после вселения *D. bugensis* Andr., богатство оставалось на сходном уровне – 117 НОТ (40–76). В 2012–2014 гг. в ВО поддерживался стабильный уровень воды, начиная с 2015 г. он значительно колебался. Такое изменение условий отобразилось и на богатстве зообентоса. При относительно сходном таксономическом составе по годам (64% по кластерному анализу), в отдельные кластеры выделился состав зообентоса первого периода и периода нестабильного уровня. Существование многометровых мелководий определило увеличение количества НОТ личинок насекомых, псаммофильных и околоводных беспозвоночных (*Simuliidae* sp., *Pseudosmittia* sp., *Tabanidae* sp., *Tipulidae* sp., *Dolichopodidae* sp., *Stratiomyidae* sp., *Psychomyiidae* sp., *Haliplidae* sp.).

Вселение дрейссенид не отразилось на распределении количества НОТ в группах. Таксономический состав определяли *Chironomidae* и *Oligochaeta*, составляя соответственно 24–42 и 22–33% общего количества НОТ. Таксономическое разнообразие было невысоким (в среднем по годам индекс Шеннона был около 2.0), выравненность была высокой (0.83) и изменялась мало, т.е. разнообразие НОТ в группах зависело в основном от количества НОТ.

Богатство на отдельных станциях было невысоким (8–21 НОТ/станцию). Распределение НОТ по акватории было мозаичным, встречаемостью более 50% характеризовались *Nematoda*, *Tubificidae*, *Ostracoda*, *Cladotanytarsus mancus* Walker, *Polypedilum convictum* Walker и *Procladius ferrugineus* Kieffer, а большинство НОТ регистрировалось на отдельных станциях и в определенные периоды. В пространственном аспекте самыми бедными были северный и центральный (наиболее глубоководные), самыми богатыми – западный, восточный и южный районы ВО. Наиболее бедными в таксономическом отношении были сильно заиленные грунты с растительными остатками, а богатыми – пески и заиленные пески.

В целом количество НОТ зообентоса, как и в естественных водоемах, снижалось с увеличением глубины. Исключением были участки технических объектов – подводного и сбросного каналов. Специфические условия здесь (наличие течения, достаточный кислородный режим, отсутствие значительного илонакопления), а кроме того, и биотический фактор (наличие поселений дрейссенид) определяли высокое количество НОТ на больших глубинах (8–10 м).

В сбросном канале, в условиях подогрева, зообентос представлен обычными таксонами беспозвоночных, наибольшим богатством характеризовались *Chironomidae* и *Oligochaeta*, зарегистрированы также *Spongia*, *Nematoda*, *Ostracoda*, *Trichoptera*, *Ephemeroptera*, *Diptera*, *Odonata*, *Bryozoa*. Термические условия способствуют обитанию видов-вселенцев – с 2015 г. здесь регистрируется вид тропического происхождения *Bratislavia dadayi* (Michaelsen).

Таким образом, таксономический состав зообентоса ВО АЭС имеет специфические черты относительно природных водоемов, при этом во временном и пространственном аспектах определяющими являются как технические, так и биотические факторы.

СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ РАЗНЫХ БИОТОПОВ ЛОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ РЕК НА ГРАНИЦЕ ЯРОСЛАВСКОЙ И КОСТРОМСКОЙ ОЛАСТЕЙ)

А. Л. Сиротин, М. В. Сиротина

ФГБОУ Костромской государственной университет, 156005, г. Кострома,
ул. Дзержинского 17, lasirotin@gmail.com

Гидроценозы лотических систем характеризуются сложным устройством и более разнообразны по сравнению с лентическими гидроценозами. Важным структурным и функциональным компонентом водных экосистем являются организмы зоопланктона. Разные биотопы в пределах лотической системы представлены различными по видовому составу, численности, биомассе, структуре экологических групп сообществами зоопланктона. Важную роль в функционировании водных экосистем играет фитофильный зоопланктон.

Целью работы было изучение структуры и количественных показателей сообщества зоопланктона разных биотопов рек Костромы и Перья на границе Ярославской и Костромской областей. Река Кострома является притоком р. Волги и имеет длину 354 км, в 50 км от устья р. Костромы она принимает в себя р. Перью, имеющую длину 24 км. Отбор проб зоопланктона проводился малой количественной сетью Джели (размер ячеи 70 мкм) в августе 2020 г. Отобрано 35 количественных и качественных проб, пробы фиксировались 4% формалином. Обработка проб проводилась по общепринятым методикам под бинокулярным микроскопом, определение видов – с помощью тринокулярного микроскопа Микромед 2 с цифровой камерой.

Зоопланктон р. Костромы представлен 37 видами, из них 22 вида Cladocera, 2 вида Copepoda, 13 видов Rotifera. Река Кострома относится к рекам средней величины и для нее характерным является различия в структуре сообществ зоопланктона медиальных участков и участков рипали, которые во многих случаях покрыты макрофитами. В медиали реки зоопланктон представлен в большей степени коловратками при преобладании *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834) (51.04 % от численности всех видов) и *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1832. Встречаемость ювенильных стадий веслоногих рачков составила 100%. Ветвистоусые рачки доминируют по биомассе 73.89 %, хотя их доля в общей численности составляет 24.8%. Общая численность зоопланктона медиали в среднем составила 700 экз./м³, биомасса – 1.85 мг/м³. В зоопланктоне рипали также широко распространены ювенильные стадии веслоногих и коловратки *Euchlanis dilatata*. Отмечены скопления ветвистоусых, так, например, *Sida crystallina* (O.F.Müller, 1776), при средних показателях биомассы рипали 398.91 мг/м³, в скоплениях может создавать биомассу до 240.9 мг/м³.

Река Перья является малой рекой и характеризуется значительным зарастанием русла высшей водной растительностью. В составе зоопланктона реки обнаружено 27 видов зоопланктеров из них 16 видов Cladocera, 2 вида Copepoda, 9 видов Rotifera. В медиали реки в составе зоопланктона доминировали ювенильные стадии веслоногих – 37.04% от общей численности, при этом биомасса на 70.7% представлена ветвистоусыми ракообразными.

Средние значения численности и биомассы зоопланктона медиали составили – 21600 экз./ м³ и 0.351 г/м³ соответственно. Участки рипали р. Перья обильно покрыты рдестом плавающим (*Potamogeton natans* L., 1753), рдестом блестящим (*Potamogeton lucens* L., 1753) и кувшинкой белой (*Nymphaea alba* L., 1753). Фитофильные виды в составе зоопланктоценозов составили от 63.64 до 77.78% от общего количества видов. Самые высокие показатели численности и биомассы отмечены для зарослей рдеста блестящего – 420000 экз./м³ и 14.677 г/м³ соответственно. Биомасса *Sida crystallina* здесь составила 5.328 г/м³, что соответствовало 36.3% от всей биомассы зоопланктона.

Таким образом, сообщества зоопланктона лотических систем разнообразны, их структура связана с комплексом воздействующих на гидроценозы абиотических и биотических факторов.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ ОЗЕРНОГО МЕЙОБЕНТОСА

А. О. Смуров, В. А. Петухов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Зоологический институт Российской академии наук, 199034, Санкт-Петербург,
Университетская наб., д. 1, Alexey.Smurov@zin.ru*

Исследовали вклад многолетней изменчивости климата на динамику количественного развития прибрежного (глубина – 0.5 м) и глубоководного (глубины – 18-32 м) мейобентоса в озере Кривом (Карелия, северный берег устья губы Чупа Кандалакшского залива) на 6 станциях. Материал для данного исследования собирался в 2003–2019 гг. в течение вегетационного сезона – с мая по сентябрь. Всего собрано и обработано более 200 проб прибрежного мейобентоса.

Для анализа влияния климата на динамику количественного развития мейобентоса рассчитывали коэффициенты корреляции Пирсона связи между среднесезонной (май-сентябрь) численностью и биомассой мейобентоса и индексами Северо-Атлантического колебания (NAO). Связь с индексами NAO анализировались в четырех вариантах, для выявления связи использовались как годовые индексы (NAO_annual), так и значения индексов для 4-х зимних месяцев: декабря, января, февраля и марта – индексы NAO_DJFM. Кроме того, анализировались аналогичные связи с сезонными индексами Северо-Атлантического колебания (NAO). Также в работе были использованы данные по температуре воздуха и осадкам метеостанции в пос. Гридино. Влияние температуры и осадков на количественное развитие мейобентоса анализировалось аналогично влиянию индекса Северо-Атлантического колебания.

Проведенные исследования показали, что среднесезонная плотность и биомасса, сосчитанная для прибрежных станций, не имели достоверных коэффициентов корреляции с годовыми климатическими индексами – максимальной оказалась корреляция с индексами NAO_DJFM с лагом 1 год, равная 0.4 ($p > 0.05$) и для среднесезонной плотности и для среднесезонной биомассы. Среди сезонных индексов достоверной оказалась только связь индекса NAO_ASO (август, сентябрь, октябрь) с количественным развитием мейобентоса с лагом 1 год ($r = 0.56$, $p < 0.05$). Для прибрежного мейобентоса нами показана достоверная отрицательная связь с лагом 1 год между температурой воздуха в период ASO ($r = -0.64$, $p < 0.05$).

Постанционный анализ связи среднесезонной плотности и среднесезонной биомассы с температурой показал наличие достоверных корреляций для периодов ASO (сентябрь, октябрь, ноябрь) с лагом 1 год для прибрежных станций 3а, 8а и 10а, для станции 1а эти корреляции были не достоверны.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗООПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е. А. Соколова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, Ярославская обл.,
Некоузский р-н, пос. Борок, sokol@ibiw.ru

Главной экологической проблемой последнего времени стало потепление климата. Средняя за май–октябрь температура поверхностного слоя воды Рыбинского водохранилища повышается на $0.76^{\circ}\text{C}/10$ лет (Законнова, Литвинов, 2016). Условия аномально жаркого лета 2010 г. привели к увеличению содержания суммарного количества хлорофилла (Корнева и др., 2019; Минеева, 2016), численности, биомассы и продуктивности бактериопланктона (Копылов и др., 2012), биомассы, продукции зоопланктона (Лазарева и др., 2012, 2018), разнообразия коловраток. Увеличилась встречаемость и обилие видов-индикаторов эвтрофных условий (Болотов и др., 2014).

Материалом для нашей работы послужили пробы зоопланктона, собранные на 6 стандартных станциях 2 раза в месяц с мая по октябрь 2005–2017 гг. Пробы отбирали с помощью планктобатомера Дьяченко – Кожевникова объемом 10 л по горизонтам через каждые 2 м от поверхности до дна. На одной станции пробы со всех горизонтов объединяли. Обработку проводили по стандартной методике (Методика, 1975).

В зоопланктоне Рыбинского водохранилища в 2011–2017 гг. выявлено 102 вида планктонных беспозвоночных, что больше по сравнению с 2005–2009 гг. на 14 видов. Это произошло в основном за счет увеличения количества видов α - β сапробных коловраток родов *Trichocerca* и *Brachionus*. Встречаемость этих видов увеличилась в 1.5–2 раза, а численность – в 4–5 раз. Максимальную численность *Trichocerca* отмечали в 2011 и 2013 гг. (15.8 тыс. экз./м³), а *Brachionus* в 2010 г. (18.4 тыс. экз./м³) и 2012 г. (28.6 тыс. экз./м³). В 2010 г. *Trichocerca* вошли в доминантный комплекс видов. В 2010 г. в среднем в 30 раз возросла численность вида-индикатора эвтрофии *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), который стал доминирующим видом и оставался таковым в 2011–2013 и 2016 гг. В 2011–2017 гг. наблюдали снижение численности этих видов, но она была в среднем в 4–6 раз выше, чем в 2005–2009 гг.

Комплекс доминантных видов, выделенный по средней за май–октябрь относительной численности видов за период 2005–2017 гг., включал 6 видов Rotifera и 5 видов Crustacea: *Conochilus hippocrepis* (Schrank)+*C. unicornis* Rousselet (29%_{Rot.}), *Keratella quadrata* (O.F. Müller) (18%_{Rot.}), *Synchaeta sp.* (12%_{Rot.}), *Euchlanis dilatata* Ehrenberg+E. *lucksiana* (Hauer) (12%_{Rot.}), *Polyarthra major* (O.F. Müller) (7%_{Rot.}), *Kellicottia longispina* (Kellicott) (5%_{Rot.}), среди Cladocera – у *Bosmina longispina* Leydig (16%_{Crust.}), среди Copepoda – у *Mesocyclops leuckarti* (Claus) (31%_{Crust.}), *Thermocyclops oithonoides* Sars (15%_{Crust.}), *Cyclops kolensis* Lilljeborg (10%_{Crust.}), *Eudiaptomus gracilis* (Sars) (6%_{Crust.})

В связи с ухудшением летнего кислородного режима в 2010 г. более чем на порядок с 18.8 до 1.4 тыс. экз./м³ уменьшилась средняя численность велигеров дрейссен. В 2011–2017 гг. их численность увеличилась в среднем до 6.3 тыс. экз./м³, но оставалась значительно ниже, чем в предыдущий период. Максимальная численность велигеров зарегистрирована нами в конце июля 2014 г. на станции Коприно – 1507 тыс. экз./м³.

Средняя численность (159 тыс. экз./м³) и биомасса (1.4 г/м³) зоопланктона в 2010 г. были в 1.6 раз больше, чем в 2005–2009 гг. (95 тыс. экз./м³ и 0.8 г/м³). Высокие показатели были отмечены в 2011 г. (162 тыс. экз./м³ и 1.5 г/м³) и 2013 г. (147 тыс. экз./м³ и 1.4 г/м³). В среднем в 2011–2017 гг. (106 тыс. экз./м³ и 1.0 г/м³) обилие зоопланктона снизилось по сравнению с 2010 г., но превышало показатели 2005–2009 гг.

По численности в зоопланктоне преобладали коловратки (за исключением 2013 г.), среди ракообразных – Copepoda. В последние годы наблюдалась тенденция к увеличению количества Crustacea.

КИСЛОРОДНЫЕ РЕЖИМЫ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ МОРСКИХ РЫБ: ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А. А. Солдатов

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»
г. Севастополь 299011, проспект Нахимова 2, alekssoldatov@yandex.ru

Кислородный режим тканей предполагает сбалансированное сочетание скоростей транспорта и утилизации кислорода с величинами PO_2 респираторных поверхностей, крови и тканей. На протяжении ряда лет исследовалась зависимость этих параметров от условий морской среды у различных экологических групп рыб. При этом был выявлен ряд закономерностей. Для рыб, в сравнении с высшими позвоночными, характерна низкая диффузионная способность гистогематического барьера при сопоставимых скоростях массопереноса кислорода в скелетных мышцах. Это является основной причиной низких значений тканевого PO_2 и малой эффективности утилизации кислорода мышечной тканью у данной систематической группы организмов. Скелетные мышцы рыб не располагают эффективными механизмами срочной коррекции кислородного режима, что свидетельствует о его неустойчивости. Гиперемия и опорожнение кровяных депо лишь частично обеспечивают необходимый адаптационный эффект. Реакция сосудистой сети мышц наблюдается только при увеличении двигательной активности особей. В остальных случаях она не выражена и не препятствует развитию тканевой гипоксии. Наибольший вклад в стабилизацию кислородного режима мышечной ткани вносит процесс коррекции положения кривых оксигенации гемоглобина. Это дополняется адаптивными перестройками цитохромной цепи митохондрий и изменением тканевого содержания липидов.

Выявлен ряд новых механизмов, лежащих в основе развития состояния тканевой гипоксии у морских рыб: гипоксия гиподинамического состояния; гемический вид гипоксии, обнаруженный в условиях гипотермии и связанный с высоким тепловым эффектом реакции оксигенации гемоглобина; тканевая гипоксия, возникающая в условиях гипоосмии среды, которая определяется гидратацией скелетных мышц. Впервые предложена классификация гипоксических состояний для водных организмов.

Диффузионная способность кислорода в скелетных мышцах пелагических рыб в 1.9–3.4 раза выше, чем у представителей донной ихтиофауны. Различия обусловлены высокой плотностью капиллярной сети, особенностями мышечной композиции (высокая доля красных мышц) и химического состава мышечной ткани (повышенное содержание миоглобина, липидов, низкая степень гидратации). Ограничение двигательной активности рыб приводит к снижению среднетканевого PO_2 , увеличению числа гипоксических зон в ткани и закислению внутренней среды организма.

Гипотермия ($5^{\circ}C$ и ниже) вызывает у теплолюбивых видов рыб развитие тканевой гипоксии. Она носит вторичный характер и связана с изменением функционального состояния кровеносных сосудов и циркулирующих эритроцитов.

Гипоосмия вызывает у стеногалинных рыб уменьшение напряжения кислорода, рост числа гипоксичных и аноксичных зон в мышечной ткани на фоне усиления анаэробных процессов. Это связано с гидратацией скелетной мускулатуры и как следствие ухудшением ее диффузионных характеристик по отношению к кислороду.

Скорость утилизации и характер диффузии кислорода в мышечной ткани у рыб в течение годового цикла зависит от изменения плотности функционирующей капиллярной сети, а также содержания в ней липидов и воды. Решающее значение имеет степень капилляризации скелетных мышц, которая положительно коррелирует с изменением температуры окружающей среды.

Работа выполнена в рамках государственного задания 121041400077-1 и при частичной поддержке проекта РФФИ 20-44-920001

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У СИГОВ РОДА COREGONUS В ВОДОЕМАХ СИБИРИ

М. М. Соловьев¹, В. А. Василенко¹, Е. Н. Кашинская¹, Н. А. Бочкарев¹,
А. В. Шокурова^{1,2}, П. Г. Власенко¹

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН, ул. Фрунзе, 11, г.
Новосибирск, 630091, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет, биолого-технологический
факультет, ул. Добролюбова, 162, г. Новосибирск, 630039, Россия

yarmak85@mail.ru

Coregonus lavaretus – широко распространенный в северном полушарии вид, образующий в озёрах симпатрические пары, отличающиеся по типу питания. В Сибири подобные пары обитают в озерах Телецкое (Республика Алтай) и Баунт (Республика Бурятия). В Телецком озере симпатрическая пара представлена малотычинковым (менее 30 тычинок на первой жаберной дуге) сигом-пыжьяном *C. l. pidschian* (бентофаг) и многотычинковым (в среднем 34 тычинки) сигом Правдина *C. l. pravdinellus* (планктофаг). В озере Баунт обитают три морфологически различные группы сигов: малотычинковый (в среднем 22 тычинки) сиг-пыжьян *C. l. pidschian* (бентофаг), многотычинковый (в среднем 33 тычинки) сиг *Coregonus* sp. (бентофаг) и Баунтовская ряпушка *C. baunti* sp. nova (в среднем 43 тычинки) (планктофаг). Согласно одной из гипотез, кормовая база водоема послужила ключевым фактором в морфологической адаптации данных форм/видов сигов к их типам питания. Однако остается не выясненной функциональная адаптация пищеварительных ферментов к данным типам питания.

Цель работы – провести сравнительный анализ ключевых биохимических параметров пищеварительных ферментов в желудочно-кишечном тракте сигов.

Сбор материала проводился на озере Телецкое (51°79'N; 87°26'E) в сентябре 2012, 2017–2020 гг. и Баунт в июле 2020–2021 гг. Сигов отлавливали ставными жаберными сетями (18–25 мм), затем в пластиковых контейнерах с водой доставляли в лабораторию. У живых особей желудочно-кишечный тракт немедленно извлекались и замораживались в жидком азоте для последующего анализа. Активности, рН и температурные оптимумы, а также кинетические характеристики основных групп пищеварительных ферментов (желудочные, панкреатические и пристеночные) определяли в желудке и кишечнике с пилорическими придатками. Изоферментный состав щелочных протеаз определяли только в кишечнике.

Нами не выявлено существенных различий в исследуемых характеристиках пищеварительных ферментов (кроме активности) между исследованными ситами. На примере сигов из Телецкого озера не обнаружено достоверных отличий в активности пепсина (желудок) и ферментах щеточной каймы энтероцитов кишечника. В тоже время специфическая активность ключевых ферментов поджелудочной железы (трипсин, химотрипсин, липаза и амилаза) была достоверно выше у сига телецкого по сравнению с сигом Правдина.

Таким образом, на данном этапе работы можно констатировать, что основные биохимические отличия между сигом Правдина (планктофаг) и сигом телецким (бентофаг) заключаются в уровне активности панкреатических ферментов. Для всех исследованных сигов из озер Телецкое и Баунт характерны сходные значения кинетических характеристик, рН и температурных оптимумов, исследованных пищеварительных ферментов.

Работа поддержана Российским Научным Фондом, проект № 19-74-10054.

ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ДИАЦЕТАТА ФЛУОРЕСЦЕИНА (FDA), КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ИХ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

Е. С. Соломонова, Н. Ю. Шоман, А. И. Акимов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр “Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН”, Севастополь, Россия, Нахимова 2, solomonov83@mail.ru

Метод проточной цитометрии в комбинации с флуорохромом флуоресцеином диацетатом (FDA), позволяющим распознавать живые и мёртвые клетки микроводорослей на основе проницаемости их клеточных мембран и производить оценку ферментативной активности клеток открывает возможность поиска новых репрезентативных критериев для оценки функционального состояния водорослей. Объектами исследования служили культуры диатомовых водорослей – *Phaeodactylum tricornutum*, *Nitzschia* sp. № 3 (и *Skeletonema costatum*. *P. tricornutum* и *Nitzschia* sp. №3 выращивали при освещенности 4–1200 мкЭ·м⁻²·с⁻¹. Для *S. costatum* был выбран более узкий диапазон освещенности – 5–530 мкЭ·м⁻²·с⁻¹, что связано с низкой толерантностью вида к действию света высокой интенсивности. Метаболическую активность и содержание пигментов в клетках оценивали на 2-х параметрических цитограммах по флуоресценции FDA (канал FL1 в зелёной области спектра) и автофлуоресценции (FL4 в красной области спектра) на безразмерных шкалах на проточном цитометре Cytomics TM FC 500 (Beckman Coulter, США). Рассчитывали среднее значения флуоресценции FDA на клетку, обозначив данный параметр, как *FDA_{fl}*.

