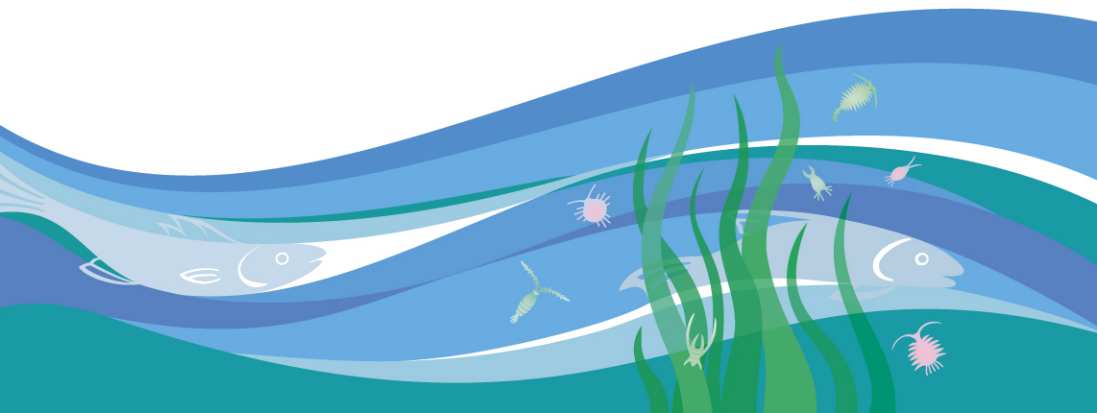


**ХII СЪЕЗД
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА
при Российской академии наук**

Тезисы докладов



Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российская академия наук»
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
Институт биологии КарНЦ РАН
Зоологический институт Российской академии наук
Гидробиологическое общество при РАН
Российский фонд фундаментальных исследований
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Петрозаводский государственный университет»

**XII Съезд
Гидробиологического общества
при Российской академии наук**

Тезисы докладов

г. Петрозаводск
16–20 сентября 2019 года

Петрозаводск
2019

УДК 574.5/.6:061.22(063)

ББК 28.082

Д23

Ответственный редактор

Н. В. Ильмаст, д. б. н.

Ответственный секретарь

Е. Н. Распутина, к. б. н.

Д23 **ХII Съезд Гидробиологического общества при Российской академии наук**: тезисы докладов, г. Петрозаводск, 16–20 сентября 2019 г. / отв. ред. Н. В. Ильмаст. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2019. – 577 с.

ISBN 978-5-9274-0860-3

В тезисах докладов представлены материалы по основным направлениям гидробиологии: структура и функционирование водных экосистем, популяции и сообщества, биологические ресурсы морских и континентальных водоемов, био-разнообразие водных организмов и роль видов-вселенцев, симбиотические и паразитарные взаимоотношения в водных экосистемах, экология рыб, методы оценки антропогенной нагрузки и качества вод; водная экотоксикология. Тезисы адресованы специалистам в области гидробиологии, экологии, ихтиологии, преподавателям вузов, аспирантам и студентам.

УДК 574.5/.6:061.22(063)

ББК 28.082

The abstract of the presentation contains data on the main aspects of aquatic biology such as the structure and functioning of aquatic ecosystems; populations and communities; the biological resources of marine and continental water bodies, the biodiversity of aquatic organisms and the contribution of colonizer species; symbiotic and parasitic relationships in aquatic ecosystems; fish ecology; methods for assessment of the effect of human activities and water quality; and aquatic ecotoxicology. The abstract is addressed to aquatic biology, ecology and ichthyology experts, university teachers, postgraduates and students.

Съезд проведен при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-04-20057

Официальные спонсоры – Экологический фонд Сибирского
Федерального Университета, ООО «Компания Хеликон»

Официальный партнер – Компания «Миллаб»

ISBN 978-5-9274-0860-3

© Коллектив авторов, 2019

© ГБО при РАН, 2019

© Институт биологии КарНЦ РАН, 2019

© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2019

УГЛЕРОДНЫЙ БЮДЖЕТ ОЗЕРА НАРОЧЬ (БЕЛАРУСЬ)

**Б. В. Адамович¹, Т. В. Жукова¹, З. А. Ничипорович²,
Н. В. Дубко¹, Ю. К. Верес¹, А. А. Жукова¹**

¹Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

²ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск, Беларусь,
belqualab@gmail.com

Изучение путей миграции углерода является одним из приоритетных направлений современной лимнологии (Cole et al., 2007; Finlay et al., 2010). Для оценки углеродного бюджета озера необходимо составить как можно более полный углеродный баланс водоема. Наибольший интерес для достижения поставленной цели имеет оценка входных и выходных потоков углерода в модельные водные объекты. Основное поступление углерода в озера образуется за счет водного стока с водосборной территории, атмосферных осадков, выпадающих на акваторию, и поступления углеродсодержащих газов из атмосферы в водоем. Расходной частью баланса является водный сток и эмиссия углекислого газа из водоема в атмосферу.

Основные входящие и исходящие потоки углерода в оз. Нарочь изучены в 2016–2017 гг. Озеро Нарочь – полимиктический водоем, расположенный в северо-западной части Беларуси в бассейне р. Неман. Площадь озера – 79,6 км² при максимальной глубине 24,8 м и средней 8,9 м. Площадь общего водосбора озера составляет 279 км², время водообмена – 10–11 лет.

Поступление углерода. Внешняя нагрузка с водосборной территории органическим веществом (атмосферные осадки, сток из вышерасположенных озер и ручьевого сток с частного водосбора) составила 5,08 г С/м²-год или более 400 т углерода в год в целом на озеро. За счет стока диоксида углерода из атмосферы за сезон в озеро поступает 116,1 т углерода или 1,46 г С/м². В год в озеро поступает 2685,2 т отмирающих побегов воздушно-водных макрофитов в расчете на воздушно-сухую массу (ВСМ). Учитывая, что ВСМ составляет 90% от абсолютно сухой массы, среднее содержание углерода в которой составляет 50%, в оз. Нарочь в год поступает 1208,3 т углерода или 15,18 г С/м²-год.

Вынос углерода. С единственной вытекающей из озера р. Нарочанка выносятся 328 т углерода или 4,12 г С/м²-год. В атмосферу из озера за сезон с потоками метана поступает 136 т углерода (1,71 г С/м²).

Таким образом, аккумуляция углерода в озере составляет 1264,5 т в год (15,89 г С/м²-год) или около 73% внешнего поступления. Если вычесть углерод, изымаемый из экосистемы с любительским выловом рыбы и коммерческой заготовкой тростника, то объем аккумулярованного за год углерода в оз. Нарочь составит 1228,5 т (15,43 г С/м²-год). Исходя из полученных данных, аккумуляция углерода из воздуха воздушно-водными растениями и последующее его попадание в водную толщу при отмирании побегов является основным путем вноса углерода в экосистему оз. Нарочь.

Остается открытым вопрос об объемах поступления углерода в озеро с листовым опадом и пылью, а также с водными животными (земноводными и птицами). Также вынос углерода из озера естественным путем (без участия человека) будет обусловлен вылетом имаго насекомых и миграцией на сушу взрослых стадий земноводных, изъятием органического вещества с пищей птицами и другими животными. Однако эти потоки должны быть невелики и примерно уравновешены и не должны существенно повлиять на общий углеродный баланс озера.

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ ТОБОЛ В ПРЕДЕЛАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Г. Акатьева

*Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
г. Тюмень, akatyevat@mail.ru*

В настоящее время загрязнение воды в бассейнах крупных рек практически на всей территории России достигло критических показателей. Ситуация усугубляется также и все увеличивающимися объемами сточных вод, сбрасываемых в природные водоемы. В полной мере эта проблема относится и к р. Тобол. Цель данной

работы заключалась в анализе мониторинговых наблюдений состояния реки в пределах Тюменской области.

Река Тобол – самый многоводный и второй по длине (после р. Ишим) приток р. Иртыш, впадает в него у г. Тобольска. Река Тобол берет начало в юго-западной части Кустанайской области Казахстана, на границе с Челябинской областью, пересекает с юга на север Кустанайскую и Курганскую области и пять районов юга Тюменской области (Упоровский, Заводоуковский, Ялуторовский, Нижнетавдинский и Тобольский). Площадь водосбора 426 тыс. км², длина реки 1591 км, в том числе в пределах Тюменской области – 570 км.

Для проведения химического анализа пробы воды отбирались согласно ГОСТу в периоды 2001–2003 и 2015–2017 гг. в следующих пунктах контроля: с. Коркино, выше и ниже г. Ялуторовска, в черте г. Тобольска. Определение острой токсичности проводили с помощью общепризнанного тест-объекта *Daphnia magna* по стандартным методикам.

Анализ результатов химических исследований проб воды показал, что наиболее распространенными загрязняющими веществами р. Тобол за периоды наблюдений являлись нефтепродукты, легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), содержание тяжелых металлов и соединений азота. Превышение ПДК по этим веществам зарегистрировано во всех пунктах контроля во все сроки наблюдений (исключение – г. Тобольск в 2015–2017 гг.).

В период 2001–2003 гг. наибольшие отклонения от значений ПДК отмечались по содержанию нефтепродуктов – превышение в 130 раз в створе выше г. Ялуторовска, а уже ниже по течению – снижение уровня загрязнения. Повышенным было и содержание тяжелых металлов: цинка и железа – с. Коркино, до 13–45 ПДК, меди – до 33 ПДК ниже г. Ялуторовска. Согласно результатам химического анализа в этот период вода р. Тобол характеризовалась как грязная и очень грязная.

Пробы воды р. Тобол, отобранные ниже и выше г. Ялуторовска и в черте г. Тобольска, обладали острой токсичностью по отношению к *D. magna*, вызывая 30–75%-ную гибель рачков в течение четырех суток.

В 2015–2017 гг. наблюдалось сохранение высоких концентраций по целому ряду веществ (азот нитритный, цинк, железо, марганец, взвешенные вещества, нефтепродукты) во всех пунктах отбора проб. Наибольшие отклонения от норм ПДК отмечались в створе с. Коркино, что, вероятно, связано с поступлением загрязняющих веществ со стоком из сопредельных областей. По мере приближения к г. Тобольску происходит снижение уровня загрязнения, что может свидетельствовать о самоочищающей способности реки.

Таким образом, сравнение состояния р. Тобол за периоды наблюдений указывает на снижение уровня загрязнения к 2017 г., проявляющееся в снижении содержания определяемых веществ и отсутствием острой токсичности для ветвистоусых рачков. Несмотря на это, река, как и ранее, остается загрязненной, что обуславливает необходимость принятия срочных мер по предотвращению дальнейшего ее ухудшения, а также по систематизации мониторинга как источников сброса стоков, так и их влияния на состояние водоема во всех пунктах наблюдений.

ОЦЕНКА МИКРОБНОГО РАЗНООБРАЗИЯ В ГЕМОЛИМФЕ И ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД

**Д. В. Аксенов-Грибанов^{1,2}, Е. В. Переляева¹, А. С. Остяк³,
У. А. Васильева¹, Е. П. Шапова¹, Е. С. Протасов¹, М. Д. Краснова¹,
Е. Д. Золотовская¹, Ю. А. Лубяга^{1,2}, К. П. Верещагина^{1,2},
М. А. Тимофеев^{1,2}**

¹ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск

²АНО Байкальский исследовательский центр, г. Иркутск,
denis.axengri@gmail.com

³ФКУЗ Иркутский ордена красного знамени научно-исследовательский
противочумный институт Сибири и Дальнего Востока, г. Иркутск

Целью настоящего исследования выступала оценка разнообразия микроорганизмов, преимущественно актинобактерий, населяющих различные ткани амфипод – гемолимфу, желудочно-кишечный тракт,

мышцы и др. В рамках проводимого исследования сделаны множественные отборы и диссекции амфипод видов *Acanthogammarus godleuskii*, *Eulimnogammarus verrucosus* и *E. cyaneus*.

С применением классической микробиологической техники, глубинного скрининга и экспресс-идентификации микроорганизмов посредством масс-спектрометрического анализа на базе MALDY BIOTYPER (MALDY-TOF) (Bruker) выделены микроорганизмы группы актинобактерии, преимущественно родов *Streptomyces* spp. Вместе с тем в ходе проводимых работ из образцов гемолимфы амфипод были выделены актинобактерии родов *Rhodococcus* sp. и *Kocuria* sp. (предположительно *Kocuria rhizophila*) и установлено, что гемолимфа амфипод густо обсеменена микроорганизмами рода *Pseudomonas* sp.

Вместе с тем проведена оценка воздействия атмосферы, обогащенной кислородом, на прорастание и биосинтетическую активность актинобактерий, для чего часть посевов были инкубированы при стандартных параметрах культивирования – в термостате при 28 °С, а другая часть посевов, параллельно, в отдельном термостате при температуре 28 °С и в атмосфере, обогащенной кислородом. Насыщение кислорода обеспечивали посредством нагнетания в камеру термостата кислорода из кислородного концентратора Armed 7F-5. Как показали проведенные исследования, кислородная среда являлась фактором, значительно увеличивающим возможность выделения актинобактериальных культур, их видовое разнообразие, а также скорость проведения исследований.