У *P. tricornutum* и *Nitzschia specia* №3 показатель *FDA_{fl}* слабо зависел от интенсивности света в диапазоне от 14 до 900 мкЭ м⁻² с⁻¹. При освещенности 1200 мкЭ м⁻² с⁻¹ наблюдалось снижение флуоресценции FDA. У *S. costatum* значения флуоресценции FDA сохранялись на высоком, относительно постоянном уровне в диапазоне света от 5 до 350 мкЭ м⁻² с⁻¹, дальнейшее повышение освещенности до 530 мкЭ м⁻² с⁻¹ приводило к резкому падению значений параметра *FDA_{fl}* до минимальных значений, отражая летальное воздействие данной интенсивности света на структурно-функциональные показатели водорослей. При переносе водорослей из неблагоприятных световых условий (ингибирующей рост освещенность 1200 мкЭ м⁻² с⁻¹) в оптимальные (200 мкЭ м⁻² с⁻¹) у *P. tricornutum* и *Nitzschia* sp. №3 восстановление показателя *FDA_{fl}* имело пролонгированный характер. В первые сутки наблюдалась лаг-фаза роста, вероятно, обусловленная невысоким количеством жизнеспособных клеток в культурах. Дальнейшее культивирование при 200 мкЭ м⁻² с⁻¹ приводило к восстановлению их функционального состояния и изменению удельной скорости роста, *FDA_{fl}* соответственно новым световым условиям. Для *S. costatum* экспозиция при ингибирующей освещенности 530 мкЭ м⁻² с⁻¹ в течение 3-х суток приводила к гибели культуры, наблюдалась элиминация клеток без возможности последующего восстановления при переносе водорослей в оптимальные световые условия – 100 мкЭ м⁻² с⁻¹. Резкое падение показателя *FDA_{fl}* при 530 мкЭ м⁻² с⁻¹ и невозможность его восстановления еще раз подтверждает выдвинутый ранее тезис что, используя данный маркер функционального состояния водорослей, можно оценить летальное воздействие факторов среды.

Не выявлено корреляционной связи между флуоресценцией FDA, скоростью роста водорослей и внутриклеточным отношением С/Хл. Показано, что высокий уровень эстеразной активности в клетках сохраняется в широком диапазоне изменения С/Хл. Падение значений параметра *FDA_{fl}* до 80 у *S. costatum*, и соответствующие ему величины С/Хл = 110 и $\mu \rightarrow 0$, как уже было отмечено выше, наблюдается при высокой интенсивности света 530 мкЭ м⁻² с⁻¹ и свидетельствует о летальном воздействии данной освещенности на структурно-функциональные характеристики водорослей. Это позволяет избежать применения трудоемких и длительных традиционных методов диагностирования стрессовых состояний фитопланктонного сообщества.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗ. ОПЕЧЕНЬ НИЖНЕЕ (ИОРДАНСКОЕ) ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ БАКТЕРИОПЛАКТОНА И БАКТЕРИОБЕНТОСА

Е. В. Старосила

Институт гидробиологии НАН Украины, пр. Героев Сталинграда, 12, г. Киев, 04210, Украина, jenva_star@ukr.net

Современное состояние озер г. Киева (Украина) привлекает все большее социальное и общегосударственное внимание, поскольку является одним из определяющих факторов национальной безопасности. Озера системы Опечень находятся под негативным воздействием сточных вод, терригенного стока с прилегающих территорий, засорения несанкционированными свалками бытовых и строительных отходов, застройки береговой линии, испытывают рекреационную нагрузку. С начала 2019 г. были проведены работы по очистке озер системы, обновлению перелива воды по их каскаду и укреплению береговой линии. С целью определения изменений в экологическом состоянии системы озер Опечень, последним в которой есть оз. Опечень Нижнее (Иорданское, 50°29'36"N, 30°30'03"E), в октябре 2020 г. осуществлен микробиологический мониторинг. Материалом для исследований послужили пробы бактериопланктона и бактериобентоса, отобранные по акватории озера и изученные общепринятыми методами. Численность бактериопланктона (ЧБП) и бактериобентоса (ЧББ) в озере была в среднем $3.5 \cdot 10^6$ кл/мл и $6.5 \cdot 10^9$ кл/г, соответственно. Сравнивая ЧБП в озере осенью 2020 г. и средними осенними данными, полученными в предыдущие годы (2016–2019 гг.), можно сделать вывод об их сходстве (Starosyla et al., 2018, 2020). Изученные же величины ЧББ в озере осенью 2020 г. были в 1.6 раза ниже, чем средние осенние показатели за 2016–2019 гг., что обусловлено частичным извлечением многолетних иловых отложений. Доля бактерий с поврежденной цитоплазматической мембраной в воде озера в среднем составляла – 43.2%, а в донных отложениях – 24.4% численности. Полученные результаты подобны данным зарегистрированным осенью 2019 г. Очевидно, такие изменения связаны с микроразнообразием физико-химических и токсикологических параметров в водоеме. Количество евтрофных бактерий (ЕБ) в воде озера в среднем было $12.6 \cdot 10^3$ кл./мл, а в донных отложениях – $305.4 \cdot 10^3$ кл./г. Осенью 2020 г. численность этих микроорганизмов в воде была в 9.6 раза ниже, а в донных отложениях – в 1.7 раза выше, чем средние осенние значения периода 2016-2019 гг. Количество олиготрофных бактерий (ОБ) в воде составляло в среднем $3.8 \cdot 10^3$ кл./мл, а в донных отложениях – $9.3 \cdot 10^3$ кл./г. Осенью 2020 г. количество ОБ было в воде в 11.0 раз ниже, а в донных отложениях – в 1.5 раза ниже, чем в осенние сезоны предыдущего периода. Очевидно, работы по очистке береговой линии озера и удаление высшей водной растительности повлияли на величины ЕБ и ОБ. Соотношение ЕБ к ОБ, которое свидетельствует о качестве и доступности органического вещества, осенью 2020 г. в воде и донных отложениях составляло в среднем 2.5–8.0 и 28.5–38.8, соответственно. Эти результаты были подобны средним осенним значениям периода 2016–2019 гг. в воде и в среднем в 9,6 раза выше в донных отложениях. Флуктуация показателей стала результатом поступления дополнительного органического вещества после реконструкции и внесения водных масс из озер выше по каскаду. Согласно системе комплексной оценки качества поверхностных вод (Романенко та ін., 2001) по показателям ЧБП и ЕБ вода соответствовала III классу 4 категории качества, т.е. «слабо загрязненная». Относительно шкалы экологических модификаций согласно индексу процентного соотношения ЕБ к ЧББ в донных отложениях (Дзюбан и др., 2005) экологическое состояние озера оценивали, как «состояние риска». Об антропогенном загрязнении свидетельствует также присутствие в воде потенциально патогенных бактерий (сальмонелл, колиформ и кишечной палочки). Согласно сравнения полученных данных с результатами лета 2019 г. численность этих бактерий увеличилась в 1.5–9.4 раза, что может привести к негативным последствиям.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют об неудовлетворительном эколого-санитарном состоянии озера Опечень Нижнее.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА КАЗАНСКОГО ЗАЛИВА (Р. КАЗАНКА, Г. КАЗАНЬ)

Н. А. Старцева¹, Д. Е. Гаврилко¹, О. Н. Ерина², М. А. Терешина², В. С. Жихарев¹

¹Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
606095, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, startseva@bio.unn.ru

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские Горы, 13

Морфофункциональная классификация фитопланктона и рассчитываемый на ее основе индекс сообщества Q широко используются гидробиологами многих стран для определения экологического состояния того или иного водного объекта, а также оценки влияния природных и антропогенных факторов на водные экосистемы. Классификация содержит 31 экологическую группу фитопланктона, в которые входят сходные по местообитанию и толерантности к определенному(ым) фактору(ам) виды, функционально адаптированные к тем или иным абиотическим условиям. В 2020 г. был изучен фитопланктон устьевого участка реки Казанки (левого притока р. Волги) в пределах г. Казани (ст. 1–5), частично находящегося в зоне подпора Куйбышевского водохранилища (ст. 6–7). Пробы фитопланктона отбирались в первой декаде августа в период стабильной фазы с поверхностного горизонта, начиная от футбольного стадиона «Ак Барс Арена» (ст. 1) через каждый километр вниз по течению. Обработка проб фитопланктона осуществлялась по общепринятым в гидробиологии методикам. Температура воды на различных станциях в период исследований составляла 20.5–22.3°C, прозрачность не превышала 1.2 м, мутность повышена (от 3.48 до 11.90 FNU). Электропроводность уменьшалась вниз по течению – от 1488 до 1260 мкСм/см. По водородному показателю исследованный участок реки являлся олигощелочным (рН 7.95–9.19), по содержанию фосфора – гипертрофным (Рвал. > 100 мг/м³). Содержание нитритов было низким и не превышало допустимых концентраций, содержание кислорода высокое.

Численность фитопланктона на исследованном участке реки изменялась от 28.48 до 222.26 млн. кл/л, а биомасса – от 7.26 до 25.65 г/м³, что соответствует уровню эвтрофно-гипертрофных вод. Доминирующие виды на исследованном участке относились к 6 функциональным группам (кодонам) фитопланктона (W₀, W₁, S₁, Y, H₁, D). Среди них постоянным и ведущим являлся (кроме ст. 6–7) *Planktothrix agardhii* (S₁), который создавал от 13.4 до 88.25% общей численности и от 10.6 до 48.25% общей биомассы фитопланктона. В комплекс доминирующих по биомассе видов на ст. 1 также входили фитофлагелляты из отдела зеленых водорослей – *Chlamydomonas* spp. (W₀) и *Pandorina morum* (O.F.Müller) Bory (W₁). В зоне подпора (ст. 5–7) лидирующую позицию по численности (до 66.55%) и биомассе (до 13.7%) занимал другой вид цианопрокариот – *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault (H₁). На ст. 7 по биомассе (до 19.37%) доминировал также морской эстуарный вид диатомовых водорослей *Actinocyclus normanii* (W.Gregory ex Greville) Hustedt (D), предпочитающий эвтрофные воды, присутствие которого в Куйбышевском водохранилище отмечается с 90-х годов прошлого века. Ему сопутствовали фитофлагелляты из рода *Cryptomonas* (Y), формировавшие до 12.78% общей биомассы планктонных водорослей.

В целом, пространственное распределение фитопланктона на исследованном участке характеризовалось последовательной сменой следующих кодонов, каждый из которых составлял не менее 10% от общей биомассы: W₀, W₁, S₁ → W₀, L₀, S₁ → S₁, W₁ → L₀, S₁ → S₁, H₁, Y → D, H₁, Y → P, H₁, Y, D. Фитопланктон был представлен морфофункциональными группами, свойственными мелководным, богатым органическими веществами водоемам с мутными хорошо перемешиваемыми водами, характеризующимися низким содержанием азота. Индекс сообщества Q изменялся от 1.13 до 2.40, постепенно возрастая вниз по течению реки характеризуя экологическое состояние р. Казанки как «низкое» и «умеренное».

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества (проект № 07/202-р «Экспедиция Плавучий университет Волжского бассейна»).

КРЕВЕТКИ РОДА *MACROBRACHIUM* В ДЕЛЬТЕ МЕКОНГА (ВЬЕТНАМ)

С. В. Статкевич¹, Динь Нгуен Ку², Хай Ба Чыонг²

¹Институт биологии южных морей РАН (ИнБЮМ РАН), Севастополь, Россия

²Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра (ЮО ТЦ), Хошимин, Вьетнам, statkevich.svetlana@mail.ru

Десятиногие ракообразные являются важным компонентом донных сообществ дельты Меконг (Вьетнам), однако исследований, посвященных количественной оценке и описанию таксономической структуры десятиногих раков нижней части дельты и прилегающей к устьям прибрежной морской зоны проведено незначительное количество. Основное число имеющихся к настоящему моменту публикаций посвящено исследованиям, направленным на интенсификацию технологических процессов – увеличение объемов производства десятиногих ракообразных методами аквакультуры. Вследствие этого нами начаты работы по изучению видового состава и пространственной структуры представителей отряда Decapoda.

По предварительным результатам исследований видового состава десятиногих ракообразных, проводимых на реках Хау и Тиен (нижняя часть дельты Меконга), выявлено 20 таксонов (траловые уловы), из которых 6 видов принадлежат к роду *Macrobrachium*:

1. *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) – встречается в низовьях рек и эстуариях;

2. *M. mirabile* (Kemp, 1917) – солоноватоводный вид, встречается как в пресных, так и в солоноватых водах;

3. *M. dolichodactylus* (Hilgendorf, 1879) – пресноводный вид;

4. *M. sintangense* (De Man, 1898) – пресноводный вид;

5. *M. saigonense* Nguyễn, 2006 – солоноватоводный вид, встречается в водах от 0 до 10–12‰. Обнаружен в двух речных системах Южного Вьетнама: дельте реки Донгнай и дельте Меконга;

6. *M. equidens* (Dana, 1852) – обитает в нижних частях рек, устьях. Редко встречается в чистой пресной воде, чаще в морской на глубинах до 30 м.

Структура креветок рода *Macrobrachium* на различных участках дельты Меконга определяется солевым режимом. Повышение солености приводит к увеличению доли морских и солоноватоводных видов и уменьшению численности (или полному отсутствию) пресноводных. Так в верхней и средней части рек Хау и Тиен в уловах креветки рода *Macrobrachium* были представлены такими видами, как *M. rosenbergii*, *M. mirabile*, *M. dolichodactylus*, *M. sintangense*. В нижней части дельты из представителей рода *Macrobrachium* отмечены *M. rosenbergii*, *M. mirabile*, *M. equidens*. На всех участках дельты доминирующим видом являлся *M. mirabile* (процент в уловах колебалась от 50 до 99).

Исследования выполнены по теме «Эколан Э-3.4 «Экосистема реки Меконг в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия» и частично в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов мирового океана» (№ гос. регистрации 121030100028-0).

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РОЛЬ ВИРУСОВ-БАКТЕРИОФАГОВ В ПОТОКАХ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СООБЩЕСТВАХ ЭПИФИТОНА НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ОЗЁР АЛТАЯ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Я. В. Стройнов, И. В. Рыбакова

ИБВВ РАН, Ярославская область, Некоузский район, пос. Борок, д. 135, кв.1, 152742, styarr@mail.ru

Погружённые макрофиты представляют большой интерес для исследователей, как сами по себе, так и как особая среда для существования гидробионтов. Многочисленные исследования показали, что важную роль в потоках вещества и энергии в эпифитных сообществах играют гетеротрофные бактерии, формирующие на поверхности растений биоплёнки. Бактерии, ассоциированные с макрофитами, обладают повышенной продуктивностью по сравнению с окружающим бактериопланктоном, способны создавать особую среду и осуществлять сложные симбиотические взаимодействия с другими компонентами биоплёнок. Особенно важна их роль в функционировании небольших неглубоких озёр, в которых существенная часть потоков углерода и биогенов так или иначе связана с макрофитами и сообществом обрастателей. Основная масса работ по изучению эпифитных бактерий связана с изучением биоразнообразия, механизмов формирования и «жизненного цикла» биоплёнок, однако некоторые работы касаются и непосредственного их вклада в потоки вещества и энергии. Ряд работ касается взаимодействия эпифитных бактерий с консументами, как правило простейшими, однако роль такого важного фактора контроля бактериальной численности как вирусы-бактериофаги практически не изучена, хотя те немногие работы, которые касались данной темы (Farnell-Jackson, Ward, 2003; Stough et al., 2018) предполагают, что вирусы могут играть важную роль в функционировании эпифитных биоплёнок.

Целью данной работы было оценить возможное влияние вирусов на гетеротрофных бактерий, входящих в состав эпифитных биоплёнок в прибрежной зоне небольших озёр. Отбор проб проводили 11–20 июля 2017 г. на 6 озёрах (Коростелёвское, Ляпуниха и Петухово в Алтайском крае; Карбалык, Щучье и Щучье П в Новосибирской области). В озёрах Алтайского края отбирали образцы тростника, в Новосибирской области – роголистник (оз. Карбалык и Щучье) и телорез (оз. Щучье П). Численность и биомассу бактерий оценивали методом эпифлуоресцентной микроскопии, бактериальную продукцию по частоте делящихся клеток. Заражённость бактерий вирусами оценивали методом электронной микроскопии.

Биомасса эпифитных бактерий варьировала от 20.94 (оз. Петухово) до 396.88 (оз. Коростелёвское) мг/м² (м³), в том же объёме окружающей заросли воды она была выше на 1–2 порядка. Частота делящихся клеток в эпифитоне тростника была 2–3%, 2–8% на роголистнике и 3% у обрастателей телореза. Этот показатель была выше в озёрах Новосибирской области, значимым оказался и фактор биотопа. Более высокие значения частоты деления клеток наблюдали в планктоне зарослей, самые низкие – в эпифитоне. Вирусы лизировали 12–19% бактериальной продукции эпифитона тростников в озёрах Алтайского края. Вирус-индуцированная смертность бактерий в Новосибирской области оказалась ниже, и составила 2–6% для роголистника и 1% для телореза. Для вирусного контроля бактериальной популяции статистически значимым оказалось сочетание факторов биотопа и региона.

Таким образом было показано, что в отличие от биоплёнок в донных отложениях (Danovaro et al., 2008), в бактериальных сообществах эпифитона вирусы могут лизировать сопоставимый (роголистник и телорез в Новосибирской области) или больший (тростники Алтайского края) процент бактерий, по сравнению с планктонными сообществами тех же озёр. Влияние вирусов на бактериопланктон в эпифитоне разных растений может существенно различаться.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ РЕЧНОГО ОКУНЯ (*PERCA FLUVIATILIS* L.) В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Т. А. Тележникова, Ю. А. Северов

Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТатарстанНИРО»), 420111, Россия, г. Казань,
ул. Тази Гиззата, д. 4, главпочтамт, а/я 270, tatarstanniro@vniro.ru

В крупных озерах и водохранилищах с богатой и разнообразной кормовой базой и обилием подходящих биотопов речной окунь образует 2 или 3 экологические формы, различающиеся местом обитания, составом пищи и темпом роста (Атлас..., 2003).

Целью данной работы было исследование возможности выделения экологических форм у речного окуня в Куйбышевском водохранилище на основе результатов размерно-возрастного состава, темпов роста, питания и фенотипических особенностей.

Сбор ихтиологического материала осуществлялся с 2018 по 2020 гг. с помощью комбинированных ставных сетей на трех станциях Куйбышевского водохранилища, отличающихся между собой: сложением берегов, рельефом дна, глубиной, скоростью течения водных масс и площадью мелководий. Измерение длины, массы рыб, определение возраста и темпа роста, изучение питания и фенотипов проводили по общепринятым методикам (Правдин, 1966; Lea, 1910; Методическое пособие..., 1974; Зеленецкий, 1992).

Согласно полученным результатам, окунь Куйбышевского водохранилища характеризуется средними размерными показателями и объединяет рыб от 10.0 до 29.0 см, возрастная структура уловов окуня была представлена особями от 2 до 6 лет.

Линейный рост окуня обладает высокими темпами и характеризуется наибольшими значениями приростов длины тела за всю историю существования водохранилища: годовики окуня имеют среднюю длину 8.45 см, на втором году жизни средняя длина рыб составляет 13.09 см, на третьем – 17.28 см, на четвертом – 20.48 см, на пятом – 23.03 см и на шестом году жизни особи окуня достигают средней длины 25.29 см. Предельная теоретическая длина окуня в Куйбышевском водохранилище, описанная уравнением Берталанфи, составляет 40.0 см. Согласно расчетам, окунь характеризуется изометрическим ростом массы тела: $W = 0.023 L^{2.966}$ ($R^2=0.98$).

В исследованных участках Куйбышевского водохранилища зарегистрировано 15 типов окраски окуня. Согласно литературным данным (Рыбы Рыбинского водохранилища, 2015), окуни с низкими значениями коэффициента пигментированности (от 8.00 до 14.00) адаптированы к условиям обитания в открытых биотопах, а особи с высокими значениями (от 10.00 до 18.00) лучше приспособлены к обитанию в защищенных биотопах литорали водоема. Исследуемые выборки рыб, по данной классификации, занимают промежуточное положение со средним значением коэффициента пигментированности – 14.5.

Спектр питания речного окуня в Куйбышевском водохранилище в годы наблюдений составляли 16 видов гидробионтов: 6 видов рыб (окунь, плотва, лещ, карась, бычок-кругляк, черноморская пухлощечная игла-рыба), 6 представителей донных организмов из следующих систематических групп: *Malacostraca*, *Amphipoda*, *Chironomidae*, *Gastropoda*, *Trichoptera*, *Mysida* и 4 вида зоопланктона (*Daphnia galeata*, *Daphnia cucullata*, *Leptodora kindtii*, *Bythotrephes longimanus*). На всех станциях исследования, окунь потребляет преимущественно водных беспозвоночных (более 75% от всего рациона).

Таким образом, речной окунь, адаптированный к современным условиям Куйбышевского водохранилища, в большей степени не может быть отнесен к описанным ранее экологическим формам (глубинная/прибрежная). Окунь Куйбышевского водохранилища в ареале занимает промежуточное положение и характеризуется средними размерно-возрастными показателями, высоким темпом роста, доминированием беспозвоночных организмов в его рационе и имеет фенотипы, свойственные, как для глубинного, так и для прибрежного образа жизни.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ (2019 Г)

А. С. Терентьев¹, М. В. Колесников²

¹Отдел "Керченский" Азово-Черноморского филиала ФГБНУ "ВНИРО" ("АзНИИРХ"), Керчь, Россия, iskander65@bk.ru

²ФГБУ "Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова, Москва, Россия, mvkolesnikov@mail.ru

В зообентосе северо-западной части Черного в 2019 г. на глубине от 10 до 60 м было обнаружено 94 вида животных: 28 видов полихет, 20 видов ракообразных, 18 видов двустворчатых моллюсков, 9 – брюхоногих моллюсков, 6 – губок, 4 – асцидий, 3 – иглокожих, по 1 виду: книдарий, форонид, панцирных моллюсков, ланцетников. Встречались также немуртины и олигохеты. На створках мидий отмечались колонии мшанок.

Между глубиной и видовым богатством зообентоса наблюдалась отрицательная корреляционная связь. Значение коэффициента корреляции Пирсона (r) равнялось -0.21 . Плотность видов уменьшается от 21 вид/ 0.3 м^2 на глубине 10 м до 12 вид/ 0.3 м^2 на глубине 60 м. Максимальная плотность видов (33 вид/ 0.3 м^2) наблюдалась на глубине 43 м, а минимальная (8 вид/ 0.3 м^2) на глубине 55 м.

Наиболее высокая плотность видов (5.7 ± 1.1 вид/ 0.3 м^2) была у полихет. На мелководье и на больших глубинах она была небольшой, 3 вид/ 0.3 м^2 – на глубине 10 м и 4 вид/ 0.3 м^2 – на глубине 60 м. Наиболее высокая плотность видов наблюдалась в диапазоне от 22 до 28 м, где в среднем равнялась 7.70 ± 2.10 вид/ 0.3 м^2 . В видовом богатстве зообентоса их роль была наиболее высокой. На глубине 35 м их доля в общем видовом богатстве доходила до 55%. На мелководье она не превышала 14%, а на больших глубинах (60 м) – 33%.

У двустворчатых моллюсков плотность видов в среднем равнялась 4.80 ± 0.68 вид/ 0.3 м^2 . Наиболее высокая (11 вид/ 0.3 м^2) наблюдалась на глубине 24 м. На глубине 60 м были обнаружены только *Abra alba* (W. Wood, 1802) и *Modiolula phaseolina* (Philippi, 1844). На долю двустворчатых моллюсков на разных глубинах приходилось от 10 до 55% видового богатства зообентоса. Наибольшая их доля в видовом богатстве была отмечена на глубине 26 м.

Плотность видов ракообразных в среднем равнялась 2.87 ± 0.65 вид/ 0.3 м^2 . Несмотря на высокое видовое богатство, их плотность на различных глубинах была небольшой. Максимальная (8 вид/ 0.3 м^2) отмечалась на глубине 24 м. Наблюдалась тенденция к снижению доли ракообразных в видовом богатстве с увеличением глубины ($r = -0.34$). Так, на глубине 10 м на их долю приходилось 29% видового богатства зообентоса, а на глубине 8 м – всего 8%.

Плотность видов брюхоногих моллюсков в среднем равнялась 1.87 ± 0.35 вид/ 0.3 м^2 . Между их видовым богатством и глубиной наблюдается заметная обратная связь ($r = -0.51$). На глубине 10 м было обнаружено 5 видов, а на глубине 60 м отмечалась только *Calyptraea chinensis* (Linnaeus, 1758). На долю брюхоногих моллюсков приходилось от 24% видового богатства на глубине 10 м, до 8% на глубине 60 м.

Губки и асцидии встречались на глубинах более 28 м, а доля каждой из этих таксономических групп в видовом богатстве зообентоса нигде не превышала 9%.

На долю остальных таксономических групп в среднем приходилось всего 5% общего видового богатства зообентоса. Наиболее высокой (14%) эта доля была на глубине 23 м.

На мелководье, а также на больших глубинах индекс Шеннона-Вивера был достаточно низким. На глубине 10 м он равнялся 1.27, а на глубине 60 м – 1.04 нит/особь. Наиболее высокие его значения отмечались на глубине 24 м соответствующему экотону биоценозов *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) и *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 (3.42 нит/особь), а также на глубине 43 м соответствующему экотону биоценозов *M. galloprovincialis* и *M. phaseolina* (3.05 нит/особь).

Работа выполнена при совместной финансовой поддержке Программы развития ООН и Европейской комиссии в рамках международного проекта «Совершенствование мониторинга окружающей среды Черного моря» (EMBLAS-Plus), Проект № 110515

ПАРАЗИТАРНОЕ СООБЩЕСТВО КРАСНОПЁРКИ (*SCARDINIUS ERYTHROPHthalmus*, LINNAEUS, 1758) В НИЗОВЬЯХ РЕКИ ВОЛГИ

Н.Ю. Терпугова, Е.А. Воронина, В.В. Проскурина

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), ул. Савушкина 1, Астрахань, 414056, Россия, n.terpugova@bk.ru

Обыкновенная краснопёрка (*Scardinius erythrophthalmus*, Linnaeus, 1758) – один из традиционных объектов промышленного рыболовства в Волго-Каспийском регионе и пользуется большим спросом на потребительском рынке. Цель работы – изучить паразитофауну краснопёрки из промысловых уловов в низовьях дельты р. Волги.

Сбор и обработку паразитологического материала осуществляли по общепринятым в паразитологии методикам. Всего проанализировано более 120 экз. половозрелых особей краснопёрки в 2020 г.

Результаты проведенных исследований показали, что паразитофауна краснопёрки включала 16 видов паразитов, относящихся к 7 классам: *Mухobolus sp.* (Cnidosporidia: Мухосporidia), *Ichthyophthirius multifiliis* (Ciliata: Ophryoglenidae), *Dactylogyrus sp.* (Monogenoidea: Dactylogyridae), *Diplozoon paradoxum* (Monogenoidea: Discocotylidae), *Apophallus muehlingi* (Trematoda: Heterophyidae), *Diplostomum spathaceum* (Trematoda: Diplostomidae), *Hysteromorpha triloba* (Trematoda: Diplostomidae), *Paracoenogonimus ovatus* (Trematoda: Prohemistomatidae), *Posthodiplostomum cuticola* (Trematoda: Diplostomidae), *Pseudamphistomum truncatum* (Trematoda: Opisthorchidae), *Opisthorchis felineus* (Trematoda: Opisthorchidae), *Tylodelphys clavata* (Trematoda: Diplostomatidae), *Anisakis schupakovi* (Nematoda: Anisakidae), *Eustrongylides excisus* (Nematoda: Dioctophymidae), *Pomphorinchus laevis* (Acanthocephala: Pomphorhynchidae), *Unio sp.* (Bivalvia: Unionidae).

Наиболее распространенными паразитами у краснопёрки были трематоды, локализовавшиеся в мышечной ткани: *P. ovatus* (ЭИ – 100.0%; ИИ – 2-2024 экз.), *P. cuticola* (ЭИ – 34.7%; ИИ – 1-10 экз.), *A. muehlingi* (ЭИ – 27.8%; ИИ – 1-70 экз.), *H. triloba* (ЭИ – 11.1%; ИИ – 2-44 экз.), *P. truncatum* (ЭИ – 6.9%; ИИ – 2-6 экз.), *O. felineus* (ЭИ – 2.8%; ИИ – 2 экз.); и метацеркарии, локализовавшиеся в хрусталике глаза *D. spathaceum* (ЭИ – 34.4%; ИИ – 2-23 экз.), в стекловидном теле *T. clavata* (ЭИ – 15.8%; ИИ – 1-14 экз.).

В мышцах обследованных рыб, помимо личинок трематод, были также выявлены простейшие *Mухobolus sp.* (ЭИ – 11,1%; ИИ – 4-56 экз.).

Жаберные лепестки у обследованных особей были поражены моногенейми р. *Dactylogyrus* (ЭИ – 37.5%; ИИ – 3-20 экз.) и *D. paradoxum* (ЭИ – 10.0%; ИИ – 1-4 экз.). Помимо моногенетических сосальщиков в дыхательном аппарате в незначительном количестве присутствовали простейшие *I. multifiliis* (ЭИ – 4.7%; ИИ – 1-2 экз.) и глохидии моллюсков р. *Unio* (ЭИ – 26.5%; ИИ – 1-5 экз.).

Личинок круглых червей *E. excisus* (ЭИ – 15,6%; ИИ – 1-8 экз.) и *A. schupakovi* (ЭИ – 0,82%; ИИ – 1-1 экз.) в инкапсулированном и свободном состоянии регистрировали на брыжейке, под оболочками и во внутренних органах рыб. В стенках кишечника у обследованных особей обнаружены скребни *P. laevis* (ЭИ – 4,92%; ИИ – 1-1 экз.).

Сопоставление полученных данных с результатами ранее проведенных исследований (1998 – 2002 гг.) показало отсутствие существенных изменений в качественном составе паразитофауны красноперки в нижней зоне дельты Волги.

МЕТАБАРКОДИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОТИСТОВ РЕКИ ВОЛГИ

Д. В. Тихоненков¹, Д. Г. Загуменный¹, А. О. Беляев¹,
А. О. Плотников², Ю. В. Герасимов¹

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742 Ярославская обл.,
Некоузский р-н, пос. Борок, 109, tikho-denis@yandex.ru

²Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, 460000, Оренбург,
ул. Пионерская, 11

В последние годы, развитие методов секвенирования следующего поколения (Next-generation sequencing, NGS) привело к революции наших представлений о разнообразии простейших. Согласно молекулярным данным, в природе существует до 10-100 раз больше видов одноклеточных, чем известно сейчас. Выявление этого огромного неизвестного разнообразия протистов открывает целое новое направление для экологических и эволюционных исследований и формирования новых подходов к решению проблем биобезопасности. Многие не идентифицированные простейшие могут принадлежать к пока не известным науке паразитическим и патогенным для гидробионтов микроорганизмам.

Нами были проведены работы по метабаркодинговому исследованию простейших р. Волга. В ходе рейса при помощи батометра было отобрано порядка 60 проб из водной толщи на станциях, расположенных вдоль продольного течения от верхней к нижней Волге. Пробы были профильтрованы сквозь стерильные мембранные фильтры с диаметром пор 0.2 и 3 микрометра. Таким образом, на фильтрах были собраны клетки протистов двух размерных фракций. С фильтров была выделена тотальная ДНК и проведена амплификации переменных регионов 18S рРНК с использованием универсальных праймеров. Были приготовлены ДНК-библиотеки на основе ампликонов с индексами Nextera для секвенирования на приборах Illumina с измерением концентрации на Qubit 4.0. Ампликоновые ДНК-библиотеки были секвенированы на приборе Illumina MiSeq (чтение 600 циклов по 300 пар оснований с двух сторон). Проведена биоинформатическая обработка полученных последовательностей. Сходные чтения были кластеризованы в операционные таксономические единицы (OTUs). Всего на исследованных станциях в планктоне р. Волга было выявлено более 3000 OTUs микробиальных эукариот. Значительную фракцию составляют неизвестные науке одноклеточные и паразитоидные протисты. Новые данные по молекулярному разнообразию одноклеточных эукариот расширяют наше понимание организации и функционирования водных сообществ р. Волга.

Работа выполнена в рамках государственного задания (тема 121051100102-2).

ПИТАНИЕ МОЛОДИ ЧАВЫЧИ В БАССЕЙНЕ Р. БОЛЬШАЯ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)

Т. Н. Травина, О. В. Зикунова

*Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский,
travina.t.n@kanmiro.ru*

Река Большая — вторая по значимости промысловая река на полуострове после реки Камчатка. В её бассейне воспроизводятся и нагуливаются все виды тихоокеанских лососей. Кроме этого, в бассейне р. Большая функционируют два лососевых рыбоводных завода (ЛРЗ) (Малкинский ЛРЗ, расположенный на р. Быстрая и ЛРЗ «Озерки» — на р. Плотникова), которые специализируются на подращивании до состояния смолта нерки, кеты и чавычи. Как известно, эффективность воспроизводства лососей определяется двумя основными составляющими: величиной смертности и обеспеченностью молоди пищей в пресноводный период. Учитывая рыбохозяйственную значимость данного водоёма, актуальным становится изучение кормовой базы молоди лососей и определение основных пищевых компонентов рыб. Сбор материала в бассейне р. Большая проводили с апреля по октябрь 2018–2020 гг.

Молодь чавычи в бассейне р. Большая в основном встречались двух возрастных групп 0+ и 1+. Годовики (1+), как правило, попадались в контрольных уловах в мае и начале июня. Сеголеток (0+) улавливались на всех биотопах на протяжении всего периода наблюдений. Исследования питания молоди чавычи показали, что молодь всех возрастных групп довольно активно потребляют пищу. Снижение интенсивности питания отмечали в осенний период, что вызвано не только понижением температур, но и уменьшением активной миграции беспозвоночных, а кроме этого, сокращением видового разнообразия кормовых объектов, как в бентосе, так и в дрифте. Но даже при существенном уменьшении численности гидробионтов доля рыб с пустыми желудками за весь период наблюдений не превышала 2% от всего количества проанализированных особей.

Анализ желудков у годовиков на протяжении всего периода ската показал, что покатная молодь активно выедала воздушных насекомых, в основном имаго различных амфибиотических насекомых, доля которых составляла 61–78% от всей массы пищевого комка. Субдоминантами были личинки веснянок, поденок и куколки хирономид. Средние индексы наполнения у годовиков составляли более 220⁰/000, что соответствует 5 баллам по наполнению. На один желудок, как правило, приходилось до 40 экз. при средней массе пищевого комка 152 мг.

Средние индексы наполнения желудков у сеголеток были несколько ниже, чем у годовиков. Основными компонентами в пище были также имаго амфибиотических насекомых (хирономид, веснянок, поденок, ручейников и др.), что указывает на то, что молодь чавычи предпочитает питаться с поверхности водоёма. В течение сезона существенных изменений в спектре питания отмечено не было. Наиболее разнообразный спектр питания у сеголеток чавычи отмечали в р. Плотникова. Возможно, сравнительно высокая численность рыб в этом районе (при облове 10–15 м² в улов попадалось до 2000 рыб разных видов, возрастных групп и типа воспроизводства) приводит возникновению конкурентных отношений. В связи с этим молодь переходит на потребление более доступных кормовых объектов. При этом у сеголеток чавычи сохранялось достаточно активное питание. Среднесуточный прирост за летний период у молоди чавычи в среднем составлял до 4% от массы тела. В среднем на один желудок приходилось до 20 экз. при средней массе пищевого комка 45 мг.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ И СТЕХИОМЕТРИИ СЕСТОНА В ДВУХ ОЗЕРАХ С РАЗНОЙ ТРОФНОСТЬЮ СЕВЕРО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

Ш. Б. Фарахани, Ж. Ф. Бусева¹, Н. Н. Майсак, Е. А. Сысова, К. В. Мягкова
ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», 220072 ул. Академическая, 27, г. Минск,
Беларусь, ¹buseva_j@mail.ru

Исследовали сезонные изменения стехиометрии сестона и планктонных сообществ в течение трёх лет (2016-2018) в литорали и пелагиали двух озёр разного трофического статуса. Исследуемые озера имеют разный процент покрытия макрофитами площади озёрного дна. Озеро Обстерно – мезотрофное, относительно мелкое, площадь поверхности 9.89 км², максимальная глубина – 12 м, средняя – 5,3 м, покрытие макрофитами около 10%. Озеро Нобисто – мелководное, площадь 3.75 км², максимальная глубина 2.8 м, средняя – 2.0 м, макрофиты покрывают 100% озёрного дна. Определение углерода (С) и азота (N) проводили на СНН анализаторе ThermoQuest, Italy, фосфор (P) определяли с помощью персульфатного сжигания и последующего спектрометрического анализа.

Соотношения элементов С:N по годам было следующим: в 2016 году весной и летом в пелагиали и литорали оз. Обстерно сильно варьировало (6.47 – 9.48), но было более высоким в пелагиали осенью (9.39) против 8.91 в литорали. В период развития макрофитов – летом и осенью, соотношения N:P превышали 500. В 2017 соотношения N:P в сестоне составляли 38.13±13.83^{ab}, 235±300^a, С:Р – 408.4±89.7^b, 4408±5828^a и были выше в пелагиали в мае и октябре соответственно. В литорали в эти же периоды соотношения N:P и С:Р были в целом ниже (48.57±15.36^{ab}, 31.60±10) (570.33±238^{ab}, 317.03±80.86^{ab}) соответственно. В 2017 в оз. Нобисто весной соотношения С:N были соответственно в пелагиали и литорали следующими: 13.34±2.18^a и 10±2.45^{ab}, в июле – 7.23±0.49^b против 7.79±0.18^{ab}, в октябре – 10.74±0.92^{ab} против 11.42±2.27^{ab}. Соотношения N:P находились в пределах 23-149 в пелагиали и 45-10522 в литорали, что было обусловлено низким содержанием фосфора, отдельные значения которого оказались ниже порога определения. В 2018 в оз. Обстерно соотношения N:P и С:Р не различались достоверно между биотопами, но были выше в литорали в июле и сентябре по сравнению с пелагиалью. Соотношения С:N (7.98±0.95^{cdef} – 13.52±0.2^a) достоверно различались между литоралью и пелагиалью в мае и октябре. Соотношения С:Р и N:P в сестоне оз. Нобисто в 2018 году повышались от весны к лету как в литорали, так и в пелагиали, а затем снижались осенью. Таким образом, за два года (2017-2018) стехиометрические соотношения С:N:P в мелководном макрофитного типа оз. Нобисто были в целом выше, чем в мезотрофном оз. Обстерно, однако, не было выявлено достоверных различий между пелагиалью и литоралью в первом озере, что может быть связано с высокой зарастаемостью озера макрофитами, которые конкурируют с фитопланктоном за биогенные элементы.

Таким образом, в изученных озерах соотношения элементов С:Р и N:P были несколько выше в литорали с макрофитами по сравнению с пелагиалью, а также в мелководном заросшем макрофитами озере и в целом превышали классическое соотношение Рэдфилда, что характерно для многих пресноводных озёр мира. Высокие соотношения N:P (выше 100) и С:Р (выше 1000) в биотопах с зарослями макрофитов в наших озерах являются показателем дефицита фосфора в летний сезон. Вместе с тем, сравнительно более высокие элементные соотношения в мелководном оз. Нобисто свидетельствуют о более низком качестве пищи для консументов, по сравнению с мезотрофным оз. Обстерно. Фитопланктонные сообщества в оз. Нобисто представлены видами менее требовательными к содержанию фосфора и азота (доминировали по биомассе мелкие монадные *Chlorophyta* и *Chrysophyta*), что отражается на составе зоопланктонных сообществ. Более низкое качество пищи летом отражается на структуре зоопланктонных сообществ, так, в оз. Нобисто доминировали группы видов менее требовательные к качеству пищи, а именно виды семейств *Chydoridae* и *Bosminidae*. Напротив, в литорали оз. Обстерно преобладали виды с более высокой потребностью к качеству пищи, такие как *Daphnia spp.*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia pulchella*.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗАРАЖЕННОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ РЫБ ПОСТОДИПЛОСТОМОЗОМ В ВОДОЕМАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Н. Федоткина

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26,
dyschanbesveta@mail.ru

В Волгоградской области протекает около 200 рек, которые относятся к бассейнам Азовского и Каспийского морей, Прикаспийскому и Сарпинскому бессточным бассейнам, также имеются различные водохранилища, озера, пруды и других водоемы. Общая протяженность водных ресурсов области почти 8000 километров.

Рыбные ресурсы области очень богаты и разнообразны. Около 30 видов рыб Волгоградской области имеют промысловое значение, среди которых большое значение имеют представители отряда карповых.

Изучение паразитов рыб в водоемах Волгоградской области было начато в 1956 году и продолжалось до 1961 года, потом долгое время исследования в водоемах не проводились и возобновились лишь в 2007 году XXI века.

Posthodiplostomum cuticola был обнаружен у щуки в 1961-1963 гг. в р. Волга и Волгоградском водохранилище. В 1957-1959 гг. в р. Дон и Цимлянском водохранилище постодиплостомоз был обнаружен у леща и толстолобика.

По результатам проведенных исследований начиная с 2007 года по настоящее время у промысловых видов рыб (густера, лещ, плотва, красноперка, окунь, синец, сазан, толстолобик, карась, язь, чехонь, карп, белый амур) *Posthodiplostomum cuticola* является широко распространенным паразитом.

Метацеркарии трематод рода *Posthodiplostomum cuticola* чаще обнаруживали у рыб на коже и подкожной клетчатке.

В разные годы наблюдений экстенсивность инвазии рыб составляет от 8.4 до 60.5% при инвазии 5-25 гельминтов. Вспышки постодиплостомоза отмечаются весенне-летнее время. Очевидно, близость заливов и дефинитивных хозяев паразита (чайковых птиц) способствует увеличению зараженности промысловых рыб трематодами рода *Posthodiplostomum cuticola*.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Г. В. Феттер

Институт водных и экологических проблем СО РАН, gleb_fetter@mail.ru

Формирование жизни в искусственных водоёмах остаётся важной проблемой. Новосибирское водохранилище имеет особое значение в связи с необходимостью устойчивого водоснабжения г. Новосибирска – крупнейшего города юга Западной Сибири. Зоопланктон с большой скоростью реагирует на изменения условий среды колебанием количественных характеристик и перестройками видового состава сообщества. Основываясь на многолетних данных о структуре зоопланктона возможно разработать систему мониторинга процессов антропогенного и природного эвтрофирования для прогнозирования качества поверхностных вод.

В настоящее время в Новосибирском водохранилище происходит медленная сукцессия видового состава зоопланктона, не касающаяся доминантного ядра, обусловленная, главным образом, переменами в гидрофизических и гидрохимических условиях. С 1990 по 2014 год в зоопланктоне обнаружено 89 видов: 38 видов Rotifera, 38 видов Cladocera, 13 видов Copepoda. В июле 2020 г. в составе зоопланктона Новосибирского водохранилища обнаружено 102 вида: из них 16 видов Copepoda, 26 видов Cladocera, 60 видов Rotifera. В августе 2020 г. обнаружен 101 вид: из них 17 видов Copepoda, 34 вида Cladocera, 50 видов Rotifera. В целом возросла доля мелких форм.

В июле 2020 года численность зоопланктона в водохранилище колебалась на различных участках от 13000 экз./м³ до 815000 экз./м³. В августе от 17000 экз./м³ до 1850000 экз./м³. Если в озёрной части водохранилища численность зоопланктона за последние 10-15 лет выросла незначительно, то на мелководных участках в достаточно изолированных заливах, подвергающихся значительному антропогенному воздействию, наблюдается заметный рост численности зоопланктона (в Бердском заливе средняя численность июльского зоопланктона возросла примерно в 4 раза). Увеличение численности на данных участках происходило за счёт развития Copepoda. Наибольшая численность и биомасса зоопланктона характерны для литоральных участков с обильными зарослями макрофитов, как и наибольшее видовое разнообразие.

Анализ таксономического состава и количественных характеристик зоопланктона на основе многолетних данных позволит лучше изучить особенности хода сукцессии зоопланктонных сообществ в водохранилище, что необходимо для прогнозирования гидробиологического режима и исследования процессов эвтрофикации, усиливающихся в водоёме в настоящее время, с выявлением локальных участков загрязнения акватории Новосибирского водохранилища.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОПЕПОД ТЕХНОГЕННЫХ БИОТОПОВ В ВЫЧЕГОДСКОМ БАССЕЙНЕ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Е. Б. Фефилова¹, И. О. Велегжанинов¹, Е. Е. Расова¹, М. А. Батурина¹, М.А. Голубев²,
Е. И. Попова², А. С. Бакашкина²

¹Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28, fefilova@ib.komisc.ru

²ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. Путьирима Сорокина, 167000, г. Сыктывкар, Октябрьский просп., д. 55, elizavetapopova92@gmail.com

В 2018-2020 гг. в рр. Вычегда и Сысола регистрировали новые для Республики Коми и всего европейского Севера виды веслоногих ракообразных: *Elaphoidella bidens* (Schmeil), *Phyllognathopus viguieri* (Mauras), *Paracyclops imminutus* Kiefer. Все эти виды были найдены исключительно в зонах слива условно чистых сточных вод лесоперерабатывающего предприятия (АО «Монди СЛПК») или городских стоков Сыктывкара. Целью настоящей работы было изучение особенностей морфологии и молекулярно-генетический анализ новых для Республики Коми видов, сравнение их по внешнему строению и генетике с представителями популяций из других регионов.

Анализ найденных особей показал их морфологическое сходство с типовыми описаниями. Только у *Phyllognathopus viguieri* из р. Сысола обнаружены особенности в строении фурки, которые отличали его от типовой формы.

В результате генетического анализа *Elaphoidella bidens* получено две клады с высокой степенью поддержки устойчивости ветвей: в одну, из которых, объединились особи из р. Вычегда, в другую – из оз. Глубокое (Московская область). Генетическая дистанция между выявленными кладами составила 0.14. Разнообразие между особями внутри выделенных групп было низким: большая часть особей из р. Вычегда и оз. Глубокое были практически идентичны по последовательности молекулярного маркера (фрагмент гена первой субъединицы цитохромоксидазы митохондриальной ДНК – COI). Близкое сродство обнаружено между *E. bidens* каждой из обследованных популяций с особями этого вида из Новой Зеландии (Watson et al., 2015), которые соответственно разделились на две группы: близко родственную вычегодским рачкам и гарпактикоидам из оз. Глубокое. Генетическая близость вычегодской клады *E. bidens* рачкам из Новой Зеландии и относительная генетическая однородность их общей группы, на наш взгляд, с большей вероятностью позволяет связать ее происхождение с стоками АО «Монди СЛПК», состав биоты которых неизвестен. В противоположность вычегодским *E. bidens*, найденные в этом же пункте отбора особи *Attheyella crassa* (Sars) генетически не отличались от рачков этого вида из Республики Коми и других областей европейского Севера, что косвенно указывает на естественное (не связанное с антропогенным заносом) происхождение популяции этого вида, в целом широко представленного в Вычегодском бассейне.