Вместе с тем проведены работы по оценке бактериально-го и грибного биоразнообразия в гемолимфе и в желудочно-кишечном тракте амфипод рода *Eulimnogammarus* sp. Показано, что среди выделенных культур бактерий преобладали группы *Proteobacteria* spp., *Bacteroides* spp. и *Firmicutes* spp., а среди грибов частыми представителями выступали грибы рода *Penicilium* spp.

Настоящее исследование проведено при частичной финансовой поддержке проектов РФ (18-74-00018), РФФИ (18-34-00294, 18-29-05051), проектов Минобрнауки РФ 6.9654.2017/8.9, а также АНО Байкальский Исследовательский Центри Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ РАССЕЛЕНИЯ И ТЕМПА РОСТА МОЛОДИ СЕМГИ ОТ КАЧЕСТВА ВЫРОСТНЫХ УЧАСТКОВ

**М. Ю. Алексеев¹, А. В. Зубченко¹, А. М. Николаев¹,
Н. В. Ильмаст², Е. Н. Распутина²**

¹Полярный филиал ФГБНУ «ПИНРО», г. Мурманск, mai@pinro.ru

²Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

Сокращение площади нерестово-выростных участков (НВУ) по всему репродуктивному ареалу атлантического лосося делает актуальной систематизацию оставшихся участков и выработку объективных критериев оценки их пригодности для воспроизводства лососей. Обычно продуктивность реки в отношении семги определяют по ряду гидрологических показателей: площади водосборного бассейна, длине реки, ее уклону, площади освоенных молодью нерестово-выростных участков (НВУ).

В результате ежегодных обловов молоди атлантического лосося в реках Мурманской области замечено, что на разных участках показатели плотности расселения молоди семги значительно различаются, и эти различия носят системный характер. Отмечены также постоянные различия в длине и массе молоди на разных НВУ. Эти наблюдения побудили провести детальные исследования с целью количественной оценки зависимости характеристик пестряток лосося от качества среды обитания.

Материалом служила молодь атлантического лосося, населяющая р. Варзугу (Мурманская область, бассейн Белого моря). Рыбу отлавливали методом электролова в ходе маршрутных съездов в августе 2017 и 2018 гг. в биотопах с разными характеристиками, расположенных в основном течении реки и в ряде притоков (Индель, Пана, Пятка, Кривец, Япома и др.). Одновременно оценивали количественные показатели НВУ: скорость течения (м/с), глубину (м), гранулометрический состав грунта (от 0 до 5 баллов) и количество его слоев, а также степень обрастания камней макрофитами (от 0 до 5 баллов). Помимо абиотических показателей, в качестве зависимых переменных использовали количественные

оценки бентоса и дрефта: общую численность и общую биомассу беспозвоночных в пробе.

Для выявления факторов, способствующих развитию молоди, применен регрессионный анализ. В качестве зависимых переменных использовали показатель плотности расселения молоди на НВУ и показатель удельной скорости роста пестряток. Независимыми переменными выступали перечисленные абиотические и биотические показатели. Количество сопоставляемых пар значений во всех случаях составило 13.

Исследование показало, что скорость роста пестряток семги не зависит от скорости течения ($r = 0,20$), турбулентности потока ($r = -0,05$), численности ($r = 0,03$) и массы ($r = 0,02$) дрефта. Обнаружены тесные зависимости между скоростью роста и глубиной ($r = -0,61$), интенсивностью обрастания ($r = 0,53$), количеством слоев камней на дне ($r = 0,72$). Обнаружены тесные связи плотности расселения молоди с глубиной воды на участке ($r = -0,74$), интенсивностью обрастаний ($r = 0,69$) и количеством слоев камней в грунте ($r = 0,66$). Выявлены связи плотности расселения молоди с массой зообентоса ($r = 0,84$), скорость роста также показала некоторую зависимость от этого показателя ($r = 0,40$). Интересно, что показатели численности беспозвоночных не коррелировали с зависимыми переменными. Дана интерпретация выявленным связям. Впоследствии отобранные факторы были включены в модель множественной регрессии.

Полученные результаты могут быть применены для подробной классификации НВУ и расчета репродукционного потенциала реки. Кроме того, показана возможность увеличения численности атлантического лосося за счет искусственного создания НВУ с оптимальными для развития молоди характеристиками на тех отрезках реки, где гидрологический режим позволяет осуществить такие работы.

СОСТОЯНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА В ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ НП И ТМ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

О. А. Алешина, А. В. Градова, Д. В. Усламин

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, aleshina8@yandex.ru

Ключевой проблемой таежных озер Западной Сибири является поступление в них значительных объемов загрязняющих веществ, обусловленных наличием нефтяных и газовых месторождений. В связи с этим, приоритетным загрязнением на территории ХМАО-Югры является нефть, нефтепродукты (НП) и тяжелые металлы (ТМ).

Материалом настоящей работы послужил сбор макрозообентоса с 6 озер (Томталяхтур, Кытылэмтор 1, Секьяунсоромлор, Окунево, Польштур, Калач), расположенных на территории ХМАО. Отбор материала проводился в летний период 2012 и 2014 гг. Обследованные озера в большинстве своем имеют овальную конфигурацию, площадь в среднем составляет 400–600 га, максимальные глубины достигают 1,5–3,0 м.

Сбор макробентических организмов проводился классическим в гидробиологии методом с помощью дночерпателя Петерсена. Одновременно с гидробиологическим материалом проводился отбор донных отложений для химического анализа (нефтепродукты, Cu, Cr, Mn, Ni, Zn, Sr, Pb, Al, Cd, Co, Hg).

В донных отложениях озер Окунево, Польштур и Калач содержание НП варьировало в пределах 287,0–515,0 мг/кг, что превышает фоновое значение в 14–25 раз. Концентрация ТМ (Cu, Cr, Mn и Ni) в этих озерах была выше фоновых в 2–3 раза. В других обследованных водоемах полученные показатели соответствовали фоновым.

В составе донных сообществ озер было зафиксировано 48 видов, которые относятся к 11 таксономическим группам. Число видов в каждом озере варьирует от 10 до 21 вида. Наибольшее видовое богатство отмечено для хирономид. Для выявления общности видового состава озер был рассчитан индекс Чекановского-Сьеренсена. Значения индекса невысокие и находятся в пределах от 0,14 до 0,5.

В результате рангового распределения видов по относительной численности были выявлены доминанты и структурообразующие комплексы. В озерах с фоновым содержанием НП в комплексы в основном входят хирономиды. Однако с увеличением содержания нефтепродуктов в донных осадках, структурообразующие комплексы становятся более разнообразными. В эти сообщества начинают входить такие таксономические группы как олигохеты, нематоды, которые более устойчивы к различным загрязнениям, появляются моллюски. В целом, число видов в комплексах увеличивается. В оз. Калач с наибольшим содержанием НП доминантом становится олигохета *Tubifex tubifex*.

В озерах Окунёво, Польтур (содержание НП 287,0 мг/кг и 488,0 мг/кг соответственно) отмечено увеличение численности и биомассы макрозообентоса по сравнению с фоновыми озерами. И только при экстремальном уровне НП (515,0 мг/кг) отмечен резкий спад количественных показателей. Биомасса снижается с 62,0 г/м² до 11,0 г/м², а численность – с 4,1 тыс. экз./м² до 0,4 тыс. экз./м².

Результаты корреляционного анализа не выявили зависимость таких характеристик макрозообентоса как число видов, численность и биомасса от содержания нефтепродуктов в донных отложениях, но выявлены положительные корреляции количественных показателей сообщества с тяжелыми металлами (Fe, Cr, Zn, Ni).

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ БАЛТИЙСКОГО ШПРОТА

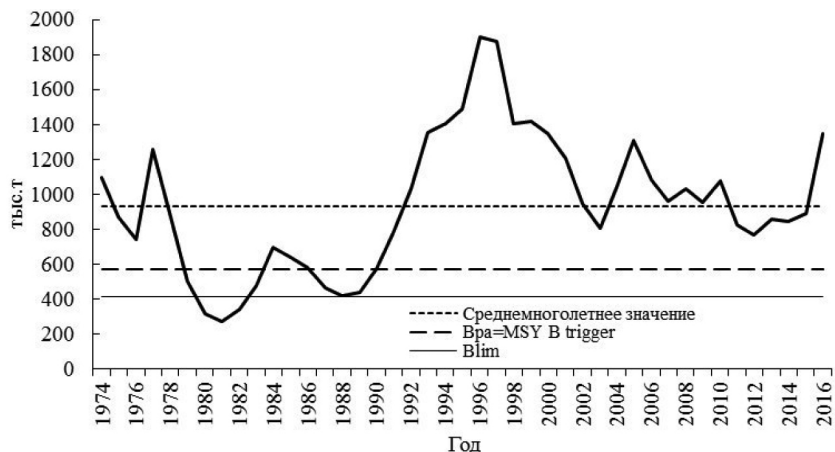
В. М. Амосова, Т. Г. Васильева

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, amosova@atlantniro.ru*

Водные биологические ресурсы Балтийского моря являются трансграничными. К ним относятся и любые запасы рыб, которые совершают регулярные миграции через границы исключительных экономических зон стран Европейского Союза и Российской Федерации в Балтийском море. В соответствии с Соглашением

между Правительством Российской Федерации и Европейским Сообществом о сотрудничестве в области рыболовства и сохранения живых морских ресурсов в Балтийском море от 28 апреля 2009 г., подписанным в г. Брюсселе (далее – Соглашение), научное сотрудничество сторон осуществляется в рамках Международного совета по исследованию моря (ИКЕС). Поэтому оценка состояния запаса и ОДУ шпрота в Балтийском море осуществляется на Рабочей группе по оценке запасов рыб и рыболовства в Балтийском море (ICES WGBFAS) с использованием обобщенных данных по вылову и размерно-возрастному составу промысловых и научных уловов всех прибалтийских стран. Инструменты экспертной оценки запаса шпрота представляют собой общепризнанные модели расчетов и используются Рабочей группой ИКЕС для описания текущего состояния популяции, ретроспективного анализа и прогнозирования. Российские специалисты принимают участие в ежегодных заседаниях ICES WGBFAS, обсуждениях и корректировках результатов оценки, а также обеспечивают экспертов необходимой информацией для формирования сводных материалов, используемых затем в моделировании.

Во многом благодаря международному регулированию, в настоящее время нерестовый запас шпрота в Балтийском море находится в биологически безопасных пределах и состоянии полной репродуктивной способности (рис.).



Необходимо отметить, что сохранение высокого уровня информационного и методического обеспечения оценки запаса и вылова шпрота в Балтийском море требует проведения на постоянной основе акустических съемок всеми прибалтийскими странами, а для формирования отечественной позиции в международных научных профильных организациях необходимо наличие регулярных научных исследований в российской акватории моря.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ОТНОШЕНИЯ ДЛИНА/МАССА СИБИРСКОГО ХАРИУСА (*THYMALLUS ARCTICUS*), ОБИТАЮЩЕГО В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ЕНИСЕЙ

П. Ю. Андрущенко^{1,2}, И. В. Зуев², Т. А. Зотина¹

¹Институт биофизики СО РАН КНЦ СО РАН, г. Красноярск

*²Сибирский федеральный университет, г. Красноярск,
pandrushchenko1995@mail.ru*

Анализ отношения длины и массы тела (LWR) – важный инструмент ихтиологических исследований, вовлекающий в анализ данные промысловой статистики. Параметры LWR используются для реконструкции биомассы, оценки упитанности, для сравнения развития рыб в популяциях из разных регионов. Для получения статистически значимых коэффициентов LWR рекомендуется использовать большие выборки рыб в широком диапазоне размеров. Вместе с тем, нет единого мнения о корректности повышения объема выборки за счет объединения рыб, собранных в разные сезоны года. Данные о сезонной изменчивости параметров LWR единичны, а раздел базы данных FishBase, агрегирующей такие данные, не содержит поля о дате отлова рыб. В настоящем исследовании предпринята попытка оценить размах сезонной изменчивости параметров LWR сибирского хариуса из одной популяции. Выборка хариуса была собрана из рыб, ежемесячно отлавливаемых в р. Енисей на участке

среднего Енисея в 2007–2017 гг. Определяли абсолютную длину тела (TL, см) и массу (W, г). Коэффициенты регрессии для LWR получали из уравнения: $\log(W) = \log(a) + b \cdot \log(TL)$. Для анализа изменчивости полученных коэффициентов использован графический подход, предложенный Froese. В результате проведенного исследования были показаны значительные сезонные изменения параметров LWR в пределах одной популяции, размах которых превосходит географическую изменчивость аналогичных коэффициентов для хариуса из других популяций (рис.). Таким образом, при анализе географической изменчивости параметров LWR необходимым условием является указание даты отлова рыб.

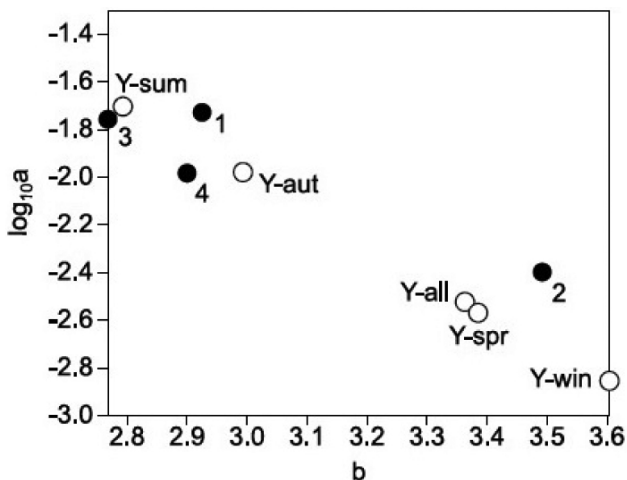


Диаграмма рассеяния $\log_{10} a$ относительно b :

Белыми кружками обозначены наши данные для р. Енисей: Y-all – все образцы, Y-win – зима, Y-spr – весна, Y-sum – лето, Y-aut – осень; 1 – р. Енисей, сезон не указан; 2 – р. Эргис, Китай, годовая выборка; 3 – оз. Греб, США; 4 – байкальский хариус, оз. Хубсугул, Монголия, июль

ЛОСОСЕОБРАЗНЫЕ В СИСТЕМЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ПАЗАРИТОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ КОРЮШКИ *OSMERUS EPERLANUS* (L.)

Л. В. Аникиева

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, anikieva@krc.karelia.ru

Паразитофауна европейской корюшки представлена тремя основными группами видов: паразитов арктического пресноводного комплекса, бореального равнинного фаунистического комплекса и морского фаунистического комплекса.

Анализ роли отдельных видов рыб в формировании паразитофауны европейской корюшки показывает, что фауна ее паразитов складывалась в системе ценотических отношений корюшки с фауной северных пресноводных экосистем. Доминирующая роль в формировании паразитофауны европейской корюшки принадлежит лососеобразным рыбам, определяющим специфику северных водоемов. У европейской корюшки встречается 42 общих с лососевыми и сиговыми видами паразитов, что составляет 64% от ее паразитофауны. Сюда входят 6 видов простейших из 9 известных для европейской корюшки. Некоторые из них встречаются также у рыб других систематических групп: щуковых, карповых, колюшковых, окуневых. Из 9 известных для европейской корюшки видов цестод шесть видов – типичные паразиты лососеобразных. Из 11 видов трематод европейской корюшки 7 видов общие с лососеобразными. Это широко распространенные у пресноводных рыб метацеркарии родов *Diplostomum* и *Tylodelphys*, типичные паразиты лососевых и сиговых *Phyllodistomum umblae* и *Ichthyocotylurus erraticus*. Общими для европейской корюшки и лососевых оказались морской вид *Bracyphalus crenatus* и пресноводный паразит окуневых *Bunodera luciopercae*. Из 19 видов нематод европейской корюшки 3 вида приурочены к лососевым рыбам, 8 видов общие для европейской корюшки и лососеобразных рыб и имеют широкий круг хозяев. Все общие виды скребней и ракообразных встречаются у широкого круга хозяев.

В составе паразитофауны корюшки 8 видов паразитов, встречающихся преимущественно у карповых рыб. Эти виды широко

распространены в Палеарктике у разных родов семейства карповых рыб, относятся к бореальному равнинному комплексу. Для пяти видов паразитов со сложным циклом развития европейская корюшка играет роль промежуточного и резервуарного хозяина, остальные три вида (*Tripartiella copiosa*, *T. lata*, *Ergasilus briani*) имеют прямой цикл развития. Все паразиты этой группы встречаются у европейской корюшки сравнительно редко и с низкой численностью. Нематода *Pseudocapillaria tomentosa* обнаружена у корюшки только в Онежском озере.

Четыре вида паразитов корюшки (6% от общего числа видов) приурочены преимущественно к хищным видам рыб – обыкновенной щуке *Esox lucius*, речному окуню *Perca fluviatilis*, налиму *Lota lota*. Они принадлежат к бореальному равнинному фаунистическому комплексу и широко распространены в Палеарктике. Имеют широкий круг промежуточных хозяев. Цестода *T. nodulosus* – один из немногих распространенных паразитов корюшки, встречается повсеместно в ареале окончательного хозяина – обыкновенной щуки. Наиболее высоко европейская корюшка заражена *T. nodulosus* в Ладожском озере (экстенсивность заражения 87%, индекс обилия 1,7 экз.) (Барышева, Бауер, 1957). Остальные три вида паразита встречаются у корюшки локально и с низкой численностью.

НАКОПЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАКРОФИТАМИ (POTAMOGETON PECTINATUS L. И PHRAGMITES AUSTRALIS L.) В ВОДОЕМАХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

**О. В. Анищенко¹, Е. А. Иванова², А. В. Дроботов²,
А. А. Колмакова¹, И. В. Зуев¹**

¹Институт биофизики СО РАН, КНЦ СО РАН, Красноярск

²Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, hydrakr@rambler.ru

В настоящее время континентальные водоемы подвержены загрязнению металлами и биогенными элементами (азотом, фосфором), повышению минерализации (солености) как в результате естественных

причин (климатических изменений, которые приводят к повышению температуры и испарения), так и под действием антропогенного фактора (сброс сточных вод с высокой концентрацией солей, повышенным расходом воды для нужд сельского хозяйства). Макрофиты обладают способностью интенсивно накапливать загрязняющие вещества, в том числе тяжелые металлы (ТМ), выполняя роль фильтра в водных экосистемах, но в то же время могут способствовать передаче ТМ по трофическим цепям, их накоплению в верхних звеньях, включая человека. Однако связь между накоплением ТМ и биогенов водными растениями и уровнем минерализации в водоемах остается до конца не исследованной. Цель данной работы – изучение накопления металлов и биогенных элементов макрофитами в зависимости от уровня минерализации континентальных водоемов.

Исследования проводились на пресноводном водохранилище Бугач в г. Красноярске и соленых озерах Шира и Шунет в Хакасии. В оз. Шира минерализация воды в эпилимнионе летом составляет 14–15 г/л, в монимолимнионе – до 19 г/л. В оз. Шунет минерализация в верхнем перемешиваемом слое с мая по ноябрь варьирует в пределах 10–25 г/л, достигая у дна 100 г/л. Среди макрофитов были выделены два вида – рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.) и тростник обыкновенный или южный (*Phragmites australis* L. Trin. ex Steud.), которые произрастают в трех исследуемых водоемах. Рдест относится к погруженным, а тростник – к воздушно-водным высшим растениям. В задачи входило: оценить эффективность накопления элементов (K, Ca, Mg, N, P, S, C, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, Ni, Na, Al, Co, Ti, V, Pb, Cd, Tl, Be, Bi, Sn, Sb, Sr, Cr, Li) органами тростника и рдеста; определить связь экологических факторов – минерализации, температуры, pH, вегетационного периода, содержания элементов в воде и донных отложениях (ДО) с содержанием исследованных элементов в рдесте и тростнике. Отбор проб воды, ДО и макрофитов проводили один раз в месяц в 2015 г. (май – август) и в 2016 г. (июнь – август).

Обнаружено, что эффективность накопления большинства элементов рдестом, выше, чем тростником. Согласно значимости для растений, исследованные элементы были разделены на две группы: эссенциальные и полезные (K, Ca, Mg, N, P, S, C, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo,

Ni, B, Br, Cl, F, I, Rb, Si, и Na, Al, Co, Ti, V) и неэссенциальные (Pb, Cd, Tl, Be, Ba, Bi, Sn, Sb, Sr, Cr, Li). С помощью мультивариантной статистики – RDA-анализа (redundancy analysis) выявлено, что минерализация (удельная электропроводность) воды являлась одним из наиболее значимых факторов в накоплении выделенных групп элементов тростником и рдестом. Продолжительность вегетации играла ключевую роль в накоплении эссенциальных элементов у обоих видов растений. Абиотические факторы, включающие минерализацию, температуру, pH, вегетационный период, содержание взвешенного вещества, оказались наиболее значимыми в накоплении эссенциальных элементов исследованными макрофитами. Накопление неэссенциальных элементов лучше объясняется содержанием химических элементов в ДО и воде, при этом ДО играют ведущую роль в объяснении варибельности накопления неэссенциальных элементов тростником.

КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ARTEMIA SPP. В ВОДОЕМАХ КРЫМА

Е. В. Ануфриева, Н. В. Шадрин

*Институт морских биологических исследований имени
А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, lena_anufrieva@mail.ru*

Artemia spp. (Anostraca) – наиболее галотолерантные животные, которые часто играют ключевую роль в экосистемах гиперсоленых водоемов. Их появление или исчезновение ведет к существенной трансформации структуры и функционирования водных экосистем. Цисты *Artemia* являются наиболее ценным биологическим ресурсом гиперсоленых озер, спрос на них постоянно растет. В Крыму имеется большое количество водоемов, где авторы проводят исследований артемий более 10 лет. Цель работы – суммировать многолетние данные, отметив наиболее интересные нерешенные вопросы.

1. В Крыму найдено более 60 водоемов, в которых обитают два двуполовых вида артемий (*A. salina* и *A. urmiana*), а также множество партеногенетических популяций разной ploидности. Вид *A. urmiana* длительное время считался эндемиком

оз. Урмия (Иран). В настоящее время существует две альтернативные точки зрения о происхождении вида – оз. Урмия или Крымский полуостров, но все еще недостаточно данных, чтобы подтвердить ту или иную гипотезу.

2. Цисты *Artemia* были найдены в озерах при солености от 5 до 380 г/л, науплиусы и/или взрослые особи – от 10 до 360 г/л. При этом вероятность существования популяций артемий в водоемах с минерализацией менее 50 г/л или выше 300 г/л минимальна, наиболее часто ($\geq 80\%$ встречаемости) они развиваются при 150–200 г/л. Чем определяется отсутствие этих жаброногих ракообразных в некоторых крымских озерах – наличием хищников или соленостью? В диапазоне солености 30–150 г/л хищники – основная причина. В Крыму отмечено 17 видов беспозвоночных, которые способны потреблять различные стадии *Artemia*. Роль артемий в трофических сетях гиперсоленых водоемов все еще слабо изучена.

3. Морфологическая изменчивость крымских *Artemia* изучалась многими авторами. Показано, что она определяется, в основном, соленостью и наследственностью. Количественно оценить вклад этих двух факторов в морфологическую изменчивость на данный момент невозможно, так как необходимые для этого молекулярно-генетические исследования еще не проведены.

4. Знание закономерностей поведения необходимы для лучшего понимания роли *Artemia* в экосистемах. Имеются лишь немногочисленные работы, которые показали, что артемии образуют в природе плотные агрегации. Экспериментально изучены также онтогенетические изменения двигательной активности и влияние на нее некоторых факторов среды.

5. Покоящиеся стадии (цисты) играют важную роль в приспособлениях артемий к жизни в экстремальной и высоко изменчивой среде. Показано, что они долго сохраняются в грунтах, а при попадании в воду из них выходят науплиусы, при этом срок появления первых науплиусов из цист колеблется в очень широких пределах – от 3 до 30 дней. Практически ничего не известно о том, какие факторы и как в природе влияют на сохранение цист в грунтах и на их активацию.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда (проект № 18-16-00001).

ИХТИОПЛАНКТОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКИ

А. Г. Архипов, Р. А. Пак

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Калининград,
arkhipov@atlantniro.ru*

Для оценки численности и биомассы промысловых рыб традиционно используются данные траловых и гидроакустических съемок, а также расчеты методами математического моделирования. Однако трудности в достоверном определении коэффициентов уловистости тралов для разных видов рыб, неточности в определении силы цели, отсутствие возможности учесть рыбные скопления в водах сопредельных государств, ограничения по применению и точности биостатистических методов, высокая стоимость учетных работ и ряд прочих причин вызывают необходимость получения оценок численности и биомассы рыб несколькими способами.

Ихтиопланктонные методы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими, так как они относительно дешевы, методически просты и дают возможность получить видовую принадлежность нерестящихся рыб и предварительные оценки величины нерестового запаса в короткий период времени (Ahlstrom, Moser 1976; Дехник, 1986; Архипов, 2015).

В предлагаемой работе проведен расчет нерестового запаса промысловых рыб северной части Центрально-Восточной Атлантики (ЦВА) наиболее распространенными ихтиопланктонными методами (Parker, 1980; Алексеев, Алексеева, 1996), и представлен сравнительный анализ полученных оценок с гидроакустическими данными. В основе методов оценки численности нерестового запаса пелагических рыб с использованием результатов ихтиопланктонных съемок лежит впервые сформулированное Гензенем и Апштейном положение о соответствии общего количества выметанной икры числу производителей (Hensen, Apstein, 1897). Основа концепции может быть выражена уравнением:

$$N = \frac{P}{F \cdot K},$$

где N – численность нерестового стада; P – общее количество икры, выметанное за нерестовый сезон на исследуемой нерестовой площади; F – средняя абсолютная плодовитость самок; K – соотношение полов.

Материалы для расчета запасов рыб получены в ходе комплексных съемок АтлантНИРО, выполненных во время научно-исследовательских рейсов в летние сезоны 2010–2015 гг. в районе ЦВА от 16° до 36° с. ш. (экономические зоны Марокко и Мавритании). Некоторые результаты расчета данных представлены в таблице.