Происхождение обнаруженных в черте г. Сыктывкара в рр. Сысола и Вычегда впервые для Республики Коми видов веслоногих ракообразных, по нашему мнению, было антропогенным. Достаточно теплолюбивые виды были внесены со сточными водами в северные реки, где образовали жизнеспособные популяции, существование которых поддерживалось, тем не менее, лишь на ограниченных участках с повышенной температурой воды и отсутствием ледостава в течение всего холодного периода.

МАКРОЗООБЕНТОС НИЖНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ПРИЛЕГАЮЩИХ К ПЛОТИНАМ УЧАСТКАХ

Е. И. Филинова, Д. И. Мелёшин

Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО», 410002 г. Саратов, ул. Чернышевского, 152,
e.filinowa@yandex.ru

Создание гидроэлектростанций, в связи с изменением гидрологического режима водотоков сопровождается изменениями во всех звеньях речной экосистемы, преобразованной в водохранилище (Логинов, Гелашвили, 2016). Многолетние мониторинговые исследования макрозообентоса крупных водохранилищ Волжского каскада показали, что зарегулирование стока реки способствовало формированию лимнофильных гидробиоценозов, более продуктивных по сравнению с речными.

В 2020 г. были проведены исследования с целью выявления предполагаемого воздействия гидродинамической активности водных масс, на участках, прилегающих к плотинам, на состав и структуру донной фауны в двух водохранилищах Нижней Волги. Пробы макрозообентоса отбирали в нижнем бьефе плотины Жигулевской ГЭС и верхнем бьефе плотины Саратовской ГЭС (Саратовское водохранилище), в нижнем бьефе Саратовской ГЭС и верхнем бьефе Волжской ГЭС (Волгоградское водохранилище). Сбор проб проводили дночерпателем ДАК – 1/40 м² по трансектам, на станциях у левого, правого берегов и в медиали, на удалении около 500 м от гидросооружений, дважды за вегетационный сезон.

Анализ полученных данных позволил выявить общие закономерности в распределении качественного состава и структуры макрозообентоса на прилегающих к плотинам участках с различным гидродинамическим режимом. На всех трансектах по общим количественным показателям доминировали вселенцы – *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1847). В мягком макрозообентосе основу показателей численности и биомассы так же составляли вселенцы – полихеты *Hypania invalida* (Grube, 1860) и перакариды р. *Dikerogammarus*. В соответствии с коэффициентом Серенсена, выявлено сходство фауны попарно между верхними бьефами плотин, а также между нижними бьефами.

На трансектах в верхних бьефах макрозообентос распределен довольно равномерно и в качественном, и в количественном отношении, поскольку на всех станциях дно выстилало илистые отложения. В нижних бьефах, в центре потока воды, поступающего с гидросооружений, на промытых коренных грунтах бентонты встречены редко (всего 3 вида), количественная представленность минимальна. В литорали, ввиду специфических гидрологических и морфометрических характеристик участка, активность водных масс снижается, на коренных каменистых и песчаных донных грунтах отмечена седиментация. минеральной взвеси и детрита. На станциях в литорали зарегистрировано максимальное число видов (14 – в Саратовском водохранилище и 16 – в Волгоградском), и максимальные показатели плотности популяции дрейссенид. Бедность фауны свидетельствует о напряженной экологической обстановке на исследуемых участках.

Как свидетельствуют проведенные исследования, количественное развитие мягкого макрозообентоса в верхних бьефах плотин ниже по сравнению с ежегодно исследуемыми мониторинговыми участками соответствующих водохранилищ. Известно, что, например, в Саратовском водохранилище в половодье проходит через плотину 45% годового стока в среднем за 36 – 42 дня. Не исключена возможность флотации донных гидробионтов особенно эпифауны через гидроузлы и обводные каналы в период паводка.

Качественный состав, количественная представленность, структурные характеристики макрозообентоса на исследованных участках, прилегающих к плотинам, во многом определяются экологическими условиями, среди которых основополагающими для донных макробеспозвоночных является характер грунта и донных отложений, как составляющие гидрологических, морфометрических и биотических факторов среди которых динамика водных масс одна из основополагающих.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООБЕНТОСА ДУБОССАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

С. И. Филипенко

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, 3300, Молдова, Приднестровье, г. Тирасполь, ул. 25 Октября, 128, zoologia_pgu@mail.ru

Дубоссарское водохранилище (ДВ) образовано на р. Днестр плотиной Дубоссарской ГЭС в 1954 г. Длина водохранилища составляет 128 км, ширина от 200 до 1800 м, средняя глубина 7.19 м. Объем водохранилища в последние десятилетия, вследствие его заиления, сократился с 485 до 277.4 млн. м³. Изменение гидрологического режима этого участка Днестра привело к снижению скорости потока, интенсивному зарастанию и заилению. Эти факторы усугубились с середины 1980-х гг. вследствие строительства и ввода в эксплуатацию Новоднестровского гидротехнического комплекса в Черновицкой области Украины.

В настоящее время донная фауна ДВ в разной степени представлена лито-, псаммо-, пелореофильным и фитофильным бентическими комплексами. Вследствие снижения скорости течения и усиленного заиления водохранилища, преобладающим в его донной фауне стал пелореофильный комплекс.

В донной фауне ДВ численно преобладает «мягкий» зообентос: кольчатые черви, высшие ракообразные и личинки амфибиотических насекомых. Что касается общего разнообразия донной фауны водохранилища, то за все годы его исследований с 1950-х гг. в нем отмечено в общей сложности более 170 видов.

Развитие «мягкого» макрзообентоса ДВ на протяжении последних 10 лет характеризуется достаточно высокими показателями плотности и биомассы. При средних количественных показателях кормового зообентоса за период 2010-2020 гг. 3430 экз./м² и 13.53 г/м², максимальные показатели его численности и биомассы отмечены в 2011 г. - 4972 экз./м² с биомассой 27.37 г/м², минимальные – в 2015 г. – 2094 экз./м² и 7.06 г/м².

Численность и биомасса «мягкого» бентоса детерминируются олигохетно-хириноmidным комплексом. Средние величины численности и биомассы комплекса за период 2010-2020 гг. составили 3220 экз./м² или 93.8% и 12.7 г/м² или 93.9% от «мягкого» зообентоса Дубоссарского водохранилища.

Методами оценки экологического состояния ДВ по зообентосу - показателям Карра и Хилтонена, Гуднайта и Уитлея, Ландбека и Сизера, индексу *i* Кинга и Балла, методу Пантле и Букка установлено, что водохранилище относится к β-мезосапробному водоему, т.е. к умеренно загрязненному с повышенным содержанием органических веществ.

Для оценки состояния донных сообществ ДВ мы рассчитали, в том числе, вариабельность динамики биомассы (ВДБ) основных групп «мягкого» зообентоса, которая, помимо всего прочего, зависит от структурных характеристик сообществ. Она связана с соотношением стено- и эврибионтных видов. В сообществах с низкими ее значениями преобладают эврибионтные виды. Динамика изменений ВДБ основных групп зообентоса водохранилища на протяжении 2010-2020 гг. подвержена значительным колебаниям, что свидетельствует о происходящих в экосистеме структурных изменениях, а значит и функционирования и указывает на то, что водохранилище находится под сильным антропогенным воздействием.

Среди групп «мягкого» зообентоса ДВ олигохеты обладают самым низким значением S_{II} (0.62), что характеризует эту группу гидробионтов как наиболее эврибионтную.

В результате регулирования Днестра в Дубоссарском водохранилище произошли коренные изменения в структуре и обилии донной фауны, стали очевидны следующие тенденции: видовое разнообразие зообентоса снизилось с сокращением стенобионтной лито- и псаммореофильной фауны, доля чужеродных и интродуцированных видов возросла, а облик донного населения в целом стал более пелореофильным с преобладанием олигохетно-хириноmidного комплекса.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РАЗВИТИЕ ЗООБЕНТОСА РЕЧНОЙ ЧАСТИ ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА, МЕТОДАМИ ГИС

И. В. Филоненко¹, А. С. Комарова², К. Н. Ивичева¹

¹ Вологодский филиал ФГБНУ «ВНИРО», ул. Левичева, 5, Вологда, 160012,
igor_filonenko@mail.ru, ksenya.ivicheva@gmail.com

² Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Некоузский р-н,
Ярославская обл., 152742, komarova.as90@yandex.ru

Для анализа факторов, определяющих развитие зообентоса речной части Шекснинского водохранилища, применен комплекс методов, сочетающих полевые исследования, показатели топографических карт и результат обработки данных дистанционного зондирования Земли. Данные о состоянии зообентоса включают сборы за период с 2010 по 2020 гг. Информация о распределении грунтов и глубин получена по судоходным и топографическим картам. Критерием выбора сцен спутников Sentinel-2 и Landsat 8 стали показатели динамики уровня воды по гидропосту в г. Белозерск. В результате расчета индексов mNDWI и NDWI получены площади, занимаемые речной частью водохранилища в паводок и межень, а также степень зарастания макрофитами.

Среднемноголетний уровень воды Шекснинского водохранилища за период с 1 апреля по 31 октября составил 113.01 м, минимальные показатели – 112.54 м, средний многолетний максимум – 113.18 м. В 2020 г. отмечался экстремально высокий уровень воды, который в мае составил 113.6 м. Таким образом, амплитуда колебаний водохранилища в период 2008–2020 гг. составляет 1.24 м. При средней глубине около 4 м, максимальные глубины на отрезке от устья Шексны и до 7–8 шлюза достигают 20 м. Площадь речной части водохранилища при максимальном уровне в мае 2020 г. составила 382.8 км². За период с 2008 г. это самый высокий уровень воды и, как правило, такие значения редко достижимы. Площадь озера при среднемноголетнем уровне составила 334.5 км², при минимальном – 328.7 км². Таким образом, водное зеркало может сокращаться на 14% от уровня 2020 г. (в среднем эта величина не превышает 2%).

Интерполяция батиметрических данных позволяет оценить зону водохранилища с глубинами более 4 м в 93,0 км². Площадь участков затопленного леса, картированных по топографическим картам, составила 177.1 км². Затопленная растительность частично располагается глубоко в руслах ранее существующих рек, где условия развития зообентоса сильно отличаются от литорали. Территория затопленных лесов на глубинах менее 4 м составляет 156.1 км². Водная растительность речной части Шекснинского водохранилища развита, главным образом, в заливах и устьях рек. Вдоль основного русла, где наблюдается активное волновое воздействие, макрофиты развиваются фрагментарно, узкими полосами или отсутствуют вовсе. Площадь водной и прибрежно-водной растительности в границах максимального уровня воды 2020 г. составила 64.2 км². В период снижения уровня воды часть растений оказывается на суше. Так при самых низких уровнях в воде находится 10.3 км² зарослей.

Чередование разнотипных биотопов речной части водохранилища обуславливает неоднородное распределение зообентоса. Высокие средние осенние показатели характерны для мелководных участков заливов – 2764 экз./м² и 7.9 г/м². Несколько ниже показатели вдоль берега основного русла, где чередуются участки песчаной литорали и небольшие по площади заросли растительности – 2309 экз./м² и 4.0 г/м². Низкие показатели численности обнаружены по руслу глубоководной зоны – 1451 экз./м². Высокая встречаемость здесь крупных личинок *Chironomus sp.* обуславливает среднюю биомассу в 4.6 г/м².

Для получения обобщенного показателя зообентоса речной части Шекснинского водохранилища можно использовать соотношение таких биотопов как глубоководная зона, песчаная литораль и мелководные участки заливов. Соотношение данных биотопов, рассчитанных с помощью ГИС, составило 28%, 19% и 53%, соответственно. При использовании средних количественных значений зообентоса за последние 10 лет, средневзвешенная численность составит 2270 экз./м², биомасса – 5.2 г/м².

МАКРОЗООБЕНТОС СТАРИЧНЫХ ОЗЁР НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ БУЙ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН, УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

Н. В. Холмогорова, Е. А. Бобкова

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, ул. Университетская, 1,
Nadjaholm@mail.ru

Речные поймы играют большую роль в жизни водных и околоводных экосистем. В пойменных водоемах живые организмы находятся в постоянно меняющихся условиях, чему способствует заливание их речными и тальми водами в период паводка и резкое уменьшение уровня воды в межень. Поэтому здесь формируется уникальная фауна, изучению которой в нашей стране уделяется крайне мало внимания.

Цель работы: изучить качественное и количественное развитие макрозообентоса старичных озёр нижнего течения реки Буй.

Река Буй одна из главных притоков реки Кама, протекающая в республиках Башкортостан, Удмуртия и Пермском крае. Исследования проводили на старичных озерах, три из которых находятся в республике Башкортостан между сёлами Амзя и Карманово на левом берегу реки в (56.2415 N, 54.4651 E; 56.2440 N, 54.4755 E; 56.2441 N, 54.4755 E). Три озера относятся к территории Удмуртии (56.2067 N, 54.2207 E; 56.2063 N, 54.2289 E; 56.2059 N, 54.2288 E). Грунт старичных озёр представлен детритом и илом.

Площадь стариц от 2348 до 5818 м², глубина до 3 метров, максимальная степень зарастания макрофитами – 85%.

Отбор проб проводили с помощью гидробиологического скребка с апреля по сентябрь 2018-20 годов по общепринятой методике гидробиологических исследований. Беспозвоночных фиксировали 96% этиловым спиртом. Определение видовой принадлежности вели по доступным определителям (Определитель..., 1997, 1994, 1999, 2001, 2004, 2016). Хириноид определяли до подсемейства. Всего было отобрано 37 количественных и 37 качественных проб макробеспозвоночных. Общее количество отобранных особей беспозвоночных животных составило 1675 экземпляров. Одновременно со сбором бентоса учитывали температуру, глубину, тип грунта и проективное покрытие растительностью. Для описания макрозообентоса рассчитывали следующие показатели: численность, биомасса, число видов, индекс Шеннона-Уивера, выровненность по Пиелу, индекс доминирования Бегера-Паркера, ЕРТ-индекс, доли отдельных таксонов в сообществе.

Таксономический состав макрозообентоса старичных озёр поймы реки Буй, расположенных в Башкирии и Удмуртии, составил 164 вида из 56 семейств и 15 отрядов (Прил. 1). Наибольшее видовое разнообразие имеют представители типа Mollusca (41 вид) и насекомые из отрядов Coleoptera (51 вид, из них 20 видов являются новыми для республики Башкортостан (Сажнев и др., 2019-2020)), Diptera (14 видов). Три вида моллюсков являются вселенцами: *Costatella integra* (Haldeman, 1841), *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828) и *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771).

Характерными представителями макрозообентоса пойменных водоёмов являются ракообразные. В исследуемых старицах встречались: *Astacus leptodactylus* (L., 1758), *Asellus aquaticus* (L., 1758) и *Gammarus sp.* (Fabricius, 1775).

Общая численность бентоса менялась в пределах 128 – 1136 экз/м². Биомасса макрозообентоса была достаточно высока 5.6 – 187.4 г/м². Индекс Шеннона старичных озёр менялся от 0.44 до 2.69. Средний показатель выровненности сообщества по Пиелу составил 0.64. К концу лета сокращалась плотность личинок поденок, поэтому происходило снижение числа ЕРТ-индекса. Его показатели менялись от 51% в июне до 2% в августе. Индекс доминирования Бергера-Паркера варьировал от 0.15 до 0.51. По шкале Китаева С.П. (2007) тип обследованных стариц менялся от бета-мезотрофного до гипертрофного. Класс продуктивности – от среднего до очень высокого. Этому способствовало активное зарастание макрофитами, развитие зоофитоса и накопление органических осадков на дне.

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТРЕМАТОД *TELORCHIS ASSULA*
(DUJARDIN, 1845) В ПРУДОВИКАХ (LYMNAEIDAE)
ИЗ БАССЕЙНА Р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)
И. С. Хребтова¹, О. В. Аксёнова¹, А. В. Кондаков¹**

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика
Н.П. Лаврова УрО РАН, 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 23,
irinahrebtova@bk.ru

Трематоды рода *Telorchis* Lühe, 1899 являются кишечными паразитами змей, лягушек, ящериц, саламандр и пресноводных черепах в Азии, Европе и Северной Америке. В качестве промежуточных хозяев для трематод данного рода выступают пресноводный брюхоногий моллюск *Planorbis planorbis* и личинки различных амфибий. Несмотря на достаточно большое количество исследований, посвященных инфицированию животных трематодами рода *Telorchis*, данных об их промежуточных хозяевах практически нет.

Типичным представителем рода, который достаточно часто встречается в Европе, Западной Азии и Северной Америке является *Telorchis assula* (Dujardin, 1845). В России данный вид был обнаружен в Московской, Саратовской, Воронежской, Волгоградской, Ростовской областях и в республиках Дагестан и Калмыкия. *Telorchis assula* характеризуется существенной морфологической изменчивостью, которая отражается в размерных признаках и чаще всего связана с видом конечного хозяина.

Целью нашего исследования была оценка зараженности брюхоногих моллюсков семейства Lymnaeidae из бассейна реки Северский Донец (Ростовская область) партенитами трематод. Для этого из 9 зафиксированных в 96% спирте прудовиков была выделена тотальная ДНК и проведена амплификация транскрибируемого спейсера ITS2, которая позволила выявить наличие трематод в моллюсках (Кондаков и др., 2018). Зараженными оказались лишь две особи, относящиеся к видам *Lymnaea stagnalis* и *Stagnicola* sp.

Далее для образцов, в которых было установлено наличие трематод, провели амплифицирование и секвенирование фрагментов генов первой субъединицы цитохром с-оксидазы (COI) и 28S рибосомной РНК (28S). С целью идентификации трематод полученные нуклеотидные последовательности проанализировали в онлайн программе BLAST (NCBI GenBank).

Результаты сравнения полученных последовательностей показали, что COI секвенированных образцов на 17% отличается от имеющихся в базе данных и относится к трематодам надсемейства Plagiorchioidea, тогда как последовательности 28S позволили установить, что обнаруженные трематоды относятся к виду *Telorchis assula*. Полученные в ходе исследования сиквенсы 28S отличались на одну нуклеотидную замену от депонированной в базе GenBank последовательности (AF151915), которая была получена в результате генетического анализа половозрелой особи трематоды из обыкновенного ужа (*Natrix natrix*), пойманного в Киевской области Украины (Tkach et al., 2000).

В ходе проведенного исследования получены данные о присутствии в бассейне реки Северский Донец трематод *Telorchis assula* (Dujardin, 1845). Получены нуклеотидные последовательности для трех фрагментов генов: COI, 28S рРНК и ITS2, что является важным результатом с точки зрения изучения систематики отряда Plagiorchiida и позволяет идентифицировать данный вид на разных стадиях развития молекулярно-генетическими методами для любого из исследованных генов. Впервые установлено, что *Telorchis assula* использует в качестве промежуточных хозяев брюхоногих моллюсков семейства Lymnaeidae.

Исследования выполнены в рамках госзадания (№ АААА-А18-118012390161-9) и проекта РФФИ (№ 19-04-00270_а), молекулярно-генетический анализ трематод осуществлен при поддержке гранта РНФ (№ 21-74-10155).

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ В ОЗЕРЕ ИК ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Цапенков, Д. И. Наумкина, А. А. Ростовцев, А. Л. Абрамов, В. Ф. Зайцев,
Т.А. Литош, Д. Л. Сукнев

Новосибирский филиал «Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии», Новосибирск, Россия, zapsibniro@vniro.ru

Озеро Ик Омской области имеет площадь 7140 га при средней глубине 3.5 м, что позволяет выращивать рыбу даже в условиях зимовки.

На озере Ик практикуется однолетнее товарное выращивание быстрорастущей рыбы такой, как пелядь *Coregonus peled* Gmelin, при этом в конце сезона вылавливают частично около 10-20 т. Из-за большой и трудно облавливаемой площади водоема количество оставшейся пеляди на зимовку значительно.

Мы поставили задачу изучить результаты двухлетнего выращивания пеляди от подращенной молоди до двухлетков с наличием или отсутствием частичного вылова товарных сеголетков в конце первого сезона выращивания.

Для построения динамической модели за основу берется система дифференциальных уравнений с учетом различных факторов, воздействующих на выращиваемую товарную пелядь в озере.

Построение, расчет и анализ динамической модели производился в компьютерной программе MAEcoS (Modelling and Analysis of Ecological Systems).

Несмотря на довольно разнообразную ихтиофауну озера Ик (хищники: окунь *Perca fluviatilis* Linne, судак *Sander lucioperca* L., щука *Esox lucius* L., ротан *Perccottus glenii* Dybowski; планктонофаг: верховка *Leucaspius delineates* Heck; бентофаги: карась серебряный *Carassius auratus* Bloch, лещ *Abramis brama* L., сазан *Cyprinus carpio* L., пескарь *Gobio gobio* L.) динамическая модель строится при отсутствии конкуренции за пищу (зоопланктон и зообентос).

Учитывается смертность от хищничества, естественная смертность, антропогенная нагрузка (частичный вылов в первый год выращивания), сезонность.

При моделировании отсчет $t=0$ начинается с момента посадки подращенной пеляди в озеро Ик, общее время двухлетнего выращивания $t=540$ сут.=1 относительных единиц (о.е.), 1 сут.=0.00185 о.е.

Также учитываются начальные данные: вселение в озеро 10.5 млн. экз. молоди рыбы со средней индивидуальной массой 0.03 г, сеголетка - 80 г, двухлетка - 240 г. и частичный вылов пеляди в первый год выращивания - 10 т.

Динамическая модель выращивания пеляди в программе MAEcoS рассчитывается по общей биомассе. При варианте частичного вылова сеголетков пеляди, в конце второго сезона можно выловить еще 17 т двухлетков; без частичного вылова – 37 т двухлетков.

Установлено, что при однолетнем выращивании товарной пеляди в оз. Ик вылавливается не вся выращенная рыба и поэтому необходимо пересмотреть метод выращивания или метод вылова товарной пеляди.

При рыночном спросе на товарных двухлетков пеляди предлагается частичный вылов товарных сеголетков не проводить, что к окончанию двухлетнего выращивания будет способствовать получению 20 т добавочной рыбной продукции.

Расчет в денежном эквиваленте по ценам 2020 г. для Омской области показывает, что выручка составит: - с частичным выловом: (10 т товарных сеголетков x 150 руб./кг) + (17 т двухлетков пеляди x 200 руб./кг) = 4.9 млн. руб.; - без частичного вылова товарных сеголетков производство 37 т товарных двухлетков пеляди позволит получить 7.4 млн. руб. выручки (37 т x 200 руб./кг), что на 2.5 млн.руб. больше, чем в первом случае, при традиционном частичном вылове товарных сеголетков пеляди в оз. Ик.