Период съемки (год, месяц)	Круглая сардинелла		Западноафриканская ставрида	
	Ихтиопланктонные оценки, тыс. т	Гидроакустические оценки, тыс. т	Ихтиопланктонные оценки, тыс. т	Гидроакустические оценки, тыс. т
2010, VII–VIII	214,9	681,1	117,8	131,8
2014, VIII–IX	183,4	351,0	41,6	18,0
2015, IX–X	247,9	136,0	–	–

Анализируя в целом рассчитанные величины биомасс промысловых рыб можно отметить, что в некоторые годы ихтиопланктонные оценки нерестовой биомассы рыб сопоставимы с данными, полученными гидроакустическим методом (табл.). Но в отдельные годы они существенно отличались. Поэтому определение запасов промысловых рыб более чем одним методом является весьма актуальной задачей.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫБОЛОВСТВА В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ

А. Г. Архипов, К. В. Бандурин

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Калининград,
arkhipov@atlantniro.ru*

Научные исследования в океанических районах ведутся АтлантНИРО многие годы, что позволяет получать новые данные, которые способствуют более эффективному и рациональному ведению промысла. Основные океанические районы исследований института в Атлантике охватывают акваторию Атлантического океана южнее 50°с.ш., включая его антарктическую часть.

Район **Центрально-Восточной Атлантики** (ЦВА) расположен вдоль западного побережья Африки между параллелями 36°00' с. ш. и 6°00' ю. ш. [Промысловое описание..., 2013]. В настоящее время районы отечественного промысла в ЦВА – это исключительные экономические зоны (ИЭЗ) Марокко, Мавритании, Гвинеи-Бисау и потенциально – Сенегала. Основой сырьевой базы рыболовства в ЦВА являются запасы массовых пелагических рыб – восточной скумбрии, европейской сардины, европейской и западноафриканской ставриды, круглой и плоской сардинеллы и некоторых других видов. Суммарный вылов ВБР всеми странами, ведущими промысел в этом районе, в последние годы был довольно стабильным и колебался в пределах 3,9–4,8 млн т [FAO Yearbook, 2018]. Ежегодный вылов России в ЦВА (по межправительственным соглашениям в ИЭЗ иностранных государств) возможен в объеме 330–340 тыс. т [Архипов и др., 2016].

Границы **Юго-Восточной Атлантики** (ЮВА) находятся в пределах 6–50° ю. ш. Страны региона самостоятельно регулируют эксплуатацию запасов [Промысловое описание..., 2013]. Суммарные уловы ВБР с 2008 по 2016 гг. изменялись в пределах 1,2–1,7 млн т [FAO Yearbook, 2018]. Важное промысло-

вое значение имеют капский и глубоководный южноафриканский хеки, западноафриканская и капская ставриды. Ежегодно в ЮВА Россия в рамках совместных с прибрежными странами предприятий может добывать 240–260 тыс. т рыбы [Бандурин и др., 2017].

Юго-Западная Атлантика (ЮЗА). Протяженность района от 5° с. ш. до 60° ю. ш. Здесь добываются разные промысловые объекты – мерлузы, макруронус, путассу, корвина, сельдевые, горбылевые, нототения Рамсея, тунцы, креветки и кальмары [Бандурин и др., 2017]. Ежегодные суммарные уловы морепродуктов в последние годы в ЮЗА находились на уровне 1,6–2,4 млн т [FAO Yearbook, 2018]. Для отечественного промысла в ЮЗА наиболее важным объектом был аргентинский кальмар. Суммарный вылов Россией водных биоресурсов в ЮЗА может составить около 40 тыс. т [Промысловое описание..., 2013].

Антарктическая часть Атлантики (АЧА) расположена в водах южнее 50° ю. ш., а в районе Фолклендских островов – южнее 60° ю. ш. [Промысловое описание..., 2013]. Главным промысловым ресурсом в водах Южного океана является антарктический криль. Весь современный промысел криля сосредоточен в АЧА. Кроме того в АЧА ведется промысел клыкачей [Бандурин, Архипов А. Г., 2017]. Значение общего допустимого вылова криля установлено на уровне 5,61 млн т при временном ограничении на вылов в 620 тыс. т. При достигнутом вылове криль является крупнейшим недоиспользованным ресурсом как в водах Антарктики, так и в Мировом океане. В настоящее время ежегодный вылов России в зоне АЧА за счет промысла криля возможен на уровне 300 тыс. т [Архипов и др., 2016].

Заключение. Всего отечественному рыбопромысловому флоту в океанических районах исследований института в Атлантике ежегодно можно дополнительно добывать около 1,0 млн т водных биоресурсов. При этом нужно иметь в виду, что существует перспективный резерв – возможный промысел антарктического криля до 5,5 млн т.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА АЗОВСКОГО МОРЯ

Д. Ф. Афанасьев

*Азово-Черноморский филиал ВНИРО, г. Ростов-на-Дону,
dafanas@mail.ru*

Азовское море является мелководным, солоноватоводным водоемом с плавным градиентом солености. Многолетние колебания объемов речного стока и адвекции черноморских вод под воздействием антропогенных и глобальных климатических факторов приводят к значительным пространственно-временным изменениям солености азовоморских вод. Современный период в функционировании экосистемы Азовского моря характеризуется снижением объема материкового стока, начавшегося в 2007 г., а вместе с этим повышением солености воды. Если в 2006 г. соленость составляла чуть более 9‰, то к 2018 г. она возросла до 14‰ и превысила значения, наблюдаемые в период предыдущего цикла осолонения в 70-х гг. XX в.

В настоящей работе обобщены многолетние данные по структурно-функциональным характеристикам фито-, зоопланктона и фито-, зообентоса Азовского моря (видовое разнообразие, количественные характеристики развития, ареалы сообществ) в период с 1970 по 2018 гг.

Показано, что определяющими факторами в многолетней динамике фито- и зооценозов Азовского моря являются изменение стока (естественная цикличность и его антропогенные преобразования) и вселение чужеродных видов. Менее значимое влияние оказывают косвенное и прямое воздействие человека на численность некоторых видов рыб (преимущественно хищников высших трофических уровней), а в последнее десятилетие – однонаправленные глобальные климатические изменения.

ХАРАКТЕР МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОРГАНИЗМЕ РЫБ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ

О. В. Баджаева, Н. А. Каниева

*Астраханский государственный технический университет,
г. Астрахань, kanievana52@mail.ru*

Цель настоящей работы – выявление воздействия сублетальной концентрации Каспийской нефти на органы и ткани двухлеток карпа (*Cyprinus carpio* L.). Особенностью нарушений является качественная направленность морфо-физиологических показателей – как по сравнению с контрольными рыбами, так и в зависимости от времени действия нефти, т. е. степени нарушений, что указывает на прогрессивный характер этих изменений в процессе интоксикации.

В строении дорсальных мышц рыб через 10 суток эксперимента выявлены патологические признаки в виде разволокнения (деформация) мышечных волокон, небольшие участки лизиса отдельных мышечных клеток, изменения тинкториального свойства, и даже небольшие участки некроза отдельных миофибрилл. С увеличением времени воздействия нефти – 20–30 суток, степень структурных изменений приводит к развитию миодиструкции, характеризующейся более выраженным нарушением целостности мышечного волокна (разволокнение, распад на фрагменты) и внутриклеточным миоцитоллизом (сгущение саркоплазмы, гиперхромность и деформация ядер). Подобная динамика отражает не только процесс интоксикации под влиянием нефти, но и накопление вредных метаболитов в организме, которые вызывают эндотоксический эффект, в частности, атрофию скелетных мышц.

В печени экспериментальных рыб (10 суток экспозиции) отмечались отек и мелкие кровоизлияния (присутствие эритроцитов в паренхиме), диффузная жировая дистрофия и некроз печеночных клеток. Некроз гепатоцитов, как правило, носил мелкоочаговый

характер. Наблюдалось резкое снижение по сравнению с контролем количества двуядерных клеток. Крупные кровоизлияния под глассонову капсулу выявлены в группе рыб после 20 суток эксперимента. Отмечались обширные участки некротизированной паренхимы, сохранившиеся гепатоциты с гиперхромными, часто деформированными ядрами и с вакуолизированной цитоплазмой. Синусоидные капилляры заполнены эритроцитами. Слабо выраженная лимфомакрофагальная инфильтрация. К 30-ти суткам экспозиции выявлены очаговый некроз и жировая дистрофия гепатоцитов. Резко расширенные синусоиды. В сохранившихся участках паренхимы наряду с дистрофическими изменениями наблюдались проявления регенерации: увеличение числа двуядерных гепатоцитов (по сравнению с 10 и 20 сутками экспозиции), а также появление печеночных клеток с гипертрофированными ядрами на разных стадиях митотического цикла.

Патологические изменения в жабрах рыб всех экспериментальных групп носили идентичный характер. Отличия морфологических нарушений заключались в основном в степени их выраженности, зависящей от длительности воздействия нефти. На 10-е сутки эксперимента наблюдались признаки, характерные как для компенсаторно-приспособительных реакций (гипертрофия и гиперплазия респираторного эпителия, выраженный отек), так и для прямого токсического действия нефти на жаберный аппарат (разрушение дыхательных лепесточков, нарушение целостности сосудистых стенок, крупные и мелкие кровоизлияния). Через 20 и 30 суток эксперимента на первый план наряду с деструктивными изменениями (участки некроза) выступали еще и признаки, характерные для адаптации организма к действию токсиканта (наличие сплошных эпителиальных пластин и появление «молодых» дыхательных лепесточков).

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЕКОВОГО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РЕКЕ СЕЛЕНГЕ (1919–2019 гг.)

Н. В. Базова¹, А. В. Базов²

¹ФБГУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
г. Улан-Удэ

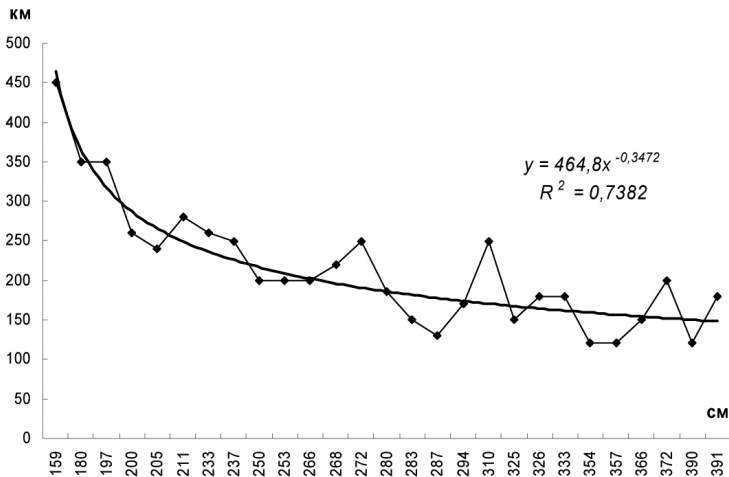
²Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Улан-Удэ, selengan@yandex.ru

Река Селенга (1453 км) – крупный свободно текущий поток Северной Евразии предгорного типа, главный приток оз. Байкал (50% его стока), является трансграничным водотоком, протекает по территории Монголии и России.

Проведено масштабное исследование распределения зообентоса в подледный период 1987–2017 гг. (> 3000 проб) в продольно-поперечном профиле российского участка р. Селенги (~ 400 км от устья). Сообщество макрозообентоса русла реки в это время представлено амфибиотическими организмами реофильного, оксифильного и холодолюбивого комплексов. Выявлена высокая степень обратной зависимости между уровнем Селенги и количественными показателями развития зообентоса. Русло реки в подледный период является гигантским рефугиумом для донных беспозвоночных животных, где постоянство среды обитания складывается за счет значительного снижения скорости течения, температуры, а также увеличивающейся прозрачности воды и сравнительно благоприятного кислородного режима.

Подведены итоги изучения селенгинского стада байкальского омуля на протяжении ~ 100 лет (1919–2019 гг.), численность которого неуклонно сокращается, а условия воспроизводства подвержены значительному антропогенному влиянию. Заход омуля в р. Селенгу значительно связан с увлажненностью бассейна. Выявлена высокая степень обратной зависимости между протяженностью нерестовой миграции и средним уровнем воды в Селенге: чем выше уровень, тем короче нерестовая миграция, и наоборот. Условия речного периода жизни позволяют выяснить

закономерности, спрогнозировать дальнейшее развитие, а также направить усилия к воспрепятствованию снижения численности омуля в Байкале.



Отношение протяженности нерестовой миграции омуля в р. Селенге (км) и среднего уровня воды в сентябре (см) за 30-летний период

Реализация планов гидростроительства в бассейне Селенги на территории Монголии на фоне глобального потепления климата, особенно заметного в зимний период, неминуемо нанесет непоправимый ущерб экосистеме бассейна р. Селенги, что в свою очередь может вызвать непредсказуемые последствия изменения всей экосистемы оз. Байкал. Модели изменения количественных показателей зообентоса, а также численности икры байкальского омуля, выявили наибольшую угрозу экосистеме в зимний период, когда предполагаемое изменение расходов может превысить естественные показатели $\sim 400\%$.

Исследования выполнены в рамках проекта СО РАН АААА-А17-117011810039-4.