**МИКРОМОРФОЛОГИЯ РЕДКОГО ВИДА ЭВРИАЛЫ УСТРАШАЮЩЕЙ
(*EURYALE FEROX* SALISB., NYMPHAEACEAE)**

Д. Ю. Цыренова

*Тихоокеанский государственный университет,
г. Хабаровск, ул. Карла Маркса, 68, Duma@mail.ru*

Это редкий таксон из-за своей реликтовости, пограничности ареала и принадлежности субтропическому гидрофитному комплексу Дальнего Востока России.

В ходе исследования вегетативных органов особей приамурской популяции обнаружено следующее. Дорзовентральность плавающих листьев. Коэффициент палисадности 1:1. Листовая пластинка эпистоматного типа. Основные клетки эпидермы хлорофиллоносные. Число устьиц высокое $\sim 334 \pm 1$ экз./мм². Аномоцитный устьичный аппарат. Устьица крупные длиной 102 ± 8 мкм шириною 94 ± 4 мкм. Наличие астроклереидов в мезофилле листа, характерные также для кувшинки и кубышки, что дает основание рассматривать вид в семействе Nymphaeaceae. Опушенность. Многоклеточные изогнутые кроющие и головчатые трихомы на черешках; длинные и тонкие лигнифицированные шипы эпидермально-субэпидермального происхождения на листьях снизу и черешках. Общая аэренхиматизация. Диффузные межклетники схизогенной этиологии диаметром 120–160 мкм. Нетипичная для макрогидрофитов компактная (а не диффузная) локализация многослойной субэпидермальной уголковой колленхимы в черешке. Атактостелия. Парные концентрические пучки амфикибрального типа такие, как у *Brasenia schreberi* J. F. Gmel. (Cabombaceae). Отсутствие камбиальной активности, обуславливающей однолетний облик. Редукция ксилемы. Трахеальные элементы полностью редуцированы и заменены воздухоносными каналами.

ПЕРВЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О КЛЕЩЕ *UNIONICOLA (PENTATAX) BONZI* ИЗ МОЛЛЮСКОВ РОДА *UNIO* РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Ю. Е. Чапурина¹, А. В. Кондаков¹, Д. И. Лебедева², Г. А. Яковлева²

¹ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова УрО РАН, 163000, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 23, chapurina_yu@mail.ru

²Институт биологии Карельского научного центра РАН, 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д.11

Пресноводные клещи рода *Unionicola* являются распространёнными паразитами моллюсков и губок. На данный момент эта группа изучена достаточно плохо вследствие сложности их обнаружения и сбора из-за небольших размеров (в среднем около 1-2 мм). Молекулярно-генетические исследования данных клещей в России практически не проводились. Однако на основе таких работ для североамериканских и европейских представителей и наших собственных исследований есть основания полагать, что на самом деле, видовое разнообразие этой группы гораздо больше, чем принято считать, из-за большого числа криптических видов и специфичности по отношению к хозяину (Ernsting et al 2009, Stålstedt et al 2013, Chapurina et al 2021).

В представленном исследовании впервые сообщается о находке паразитических клещей *Unionicola bonzi* из реки Олонка (респ. Карелия), обнаруженных в моллюсках рода *Unio* с получением последовательностей фрагментов митохондриального и ядерного генов COI и 28S соответственно. С территории Карелии также известен вид *U. ypsilon* (оз. Селигер), имеющий голарктическое происхождение (О.Д. Жаворонкова, Д.С. Песня, 2013).

U. bonzi (Claparede 1869) является типовым видом для подрода *Pentatax*, получившим своё название на основании количества пар ацетабул на генитальном поле (Pent значит пять) (D. D. Edwards, M. F. Vidrine, 2013), важного морфологического признака, используемого при классификации и определении клещей этого рода. Для идентификации вида были выполнены постоянные микропрепараты с помощью заключающей среды Фора-Берлезе. Изучение препаратов проводилось с помощью светового микроскопа AXIO Lab.A1, Carl Zeiss, Germany и ПО ZEN lite 2012. *Pentatax* считаются промежуточным звеном между подродом *Hexatax* и подродом *Anodontinatax* (Gerecke et al. 2016). Сообщается (P.V. Tuzovskij, K. A. Semenchenko, 2015), что *U. bonzi* имеет широкое распространение в Европе, включая Европейскую часть России, и паразитирует в моллюсках рода *Unio* и *Anodonta* (редко).

Для молекулярно-генетического анализа было проведено выделение ДНК методом фенол-хлороформной экстракции (Sambrook et al., 1989) из 2-4 клещей на пробу, изъятых из одного моллюска. Для амплификации митохондриального гена субъединицы I цитохромоксидазы С (COI) использовали праймеры Lobo F/R, а для амплификации ядерного гена 28S рРНК – праймеры 23F/D2. Филогенетический анализ проводился методом максимального правдоподобия (ML) в программе Mega7 с применением бутстреп-анализа, включающего 1000 псевдореplik.

Было показано, что последовательности гена COI клещей из Карелии сформировали кладу с последовательностью клеща *Unionicola* из Италии (р. Офанто), который был отсе-квенирован нами ранее. Он был обнаружен в моллюске *Unio tancus*, и по морфологии также был определён как *U. bonzi*. Количество замен в гене COI между последовательностями у клещей из р. Офанто и р. Олонка составило ≈6.5%, что свидетельствует о том, что оба представителя относятся к видам одного подрода. Полученный результат подтверждает закономерность, что клещи *Unionicola*, обитающие в хозяине одного рода, имеют близкое филогенетическое положение (Edwards, Vidrine 2013), что в свою очередь указывает на коэволюцию подродов клещей, паразитирующих в отдельных родах моллюсков.

Исследования выполнены в рамках госзадания (№ АААА-А18-118012390161-9), при поддержке гранта РФФИ №19-35-90085 Аспиранты.

РАЗНООБРАЗИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИСТОВАРОВ *ESCHERICHIA COLI*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОДОЕМОВ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н. А. Чечкова, Н. А. Сидорова

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» Республика Карелия,
г. Петрозаводск, просп. Ленина, д. 33, tche4kova.natalia@yandex.ru

Пополнение списка инфекционных заболеваний объектов аквакультуры во многом зависит от эколого-эпизоотической ситуации на водоеме. Отчасти, это связано с нерациональным применением антибактериальных препаратов и повсеместным распространением резистоваров. Цель выполненного исследования состояла в оценке биоразнообразия и свойств резистоваров *Escherichia coli*, циркулирующих в водоемах рыбохозяйственного назначения. *E. coli* выделяли из микрофлоры воды и радужной форели, отобранной из водоемов, расположенных на территории Карелии. Для выделения эшерихий использовали среды Плоскирева и висмут-сульфит агар. Селекцию резистоваров *E. coli* в отношении цефалоспоринов I-III поколения, аминогликозидов I-III поколения, тетрациклина, хлорамфеникола, полимиксина, нитрофуранов и фторхинолонов II поколения выполняли в соответствии с регламентом Методических указаний по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам (МУК 4.2. 1890- 04). Для этого использовали коммерческий набор дисков с антибиотиками (производство Научно-Исследовательского Центра фармакотерапии, Санкт-Петербург). Культуры *E. coli* предварительно выращивали в течение 18 часов на 1.5% мясопептонном агаре. Измерение зон подавления роста бактерий выполняли с точностью до 1.0 мм. Штаммы распределяли на чувствительные и резистентные в соответствии с разработанными критериями Института по клиническим и лабораторным стандартам (CLSI), США. Учитывая, что антибиотикорезистентность часто сопровождается толерантностью к иммунным факторам, параллельно исследовали биологические свойства резистоваров - антилизотимную активность (Бухарин О.В. с соавторами, 1999) и устойчивость к бактерицидным факторам сыворотки крови (МУК 13.4.2/1795).

В результате проведенного исследования из микрофлоры воды выделено 42 штамма кишечной палочки, из микрофлоры 57 особей *Parasalmo mykiss* - 29 штаммов (6 штаммов из микрофлоры кишечника и 23 – из микрофлоры кожи). Обнаружено, что 37% выделенных штаммов являются резистентными к пенициллинам, причем наибольший процент резистоваров относится к микрофлоре воды (47%). Процент устойчивых штаммов к цефалоспорином изменялся от 29% (доля штаммов, выделенных из микрофлоры форели) до 71% (доля штаммов, выделенных из микрофлоры воды). Резистентность к тетрациклинам, хлорамфениколу и аминогликазидам установлена только для *E. coli*, выделенной из воды и составила 47%, 19% и 58%, соответственно. К полимиксинам процент резистентных штаммов изменялся от 62% (*E. coli* в составе микрофлоры воды) до 89% (*E. coli* в составе микрофлоры кишечника); к антибиотикам из группы нитрофуранов доля резистоваров изменялась от 31% (*E. coli* в составе микрофлоры кишечника) до 83% (*E. coli* в составе микрофлоры воды); к антибиотикам из групп фторхинолонов - от 5% (*E. coli* в составе микрофлоры кожи и кишечника форели) до 29% (*E. coli* в составе микрофлоры воды). Процент резистоваров кишечной палочки с антилизотимной активностью изменялся от 7% (*E. coli* в составе микрофлоры воды) до 39% (*E. coli* в составе микрофлоры кожи радужной форели). Устойчивость к бактерицидным факторам сыворотки крови обнаружена всего у 2 штаммов *E. coli*, выделенных из микрофлоры воды, что составило 5% от общего количества идентифицированных культур и у 17 штаммов или 59%, выделенных из микрофлоры форели. Экспериментально подтверждено, что циркулирующие в исследованных водоемах резистовары *E. coli* обладают биологическими признаками, способствующими контаминации организма радужной форели, что влияет на формирование микробиоценоза рыбы и очагов оппортунистических инфекций в водоеме.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ (проект № 20-66-47012) совместно с Иркутским государственным университетом.

ПРИКЛАДНОЕ МОИНОВЕДЕНИЕ: ЖИВЫЕ КОРМА В АКВАКУЛЬТУРЕ

Вл. К. Чугунов

ИБВВ РАН, п. Борок, Россия, vlad.tchougounov@gmail.com

На пути высокопродуктивного массового культивирования моин и других кладоцер лежит множество вполне преодолимых преград.

Помимо организационно-технических проблем культивирования, существует многоуровневая система самоограничения роста численности популяции моин, которая выработалась десятками и сотнями миллионов лет эволюции моинид, стволовых кладоцер и их предков при адаптации к жизни в астатичных континентальных водоёмах. Ингибирование метаболизма, индукция самцов и производство латентных яиц кратно уменьшают продуктивность культиваторов. Голодовая химическая коммуникация координирует эти экофизиологические механизмы.

ВЗАИМОСВЯЗЬ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ТОКСИЧЕСКИМИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ТЕРАТОГЕННЫХ ЭФФЕКТОВ У ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Г. М. Чуйко, И. И. Томилина, Л. П. Гребенюк, Р. А. Ложкина

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742 Борок, Некоузский р-н, Ярославская область, Россия, gchuiko@ibiw.ru

Ранее было установлено, что токсические загрязняющие вещества (ЗВ), как неорганические, так и органические, воздействуют на морфогенез животных, приводя к мальформациям ротового аппарата личинок комаров-звонцов р. *Chironomus*: антенн (слабохитинизированные структуры), а также ментума и мандибул (сильнохитинизированные структуры). Возникновение и тяжесть мальформаций можно использовать для оценки воздействия ЗВ на пресноводные экосистемы. Водоем считается чистым, если в природных условиях доля личинок хирономид с аномалиями составляет от 3–5 до 8–10%. В популяции *Ch. riparius*, содержащейся длительное время в лабораторной культуре и используемых при биотестировании, доля деформированных личинок выше, чем в природных популяциях, и может достигать 10–14%.

При биотестировании природных донных отложений (ДО), отобранных из разных по содержанию ЗВ (полихлорированные бифенилы (ПХБ), тяжелые металлы (ТМ), редкоземельные элементы (РЗЭ)) участков Рыбинского водохранилища в период 2006-2012 гг., с использованием *Ch. riparius* из лабораторной культуры показано, что средние доли личинок хирономид с мальформациями по плесам составили: Моложского – 29.4, Центрального – 24.6, Волжского – 24.0, Шекснинского – 26.2% (контроль – 6.7%). Патологии наблюдались во всех структурах ротового аппарата, но в среднем для антенн их доля была выше (29.6–71.1%), чем для ментума и мандибул (3.2–14.9%). Выраженность нарушений, рассчитанная по индексам тяжести антеннальной деформации (ISAD) и деформаций сильнохитинизированных структур (ISMMD), превышала таковую в контроле соответственно в 3-8 и 6.5-8 раз независимо от плеса водохранилища.

Мальформации, встречаемые при биотестировании ДО водохранилища на *Ch. riparius*, отмечены и у личинок *Ch. plumosus* из природных популяций в тех же местах отбора проб. Относительная численность личинок *Ch. plumosus* с деформациями колебалась от 30 до 67% (в среднем 57.5%) и была выше таковой *Ch. riparius* при биотестировании ДО. Доля личинок с деформациями сильнохитинизированных структур *Ch. plumosus* в 5.4 раза была выше, чем у *Ch. riparius*. Значения ISAD были выше для *Ch. riparius*, а ISMMD – для *Ch. plumosus* в среднем в 1.7 раза.

Анализ связи показателей мальформаций с уровнем отдельных групп ЗВ в ДО выявил статистически значимые прямые зависимости между нарушением сильнохитинизированных структур и содержанием как низко-, так и высокохлорированных гомологических групп ПХБ ($r=0.43-0.61$, $p \leq 0.05$).

Таким образом, частота встречаемости деформаций ротового аппарата личинок хирономид, их доля в общем числе мальформаций и тяжесть выявленных нарушений могут отражать потенциальную опасность загрязненных ДО и служить хорошим биомаркером антропогенной нагрузки на водный объект при проведении мониторинга экологического состояния пресноводных экосистем. При этом показатели мальформаций сильнохитинизированных структур могут рассматриваться как специфический биомаркер присутствия в окружающей среде токсических органических веществ, включая ПХБ.

Работа выполнена в рамках плановой темы № з/р 121050500046-8 при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ №08-05-00805, 12-05-00572 и приоритетного проекта Оздоровление Волги по теме № з.р. АААА-А18-118052590015-9.

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ФИТОПЛАНКТОН САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Е. А. Шашуловская, С. А. Мосияш, Е. А. Джаяни

*Саратовский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 410002, г. Саратов, ул. Чернышевского, 152,
shash.elena2010@yandex.ru*

В начале XXI века в бассейнах ряда крупных рек ЕЧР наблюдается повышение среднегодовой температуры воздуха, наибольший рост которой отмечен в зимний сезон (Георгиевский, 2018). В результате происходит перераспределение годового водного стока: увеличение в зимний и снижение в весенний паводковый период, что не может не оказывать влияния на условия формирования гидрохимического режима водоемов. Современное потепление климата тесно связано с внутриводоемными биологическими процессами - изменениями структуры сообществ планктонных организмов (Минеева и др., 2021). Развитие фитопланктона – основного продуцента автохтонного органического вещества в водных экосистемах – определяется комплексным влиянием абиотических и биотических факторов, среди которых ведущее значение имеют концентрации биогенных элементов (Даценко, 2007).

Исследования проводили на Саратовском водохранилище - предпоследней ступени в огромном Волжско-Камском каскаде. По гидрологическому режиму водоем относится к речному типу с высокими проточностью и коэффициентом водообмена. Основным регулятором стока является Куйбышевское водохранилище, аккумулирующее воду в период весеннего половодья и постепенно сбрасывающее накопленный объем в течение межени.

По результатам наблюдений 2003-2020 гг. основной формой минерального азота в водохранилище являлись нитраты, межгодовые колебания концентраций которых составили от 0.12 до 0.95 мгN/л. Содержание этого соединения, как правило, имеет четкую сезонную динамику с максимальными значениями весной за счет присутствия трансформированных зимних вод и влияния терригенного стока с паводковыми водами. До 2010 г. происходило снижение среднесезонных концентраций нитратов, затем отмечена тенденция к повышению. Колебания значений аммонийного азота происходили в более узких пределах, чем нитратов: 0.09-0.68 мгN/л. В исследуемый период наблюдался достоверный линейный отрицательный тренд этого соединения. Содержание минерального фосфора изменялось в интервале 0.024-0.084 мг/л. При значительных межгодовых колебаниях концентрации фосфатов можно отметить отрицательную тенденцию их содержания, хотя статистически не доказанную. В начале XXI века отмечен также положительный тренд средневегетационных концентраций общего железа и отрицательный – содержания кремния.

В период 2003–2020 гг. летняя биомасса фитопланктона Саратовского водохранилища изменялась от 0.23 до 1.45 мг/л, минимальные значения отмечены в 2006, 2009, 2014, 2015 и 2017 гг., максимальные – в 2005, 2007, 2011 и 2013 гг. Согласно классификации трофического состояния вод по биомассе фитопланктона (Китаев, 2007) Саратовское водохранилище характеризовалось как олиготрофное, в годы с максимальной биомассой – α-мезотрофное. Зарегистрированы отрицательные тренды биомассы Dinophyta, Euglenophyta и Chlorophyta. Достоверно увеличилась биомасса цианобактерий, а также их доля в общей биомассе альгоценоза водохранилища.

Применение метода главных компонент позволило выделить четыре ведущих фактора, объединяющих содержание биогенных элементов, общую биомассу фитопланктона и основные его отделы (Bacillariophyta и Cyanobacteria) и включающих 82% общей дисперсии. С первой главной компонентой тесно связаны общая биомасса фитопланктона, минеральный азот и кремний, со второй - содержание железа и величина водного стока. Третья компонента интегрирует информацию по количеству минерального фосфора и соотношению N/P, четвертая - указывает на связь Bacillariophyta и Cyanobacteria с летней температурой воды.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ АККЛИМАЦИИ И ИЗМЕРЕНИЯ
НА АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ
БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД**

**Ю. А. Широкова¹, О. А. Ларина¹, Е. В. Мадьярова¹, А. Д. Мутин¹,
Ж. М. Шатилина^{1,2}, М. А. Тимофеев^{1,2}**

¹НИИ биологии ФГБОУ ВО «ИГУ», 664025, Россия, г. Иркутск, ул. Ленина 3,
yuliashirokova2501@gmail.com

²Байкальский исследовательский центр, 664003, Россия, г. Иркутск, ул. Ленина 21

Байкальские амфиподы адаптированы к обитанию при низких температурах среды, так как среднегодовая температура в Байкале равна 6°C. В то же время, предпочитаемые температуры у байкальских амфипод различаются. Можно предположить, что у холодолюбивых видов амфипод существуют определенные адаптации к обитанию при низких температурах, в том числе наличие изоформ ферментов, активных в таких условиях. Целью данного исследования являлась оценка влияния температуры акклимации и температуры при измерении на активность антиоксидантных ферментов байкальских эндемичных амфипод.

Амфипод *Eulimnogammarus verrucosus* и *E. cyaneus* отлавливали в районе пос. Листвянка (юг оз. Байкал) и транспортировали в лабораторию, где их акклимировали при 10°C (температура вылова). Через 2 дня после начала акклимации контрольные группы амфипод фиксировали в жидком азоте. Остальных животных обоих видов акклимировали при температурах 1.5°C, 6°C (предпочитаемая температура для *E. verrucosus*) и 12°C (предпочитаемая температура для *E. cyaneus*) в течение 21 дня и по окончании экспозиции фиксировали в жидком азоте. Активность пероксидазы, каталазы и глутатион S-трансферазы измеряли спектрофотометрическими методами (Nabig, 1974; Aebi, 1984; Drotar, 1985) при температуре 1.5°C, 6°C и 12°C. Полученные результаты анализировали с применением двухфакторного дисперсионного анализа в программе «R studio».

Было обнаружено, что температура акклимации и температура измерения оказывали влияние на активность пероксидазы и глутатион S-трансферазы у *E. verrucosus*. В то же время, у данного холодолюбивого вида не было выявлено изменений в активности каталазы при разной температуре акклимации и температуре измерений. Возможно, *E. verrucosus* обладает холодадаптированными изоформами каталазы, способными поддерживать необходимую активность фермента при низких положительных температурах.

В случае *E. cyaneus* температура акклимации влияла на активность пероксидазы и каталазы. На активность глутатион S-трансферазы у данного вида оказала влияние как температура акклимации, так и температура измерений.

Таким образом, полученные результаты показывают, что активность антиоксидантных ферментов у *E. cyaneus* более подвержена влиянию низкой температуры по сравнению с *E. verrucosus*. Это может быть связано с обитанием *E. cyaneus* в верхней литорали, где сезонные изменения напрямую воздействуют на температурный режим, и диапазон температуры воды варьирует в широких пределах (от 1-1,5°C до 20°C). Холодолюбивые *E. verrucosus* при повышении температуры среды способны мигрировать в более глубокие участки литорали, где изменения температуры менее выражены. В дальнейших исследованиях следует провести изоформный анализ каталазы у *E. verrucosus*, что позволит проверить гипотезу о наличии у данного вида амфипод холодадаптированных изоформ фермента.

Работа проведена при частичной финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (грант Госзадание FZZE-2020-0026), Министерства науки и высшего образования России (номер темы 2301-21) и Германской службы академических обменов по программе «Михаил Ломоносов» (DAAD), РФ (20-64-46003).

ИЗМЕНЕНИЯ МЕЗОСТРУКТУРЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА У ПЛЕЙСТОФИТА *HYDROCHARIS MORSUS-RANAE* L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Г. И. Ширяев, М. Г. Малева, Н. В. Чукина, Г. Г. Борисова

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002 Екатеринбург, ул. Мира 19, schiriaev.grisha@yandex.ru

Техногенное загрязнение водных экосистем – одна из наиболее распространённых проблем современности. В связи с этим актуальным является изучение механизмов устойчивости макрофитов, играющих важную роль в продукционных процессах водных объектов.

Объектом исследования являлся плейстофит *Hydrocharis morsus-ranae* L. Для данного вида характерна высокая аккумулятивная способность по отношению к тяжелым металлам (ТМ). Однако влияние техногенного загрязнения на мезоструктуру его фотосинтетического аппарата изучено недостаточно. Цель исследования – выявить изменения мезоструктурных параметров *H. morsus-ranae* в условиях техногенного воздействия.

Сбор растительного материала, поверхностных вод и седиментов проводили в Челябинской области в июле 2018–2019 гг. на двух участках: импактном (заводь р. Егоза) и фоновом (оз. Иртяш). Река Егоза протекает вблизи города Кыштым. В воды реки от предприятий города поступают различные поллютанты, включая ТМ.

Содержание металлов в исследуемом материале определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой после мокрого озоления в 70% HNO₃ (осч). Мезоструктурные параметры растений определяли по методике, разработанной А.Т. Мокроносовым и Р.А. Борзенковой.

В воде импактного участка содержание железа, цинка, марганца, никеля и кобальта было в среднем в 3 раза выше, чем в фоновом. В большинстве случаев концентрации металлов в воде превышали значения предельно допустимых концентраций (ПДК) для водных объектов рыбохозяйственного назначения. Для водной среды импактного участка было характерно наиболее высокое превышение ПДК: по ртути – в 66 раз, по цинку – в 6 раз, по железу – в 5 раз, по марганцу – в 4 раза. Содержание изученных металлов в седиментах импактного участка также было выше по сравнению с фоновым (в среднем в 2.5 раза).

Изменения структуры листа оказывают существенное влияние на процесс фотосинтеза. Избыток ТМ может вызывать структурные перестройки в листьях растений, которые либо обусловлены токсическим действием металлов, либо имеют приспособительный характер. У *H. morsus-ranae* на импактном участке площадь азренхимы была на 43% выше, чем на фоновом. Увеличение площади воздухоносной ткани можно расценивать как адаптивную реакцию, поскольку оно способствует лучшему обеспечению растений углекислым газом. Это призвано компенсировать негативное действие металлов и активизировать процесс фотосинтеза. Достоверного изменения общей толщины листа, мезофилла и эпидермиса у *H. morsus-ranae* на импактном участке не происходило.

Для листьев плейстофита *H. morsus-ranae* характерен дорсовентральный тип строения мезофилла, который делится на губчатый и столбчатый. На импактном участке у растений происходило значительное снижение количества обоих типов клеток мезофилла (в среднем в 2 раза) и увеличение их объёма (в среднем на 19%). В большей степени уменьшалось количество клеток столбчатого мезофилла, что приводило к снижению их доли в мезофилле с 67% до 56%. При этом увеличивался объём хлоропластов столбчатого мезофилла и наблюдалась тенденция к возрастанию их количества в клетках губчатого мезофилла.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что в условиях техногенного загрязнения наблюдались значительные перестройки структуры мезофилла листа *H. morsus-ranae*, приводящие к снижению площади внутренней ассимиляционной поверхности листа. Одновременно происходили адаптивные изменения, направленные на увеличение ассимиляции CO₂, что могло способствовать активизации процесса фотосинтеза.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЖЕЛЧИ ПРЭСНОВОДНЫХ РЫБ

А. В. Шокурова

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия,
ул. Фрунзе, д. 11, anastasya.shokurova@mail.ru

Желчь – это уникальный секрет печени, который образуется гепатоцитами, и играет важную роль в эмульгировании липидов, поступающих с пищей, для дальнейшего гидролиза липазой. Также, желчь участвует в выведении металлов, не способных разлагаться метаболически, степень аккумуляции которых зависит от разнообразных условий среды, в которых обитает организм. Вследствие этого формируется определенный элементный состав желчи, способный формировать физико-химическую среду кишечника, которая в свою очередь воздействует на формирование энтеральной микробиоты и уровень активности пищеварительных ферментов кишечника. Таким образом, установление биотических и абиотических факторов, оказывающих влияние на элементный состав желчи, способно предоставить новые сведения о функционировании пищеварительной системы рыб.

Всего в ходе исследования было отобрано свыше 300 особей 15 различных видов рыб (*Carassius gibelio*, *C. carassius*, *Leuciscus idus*, *L. leuciscus*, *Sander lucioperca*, *Perca fluviatilis*, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius*, *Rutilus rutilus*, *Abramis brama*, *Lota lota*, *Gymnocephalus cernua*, *Coregonus lavaretus pidschian*, *C. l. pravdinellus*, *C. baunti sp. nova*), из 3 разнотипных водоемов (оз. Чаны, оз. Телецкое и оз. Баунт). С помощью эмиссионной спектрофотометрии с индуктивно-связанной плазмой, было определено 28 химических элементов, включавших 6 макроэлементов (Ca, K, Mg, Na, P, S) и 22 микроэлемента (Al, As, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V, Zn).

Полученные данные показали, что макроэлементы вне зависимости от рассматриваемых факторов находились в наибольших концентрациях у абсолютного числа отобранных рыб. Также, среди 22 анализируемых микроэлементов Cu, Li и Sr, были обнаружены в желчи у каждой особи для всех исследуемых видов. В то время как Cd, Mo и Tl у большинства рыб отсутствовали. Также, сведения об элементном составе желчи видов, имеющих различные пищевые привычки и обитающих в водоемах, характеризующихся различными гидрохимическими условиями, полученные в настоящем исследовании и в литературных источниках позволили установить некоторые экологические факторы способные воздействовать на элементный состав желчи рыб. Так, статистический анализ данных выявил достоверное влияние таких факторов как «тип питания», «местообитание», «сезон» и «год» на элементный состав желчи, представленных видов. В то время как, анализ литературных источников позволил судить об «антропогенной нагрузке», «особенностях местообитания и питания рыбы», а также «химических показателях грунта и воды», как о возможных факторах изменения элементного состава желчи рыб.

ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ, ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ И ЦИТОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Н. Ю. Шоман, Е. С. Соломонова, А. И. Акимов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН", 99011, Севастополь, Россия, Нахимова 2, n-zaichencko@yandex.ru

Быстрая ответная реакция микроводорослей на изменение условий существования позволяет использовать изменение их структурно-функциональных характеристик в качестве чувствительных индикаторов экологического состояния водных биоценозов. Применение современных методов исследования, таких как метод проточной цитометрии в комбинации с различными витальными красителями и биофизический метод регистрации показателей переменной флуоресценции хлорофилла *a* дает возможность оперативно отслеживать влияния быстротекущих воздействий окружающей среды на функционирование водорослей и их продукционный потенциал. Однако применение флуоресцентных и цитометрических показателей для экспресс-диагностики функционального состояния водорослей невозможно без понимания качественных и количественных зависимостей между ними и основными структурно-функциональными характеристиками водорослей.

Исследовано изменение основных структурно-функциональных, флуоресцентных и цитометрических показателей диатомовых микроводорослей *Phaeodactylum tricornutum* (Bohlin, 1897), *Nitzschia* sp. № 3 (Прошкина-Лавренко, 1955) и *Skeletonema costatum* (Cleve, 1873) в световом диапазоне от 4 до 1200 мкЭ·м⁻²·с⁻¹. У всех исследованных видов получены однотипные световые зависимости изменения удельной скорости роста, внутриклеточного отношения углерода к хлорофиллу *a* (С/Хл), коэффициента вариабельности клеточных размеров, относительной переменной флуоресценции хлорофилла *a* (Fv/Fm) и процента живых клеток в популяции. Установлена достоверная корреляционная связь между относительной переменной флуоресценцией хлорофилла *a* (Fv/Fm) и отношением углерода к хлорофиллу в клетках водорослей. Показано, что параметр Fv/Fm не эффективен для диагностики изменения ростовых характеристик водорослей при изменении условий освещения.

В оптимальных условиях освещения у всех исследуемых видов водорослей процент живых клеток в культуре составляет не менее 85%, а вариабельность клеточных размеров (CV) не превышает 30%. Показатель соотношения живых, малоактивных и мертвых клеток в популяции может быть использован для оценки жизнеспособности водорослей, так как значительное снижение этого параметра указывает на негативное и, вероятно, необратимое воздействие ингибирующего фактора на функциональное состояние водорослей. Увеличение доли малоактивных и мертвых клеток в культуре коррелирует со снижением удельной скорости роста водорослей и увеличением отношения С/Хл в их клетках в условиях фотоингибирования. Кроме того, при увеличении доли малоактивных и мертвых клеток в популяции наблюдается увеличение вариабельности клеточных размеров водорослей (CV), что обусловлено появлением одиночных, крупных и деформированных клеток.

Рассматриваемые в работе параметры отражают разные стороны функциональной активности водорослей. Такие показатели как, соотношение внутриклеточных компонентов, дисперсия клеточных размеров и относительная переменная флуоресценция хлорофилла являются высокочувствительными к факторам, ингибирующим рост водорослей и быстро восстанавливаются при наступлении благоприятных условий, если при этом не наблюдается необратимой деструкции клеток. В свою очередь, показатель соотношения живых, малоактивных и мертвых клеток в популяции является более консервативным параметром, что позволяет использовать его для оценки летального воздействия ингибирующего фактора на клетки водорослей.

**ФИЛОГЕОГРАФИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ
GAMMARUS LACUSTRIS SARS, 1863 (AMPHIPODA, GAMMARIDEA)**

А. К. Штанг¹, Г. В. Бovyкина¹, О. В. Аксёнова^{1,2}, А. В. Кондаков^{1,2}

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН, 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 23

²Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9, akondakov@yandex.ru

Ракообразные рода *Gammarus* (Gammaridea, Amphipoda) – обитатели соленых и пресных вод по всему миру, играющие важную роль в составе водных экосистем и являющиеся прекрасными модельными объектами для различных эколого-биологических исследований. Одним из наиболее широко распространенных видов амфипод в Северном полушарии является *Gammarus lacustris* Sars 1863. Высокая экологическая пластичность данного вида позволяет ему заселять водоемы с разнообразными условиями, реализуя широкий спектр приспособительных стратегий. Популяции данного вида характеризуются высокой численностью и биомассой, часто доминируя среди других беспозвоночных в пределах водного сообщества. В основном рацион *Gammarus lacustris* включает в себя растительность и детрит, но отмечают и его хищническое поведение. Эти гаммариды служат пищей для птиц, рыб, земноводных и различных личинок, выступают в роли промежуточных хозяев для трематод. *Gammarus lacustris* из-за своего широкого ареала и адаптации к различным условиям обитания является удобным модельным объектом для выявления путей расселения пресноводной фауны.

В ходе проведенных исследований были получены нуклеотидные последовательности фрагмента гена первой субъединицы цитохром с-оксидазы (COI) для образцов из Якутии (район пгт Тикси), Красноярского края (район с. Хатанга), Ненецкого автономного округа (о. Колгуев) и Ямало-Ненецкого автономного округа (окрестности г. Лабытнанги).

Для проведения филогеографического анализа из базы данных NCBI GenBank были взяты последовательности COI 172 образцов *Gammarus lacustris* из разных географических точек. Медианная сеть гаплотипов была построена с использованием пакета программ Network ver. 5.0.0.1 (Bandelt et al. 1999). Проведенный филогеографический анализ показал, что в медианной сети гаплотипов *Gammarus lacustris* выделяются четыре генетические линии: европейская, североамериканская, центральноазиатская и сибирская, каждая из которых отделена от других 5-11 нуклеотидными заменами. Наибольшую генетическую дистанцию от всех имеет европейская линия, которая представлена 4 гаплотипами. Самый высокий уровень генетического разнообразия отмечен в североамериканской и центральноазиатской линиях, представленных 25 и 21 гаплотипом соответственно. Но это не столько отражает генетическую изменчивость вида, сколько указывает на количество проведенных молекулярно-генетических исследований данного вида на отдельных территориях. В медианной сети гаплотипов в каждой из групп присутствуют звездообразные структуры, которые указывают на эволюционные процессы в популяциях *Gammarus lacustris*, связанные с адаптацией к условиям окружающей среды.

Полученные данные свидетельствуют о том, что, скорее всего, центром видообразования *Gammarus lacustris* является Тибетское нагорье, на территории которого выявлен высокий уровень генетического разнообразия и образцы с данной территории имеют наименьшую генетическую дистанцию от каждой отдельной генетической линии вида. Для проведения масштабных биогеографических исследований бокоплава *Gammarus lacustris* необходимо провести дополнительный анализ образцов с территории Европы и Дальнего Востока России.

Молекулярно-генетические исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 18-44-292001 р_мк), экспедиционные работы проведены за счет средств проекта РНФ (№ 19-14-00066).

**МНОГОЛЕТНЯЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА
СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
(К 40-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)**

Г. В. Шурганова, В. Н. Якимов, В. С. Жихарев, Д. Е. Гаврилко, И. А. Кудрин, Т. В. Золотарева
*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603022,
г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, galina.nngu@mail.ru*

Создание водохранилищ – это колоссальный по масштабам природный экологический эксперимент, вызывающий кардинальные структурные перестройки гидробиоценозов, являющиеся экзогенной сукцессией. Значительный интерес представляет исследование направленности, скорости, продолжительности подобных перестроек. При высокой динамичности развития водохранилищ существует уникальная возможность на протяжении жизни одного поколения исследователей проследить этапы формирования гидробиоценозов, выявить их динамику в пространстве и во времени. Для составления адекватной картины динамики необходимо оперировать надежными данными многолетних мониторинговых исследований. Для Чебоксарского водохранилища при обработке подобных данных с применением современных методов статистической обработки, получена наглядная картина динамики сообществ зоопланктона с момента его создания за 40-летний период вплоть до настоящего времени. На начальном этапе существования Чебоксарского водохранилища происходили не только значительные перестройки пространственного размещения зоопланктоценозов, но и возникновение новых. Анализ этих процессов позволил установить, что из исходных двух речных лево- и правобережного зоопланктоценозов на акватории последнего уже на второй год существования водохранилища (1982 г.) возник новый зоопланктоценоз. К 1985 г. этот зоопланктоценоз разделился на переходный и озёрный планктоценозы. При этом первоначально небольшая акватория озёрного зоопланктоценоза, примыкающая к Чебоксарской ГЭС, с течением времени увеличивалась за счёт сокращения акватории переходного. Это сопровождалось ростом различий видовой структуры переходного и озёрного планктоценозов. В то же время, исходные различия лево- и правобережного речных зоопланктоценозов становились менее существенными, а акватории, занятые ими, сокращались. Перестройки видовой структуры зоопланктоценозов за более чем двадцатилетний период существования Чебоксарского водохранилища были направлены в сторону усиления лимнофильных черт. В результате, через двадцать лет существования водохранилища отчетливо выделялись четыре основных зоопланктоценоза с характерными для них особенностями видовой структуры: лево- и правобережные речные, занимающие соответственно лево- и правобережные участки водохранилища от устья р. Оки до г. Лысково, переходный и озерный, размещенные на акватории водохранилища от г. Лысково до г. Васильсурска и от Васильсурска до Чебоксарской ГЭС.

Через тридцать лет существования водохранилища сохранились дискретные по видовой структуре сообщества зоопланктона. При этом усиление лимнофильных черт во всех сообществах зоопланктона продолжилось. К сороковому году существования водохранилища произошло изменение границ речных сообществ зоопланктона. Так, в 2020 году граница правобережного речного (окского) ценоза существенно сместилась вверх по течению в направлении г. Н. Новгород. Кроме того, значительно увеличилась площадь озерного зоопланктоценоза, при этом переходное сообщество зоопланктона перестало существовать.

Перестройки видовой структуры зоопланктонных сообществ, сопровождающиеся изменением занимаемых зоопланктоценозами акваторий, свидетельствуют о продолжающихся активных динамических процессах в экосистеме водохранилища.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №20-34-90097 и Русского географического общества в рамках грантовых экспедиций «Плавучий университет Волжского бассейна» № 06/2018-Р, 02/2019-Р и 07/202-р.

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ЧЕРНОМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *FLEXOPECTEN GLABER PONTICUS* В ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ СЕВАСТОПОЛЯ

С. А. Щербань

ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН,
299011, Севастополь, Россия, Shcherbansa@yandex.ru

Черноморский гребешок *Flexopecten glaber ponticus* один из немногих представителей черноморских моллюсков, включенных в Красную книгу г. Севастополя и Крыма, со статусом “Сокращающийся в численности”. В Базе данных по моллюскам WoRMS *F. glaber ponticus* приведен как единственный подвид *F. glaber* (Linnaeus 1788). В Черноморском бассейне обитает предпочтительно на глубинах от 3-5 до 30-40 м на илисто-песчаных, ракушечных грунтах и на мидийно-устричных банках (Кракатица, 1972; Ревков, 2003 и др.). Изучение структуры донных сообществ и ее трансформации в наиболее обширных биоценозах мидии, фазеолы и абры на глубинах от 10 до 100 м в конце 70-х – начале 90-х годов показал наличие поселений гребешка в северной и западной частях Черного моря на глубинах до 30 м (Самышев, Золотарев, 2018). В последние пару десятилетий изучался слабо. Максимальный линейный размер до 55 мм (Кракатица, 1972; Ревков, 2018).

F. glaber ponticus – полиморфный вид. Окрас раковин крайне разнообразен, в отличие, например, от мидий, у которых насчитывают 3-4 «стойких» фенотипа. Встречаемость и распределение в популяции разных фенотипических групп не изучена. Цвет створок от молочно-бежевого до оранжево-красного и коричневого. Близкородственный к черноморскому гребешку вид *C. islandica* (исландский гребешок) исследован более полно (Золотарев, 2013). Известны данные о фенотипическом разнообразии поселений этого вида в различных районах Баренцева и Белого морей на глубинах до 110 м, описаны 7 фенотипов, которые разделялись на 2 группировки – мелководная и глубоководная (Золотарев, 2013). Преобладание тех или иных фенотипов в данных зонах связывают с особенностями питания, однако не исключаются и генетические различия между группировками.

Цель исследования заключалась в анализе фенотипической структуры локальной популяции *F. glaber ponticus*. в прибрежной морской зоне.

Моллюсков отбирали из акватории устричной фермы «Марикультура» в бухте Карантинная (р-н Севастополя) в ноябре 2018 и 2019 годов с глубины 4-5 м. Охваченный линейный диапазон – от 13 до 32 мм был разделен на 3 группы: 13-17 мм, 21-25 мм (молодь) и 25-32 мм (взрослые). Более крупные особи попадались в единичных экземплярах и не учитывались.

Из выборки, дифференцированной по цветовому окрасу раковины, рассчитывали долевою часть каждой из морф. Всего выделено 7 цветовых морф: бежевая, желто-бежевая, коричневая, серо-коричневая, фиолетовая, оранжевая и «мульти». К последней относили моллюсков, имеющих на правой, более выпуклой раковине, продольные полосы 4-5-ти цветовых оттенков: коричневого, красного, желтого, бежевого и реже зеленого. Нами отмечено, что правая и левая створки могут различаться насыщенностью цвета. В целом, большинство морф в популяции распределялись достаточно равномерно и составляли, в среднем, от 14% до 20-22%. Редки особи с фиолетовым и “мульти” окрасом раковин (8%). Также, особей с “мульти”, фиолетовым и желто-бежевым окрасом не было в 2-х из 3-х исследуемых группах. Возможно, популяция насчитывает большее количество цветовых морф, однако в нашу выборку они не попали. Так, особей с “мульти” и желто-бежевой окраской не было во второй и третьей группе, а фиолетовая и коричневая морфы присутствовали в двух размерных выборках из трех. Среди трех размерных групп моллюска наиболее богатой на принадлежность к разным морфам оказались сеголетки размером 13-17 мм (6 морф из 7). Полученные результаты расцениваются как предварительные, так как в полной мере не охвачен весь линейный диапазон вида, не учитывался глубинный фактор и связанная с ним освещенность.

**СРАВНЕНИЕ СКОРОСТИ ЭВОЛЮЦИИ
МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГЕНОВ COI И CYT В РЫБ НА ПРИМЕРЕ
ЕВРОПЕЙСКОГО ХАРИУСА *THYMALLUS THYMALLUS* (LINNAEUS, 1758)**

О. А. Юницына^{1,2}, А. П. Новоселов¹, А. В. Кондаков^{1,2}

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН, 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 23;

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, oyunitsina@mail.ru

Европейский хариус *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) представляет собой вид рыб, интерес к которому со стороны ихтиологов не ослабевает уже длительное время. *T. thymallus* пластичный вид и легко образует экологические формы, приобретая механизмы, сохраняющие функциональную устойчивость систем организма в условиях изменяющейся окружающей среды. В этой связи, исследования эволюции разных генов между отдельными популяциями, являются важной фундаментальной задачей ихтиологии, решение которой позволяет определить особенности адаптации рыб к условиям меняющейся среды обитания.

Чаще всего для генетической идентификации видов, в том числе и рыб, используются последовательности первой субъединицы цитохром с-оксидаза (COI) (Hebert et. al., 2003). Данный ген постепенно накапливает в своем составе нуклеотидные замены, которые в течение времени могут быть зафиксированы в отдельных популяциях. При этом большинство приобретенных замен имеют нейтральный характер. Постепенное накопление нуклеотидных замен используется при проведении биогеографических исследований, а также при калибровке времени эволюции в филогенетических деревьях. Сопоставление скорости дивергенции COI и других митохондриальных генов может показать адаптационные особенности эволюции отдельных родов и видов животных.

Для проведения сравнения скорости накопления нуклеотидных замен были выбраны два митохондриальных гена: цитохром b (Cyt b) и COI, которые участвуют в клетке в дыхательной цепи переноса электронов. Оба белка в клетке выполняют схожие функции – создание электрохимического градиента в дыхательной цепи, при этом COI катализирует восстановление кислорода до воды, являясь конечным компонентом в дыхательной цепи митохондрий, а Cyt b отвечает лишь за электронный транспорт, сопряженный с генерацией на мембране митохондрий протонного градиента.

В качестве объекта исследования были выбраны образцы из популяций европейского хариуса, отобранные в реках и озерах Архангельской области и Ненецкого автономного округа, из которых была выделена ДНК, амплифицированы и секвенированы фрагменты генов Cyt b и COI. Дополнительно в анализ были взяты фрагменты Cyt b и COI из базы данных GenBank, которые были получены в ходе секвенирования полных последовательностей митохондриальной ДНК образцов *T. thymallus* из водоемов Европы.

В ходе анализа было установлено, что ген Cyt b имеет большее количество замен по сравнению с COI. Была построена зависимость количества замен (диапазон мутационных шагов) в последовательностях Cyt b по отношению к нуклеотидным заменам в COI, полученные из одних и тех же образцов. В результате анализа была обнаружена статистически значимая корреляция между скоростями накопления замен в обоих генах, где линейный коэффициент детерминации (R) составил 0.877, это говорит о том, что изменения в данных генах происходят взаимосвязано. В ходе сравнения угловых коэффициентов прямых накопленных нуклеотидных замен было установлено, что средняя скорость дивергенции гена Cyt b в 3 раза выше, чем у COI. Полученные в ходе исследования результаты свидетельствуют о том, что Cyt b в большей степени отражает адаптацию европейского хариуса к условиям окружающей среды. Показано, что Cyt b является качественным геном для проведения популяционных исследований *T. thymallus* и более полно отражает процессы изоляции, чем COI.

Исследования выполнены в рамках государственного задания (№ АААА-А19-119011500368-9 и № АААА-А19-119011690119-9) и при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 18-44-292001 р_мк).