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭКОТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ВОДОТОКОВ

Е. Н. Бакаева^{1,2,3}, Н. А. Игнатова¹, М. Н. Тарадайко^{1,2,3},
А. Ю. Запорожцева^{2,3}

¹Институт водных проблем РАН, Гидрохимический (Южный) отдел,
г. Ростов-на-Дону

²ФГБУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону

³Южный федеральный университет, Институт наук о Земле,
г. Ростов-на-Дону, rotaria@mail.ru

Водотоки в пределах урбанизированных территорий испытывают интенсивную антропогенную нагрузку, обусловленную поступлением больших объемов неочищенных сточных вод, преобразованием русла в связи с застройкой. Изменение гидрологического режима рек и поступление большого количества загрязняющих веществ приводят к появлению наиболее опасного загрязнения воды – токсического.

Исследованием экотоксичности воды методом биотестирования был охвачен урбанизированный участок р. Темерник, расположенный в пределах г. Ростова-на-Дону от истока реки (п. Б. Салы) до места впадения р. Темерник в р. Дон. Биотестирование проводили набором биотестов, включавшим шесть тест-объектов: *Daphnia magna* (РД 52.24.566–94), *Brachionus calyciflorus* (РД 52.24.662–2004), *Paramecium caudatum* (РД 52.24.741–2010), *Scenedesmus obliquus* (РД 52.24.566–94) и *Chlorella vulgaris* (ПНДФ Т 14.1:2:3:4.10–04), *Raphanus sativus* (ГОСТ Р ИСО 22030–2009). Тест-показателями служили: гибель организмов, хемотаксис, коэффициент прироста численности клеток, оптическая плотность суспензии клеток, метрические и биологические характеристики.

За двадцатишестилетний период (1992–2018 гг.) наблюдений экотоксичности вод урбанизированного участка р. Темерник по данным биотестирования выявлено изменение токсичности, отражающее влияние и природных факторов, и антропогенной нагрузки. Отмечено постепенное снижение уровня токсичности

вод р. Темерник в период с 1992 по 2007 гг., в особенности, в предустьевой и устьевой областях, где она была особенно высокой, а также в районе Северного водохранилища. Вероятно, это связано с активной реализацией природоохранными службами мероприятий по оздоровлению реки в указанный период, включая использование биофильтров с макрофитами (эйхорнией), установленных в устье. С 2009 г. степень токсичности воды вновь увеличилась во всех исследованных участках реки и, в особенности, в устье (после изъятия биофильтров с макрофитами). Ситуация сохранилась до 2011 г. Воздействие вод оказывало интенсивное стимулирующее (также рассматриваемое как токсическое) действие на автотрофные тест-объекты, что может свидетельствовать о присутствии в водах реки большого количества биогенных веществ, которые могли поступить с неочищенными канализационными стоками. Высокая токсичность вод р. Темерник на территории Ботанического сада может быть объяснена негативным влиянием извлеченных донных отложений, складированных на берегу.

В 2013, 2014 и 2017 гг. отмечалась высокая степень и частота обнаружения токсичности воды. Наиболее острая ситуация выявлена на участках от санатория «Надежда» и до территории Ботанического сада. Несколько меньшая степень токсичности вод в устье и участке ниже по течению р. Дон объясняется разбавлением токсичных веществ менее загрязненными водами р. Дон (Бакаева и др., 2018).

Из примененных наборов биотестов в разные годы на отдельных участках реки тест-объекты проявляли различную чувствительность к воздействию вод, это подтверждает необходимость использования набора биотестов для получения более объективной оценки экотоксичности вод.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ДИНАМИКИ МАКРОЗООБЕНТОСА РЕК ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ

И. А. Барышев

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
baryshev@bio.krc.karelia.ru*

Структура макрозообентоса определяется комплексом взаимосвязанных факторов как глобального (климатические изменения), так регионального и локального масштаба. Особенности Восточной Фенноскандии как природной страны (северное расположение и суровый климат, тонкий слой четвертичных отложений и изрезанный ландшафт, избыточное увлажнение), в полной мере сказываются на видовом составе, обилии, сезонной динамике, реакции на антропогенные воздействия и дрифте макрозообентоса рек.

В ходе работ 1996–2018 гг. показано, что северное расположение и каменистые ландшафты Фенноскандии, а также короткий постледниковый период обуславливают формирование относительно бедной фауны речных донных сообществ. По территории проходит северная граница распространения многих видов и потепление, фиксируемое в последние годы, вызывает смещение границ ареалов гидробионтов к северу.

В реках Восточной Фенноскандии формируются бентосные сообщества с относительно высоким обилием, что обусловлено большим количеством пороговых участков и сложной гидрографической сетью с множеством проточных озер, образующих экотонные зоны с повышенными биомассами, и поддерживающими стабильный водный режим в течение года. Вместе с тем, многообразие биотопов является причиной варьирования структуры донных сообществ в широких пределах. Порожистый характер рек региона определяет преобладание по биомассе видов коллекторов-подбирателей и коллекторов-фильтраторов, что характерно для зообентоса ритрали. Каменистость русла и существенные уклоны от истока до устья обуславливают относительно

небольшое продольное изменение структуры макрозообентоса. Кроме того, формирование речного континуума прерывается многочисленными проточными озерами.

На ход сезонных изменений большое влияние оказывает малая продолжительность биологического лета, в течение которого происходит быстрая смена жизненных стадий амфибиотических насекомых, что оказывает большое влияние на соотношение биомассы таксонов в зообентосе. Минимальное обилие донных сообществ выявлено после весеннего половодья (май), когда значительная часть насекомых покидает водную среду. Максимальное обилие наблюдается осенью (сентябрь-октябрь), по окончании биологического лета, когда вылет насекомых прекращается.

Низкая минерализация и олиготрофный характер поверхностных вод Восточной Финноскандии обуславливают высокую чувствительность речных экосистем к поступлению органических и биогенных веществ антропогенного происхождения. Умеренная антропогенная эвтрофикация (стоки с полей, отходы животноводческих и ферелевых хозяйств) приводит к увеличению биомассы макрозообентоса, однако при возрастании нагрузки происходит деградация донных сообществ.

Состав дрефта беспозвоночных в реках Восточной Финноскандии, сезонная динамика с четко различающимися летним и зимним периодами, а также сглаженная суточная динамика беспозвоночных формируются под влиянием относительно бедного видового состава зообентоса, особенностей температурного и ледового режима водотоков, светлых ночей и короткого биологического лета.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания (тема № 0218-2019-0081, № з. р. АААА-А17-117031710040-9).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЛАГЕНОВ ПОЙКИЛОТЕРМНЫХ ОРГАНИЗМОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

**А. В. Барышников, И. И. Лыжов, В. А. Мухин, В. Ю. Новиков,
К. С. Рысакова, О. Р. Узбекова**

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО») им. Н. М. Книповича),
г. Мурманск, baryshnikov@pinro.ru*

Коллаген является фибриллярным белком, который обеспечивает прочность и эластичность соединительной ткани. Это обусловлено его механическими свойствами, определяемыми первичной и пространственной структурами. Пространственная структура коллагена представляет собой правозакрученную спираль из трех α -цепей. Для первичной структуры коллагена характерно высокое содержание глицина, низкое содержание серосодержащих аминокислот и отсутствие триптофана. Отличительной особенностью коллагена является наличие в нем таких аминокислот как 3-гидроксипролин, 4-гидроксипролин и 5-гидроксилизин, содержание которых составляет около 21 % от общего числа остатков, что значительно больше, чем в других белках.

Коллаген нашел широкое применение, главным образом, в медицине и пищевой промышленности, его выделяют преимущественно из кожи крупного рогатого скота и свиней, но в настоящее время непопулярность этого источника мотивирована религиозными ограничениями, наличием сопутствующих заболеваний и соответствующим риском для людей. Коллаген морского происхождения более безопасен, является реальной альтернативой коллагену наземных животных и может быть выделен из различных частей тела рыб (кожа, кости, чешуя, плавники) и беспозвоночных (иглокожие, ракообразные, медузы). Кожа рыб содержит от 20 до 30 % белков, среди которых до 90 % родственных коллагену.

В настоящее время описано много способов выделения коллагена из природного сырья. Коллаген из тканей рыб Баренцева моря в нашей работе мы выделяли согласно общей схеме, описанной Морейра Силва, при этом в качестве сырья использовали кожу трески (*Gadus morhua*), ликода сетчатого (*Lycodes reticulatus*) и других рыб, а также

мышечную стенку голотурии *Molpadia borealis*. Для сравнительной характеристики выделенных белков использовали результаты ИК-спектрометрии и аминокислотного анализа.

Коллагены тканей пойкилотермных организмов Баренцевого моря могут быть отнесены к I и III типам, которые близки по свойствам коллагену человека. Коллаген рыб характеризуется более низким содержанием таких аминокислот как гистидин, фенилаланин, лизин, лейцин, валин, аспарагиновой и глутаминовой кислот, меньшим числом поперечных связей, а также несколько иным аминокислотным составом (гидроксипролин и гидроксизин) одной из цепей.

Необходимо отметить, что исследования особенностей строения коллагеновых белков, его функций, свойств, способов выделения, сохранения в нативном виде и т. п. имеют большое прикладное значение для различных отраслей экономики, которые используют коллаген в своей деятельности.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АННЕЛИД (ANNELIDA) В ОЗЕРАХ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ШИРОТ

**М. А. Батурина¹, О. А. Макаревич², И. А. Кайгородова³,
Т. В. Жукова², Б. В. Адамович²**

¹*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*

²*Белорусский государственный университет, г. Минск*

³*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, baturina@ib.komisc.ru*

В качестве модельных водоемов выбраны озерные экосистемы, находящиеся в разных географических широтах: озера Нарочанской системы (Беларусь, Восточная Европа) и озера Харбейской системы (Большеземельская тундра, северо-восток европейской части России).

С момента начала регулярных мониторинговых наблюдений в системе Нарочанских озер (Нарочь, Мястро, Баторино) в 1997 г. олигохеты встречены в половине, а пиявки в 30% гидробиологи-

ческих проб. В оз. Большой Харбей в период исследований преобладающие среди аннелид олигохеты занимали одну из доминирующих позиций в общей численности и биомассе зообентоса и встречались в 80–100 % проб, пиявки были менее распространены и отмечены лишь в 5–12,5 % проб.

В озерах Нарочь и Мястро было установлено снижение численности аннелид к зоне профундали в основном за счет численности и биомассы олигохет, которые составляли до 90 % численности и биомассы аннелид в литорали и до 70 % в профундали. В оз. Баторино количественные показатели развития аннелид были сходны в литоральной и профундальной зонах. Анализ количественных показателей развития червей показал, что наибольшие численность и биомасса червей представлены на глубине 1 м в оз. Баторино и до 4-х м в озерах Мястро и Нарочь.

В оз. Большой Харбей (Большеземельская тундра) также наблюдалось статически значимое снижение численности и биомассы олигохет с увеличением глубины. Эта группа беспозвоночных входила в число доминантов в бентосе, в литоральной зоне на всех типах грунта, в сублиторали и профундали и определяла количественные показатели развития аннелид в целом. Наибольшие показатели численности и биомассы червей были отмечены на глубине до 3-х м.

Таким образом, проведенный анализ выявил определенное сходство в распределении аннелид по акватории исследованных озер. Глубины, на которых было отмечено наибольшее видовое и количественное разнообразие червей для всех озер, совпадали с зоной развития высшей водной растительности. Так, водные макрофиты в оз. Баторино распространяются до глубины 1,5 м и покрывают 19,6 % общей площади дна, в оз. Нарочь – около 42,0 % (до 7–8 м), в Мястро – 1/3 площади дна (до 4–5 м). В оз. Большой Харбей в зоне до 3 м преобладают валунно-галечные, галечно-гравийные и песчаные грунты, часто с наилком или покрытые водорослевыми или моховыми обрастаниями, высшие водные растения встречаются до 3 м и занимают до 5,0 % площади дна. Можно предполагать, что во всех озерах, не зависимо от их географического положения,

эта зона является наиболее благоприятной для существования сообществ олигохет и пиявок, куда входят виды с разнообразными экологическими предпочтениями.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0414-2018-0005, частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 18-54-00009 Бел_а и № 18-44-110017) и гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Б18Р – 056).

ОЦЕНКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОЛИГОХЕТ ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

М. А. Батурина, О. А. Лоскутова

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар,
baturina@ib.komisc.ru*

Многообразие водоемов Большеземельской тундры и экологические особенности входящих в них комплексов беспозвоночных животных весьма разнообразны. В последние годы активно продолжаются исследования одной из широко распространенных в этих водоемах групп донных животных – малощетинковых червей (Clitellata: Oligochaeta), обитающих в различных условиях, географических широтах и типах водоемов.

В анализе объединены архивные данные и собственные сборы авторов более чем из 50 тундровых водоемов различных типов: крупные озерные системы – Вашуткины (Финогорова, 1966), Амбарты (Попченко, 1978, 1988; архивные данные), Харбейские; озера бассейна р. Море-ю (нижнее и верхнее течение); оз. Большой Нгосовой; изолированные тундровые озера; временные малые водоемы; озера дельты р. Печоры.