СОДЕРЖАНИЕ

СЕМЕЙСТВО СОЛЕЕВЫЕ SOLEIDAE В ДЕЛЬТЕ РЕКИ МЕКОНГ (ВЬЕТНАМ) <i>Э. Р. Аблязов, Е. П. Карпова, И. И. Чеснокова, С. В. Куршаков, Е. Е. Слынько, Ку Нгуен Динь, Чионг Ба Хай</i>	5
ОЦЕНКА ГЕНОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ГЛУБИННЫХ ВОД ОЗ. СЕВАН (АРМЕНИЯ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЬНОГО ТЕСТ-ОБЪЕКТА <i>Э. А. Агаджанян, Р. Э. Авалян, А. Л. Атояни, Р. М. Арутюнян</i>	6
СЕЗОННАЯ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОЗЕРАХ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА <i>Б. В. Адамович, Т. М. Михеева, Т. В. Жукова, Р. З. Ковалевская, А. Б. Медвинский, А. В. Русаков, И. Н. Селивончик</i>	7
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ФИТОПЛАНКТОННЫХ КОМПЛЕКСОВ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ <i>А. В. Анисимова, Л. Г. Корнева, Л. В. Разумовский</i>	8
РАЗНООБРАЗИЕ И ДИНАМИКА РЫБНЫХ СООБЩЕСТВ В БАССЕЙНАХ ГОРНЫХ ПРИТОКОВ АМУРА <i>А. Л. Антонов</i>	9
НАСЕЛЕНИЕ РЫБ МАЛЫХ РЕК КРАЙНЕГО ВОСТОКА ЕВРОПЫ В ГРАДИЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>О. В. Аськеев, С. П. Монахов, А. О. Аськеев, И. В. Аськеев</i>	10
МЕТОДОЛОГИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОЛЕТНИХ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ЭСТУАРНЫХ ВОДОЕМОВ С ПЕРЕМЕННЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ <i>Д. Ф. Афанасьев, С. Н. Кульба, Л.А. Живоглядова, С. В. Бондарев, Д. В. Хренкин, Н. С. Елфимова, Е. В. Иванченко</i>	11
ЕВРОПЕЙСКИЕ МОЛЛЮСКИ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ – ИНВАЗИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ ИЛИ ВОССТАНОВЛЕНИЕ УТРАЧЕННЫХ АРЕАЛОВ? <i>Е. С. Бабушкин, М. В. Винарский, Т. А. Шарпова, А. А. Герасимова, А. Г. Герасимов</i>	12
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООБЕНТОСА МАЛЫХ РЕК РЕГИОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ПРИ РАЗЛИЧНОМ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ <i>А. И. Бажора, В. П. Беляков</i>	13
О ФУНКЦИОНИРОВАНИИ МИКРОБИАЛЬНОЙ «ПЕТЛИ» В ПЛАНКТОННОМ СООБЩЕСТВЕ ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА АЗАБАЧЬЕ <i>Л. А. Базаркина</i>	14
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ МАКРОФИТОВ ОЗ. АРАХЛЕЙ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ) <i>Б. Б. Базарова</i>	15
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЕМОВ Г. АСТРАХАНИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ <i>А. Ш. Бареева, О. Б. Сопрунова</i>	16
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА ПОРОЖИСТЫХ РЕК В ИСТОКАХ ИЗ ОЗЕР (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ) – ЕСТЬ ЛИ ИМ МЕСТО В РЕЧНОМ КОНТИНУУМЕ? <i>И. А. Барышев</i>	17
СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ Р. ВЫЧЕГДА В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>М. А. Батурина, О. Н. Кононова</i>	18
ВЛИЯНИЕ РОЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БОБРОВ НА МОЗАИЧНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В МАЛЫХ ВОДОЕМАХ <i>И. В. Башинский, Т. Г. Стойко, В. В. Осипов</i>	19
ВЛИЯНИЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СОСТАВ И СТРУКТУРУ МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕРА МАНЖЕРОКСКОГО (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ) <i>Д. М. Безматерных, О. Н. Вдовина, Л. В. Яныгина, Е. Н. Крылова, М. И. Ковешников</i>	20

НОВЫЙ ХИЩНЫЙ ЖГУТИКОНОСЕЦ НЕОПРЕДЕЛЕННОГО СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ИЗ МОРСКИХ ВОД КОРЕИ <i>А. О. Беляев, Д. В. Тихоненков</i>	21
МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЗООБЕНТОСА ОЗ. КРАСНОГО (КАРЕЛЬСКИЙ ПЕРЕШЕЕК) ПОД ВЛИЯНИЕМ ФАКТОРОВ СРЕДЫ <i>В. П. Беляков, А. И. Бажора</i>	22
ВЛИЯНИЕ ГОРМОНИНДУЦИРОВАННОГО СТРЕССА НА КОАГУЛЯЦИОННЫЕ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ РЫБ <i>Д. И. Березина, Л. Л. Фомина</i>	23
ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ФИЛОГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ В АРКТИКЕ <i>Ю. В. Беспалая, О. В. Аксенова</i>	24
ОСОБЕННОСТИ ЖИРНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ ЛИПИДОВ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ <i>PARASALMO MYKISS</i> (WALBAUM, 1972), ВЫРАЩЕННОЙ НА КОМБИКОРМАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЖИРОВ <i>С. В. Биндюков, И. В. Бурлаченко, Ю. А. Баскакова</i>	25
ВОДНЫЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «БЕРИНГИЯ» (ВОСТОЧНАЯ ЧУКОТКА) <i>А. А. Бобров, О. А. Мочалова, Е. В. Чемерис</i>	26
ХРОМОСОМНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ <i>CHIRONOMUS PLUMOSUS</i> L., 1758 (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) ИЗ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (2013–2020) <i>В. В. Большаков</i>	27
ИХТИОФАУНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ВОРОНА <i>Л. Е. Борисова</i>	28
ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ОСНОВНЫХ КАТИОНОВ ПРИРОДНЫХ ВОД НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ <i>Е. В. Борисовская</i>	29
МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ВИДА ГЕТЕРОЛОБОЗНЫХ АМЁБ <i>А. С. Бородина, А. П. Мыльников, Д. В. Тихоненков</i>	30
ФЕНОМЕН СМЕЩЕНИЯ ПРОФИЛЯ ТОКСИНОВ МИКРОМИЦЕТОВ В БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЯХ ИЗ ШТОРМОВЫХ ВЫБРОСОВ <i>А. А. Буркин, Г. П. Кононенко</i>	31
МНОГОЛЕТНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ <i>В. В. Вежновец</i>	32
ВЫСОКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ ЛИЧИНОК КОМАРОВ (DIPTERA: CULICIDAE) В МИКРОВОДОЁМАХ ТРОПИЧЕСКОГО МУССОННОГО ЛЕСА <i>Д. Д. Виноградов, А. В. Тунов, А. Ю. Синёв</i>	33
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ УНИКАЛЬНЫХ ОЗЕР НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Е. Л. Воденеева, П. В. Кулизин, Н. А. Старцева, Е. М. Шарagina, Д. А. Журова, А. Г. Охупкин</i>	34
ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ СТЕРЛЯДИ ИЗ РЕК ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА <i>Г. И. Волосников, О. Н. Жигилева, А. В. Воробьева, А.А. Стафеева</i>	35
СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА РЕКИ БАДЖАЛ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ) <i>Л. В. Воробьева, Е. С. Чертопруд</i>	36
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА, МЕЙО- И МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕР И ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ПРУДОВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ЛЕНА <i>Л. В. Воробьева, А. А. Новичкова, С. В. Крыленко, Е. С. Чертопруд</i>	37
МИКОБИОТА МАКРОФИТОВ В ОЗЕРАХ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Л. В. Воронин</i>	38
ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ОЧАГА ОПИСТОРХИДОЗА <i>В. Н. Воронин, Т. М. Кудрявцева</i>	39

ПАРАЗИТЫ ОБЫКНОВЕННОГО СУДАКА (<i>SANDER LUCIOPERCA</i> LINNAEUS, 1758) В ДЕЛЬТЕ Р. ВОЛГА <i>Е. А. Воронина, Н. Ю. Терпугова, В. В. Проскура</i>	40
БИЛАТЕРАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ – УНИКАЛЬНАЯ ОСОБЕННОСТЬ СЕЙСМОСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ КАМБАЛООБРАЗНЫХ РЫБ <i>Е. П. Воронина</i>	41
СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА ЗАРОСЛЕЙ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ БАСЕЙНА СРЕДНЕЙ ВОЛГИ: СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ <i>Д. Е. Гаврилко, В. С. Жихарев, И. А. Кудрин, В. Н. Якимов, Г. В. Шурганова</i>	42
РАЗВИТИЕ НИТЧАТЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ СВИНЦА <i>А. Р. Гальперина</i>	43
<i>AULACOSEIRA SCALARIS</i> И <i>A. PUSILLA</i> – НОВЫЕ ЦЕНТРИЧЕСКИЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ДЛЯ ФЛОРЫ РОССИИ <i>С. И. Генкал</i>	44
РАСПРОСТРАНЕНИЕ МОЛЛЮСКА <i>FERRISSIA CALIFORNICA</i> (ROWELL, 1863) (MOLLUSCA, GASTROPODA) В ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ ТЮМЕНСКОЙ ТЭЦ-1 <i>А. Г. Герасимов, Т. А. Шарарова, А. А. Герасимова, Е. С. Бабушкин</i>	45
ЦЕНТРОХЕЛИДНЫЕ СОЛНЕЧНИКИ СОЛЁНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДОЁМОВ РОССИИ <i>Е. А. Герасимова</i>	46
РОСТ И ПОЛОВОЕ СОЗРЕВАНИЕ ЛЕЩА В РЫБИНСКОМ И ИВАНЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩАХ <i>А. В. Герман</i>	47
МАКРОФИТЫ ТАРМАНСКИХ ОЗЕР И АССОЦИИРОВАННЫЕ С НИМИ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ) <i>В. А. Глазунов, Т. А. Шарарова, С. А. Николаенко, А. А. Герасимова</i>	48
ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ МАКРОФИТОВ ВЕСЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <i>Г. В. Головкин, Е. М. Саенко</i>	49
ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАНКТОНА МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2019 Г. <i>А. В. Гончаров, С. Э. Болотов, О. Н. Ерина, Д. В. Малашенков</i>	50
ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ПЛЕСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД <i>Л. Г. Гречухина, О. С. Любина</i>	51
ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ФИТОПЛАНКТОНА ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <i>И. Л. Григорьева, А. Б. Комиссаров</i>	52
ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ КРАСНОПЁРКИ (<i>SCARDINIUS</i> <i>ERYTHROPHthalmus</i>) <i>М. П. Грушко, Н. Н. Федорова, Н. Ю. Терпугова</i>	53
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕДОКС-ЗОНЫ ЧЁРНОГО МОРЯ КАК ГЛУБИННОГО ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ <i>М. Б. Гулин</i>	54
РАЗНООБРАЗИЕ И СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ КОЛЬЧАТЫХ ЧЕРВЕЙ (ANNELIDA: OLIGOSCHAETA И AEOLOSOMATIDAE) ВОДОЕМОВ ВЬЕТНАМА <i>В. А. Гусаков, Нгуен Тхи Хай Тхань, Чан Дык Зьен, Чан Куок Хоан, Во Тхи Ха</i>	55
КОРМОВАЯ БАЗА РЫБ-БЕНТОФАГОВ ВЕСЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <i>Я. А. Даниленко, Н. С. Елфимова</i>	56
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ <i>Ю. С. Даценко, К. К. Эдельштейн</i>	57
МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭКОСИСТЕМУ ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>А. С. Дельва, Д. И. Наумкина, А. А. Ростовцев, А. Л. Абрамов, А. В. Филиппова, А. В. Морозко, Л. А. Шиповалов</i>	58

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ СЕЗОННЫХ ГРУПП КОЛОВРАТОК В ПЕЛАГИАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА В СЛОЕ 0–50 М В 2017–2019 ГГ. <i>А. А. Демидова, Т. М. Алексеева, О. О. Русановская, Р. С. Кривороткин, С. В. Шимараева, Е. А. Зилов</i>	59
ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР СИСТЕМЫ ЛЕБЯЖЬЕ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОРЕАБИЛИТАЦИИ <i>О. Ю. Деревенская</i>	60
МИКРОБНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЦИКЛА МЕТАНА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА <i>А. Н. Дзюбан</i>	61
ЗИМНЕЕ ОСАЖДЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО АЗОТА И ФОСФОРА НА ГОРНЫЕ ОЗЕРА (ЕРГАКИ, ЗАПАДНЫЙ САЯН) И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ФИТОПЛАНКТОНА <i>Д. Диас де Кихано, А. В. Агеев, Е. А. Иванова, О. В. Анищенко</i>	62
ЗИМНИЙ ПЛАНКТОН ГОРНОГО ОЗЕРА (НА ПРИМЕРЕ ОЗ. ОЙСКОГО, ЕРГАКИ, ЗАПАДНЫЙ САЯН) <i>Д. Диас де Кихано, А. В. Агеев, Е. А. Иванова, О. В. Анищенко, И. О. Велегжанинов, О. П. Дубовская</i>	63
СООБЩЕСТВО ПЛАНКТОННЫХ МИКРОЭУКАРИОТ ОЗ. ОЙСКОГО ДО И ПОСЛЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЗИМНЕГО ПОКРОВА (ЕРГАКИ, ЗАПАДНЫЙ САЯН) <i>Д. Диас де Кихано, О. В. Колмакова, М. Ю. Трусова, О. В. Анищенко, Е. А. Иванова</i>	64
СТРУКТУРА И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ <i>О. А. Дмитриева, А. С. Семенова, К. А. Подгорный</i>	65
ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ, ВЫПУСКАЕМЫХ В ЕСТЕСТВЕННЫЕ ВОДОЕМЫ В ЦЕЛЯХ ПОПОЛНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ <i>В. Г. Досаева, Д. Е. Кириллов, В. С. Никитушкина, О. В. Золотовская</i>	66
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В ОЗЕРЕ, ПОДВЕРЖЕННОМ ВЕТРОВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ <i>О. П. Дубовская, А. П. Толмеев, Е. С. Кравчук, О. В. Анищенко, А. В. Дроботов</i>	67
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ЗЕЯ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИТОПЛАНКТОНА <i>А. С. Дюкова, А. А. Третьякова, С. А. Бутенина</i>	68
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ <i>NITZSCHIA PALEA</i> В БИОИНДИКАЦИИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА ВЕРХНЕГО ИРТЫША <i>А. А. Евсеева, Л. Б. Кушникова</i>	69
МАКРОЗООБЕНТОС НЕКОТОРЫХ ВОДОТОКОВ БУХТАРМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <i>А. А. Евсеева</i>	70
НАХОДКА ДВУХ НОВЫХ ВИДОВ ПИЯВОК <i>HEMICLEPSIS</i> (GLOSSIPHONIDAE) В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ <i>Т. А. Елисеева, О. В. Аксенова, А. В. Кондаков</i>	71
ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ СВЕТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПРЕСНОВОДНЫЙ ВИД КРЕВЕТОК <i>NEOCARIDINA DENTICULATA SINENSIS</i> (CRUSTACEA, DECAPODA) <i>Я. К. Ермолаева, М. А. Теплых, Е. М. Долинская, С. А. Бирицкая, В. А. Пушница, И. В. Кузнецова, А. И. Охолина, Л. Б. Бухаева, Д. Ю. Карнаухов, Е. А. Зилов</i>	72
ГРАНИЦЫ ТОЛЕРАНТНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОПТИМУМЫ МАССОВЫХ ВИДОВ ЗООПЛАНКТОНА В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Н. И. Ермолаева</i>	73
ЗИМНИЙ ЗООПЛАНКТОН ГЛУБОКОВОДНОГО МЕЗОТРОФНОГО ОЗЕРА ПЛЕЩЕЕВО (РОССИЯ) <i>С. М. Жданова, М. И. Малин</i>	74
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИРРИГАЦИОННЫХ КАНАЛОВ ВЕРХНЕЙ КУБАНИ <i>Л. А. Живоглядова, Д. А. Вехов, Е. В. Иванченко, Н. А. Шляхова, Н. С. Елфимова, Д. Ф. Афанасьев</i>	75
ПАРАЗИТ РОТАНА, ЦЕСТОДА <i>NIPROTAENIA MOGURNDAE</i> , В БАСЕЙНЕ ИРТЫША <i>О. Н. Жигилева, Г. В. Алямкин</i>	76

ЗАВОЕВАНИЕ ВОЛЖСКИМ ПОДКАМЕНЩИКОМ <i>COTTUS KOSHEWNIKOWI</i> ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА БАЛТИКИ: РЕЗУЛЬТАТЫ КОЛОНИЗАЦИИ <i>З. В. Жидков</i>	77
РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ПЛОТНОСТЬ ЧУЖЕРОДНОЙ КОЛОВРАТКИ <i>KELLICOTTIA BOSTONIENSIS</i> (ROUSSELET, 1908) (ROTIFERA: BRACHIONIDAE) В ВОДОХРАНИЛИЩАХ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ И ИХ ПРИТОКАХ <i>В. С. Жихарев, Т. В. Золотарева, Д. Е. Гаврилко, Г. В. Шурганова</i>	78
УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ БЕСКИШЕЧНЫХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ (ASCOELA) И ИХ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ <i>Я. И. Заботин</i>	79
СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ РАКОВИННЫХ АМЕБ (TESTACEA) ПОБЕРЕЖЬЯ АЗОВСКОГО МОРЯ <i>О. Н. Загумённая, Д. И. Коробушкин</i>	80
ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, МОРФОЛОГИЯ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИССЛЕДОВАННОСТЬ ЦЕНТРОХЕЛИДНЫХ СОЛНЕЧНИКОВ ЕВРАЗИИ <i>Д. Г. Загумённый, К. И. Прокина, Л. В. Радайкина, Д. В. Тихоненков</i>	81
ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗЕРНЫХ МАКРОФИТОВ РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Е. Ю. Зарубина</i>	82
ВЛИЯНИЕ ОПЕРАТИВНОГО СООТНОШЕНИЯ ПОЛОВ И РАЗМЕРА КЛАДКИ НА ФОРМУ РОДИТЕЛЬСКОЙ ЗАБОТЫ У ЦИФОТИЛЯПИИ <i>CYRHOTILARIA FRONTOSA</i> <i>Д. Д. Зворыкин</i>	83
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА СИМПАТРИЧЕСКИХ ФОРМ СИГА <i>COREGONUS LAVARETUS</i> В ВОДОЕМАХ КРУПНЫХ ОЗЕРНО-РЕЧНЫХ СИСТЕМ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Е. М. Зубова, Н. А. Кашулин, П. М. Терентьев</i>	84
ПРОДУКЦИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА НЕВСКОЙ ГУБЫ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В ЗОНЕ ИНТЕНСИВНОГО ПРИБРЕЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА <i>Е. С. Зуй, Р. Т. Исламова, Е. Р. Тараховская</i>	85
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МЕЙОБЕНТОСА ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ СУЛЬФИДНО-ГИПОКСИЧЕСКИХ БИОТОПОВ <i>Е. А. Иванова</i>	86
УЛОВЫ, ВОЗРАСТ И РОСТ ПЛОТВЫ <i>RUTILUS RUTILUS</i> (CYPRINIDAE) СРЕДНЕЙ ОБИ (В ПРЕДЕЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ) <i>Е. А. Интересова, А. А. Ростовцев</i>	87
ФЛОРА ВОДНЫХ МАКРОФИТОВ ГОРОДА ТОБОЛЬСКА (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ) <i>О. А. Капитонова</i>	88
ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ РЫБ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО РЕГИОНА <i>Д. П. Карabanов, Д. Д. Павлов, М. И. Базаров, Е. А. Боровикова, Ю. В. Герасимов, Ю. В. Кодухова, Ю. И. Соломатин, А. К. Смирнов, И. А. Столбунов</i>	89
ЯЗВЕННЫЙ ДЕРМАЛЬНЫЙ НЕКРОЗ (UDN) И ВЛИЯНИЕ БОЛЕЗНИ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR</i> L.) <i>Т. А. Карасева, Л. Н. Голикова</i>	90
РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ДЕЛЬТЫ РЕКИ МЕКОНГ <i>Е. П. Карпова, Э. Р. Аблязов, Ку Нгуен Динь</i>	91
АССОЦИИРОВАННАЯ МИКРОБИОТА НЕМАТОД <i>CYSTIDICOLA FARIONIS</i> , ПАЗАЗИТИРУЮЩИХ В ПЛАВАТЕЛЬНОМ ПУЗЫРЕ НОСАТОГО ГОЛЬЦА <i>SALVELINUS SCHMIDTI</i> РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП <i>Е. Н. Кашинская, Е. П. Симонов, П. Г. Власенко, М. М. Соловьев</i>	92
МОНИТОРИНГ ГЕНОТОКСИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Р. ВОЛГИ В АКВАТОРИИ Г. ЯРОСЛАВЛЯ <i>М. И. Ковалева, А. Ю. Угарова</i>	93

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СТАТУС ОТДЕЛОВ МИОКАРДА ЧЕРНОМОРСКОГО ЕРША В УСЛОВИЯХ ОСТРОЙ ГИПОКСИИ	94
<i>Е. Э. Колесникова, А. А. Солдатов, И. В. Головина, И. В. Сысоева, А. А. Сысоев, Т. А. Кухарева</i>	
МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ И ОБИЛИЯ ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	95
<i>В. А. Колозин</i>	
ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ПИЩЕВЫХ СТРАТЕГИЙ У КАРПОВЫХ РЫБ РОДА <i>LABEOBARBUS</i> (ВОСТОЧНАЯ АФРИКА) СО СКРЕБУЩИМ РОТОВЫМ ФЕНОТИПОМ	96
<i>А. С. Комарова, О. Л. Розанова, А. С. Голубцов, Б. А. Лёвин</i>	
РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АНОКСИГЕННЫХ ФОТОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ СОЛЕННЫХ И СОДОВЫХ ОЗЕР ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ	97
<i>А. В. Комова, Е. Д. Бахмутова, А. А. Мельникова, З. Б. Намсараев</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКА ЧИСЛА ПОЗВОНКОВ У САМОК ПЛОТВЫ, ОБЛАДАЮЩИХ РАЗНОЙ ПЛОДОВИТОСТЬЮ	98
<i>Н. И. Комова</i>	
БАЙКАЛЬСКИЙ ОМУЛЬ В УЛОВАХ ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО ЗАКИДНОГО НЕВОДА В БАРГУЗИНСКОМ ЗАЛИВЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ	99
<i>В. В. Коновалова, М. Ц. Цырендылыкова</i>	
ВЛИЯНИЕ СТОКОВ КРУПНЫХ СИБИРСКИХ РЕК (ОБЬ, ЕНИСЕЙ, ЛЕНА, ИНДИГИРКА, КОЛЫМА) НА СТРУКТУРУ ВИРИОПЛАНКТОНА И АКТИВНОСТЬ ВИРУСОВ БАКТЕРИОФАГОВ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РФ	100
<i>А. И. Копылов, Е. А. Заботкина, А. Ф. Сажин, Д. Б. Косолапов, А. В. Романенко, Н. Д. Романова</i>	
ГРИБЫ-ЭПИБИОНТЫ УСТРИЦ НА ФЕРМАХ КРЫМА (ЧЁРНОЕ МОРЕ)	101
<i>Н. И. Копытина, Е. А. Бочарова</i>	
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА КРУПНЫХ РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ	102
<i>Л. Г. Корнева, В. В. Соловьева, И. В. Митропольская, О. С. Макарова, С. И. Сиделев</i>	
ЗАРАЖЕННОСТЬ МОЛЛЮСКОВ ЛИЧИНКАМИ ТРЕМАТОД В ВОДОЕМАХ РАЗНЫХ ТИПОВ	103
<i>О. И. Коробов</i>	
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИГА ОЗЕРА ИМАНДРА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	104
<i>И. М. Королева, П. М. Терентьев</i>	
ОСОБЕННОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФИТОПЛАНКТОНА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР ТЕРРИТОРИИ ЗАМКНУТОГО СТОКА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ	105
<i>Ю. Н. Косачева, Е. Ю. Митрофанова</i>	
ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОЗЕР ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА, ПОСТРАДАВШИХ ОТ СБРОСОВ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	106
<i>М. В. Косова, О. Ю. Деревенская, Е. Н. Унковская</i>	
ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К БИОГЕОГРАФИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ И СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ: ВЕТВИСТОУСЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ КАК МОДЕЛЬНАЯ ГРУППА	107
<i>А. А. Котов, Д. П. Карабанов, Е. И. Беккер, П. Г. Гарибян</i>	
ТРАНСФОРМАЦИЯ СТОКА ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И ФИТОПЛАНКТОНА В ВЕРХНЕЙ ОБИ	108
<i>А. В. Котовицков, М. К. Ширинина</i>	
ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В НЕСКОЛЬКИХ МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕРАХ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ	109
<i>Е. Д. Краснова, Д. А. Воронов</i>	
НОВЫЕ ДАННЫЕ О ФАУНЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ГОРНЫХ ОЗЁР БОЛЬШОГО КАВКАЗА	110
<i>С. В. Крыленко, Е. С. Чертопруд</i>	
РАЗМЕРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БАКТЕРИОПЛАНКТОНА ВОДОЕМОВ ШПИЦБЕРГЕНА РАЗНОГО УРОВНЯ ТРОФИИ	111
<i>Е. В. Кузнецова</i>	