Обновленный список видов малощетинковых червей (Oligochaeta) для различных типов водоемов Большеземельской тундры с пересмотром таксономии и номенклатурными изменениями с момента последних обзоров фауны (Финогорова, 1966;

Попченко, 1978, 1988) на сегодняшний день составляет 94 таксона, 61 из которых определены до видового статуса. Большинство видов малощетинковых червей, обитающих в разнообразных водоемах Большеземельской тундры, относятся к эвритермным, широко распространенным видам.

Коэффициент сходства видового состава Серенсена, рассчитанный по группам водоемов, указывает на достаточно высокое своеобразие фауны. Наибольшее сходство (40%) отмечалось между фауной озер нижнего и верхнего течения р. Море-ю и между Харбейскими озерами и оз. Амбарты с его придаточными озерами (37%). Число массовых видов в водоемах сравнительно невелико: только четыре вида (*Chaetogaster diaphanus* (Gruihuisen, 1828), *Lumbriculus variegatus* (Müller, 1774), *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) и *Spirosperma ferox* Eisen, 1879) отмечались более чем в 50% исследованных водоемов. Состав доминирующих видов наиболее разнообразен в оз. Амбарты и его придаточных водоемах. Помимо указанных выше, к ведущим видам в разных озерах относятся *Lumbriculus variegatus* (Müller, 1774), *Ch. diaphanus*, *Limnodrilus udekemianus* Claparède, 1862, *Nais simplex* Piguët, 1906, *Ilyodrilus templetoni* (Southern, 1909), *Isochaetides michaelsoni* (Lačtockin, 1936).

Диапазон видового богатства (числа таксонов) олигохетофауны исследованных водоемов колеблется от 1 до 69. Наибольшее число таксонов отмечалось в оз. Большой Харбей и его придаточных озерах (69 видов и форм) и оз. Амбарты (49 видов и форм).

Индекс видового разнообразия Шеннона в среднем для водоемов равен 1,68 при разбросе значений от 0,16 до 3,7. Мера доминирования Симпсона в рассматриваемых озерных экосистемах варьирует в диапазоне от 0,01 до 1, в среднем составляя 0,48. Такие высокие значения индекса объясняются наличием большого количества «единичных» и небольшим количеством «массовых» видов. Индекс Пиелу также характеризуется высоким значением (в среднем для выборки 0,78) за счет большого количества единичных таксонов.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0414-2018-0005, Комплексной программы УрО РАН № 18-4-4-37 и поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 18-54-00009 Бел_а и № 18-44-110017.

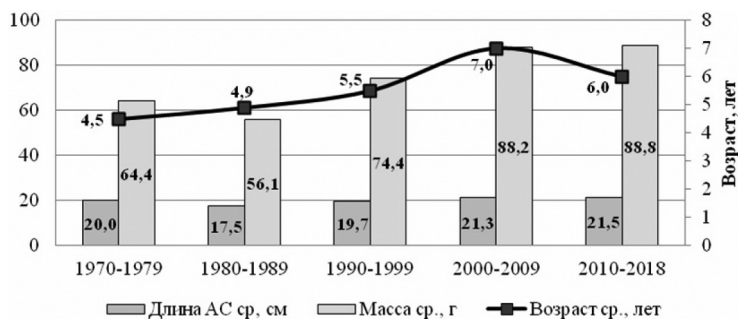
ОБ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЧЕШСКО-ПЕЧОРСКОЙ СЕЛЬДИ В ЧЕШСКОЙ ГУБЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 1970–2018 гг.

А. С. Безбородов

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО», Отдел Северный («СевПИНРО»),
г. Мурманск, bezborodov@pinro.ru*

Чешско-печорская сельдь в настоящее время утратила свое промысловое значение, став объектом лова для местного потребления. В 70-е годы официальный вылов достигал величины 4800 т/год (1977 г.) (Стасенкова, 2009), в дальнейшем снизившись до 1 т/год. Антропогенная нагрузка на данный вид практически отсутствует, популяция подчиняется естественным регуляционным процессам.

Ввиду отсутствия промысла чешско-печорской сельди значительная доля в нерестовом стаде приходится на особей старших возрастных групп. Это подтверждается на примере нерестовой рыбы из Чешской губы, где имеются наиболее длительные периоды непрерывных наблюдений. В 1970-е гг. был отмечен максимальный возраст особей 8 лет, в 2000-е гг. – 14 лет, хотя А. П. Андрияшев говорил о предельном возрасте для чешско-печорской сельди 12 лет (Андрияшев, 1954). В старших возрастах линейный рост рыб продолжается, увеличивается средняя масса, что подтверждается нашими данными (см. рис.). Увеличился и модальный возраст: в период 1970–1979 гг. – 4 года



Средние длина, масса и возраст чешско-печорской сельди
в 1970–2018 гг. в Чешской губе Баренцева моря

(52,5%), в 1980–1989 гг. – 5 лет (32%), в 1990–1999 гг. – 7 и 8 лет (22,8 и 20,7% соответственно), в 2000–2009 гг. – 6 и 8 лет (22,5 и 23,4% соответственно), в 2010–2018 гг. – 6 лет (30,4%).

С 1970 по 2018 гг. рост биологических характеристик рыбы составил 7,5% по средней длине (АС) и почти 38% по средней массе. Доля особей в возрасте 12–14 лет достигла 2% в возрастной структуре популяции.

ВЛИЯНИЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ЭКОСИСТЕМУ МАНЖЕРОКСКОГО ОЗЕРА (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)

**Д. М. Безматерных, В. В. Кириллов, Н. И. Ермолаева,
Л. М. Киприянова, Л. В. Яныгина, Е. Ю. Митрофанова,
О. Н. Вдовина, Е. Ю. Зарубина, С. Н. Балыкин, М. И. Ковешников,
А. В. Дьяченко, Г. М. Медникова, А. В. Котовщиков**

Институт водных и экологических проблем, г. Барнаул, bezmater@iwep.ru

Приведены результаты комплексной оценки современного состояния экосистемы оз. Манжерокского, которое является важным реакционным объектом. Обследование проведено 8 августа 2018 г., спустя 2 недели после окончания дноуглубительных работ в рамках реализации проекта его экологической реабилитации. Показано, что произошло увеличение глубины озера (максимальная глубина увеличилась более чем на 2 м, до 5,66 м) и объема воды (более чем в 2 раза, до 1,16 млн м³), что в дальнейшем должно привести к улучшению кислородного режима и снижению поступления биогенных веществ. Донные отложения по-прежнему представлены грунтами с высоким содержанием органического углерода (до 56,2 мг/дм³) и органического вещества (до 112 мг/дм³), преобладающим компонентом отложений является детрит и органический ил. Вода озера на всех изученных участках и глубинах загрязнена взмученными органическими илами. Концентрация взвешенных веществ достигала 4,6 г/дм³, а прозрачность по диску Секки упала до 0,5 см. Вертикальное распределение взвешенных веществ

свидетельствует о протекающем процессе их осаждения. Качество воды озера по химическим показателям оценивается как неудовлетворительное, что, в том числе, обусловлено негативными последствиями проведенных дноуглубительных работ. Основными загрязнителями воды озера являются фосфаты (до 0,4 мг/дм³), нефтепродукты (до 0,4 мг/дм³) и органические вещества (до 342 мгО/дм³ по ХПК нефилтрованной воды), концентрации которых существенно превышали допустимые значения. Качество вод по гидрохимическим показателям не соответствовало требованиям, предъявляемым к водным объектам, используемым для рекреационного водопользования. Санитарно-микробиологические показатели также не соответствовали установленному нормативу. Общее содержание колиформных бактерий в прибрежной зоне превышало норму в 24 раза, а термотолерантных колиформных бактерий в центре озера и в зарослях макрофитов – в 2,3 раза. Колифаги, возбудители кишечных инфекций и жизнеспособные яйца гельминтов не выявлены.

Сообщества гидробионтов характеризовались низкими показателями развития. Фитопланктон: 26 таксонов (4 Cyanobacteria, 6 Chrysophyta, 8 Bacillariophyta, 2 Cryptophyta, 6 Chlorophyta), 0,1 x 10⁻⁶–1,3 тыс. кл./л, биомасса – 0,049 x 10⁻⁶– 64,0 x 10⁻⁶ мг/м³. В воде содержались осадочные растительные пигменты сапропеля с максимальной концентрацией хлорофилла в воде – 237 мг/м³. Во все периоды 2007 и 2010 гг. его содержание соответствовало уровню гиперэвтрофных водоемов. Зоопланктон: 16 видов (8 Rotatoria, 3 Cladocera, 5 Copepoda), численность – 3,48–18,18 тыс. экз./м³, биомасса – 23,39–60,41 мг/м³. По сравнению с 2015 г. численность и биомасса фильтрующих зоопланктеров снизились в 10–15 раз. Макрофиты: 4 вида (*Nymphaea candida*, *Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor*, *Hydrocharismorsus-ranae*). Ценозы кувшинки имели более низкое проективное покрытие по сравнению с предыдущими годами, погруженные макрофиты исчезли. Макрозообентос: 7 видов (1 Oligochaeta, 6 Diptera), в 2007 г. – 4 (Diptera). Численность бентоса – 0–1,48 тыс. экз./м², биомасса – 0–1,56 г/м², что ниже, чем в 2007 г. Такие низкие показатели развития водных сообществ при высоких концентрациях органических веществ свидетельствуют о временном состоянии антропогенного метаболического регресса.

ОБИЛИЕ ПИКОФИТОПЛАНКТОНА В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Т. А. Белевич, Л. В. Ильяш

*ФГБОУВО «Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова», г. Москва, belevich@mail.bio.msu.ru*

Климатические изменения, происходящие в последние десятилетия в Арктике, привели к существенным изменениям абиотических условий в эпиконтинентальных арктических морях. Прогнозируется, что изменения пелагической морской среды в арктическом регионе приведут к возрастанию роли пикоформ (клетки размером < 3 мкм) в формировании первичной продукции фитопланктона и увеличению доли пикофитопланктона (ПФ) в суммарной биомассе планктонных водорослей (Li et al., 2013). В море Лаптевых до настоящего времени единственные оценки обилия ПФ были получены в восточной части бассейна в сентябре 1991 г. (Moreira-Turcq et al., 2001). Целью настоящего исследования было получить оценки численности, биомассы ПФ, содержания хлорофилла «а» в пикофракции и вклада пикоформ в суммарную концентрацию хлорофилла «а» ($XL_{\text{сум}}$) в западной (ЗЧМ) и восточной (ВЧМ) частях моря Лаптевых, сравнить параметры обилия ПФ в этих районах, сравнить оценки обилия ПФ в ВЧМ в сентябре 2017 и 1991 гг. для проверки гипотезы о возможном возрастании обилия пикоформ в связи с потеплением Арктики в последние декады.

Материал был получен в 69-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в сентябре 2017 г. на 5 станциях в ЗЧМ и 4 станциях в ВЧМ. Отбор проб на всех станциях в ВЧМ был выполнен дважды с интервалом 2 недели, обработка проводилась согласно протоколу (Белевич и др., 2019). Средние значения $XL_{\text{сум}}$ в ВЧМ и ЗЧМ достоверно не различались несмотря на различия абиотических условий, таких как степень влияния речного стока, солёность и температуры поверхностного слоя моря. Средние для фотического слоя значения $XL_{\text{сум}}$ варьировали в ВЧМ от $0,06 \text{ мг/м}^3$ до $1,89 \text{ мг/м}^3$, в ЗЧМ – от $0,1$

до $0,64 \text{ мг/м}^3$. ПФ был представлен цианобактериями и эукариотическими водорослями, по численности и биомассе преобладали пикоэукариоты, вклад цианобактерий в суммарную биомассу ПФ не превышал 4%. Численность ($N_{\text{пико}}$) и биомасса ($V_{\text{пико}}$) ПФ в фотическом слое ВЧМ существенно варьировали, составляя в среднем $7,34 \cdot 10^9 \text{ кл/м}^3$ и $4,6 \text{ мг С/м}^3$, соответственно. В ЗЧМ обилие ПФ изменялось в меньшей степени, средние значения численности составили $4,54 \cdot 10^9 \text{ кл/м}^3$, биомассы – $4,5 \text{ мг С/м}^3$. Средние значения $N_{\text{пико}}$ и $V_{\text{пико}}$ в ВЧМ и ЗЧМ достоверно не отличались. Вклад $XЛ_{\text{пико}}$ в $XЛ_{\text{сум}}$ изменялся от 11 до 56%, составляя в среднем 37%. Наибольший вклад ПФ отмечен на акваториях с низкими значениями $XЛ_{\text{сум}}$. Увеличения обилия ПФ в ВЧМ по сравнению с таковым в 1991 г. не выявлено.

Экспедиционные исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-60069 Арктика), обработка и анализ полученных результатов – РФФИ (19-04-00026а).

АКВАКУЛЬТУРА КРАСНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД

О. А. Беленикина, В. И. Капков

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
г. Москва, olly_@list.ru*

Для устойчивого уровня производства биоресурсов, наряду с экологическим мониторингом состояния прибрежных морских экосистем, необходимо совершенствовать технологии культивирования красных водорослей с определенными биологическими характеристиками в зависимости от целей их дальнейшего использования.