СОСТАВ И СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ ВЕТЛУГА В ЛЕТНЮЮ МЕЖЕНЬ 2018-2019 гг. <i>П. В. Куликин, Е. Л. Воденеева, А. Г. Охапкин</i>	112
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗМЕНЕНИЯ ИХТИОФАУНЫ МАЛЫХ РЕК ВОСТОЧНОГО КРЫМА <i>А. В. Кулиш, В. И. Мальцев</i>	113
БОРЬБА С ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫМ ЦВЕТЕНИЕМ: РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ <i>Е. А. Курашов, Ю. В. Крылова, Е. В. Протопопова, В. В. Ходонович, Е. Я. Явид</i>	114
ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП: РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА <i>С. А. Курбатова, А. Н. Шаров, Н. А. Березина, И. Ю. Ершов, Н. Г. Отюкова, Е. Н. Чернова, Е. В. Борисовская</i>	115
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ АРТЕМИИ В ПРИРОДНЫХ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ НАУПЛИУСОВ <i>К. В. Куцанов, А. Г. Герасимов, Е. В. Бражников, А. Ш. Гадиадуллина, И. М. Глухих</i>	116
СОСТОЯНИЕ АУТОФЛОРЫ PARASALMO MUKISS ПРИ БАКТЕРИОЗАХ СМЕШАННОЙ ЭТИОЛОГИИ <i>А. А. Кучко, Н. А. Сидорова</i>	117
СТРУКТУРА, ТРОФИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <i>В. И. Лазарева</i>	118
О ЗАРАЖЕННОСТИ РЕЧНОГО ОКУНЯ (<i>PERCA FLUVIATILIS</i> , LINNAEUS, 1758) В ВОЛЖСКО-КАСПИЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ РАЙОНЕ <i>А. Э. Лахтина, Е. А. Воронина, Н. Ю. Терпугова, В. В. Проскурина</i>	119
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <i>Е. В. Лобуничева, А. И. Литвин, Н. В. Думнич</i>	120
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКРОЗООБЕНТОСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЛЕТОМ 2019 Г. <i>Т. А. Ловкова</i>	121
АНАЛИЗ ГЕНОТИПИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА МОЛЛЮСКОВ <i>PLANORBARIUS CORNEUS</i> <i>О. Д. Лопатина, Р. Р. Усманова, С. С. Кашинцева, Е. Е. Прохорова</i>	122
ЗООБЕНТОС В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ <i>О. А. Лоскутова, Е. Б. Фефилова, М. А. Батурина</i>	123
ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ИХТИОЦЕНОЗА ОЗЕРА МОСТОВОЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ ПРОМЫСЛА <i>А. Ю. Лукерин</i>	124
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ И ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОННЫХ ЦИСТ ЖАБРОНОГО РАЧКА <i>ARTEMIA LEACH</i> , 1819 В ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ <i>Г. В. Лукерина</i>	125
МАКРОЗООБЕНТОС ВОДОЕМОВ ПОЙМЫ Р. ПРА В СЕЗОНЫ НИЗКОГО ПОЛОВОДЬЯ <i>И. Ю. Лычковская</i>	126
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИПИДНОГО СОСТАВА ДИКОЙ И ЗАВОДСКОЙ ИКРЫ МУКСУНА <i>COREGONUS MUKSUN</i> И НЕЛЬМЫ <i>STENODUS LEUCICHTHYS NELMA</i> <i>А. А. Лютиков</i>	127
ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНО-СОЛЕВОГО ГОМЕОСТАЗА МОЛОДИ МУКСУНА <i>COREGONUS MUKSUN</i> PALLAS В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ <i>А. С. Маврин, В. И. Мартемьянов, Е. В. Ефремова, Д. Ю. Эльтеков</i>	128
РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАЛЫХ РЕК БАЛХАШСКОГО БАССЕЙНА <i>Н. Ш. Мамилов, С. Е. Шарахметов, Ф. Т. Амирбекова, Н. С. Сапаргалиева, Г. Б. Кегенова, М. Т. Турсунали, Ж. И. Ургенишбаева</i>	129
ЧАСТОТНО-БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (РОССИЯ) <i>Д. В. Манаков</i>	130

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЧЕРНОЕ МОРЕ) В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ <i>И. М. Мансурова, Л. В. Стельмах, Н. П. Ковригина, И. И. Бабич</i>	131
ECOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF DIDKNEVI RIVER <i>D. A. Margalitashvili, M. D. Davitashvili</i>	132
СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ ГУМОРАЛЬНЫХ И КЛЕТОЧНЫХ ФАКТОРОВ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ У РАЗНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ГРУПП КАРПА <i>Д. В. Микряков, Г. И. Пронина, Т. А. Суворова, А. С. Соколова, С. В. Кузьмичева</i>	133
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА БАССЕЙНА Р. КАЛЬМИУС <i>Э. И. Мирненко</i>	134
ВЕКТОР РАЗДЕЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ В ЭВОЛЮЦИИ АФРИКАНСКИХ УСАЧЕЙ РОДА <i>BARBUS</i> (= <i>LABEOBARBUS</i>), ЭФИОПИЯ <i>А. Н. Мироновский</i>	135
ТРАНСФОРМАЦИИ МЕСТООБИТАНИЙ ВОДНЫХ МАКРОФИТОВ В ТАЙГАНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ (КРЫМ) В СВЯЗИ С КРИТИЧЕСКИМИ СНИЖЕНИЯМИ УРОВНЯ ВОДЫ В 2014–2020 ГГ. <i>О. А. Миронюк, В. И. Мальцев</i>	136
РАЗНООБРАЗИЕ ЦЕНТРИЧЕСКИХ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ГЛУБОКОМ ОЛИГОТРОФНОМ ТЕЛЕЦКОМ ОЗЕРЕ (АЛТАЙ, РОССИЯ) <i>Е. Ю. Митрофанова, С. И. Генкал</i>	137
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ Р. КАЗАНКА (Г. КАЗАНЬ) ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ <i>О. В. Морозова, Р. П. Токинова</i>	138
ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЗООПЕРИФИТОНА НА НЕОБРОСТАЮЩИХ ПОКРЫТИЯХ В КАНЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ <i>И. А. Морозовская, С. П. Розальский</i>	139
НАХОДКИ НОВЫХ ВИДОВ МАКРОФИТОВ ОЗЕР И ЭСТУАРИЕВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Д. С. Мосеев, Л. А. Сергиенко, М. О. Березина, Е. Ю. Чуракова, А. В. Лецев, А. В. Брагин</i>	140
ВОДНЫЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ ДОЛИНЫ РЕКИ КАВА – ВАЖНЕЙШЕГО РЕФУГИУМА ВОДНОЙ ФЛОРЫ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ <i>О. А. Мочалова, Е. В. Чемерис, А. А. Бобров</i>	141
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ ЗАПОЛЯРЬЯ <i>И. Н. Мухина, Т. А. Карасева</i>	142
СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА В ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ ЛУКОМЛЬСКОЙ ГРЭС <i>К. В. Мяжкова, Ж. Ф. Бусева</i>	143
ОЦЕНКА ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В РАСПРОСТРАНЕНИИ ГИДРОБИОНТОВ: ОБЗОР ОБЩИХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ <i>И. О. Нехаев</i>	144
ИЗУЧЕНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГРУППЫ CLADOCERA НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СУБФОССИЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В ОЗЕРЕ ЛЕБЕДИНОЕ (ЯНАО, РОССИЯ) <i>Н. М. Нигматуллин, Л. А. Фролова</i>	145
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЭКСПРЕССИЯ ФАКТОРОВ ЗАЩИТНЫХ РЕАКЦИЙ МОЛЛЮСКОВ <i>PLANORBARIUS CORNEUS</i> ПРИ ШИСТОСОМАТИДНОЙ ИНВАЗИИ <i>Ю. А. Орлов, Е. Е. Прохорова, А. С. Токмакова, Г. Л. Атаев</i>	146
ЗИМНИЙ МЕЙОБЕНТОС ОЗ. КРИВОЕ (КАРЕЛИЯ) <i>В. А. Петухов, А. О. Смуров</i>	147
РАЗНООБРАЗИЕ ПРОТИСТОВ В СОЛЕННЫХ ВОДОЕМАХ РОССИИ ПО ДАННЫМ ДНК-МЕТАБАРКОДИНГА <i>А. О. Плотников, Е. А. Селиванова, Ю. А. Хлопко, В. Я. Катаев, А. С. Балкин</i>	148
ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД <i>С. А. Поддубный, А. В. Законнова, А. И. Цветков, Л. Т. Трофименко, Н. В. Швець</i>	149

ХАРАКТЕРИСТИКА КАННИБАЛИЗМА САМОК И САМЦОВ БЕЛОМОРСКОЙ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ ВО ВРЕМЯ НЕРЕСТА	150
<i>А. Л. Подлевских, А. С. Демчук, Т. С. Иванова, М. В. Иванов, Д. Л. Лайус</i>	
РОЛЬ ЛИЧИНОК МИНОГ В ДОННЫХ ЦЕНОЗАХ ВОДОЁМОВ И ВОДОТОКОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»	151
<i>Н. В. Полякова, А. В. Кучерявый, А. С. Демчук, А. В. Колотей, А. О. Звездин, В. Р. Хохряков</i>	
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ОЗЕРНО-РЕЧНЫХ СИСТЕМ ЗАПАДНЫХ СКЛОНОВ ПРИПОЛЯРНОГО И ПОЛЯРНОГО УРАЛА	152
<i>В. И. Пономарев</i>	
РАЗНООБРАЗИЕ И СТАБИЛЬНОСТЬ МИКРОБИОМОВ ПРЕСНОВОДНЫХ ИНФУЗОРИЙ	153
<i>А. А. Потехин, Ю. А. Хлопко, В. Я. Катаев, А. С. Балкин, Е. В. Пенькова, А. О. Плотников</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА В ГРАДИЕНТЕ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	154
<i>А. А. Прокин</i>	
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВУХ ТЕХНОГЕННЫХ ВОДОЁМОВ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	155
<i>А. А. Протасов, Т. Н. Новосёлова, Ю. Ф. Громова, О. В. Томченко</i>	
МАКРОБЕНТОС УЧАСТКА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЙОНЕ ДАРВИНОВСКОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА	156
<i>Е. Г. Пряничникова</i>	
ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	157
<i>В. Л. Разумовский, Л. В. Разумовский, Л. П. Чермных</i>	
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	158
<i>Л. В. Разумовский, В. В. Законнов, Л. Г. Корнева, А. В. Анисимова</i>	
РАСПРОСТРАНЕНИЕ МОРСКИХ РАКОВИННЫХ БРЮХОНОГИХ И ЛОПАТОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA: GASTROPODA, SCAPHOPODA) ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	159
<i>З. Ю. Румянцева, И. О. Нехаев</i>	
ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИЙ ПСЕВДОМОНАДНОГО КОМПЛЕКСА, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ МИКРОФЛОРЫ <i>PARASALMO MYKISS</i>	160
<i>А. И. Савушкин, Н. А. Сидорова</i>	
ОБЗОР ФАУНЫ ВОДНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (COLEOPTERA) САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	161
<i>А. С. Сажнев</i>	
ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТЕРЛЯДИ (<i>ACIPENSER RUTHENUS</i>) ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ (НА ПРИМЕРЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)	162
<i>Ю. А. Северов, А. В. Гранин</i>	
ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРУДА ПЕЛАВСКОГО НА РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В 2015-2017 ГГ.	163
<i>Е. А. Севостьянова, Н. А. Цутикова, О. С. Бугранова</i>	
МЕТОДИКА АНАЛИЗА СОВМЕСТНОЙ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ВИДОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	164
<i>Д. Г. Селезнев, Е. М. Курина, А. А. Прокин</i>	
ЗАРАЖЕННОСТЬ РЫБ ТРЕМАТОДАМИ РОДА <i>DIPLOSTOMUM</i> В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ ОБИ (В ПРЕДЕЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)	165
<i>Е. А. Сербина, Е. А. Интересова</i>	
ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕМОЦИТОВ МОЛЛЮСКОВ <i>PLANORVARIUS CORNEUS</i> ПРИ ТРЕМАТОДНОЙ ИНВАЗИИ	166
<i>М. К. Серебрякова, А. С. Токмакова, Е. Е. Прохорова, Г. Л. Атаев</i>	
ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗООБЕНТОСА ТЕХНОЭКОСИСТЕМЫ АЭС: ВРЕМЕННОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ АСПЕКТЫ, ФАКТОРЫ СРЕДЫ	167
<i>А. А. Силаева</i>	

СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ РАЗНЫХ БИОТОПОВ ЛОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ РЕК НА ГРАНИЦЕ ЯРОСЛАВСКОЙ И КОСТРОМСКОЙ ОЛАСТЕЙ)	168
<i>А. Л. Сиротин, М. В. Сиротина</i>	
ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ ОЗЕРНОГО МЕЙОБЕНТОСА	169
<i>А. О. Смуров, В. А. Петухов</i>	
ВИДОВОЙ СОСТАВ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗООПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	170
<i>Е. А. Соколова</i>	
КИСЛОРОДНЫЕ РЕЖИМЫ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ МОРСКИХ РЫБ: ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	171
<i>А. А. Солдатов</i>	
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У СИГОВ РОДА COREGONUS В ВОДОЕМАХ СИБИРИ	172
<i>М. М. Соловьев, В. А. Василенко, Е. Н. Кашинская, Н. А. Бочкарев, А. В. Шокурова, П. Г. Власенко</i>	
ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ДИАЦЕТАТА ФЛУОРЕСЦЕИНА (FDA), КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ИХ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ	173
<i>Е. С. Соломонова, Н. Ю. Шоман, А. И. Акимов</i>	
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗ. ОПЕЧЕНЬ НИЖНЕЕ (ИОРДАНСКОЕ) ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ БАКТЕРИОПЛАКТОНА И БАКТЕРИОБЕНТОСА	174
<i>Е. В. Старосила</i>	
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА КАЗАНСКОГО ЗАЛИВА (Р. КАЗАНКА, Г. КАЗАНЬ)	175
<i>Н. А. Старцева, Д. Е. Гаврилко, О. Н. Ерина, М. А. Терешина, В. С. Жихарев</i>	
КРЕВЕТКИ РОДА <i>MACROBRACHIUM</i> В ДЕЛЬТЕ МЕКОНГА (ВЬЕТНАМ)	176
<i>С. В. Статкевич, Динь Нгуен Ку, Хай Ба Чыонг</i>	
ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РОЛЬ ВИРУСОВ-БАКТЕРИОФАГОВ В ПОТОКАХ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СООБЩЕСТВАХ ЭПИФИТОНА НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ОЗЁР АЛТАЯ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	177
<i>Я. В. Стройнов, И. В. Рыбакова</i>	
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ РЕЧНОГО ОКУНЯ (<i>PERCA FLUVIATILIS</i> L.) В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	178
<i>Т. А. Тележникова, Ю. А. Северов</i>	
ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ В СЕВЕРОВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ (2019 Г.)	179
<i>А. С. Терентьев, М. В. Колесников</i>	
ПАЗАРИТАРНОЕ СООБЩЕСТВО КРАСНОПЁРКИ (<i>SCARDINIUS ERYTHROPHthalmus</i> , LINNAEUS, 1758) В НИЗОВЬЯХ РЕКИ ВОЛГИ	180
<i>Н. Ю. Терпугова, Е. А. Воронина, В. В. Проскура</i>	
МЕТАБАРКОДИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОТИСТОВ РЕКИ ВОЛГИ	181
<i>Д. В. Тихоненков, Д. Г. Загуменный, А. О. Беляев, А. О. Плотников, Ю. В. Герасимов</i>	
ПИТАНИЕ МОЛОДИ ЧАВЫЧИ В БАССЕЙНЕ Р. БОЛЬШАЯ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)	182
<i>Т. Н. Травина, О. В. Зикунова</i>	
СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ И СТЕХИОМЕТРИИ СЕСТОНА В ДВУХ ОЗЕРАХ С РАЗНОЙ ТРОФНОСТЬЮ СЕВЕРО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ	183
<i>Ш. Б. Фарахани, Ж. Ф. Бусева, Н. Н. Майсак, Е. А. Сысова, К. В. Мяжкова</i>	
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗАРАЖЕННОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ РЫБ ПОСТОДИПЛОСТОМОЗОМ В ВОДОЕМАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	184
<i>С. Н. Федоткина</i>	
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	185
<i>Г. В. Феттер</i>	
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОПЕПОД ТЕХНОГЕННЫХ БИОТОПОВ В ВЫЧЕГОДСКОМ БАССЕЙНЕ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)	186
<i>Е. Б. Фефилова, И. О. Вележжанинов, Е. Е. Расова, М. А. Батурина, М.А. Голубев, Е. И. Попова, А. С. Бакашкина</i>	

МАКРОЗООБЕНТОС НИЖНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ПРИЛЕГАЮЩИХ К ПЛОТИНАМ УЧАСТКАХ <i>Е. И. Филинова, Д. И. Мелёшин</i>	187
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООБЕНТОСА ДУБОССАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <i>С. И. Филипенко</i>	188
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РАЗВИТИЕ ЗООБЕНТОСА РЕЧНОЙ ЧАСТИ ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА, МЕТОДАМИ ГИС <i>И. В. Филоненко, А. С. Комарова, К. Н. Ивичева</i>	189
МАКРОЗООБЕНТОС СТАРИЧНЫХ ОЗЁР НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ БУЙ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН, УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА) <i>Н. В. Холмогорова, Е. А. Бобкова</i>	190
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТРЕМАТОД <i>TELORCHIS ASSULA</i> (DUJARDIN, 1845) В ПРУДОВИКАХ (LUMNAEIDAE) ИЗ БАССЕЙНА Р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ) <i>И. С. Хребтова, О. В. Аксёнова, А. В. Кондаков</i>	191
ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ В ОЗЕРЕ ИК ОМСКОЙ ОБЛАСТИ <i>А. В. Цапенков, Д. И. Наумкина, А. А. Ростовцев, А. Л. Абрамов, В. Ф. Зайцев, Т. А. Литовш, Д. Л. Сукнев</i>	192
МИКРОМОРФОЛОГИЯ РЕДКОГО ВИДА ЭВРИАЛЫ УСТРАШАЮЩЕЙ (<i>EURYALE FEROX</i> SALISB., NYMPHAEACEAE) <i>Д. Ю. Цыренова</i>	193
ПЕРВЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О КЛЕЩЕ <i>UNIONICOLA (PENTATA) BONZI</i> ИЗ МОЛЛЮСКОВ РОДА <i>UNIO</i> РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ <i>Ю. Е. Чапурина, А. В. Кондаков, Д. И. Лебедева, Г. А. Яковлева</i>	194
РАЗНООБРАЗИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИСТОВАРОВ <i>ESCHERICHIA COLI</i> , ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОДОЕМОВ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ <i>Н. А. Чечкова, Н. А. Сидорова</i>	195
ПРИКЛАДНОЕ МОИНОВЕДЕНИЕ: ЖИВЫЕ КОРМА В АКВАКУЛЬТУРЕ <i>В. К. Чугунов</i>	196
ВЗАИМОСВЯЗЬ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ТОКСИЧЕСКИМИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ТЕРАТОГЕННЫХ ЭФФЕКТОВ У ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ <i>Г. М. Чуйко, И. И. Томилина, Л. П. Гребенюк, Р. А. Ложкина</i>	197
БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ФИТОПЛАНКТОН САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ <i>Е. А. Шашуловская, С. А. Мосияш, Е. А. Джаяни</i>	198
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ АККЛИМАЦИИ И ИЗМЕРЕНИЯ НА АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД <i>Ю. А. Широкова, О. А. Ларина, Е. В. Мадьярова, А. Д. Мутин, Ж. М. Шатилина, М. А. Тимофеев</i>	199
ИЗМЕНЕНИЯ МЕЗОСТРУКТУРЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА У ПЛЕЙСТОФИТА <i>HYDROCHARIS MORSUS-RANAE</i> L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ <i>Г. И. Ширяев, М. Г. Малева, Н. В. Чукина, Г. Г. Борисова</i>	200
ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЖЕЛЧИ ПРЭСНОВОДНЫХ РЫБ <i>А. В. Шокурова</i>	201
ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ, ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ И ЦИТОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ <i>Н. Ю. Шоман, Е. С. Соломонова, А. И. Акимов</i>	202
ФИЛОГЕОГРАФИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ <i>GAMMARUS LACUSTRIS</i> SARS, 1863 (AMPHIRODA, GAMMARIDEA) <i>А. К. Штанг, Г. В. Бовыкина, О. В. Аксёнова, А. В. Кондаков</i>	203

МНОГОЛЕТНЯЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (К 40-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)	204
<i>Г. В. Шурганова, В. Н. Якимов, В. С. Жихарев, Д. Е. Гаврилко, И. А. Кудрин, Т. В. Золотарева</i>	
ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ЧЕРНОМОРСКОГО ГРЕБЕШКА <i>FLEXORASTEN GLABER PONTICUS</i> В ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ СЕВАСТОПОЛЯ	205
<i>С. А. Щербань</i>	
СРАВНЕНИЕ СКОРОСТИ ЭВОЛЮЦИИ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГЕНОВ COI И CYT В РЫБ НА ПРИМЕРЕ ЕВРОПЕЙСКОГО ХАРИУСА <i>THYMALLUS THYMALLUS</i> (LINNAEUS, 1758)	206
<i>О. А. Юницына, А. П. Новоселов, А. В. Кондаков</i>	

**БИОЛОГИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В XXI ВЕКЕ:
ФАКТЫ, ГИПОТЕЗЫ, ТЕНДЕНЦИИ**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Подписано в печать 03.11.21. Формат 60x90/8.
Усл. печ. л. 27.50. Заказ № 21158. Тираж 200 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ООО "Филигрань"
150049, г. Ярославль, ул. Свободы, 91.
pechataet@bk.ru