По данным FAO доля производства культивируемых промысловых водорослей составляет 25% от общего объема добычи, однако выращивание красных водорослей в условиях аквакультуры остается недостаточным. В то же время потребность в морских водорослях с ценными биохимическими характеристиками замет-

но возрастает. В этой связи очевидна необходимость разработки новых технологий культивирования красных водорослей, поскольку экологическая обстановка при существующем антропогенном прессе на прибрежные морские экосистемы в обозримом будущем едва ли будет улучшаться.

На основании собственных исследований и работ ведущих специалистов в области марикультуры предлагаются варианты культивирования промысловых красных водорослей в зависимости от целей дальнейшего использования полученной биомассы.

При культивировании филлофоры и других промысловых красных водорослей с целью получения агара и агароида, во избежание обрастания слоевищ эпибионтами, рекомендуется использовать искусственные бассейны с контролируруемыми условиями, включая глубину объекта, уровень солнечной радиации, температуру и соленость воды, скорость потока воды для увеличения продуктивности выращиваемых водорослей.

При культивировании филлофоры для получения кормовой муки рекомендуется использовать акватории в прибрежной зоне моря с глубиной 7–10 м, контролируя при этом глубину погружения поводцов, сроки их постановки для получения максимальной биомассы водорослей и в том числе ценных эпибионтов (митилид, баянусов, полихет и других беспозвоночных).

При использовании красных водорослей с высокой удельной поверхностью слоевищ при биоремедиации прибрежных акваторий рекомендуется сооружать искусственные рифы из камня ракушечника в шахматном порядке с учетом глубины, подводных течений, сроков постановки и оседания спор водорослей и личинок донных беспозвоночных.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМФИПОД ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН БАЛТИЙСКОГО МОРЯ)

Н. А. Берзина

*ФГБУН Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург,
nadezhda.berezina@zin.ru*

В России развитие мониторинга морских и пресноводных экосистем признано актуальной задачей, решение которой требует разработки новых методов и поиска чувствительных индикаторов для оценки качества водной среды, изучения факторов влияния и реакции на них водных организмов и их апробации. Прибрежные и устьевые экосистемы играют важную роль в формировании биоресурсов Балтийского моря. Антропогенное воздействие привело к их загрязнению химическими веществами, в частности, нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Наиболее доступными и удобными объектами исследований с применением биомаркеров в прибрежных экосистемах ФЗ являются ракообразные Amphipoda, так как удовлетворяют основным критериям Международной организации по стандартизации (ISO), т. е. характеризуются высокой численностью, легкодоступны для отбора, хорошо культивируются.

Целью настоящей работы стало изучение репродуктивных нарушений у амфипод и оценка возможности применения нового биомаркера – частоты эмбрионов с нарушениями развития, при изучении эффектов загрязнения водной среды в Балтийском море. Экспериментальное исследование нарушений в развитии эмбрионов амфипод проводили совместно с измерением характеристик окислительного стресса при содержании рачков на токсичных донных отложениях.

В Финском заливе Балтийского моря в 2014–2016 гг. изучены нарушения развития у трех видов *Gmelinoides fasciatus*, *Pontogammarus robustoides* и *Gammarus tigrinus* в районе г. Санкт-Петербурга и у одного вида *G. tigrinus* в районе г. Хельсинки

(виды варьировались в зависимости от представленности на участке отбора проб). Частота нарушений эмбрионального развития амфипод, или мальформаций, измерялась как среднее процентное отношение количества эмбрионов с отклонениями к общему числу эмбрионов в марзупиуме у одной самки (при условии выборки не менее 30 самок). Дополнительно оценивали частоту встречаемости самок с наличием хотя бы одного эмбриона с отклонениями в развитии. Согласно HELCOM (2018), хороший статус среды (GES) соответствует $< 8\%$ эмбрионов с мальформациями, а плохой $> 20\%$.

Выявлены различные типы морфологических нарушений (мальформаций) эмбрионов, включая аберрантное расщепление на ранней стадии эмбриогенеза; дефектные глаза; неправильное строение средней кишки; увеличение размера эмбриона без видимых повреждений; дисфункцию мембран. Воды вблизи городов Санкт-Петербурга и Хельсинки классифицировались как имеющие слабое или умеренное загрязнение опасными веществами. Существует тенденция увеличения частоты мальформаций у эмбрионов амфипод вблизи портов с повышением содержания ПАУ в донных отложениях и районах, подверженных сильному влиянию эвтрофикации (и, соответственно, периодами гипоксии). Повышенные по сравнению с контролем активности антиоксидантных ферментов глутатион-S-трансферазы (GST) и каталазы были также установлены у амфипод, подвергшихся воздействию загрязненных осадков. Полученные результаты демонстрируют высокую чувствительность репродуктивных и молекулярных биомаркеров при оценке сублетальных эффектов химического загрязнения в водных экосистемах.

Работа выполнена в рамках госзадания по теме № АААА-А19-119020690091-0.

ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

В. В. Богатов

ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, г. Владивосток, vibogatov@mail.ru

В функционировании реобиомов важнейшую роль играют экстремальные природные явления, особенно большие и катастрофические паводки, которые за короткие промежутки времени кардинально изменяют условия обитания гидробионтов, вызывая массовые миграции организмов, их травмирование или гибель.

Глобальное потепление климата сопровождается увеличением опасных и неблагоприятных метеорологических природных событий. Современные изменения водного режима рек проявляются в увеличении межгодовой изменчивости стока, в результате чего все чаще наблюдаются как аномально многоводные, так и аномально маловодные годы и сезоны. Известно, что чрезмерно резкие паводки вызывают быстрое количественное истощение фито- и зообентоса, тогда как длительная межень может спровоцировать обширную придонную эвтрофикацию водотоков, в том числе в эстуарных зонах. Особенно выразительно процесс эвтрофикации проявляется в вегетационные сезоны, которым предшествуют малоснежные зимы. Продолжительные засухи увеличивают вероятность возникновения лесных пожаров, которые приводят к огромной потере лесных ресурсов и опустыниванию территорий, провоцируют обмеление потоков. На водосборах, где произошел лесной пожар, наблюдается усиление эрозионных процессов, изменение гидрологического, температурного и химического режимов рек, увеличение их мутности и, как следствие, значительная потеря разнообразия речных организмов.

Изменение природных циклов наводнений на фоне прогрессирующего исчезновения лесной растительности, усиления антропогенной нагрузки и при отсутствии превентивных мер может нарушить экологическое равновесие в большинстве регионов земного шара. Стратегическое обеспечение продукционного потенциала речной биоты и сохранения качества пресных вод заключается

прежде всего в оптимизации пользования водными ресурсами, особое внимание при этом должно быть уделено схемам размещения гидросооружений (плотин, дамб и пр.), нарушающих целостность речных экосистем, и водоемким предприятиям. В лесных районах необходимо обеспечить сохранность лесного фонда как важнейшего стабилизирующего фактора в поддержании влагооборота. Следует активизировать деятельность по снижению уровня загрязнения пресных вод, в том числе транснационального; сохранению благоприятного гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов в реках, имеющих рыбохозяйственное значение; возрождению государственной службы гидробиологического мониторинга; организации контроля за биогенной нагрузкой на водные экосистемы, инвазиями чужеродных видов гидробионтов, в том числе возбудителей опасных паразитозов; более жесткому регулированию промысла и развитию рыбохозяйственных комплексов по искусственному воспроизводству особо ценных пород рыб и беспозвоночных; активизации исследований динамики биологического разнообразия и биоресурсов реобиомов, направленных на моделирование процессов функционирования речных сообществ при разных трофических и гидрологических условиях.

ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ИНВАЗИВНОЙ ПОПУЛЯЦИИ УКЛЕЙКИ *ALBURNUS ALBURNUS* (LINNAEUS, 1758) ИЗ БАССЕЙНА РЕКИ ПЕЧОРЫ

Э. И. Бознак, Р. Р. Рафиков

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, boznak@ib.komisc.ru

Популяции вида-вселенца обычно формируется на основе ограниченного набора генотипов, часто в нетипичных для данного вида абиотических условиях, причем его численность может слабо контролироваться со стороны аборигенного сообщества. В этих условиях можно ожидать увеличения разнообразия реализованных фенотипов, некоторые из которых в другой ситуации были бы элиминированы.

В бассейн р. Печоры обыкновенная уклейка, по-видимому, проникла в результате деятельности садкового рыбководного хозяйства, организованного на водоеме-охладителе Печорской ГРЭС в 1986 г. Нами проанализированы сборы уклейки из охладителя Печорской ГРЭС (58 экз.) и двух водотоков бассейна р. С. Двины (естественный ареал) – р. Вычегды (42 экз.) и ее притока – р. Большой Визинги (35 экз.).

Уклейка водоема-охладителя Печорской ГРЭС отличается довольно высоким морфологическим разнообразием. Средние значения индекса морфологического полиморфизма (Животовский, 1991) ($\mu = 3,35 \pm 0,07$) здесь на 30–35% выше, чем в выборках, собранных в пределах нативного ареала – реках Вычегда ($\mu = 2,41 \pm 0,06$) и Б. Визинга ($\mu = 2,57 \pm 0,06$). Подобная дестабилизация морфологических признаков характерна для ранних этапов адаптации организмов к новым условиям обитания и формировании новой популяционной адаптивной нормы (Раутиан, 1988).

Уклейка в охладителе Печорской ГРЭС растет заметно быстрее, чем рыбы из рек Вычегда и Б. Визинга. К концу первого года жизни это опережение составляет 30–36%, к концу третьего года – 15–24%. Дисперсия длин тела четырехлетних (3+) особей оказалась здесь в 3,8–6,0 раза выше, чем в выборках уклейки, отобранных в пределах нативного ареала. При этом степень изменчивости длины тела рыбы из инвазивной популяции (по данным обратных расчислений) с возрастом заметно увеличивается, тогда как в выборках из вычегдского бассейна этот показатель изменяется без четкой закономерности. Увеличение изменчивости роста рыб в водоеме-охладителе Печорской ГРЭС происходит за счет возрастания доли особей, опережающих по темпу роста рыб из нативных популяций, что в свою очередь может быть следствием повышения температуры воды и, следовательно, более длительным периодом нагула рыбы. Ускорение роста наблюдается и у обыкновенной верховки, обитающей в этом водоеме. Однако величина дисперсии длин тела у нее в 5–10 раз ниже, чем у уклейки.

В ситуации, когда популяция вида-вселенца формируется на базе обедненного генофонда, большое значение приобретают эпигенетические механизмы, позволяющие реализовать большее разнообразие

фенотипов, компенсируя, таким образом, низкое генетическое разнообразие инвазивной популяции (Slynko, 2017). Таким образом, инвазивная популяция уклеики водоема-охладителя Печорской ГРЭС находится на начальном этапе адаптации к новым условиям обитания и характеризуется высоким уровнем морфологического разнообразия и изменчивости роста, составляющих ее особей.

Данная работа выполнена в рамках государственного задания «Распространение, систематика и пространственная организация фауны и населения животных таежных и тундровых ландшафтов и экосистем европейского северо-востока России» № АААА-А17-117112850235-2.

ВИДОВОЙ СОСТАВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА ЗАПОВЕДНОГО (ЭВЕНКИЯ, РОССИЯ)

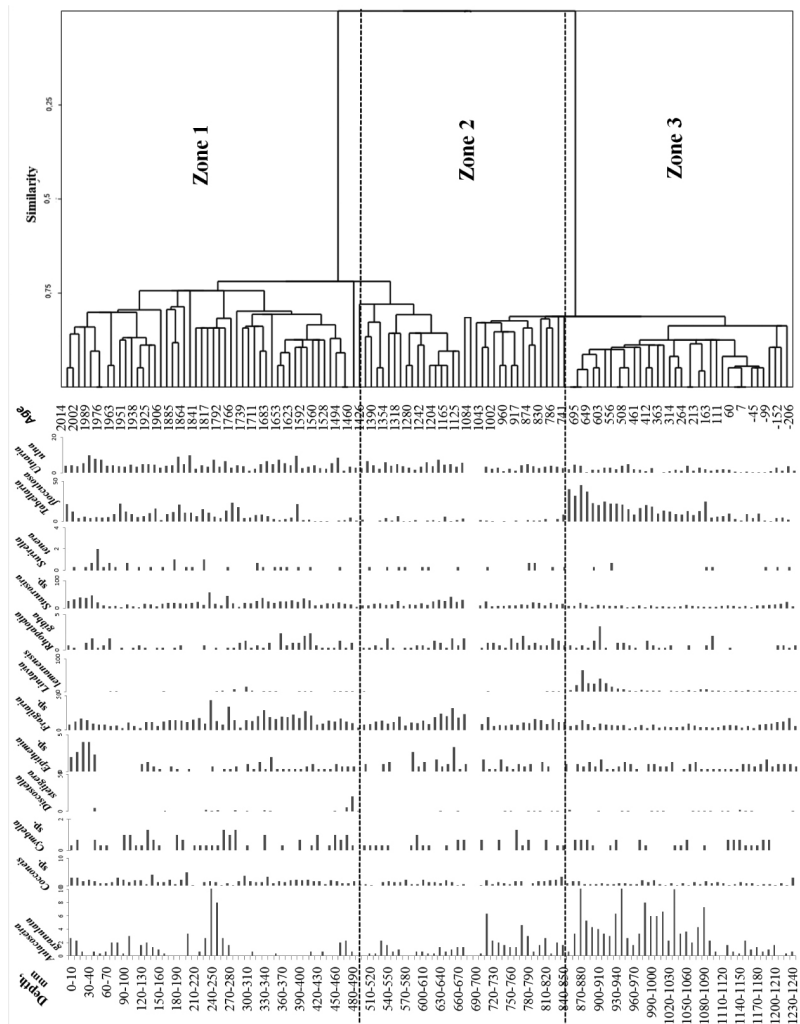
Г. Н. Болобанщикова¹, Д. Ю. Рогозин^{1,2}

¹*Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск*

²*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, galina.ibp@mail.ru*

Озеро Заповедное (60°31'N, 101°43'E) – проточное пресное озеро, расположенное на р. Верхняя Лакура на территории Государственного заповедника Тунгусский, в 60 км от п. Ванавара. Озеро имеет круглую форму, около 500 м в диаметре, глубина около 47 м. В марте 2015 г. и в июне 2018 г. получены керны донных отложений озера. После транспортировки в лабораторию наиболее длинный керн 124 см был разрезан на слайсы по 1 см, которые обрабатывались 30% перекисью водорода. Постоянные препараты приготавливались с помощью высокопреломляющей смолы Naphrax и анализировались на состав диатомей с помощью световой микроскопии (Болобанщикова и др., 2015). Для датировки верхних слоев осадков, соответствующих XX в., использованы данные о распределении изотопов ¹³⁷Cs и ²¹⁰Pb по глубине кернов (Дарьин, Калугин, неопубликовано). Анализ проб керна показал, что видовой состав диатомей в танатоценозе оз. Заповедного очень

богат и разнообразен. По предварительным подсчетам в донных отложениях обнаружено 160 таксонов диатомей. Из них представители 40 родов являются наиболее часто встречаемыми. В этой работе отображен анализ 12 самых распространенных в керне родов и видов, стратиграфическое распределение которых в донных отложениях выделено в несколько зон. Численность родов и видов в зонах коррелируя меняется (рис.). Если рассматривать количественное распределение всех створок диатомей с нижней границы керна, то можно заметить, что во всех случаях увеличению численности планктонных видов (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (пресноводный, планктонный, космополит, широко распространен в равнинных эвтрофных водоемах), *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing (пресноводный, планктонно-бентосный, космополит, широко распространен в торфяных болотах и проточных водах), *Lindavia lemanensis* (Chodat) T. Nakov et al. (пресноводный, планктонный), *Discostella stelligera* (Cleve and Grunow) Houk and Kle (пресноводный, планктонный)) предшествует увеличение численности бентосных и эпифитных видов (*Cocconeis* sp. (бентосный), *Symbella* sp. (бентосный), *Epithemia* sp. (эпифитный, находится в симбиозе с азотфиксирующими бактериями), *Fragilaria* sp. (бентосный), *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) Otto Müller (эпифитный, солоновато-пресноводный, космополит, широко распространен на обрастаниях в разных водоемах), *Staurosira* sp. (бентосно-планктонный), *Surirella tenera* W. Gregory (солоновато-пресноводный, бентосный), *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère (солоновато-пресноводный, эпифитный, космополит, широко распространен в эвтрофных водоемах и богатых известью)). И в первую очередь *Epithemia* sp. – все представители этого таксона находятся в симбиотических отношениях с азотфиксирующими цианобактериями. Это может свидетельствовать об увеличении поступления в водоем биогенного вещества, т. е. об увеличении концентрации N и P – чем выше концентрация этих элементов в водоеме, тем выше численность представителей *Cyclotella sensu lato* (Saros, Anderson, 2015), в данном случае *Lindavia lemanensis* и *Discostella stelligera*. Увеличение концентрации N и P, вероятнее всего, происходит за счет увеличения сточных вод, в свою очередь ведущего к увеличению уровня озера.



Распределение доминирующих видов диатомей в оз. Заповедном

Также можно отметить, что в целом в керне всплеск общего количества диатомей происходил дважды – на 250 мм и 880 мм за счет увеличения количества створок *A. granulata*.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-04-00320).

ДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И БИОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕГУЛЯЦИИ ГОМЕОСТАЗА ЭКОТОННЫХ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ

С. Э. Болотов

*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, alhimikhmu@yandex.ru*

Изучали контурные сообщества зоопланктона устьевой области р. Ильдь – малого притока равнинного Рыбинского водохранилища. Показано, что по сравнению с сообществами граничащих водных объектов – рекой и водохранилищем – зоопланктон устьевой области и, главным образом, ее фронтальной зоны, характеризуется выраженным фаунистическим своеобразием и специфической биоценотической структурой, наибольшим видовым богатством, удельным числом видов, численностью, биомассой и продукцией, что определяет устьевую область притока водохранилища с сезонным типом регулирования стока как экотон.

С позиций теории хаоса-самоорганизации экологической гомеостаз сообществ зоопланктона экотона малой реки может быть описан хаотическим квазиаттрактором (КА) – областью Q фазового m -мерного фазового пространства (ФП) жизненных параметров сообществ, в границах которой по каждой из координат ($m = 10$) задается облако состояний – КА – сообщества. С использованием авторской программы для ЭВМ производили расчет объема и параметров динамики движения 10-тимерного параллелепипеда, ограничивающего КА, внутри которого хаотически и непрерывно двигался вектор состояния зоопланктоценоза. В случае выхода импактного $КА^2$ за пределы исход-

ного объема КА¹ на величину R_i^* ($R_i^* > R_i = r_i^1 + r_i^2$, где r_i^1 и r_i^2 – ширина полуинтервала i -й фазовой координаты исходного (1) и импактного (2) КА) и, если это наблюдается по всем x_i^2 , то говорим о нарушении гомеостаза сообщества и переходе его в иное устойчивое состояние, иначе – о начале движения КА² ($R_i \geq R_i^* > r_i^1$) или мерцании его в пределах исходного объема ($R_i^* \leq r_i^1$). Расчеты дают, что относительно периода климатической нормы (2009 г.) в период аномальной жары летом 2010 г. в сообществе зоопланктона водохранилища (ВДХР) и переходной зоны приемника (ПЗП) наблюдается увеличение видового богатства, обилия и продукции зоопланктона, а КА сообществ покидают исходную область ФП, что свидетельствует о нарушении гомеостаза. В противоположность этому зоопланктон фронтальной зоны (ФЗ) устьевой области притока за счет буферных свойств экотона демонстрирует ослабленную реакцию на термическое эвтрофирование и мерцает в пределах исходного объема ФП.

Для исследования роли отрицательных обратных связей в сообществе зоопланктона, обеспечивающих буферные свойства экотона фронтальной зоны, методом «черного ящика» построена базовая биофизическая модель регуляции биомассы зоопланктона в виде разностных уравнений: $x(n+1) = Ax(n) + Bu(n)$; $y(n) = C^T x(n)$, где вектор x описывает динамику биомассы в ответ на аномальное увеличение температуры воды; матрица A отражает межкомпарментные связи в системе регуляции динамики биомассы; вектор B и скаляр u представляют характер внешних управляющих воздействий, а вектор C^T описывает весовые вклады x_i в функцию выхода $y = y(t)$. По теореме Фробениуса-Перрона имеется возможность приведения матрицы A к окончательно неотрицательно-му виду и производится поиск положительного и максимального по модулю собственного значения λ_i матрицы A , характеризующего силу активации отрицательных обратных связей в сообществе. Результаты биофизического моделирования указывают на повышенную активацию отрицательных обратных связей в системе регуляции экотонного сообщества зоопланктона малой реки ($\lambda_{\text{ФЗ}} = 2,70$, $\lambda_{\text{ПЗП}} = 1,39$, $\lambda_{\text{ВДХР}} = 1,25$) в ответ на аномально высокую температуру воды и позволяют прогнозировать реакцию таких сообществ в условиях экстремальных гидроэкологических режимов.

БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ БЕЛОМОРСКО-БАЛТИЙСКОГО КАНАЛА КАК ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Н. Л. Болотова, О. Г. Лопичева

*Вологодский государственный университет, г. Вологда,
bolotova.vologda@mail.ru*

Создание транспортных водных путей сопровождается преобразованием естественных экосистем и включением в состав трассы техногенных объектов (шлюзы, каналы), что становится дополнительным фактором, влияющим на качество вод и условия обитания гидробионтов. В этом плане исследование состояния экосистем по трассе Беломорско-Балтийского канала является актуальной задачей, учитывая межрегиональный уровень сложной природно-технической системы, соединяющей Белое и Балтийское моря через Онежское оз. В состав магистрального водного пути включены озерно-речные экосистемы, расположенные в удаленных географических зонах: от тайги до тундры.

В рамках проекта Вологодского отделения Русского географического общества «Вместе по Русскому Северу: Онежско-Беломорский водно-волоковый путь» в ходе комплексной экспедиции в июле 2018 г. по маршруту: Онежское оз. – Беломорско-Балтийский канал – Белое море собирался полевой материал с целью биоиндикации качества воды. Станции отбора проб фито-зоопланктона и зообентоса были приурочены к литорали водоемов, наиболее уязвимой к антропогенному воздействию.

Сравнительный анализ показал, что по качеству воды литораль Онежского оз. вдоль юго-восточного и восточного побережья, где также проходит судоходная трасса, относилась к б-мезосапробной зоне. Здесь средние значения индексов сапробности составляли 1,6 (по фитопланктону) и 1,5 (по зоопланктону), а рассчитанные по видовому составу олигохет $J_s < 0,30$.

Ухудшение качества воды отмечалось по трассе Беломорско-Балтийского канала, который начинается от Повенецкой губы

Онежского оз. Так, в Волозере и соединенным с ним Маткозере выявлены α -мезосапробные зоны, согласно значению индексов сапробности 1,8–1,9 (по фитопланктону), 1,9–2,0 (по зоопланктону) и «олигохетному» индексу $J_s = 0,45–0,47$. Выгозеро, преобразованное в водохранилище, является крупным техногенным водоемом комплексного назначения, в котором формирование вод в значительной мере определяется антропогенной нагрузкой. Качество воды изменяется от южной части, где индекс сапробности равен 2,5 (по фитопланктону) до появления α -мезосапробных зон в северной части водоема, которая характеризовалась индексом сапробности 2,6 (по фитопланктону), 2,8 (по зоопланктону) и «олигохетным» индексом $J_s = 0,84–0,88$.

Заметное снижение качества воды происходит на техногенных участках трассы, представленных каналами между шлюзами. Индекс сапробности, равный 2,7 (по фитопланктону), соответствовал α -мезосапробной зоне в районе шлюзов № 10, 11, 12. Наибольшее значение индекса сапробности (3,5) отмечено для участка трассы между шлюзами № 18 и 19. На выходе в Белое море вода сильно загрязнена, и выявлена полисапробная зона около г. Беломорска, где осуществляется стоянка судов.

Отличия в качестве воды и наблюдаемой перестройке сообществ гидробионтов, объединенных транспортным путем в природно-техническую систему, связаны не только с уровнем антропогенной нагрузки, но и со спецификой разнотипных водных экосистем. Прогрессирующее загрязнение снижает объем экосистемных услуг водных объектов, так как негативно влияет на биоразнообразие и состояние рыбных ресурсов, создает проблемы для водоснабжения и экологические риски для здоровья населения, а также препятствия для развития водного туризма.

ВЫЛЕТ ХИРОНОМИД (CHIRONOMIDAE, DIPTERA) ИЗ ОЗЕРА КАК ИСТОЧНИК ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И НЕЗАМЕНИМЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ГОРНЫХ И СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГА СИБИРИ

Е. В. Борисова¹, А. П. Толмеев², А. В. Дроботов², Н. Н. Сущик^{1,2}

¹*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*

²*Институт биофизики СО РАН, КНЦ СО РАН, г. Красноярск,
hborisova2006@mail.ru*

Перенос органических веществ и биогенных элементов считается важнейшим процессом взаимодействия между водными и наземными экосистемами в различных биомах. Дополнительные источники вещества и энергии, произведенные во внутренних водах, особенно важны в наземных малопродуктивных ландшафтах, например, в аридных системах пустынь и степей, или в высокогорьях. Значительную часть общего потока органического вещества составляет вылет имаго амфибионтных насекомых. Помимо органического углерода насекомые, вовлеченные на личиночных стадиях в водные трофические сети, выносят на сушу длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) семейства $\omega 3$ (ЭПК, 20:5n-3 и ДГК, 22:6n-3), восполняя недостаток этих незаменимых соединений для наземных консументов. Постоянные лентические водные системы имеют большой потенциал как источники биомассы амфибионтных насекомых, однако оценки потоков вещества из озер малочисленны и во многих ландшафтах умеренной зоны остаются практически неизученными.

Комары–звонцы (сем. Chironomidae, Diptera) являются доминирующими амфибионтными насекомыми в составе зообентоса двух крупных озер горной системы Западный Саян (Южная Сибирь): высокогорного (1400 м н. у. м.) олиготрофного оз. Ойское (хр. Ергаки) и меромиктического соленого оз. Ши́ра в степном аридном ландшафте предгорий (Минусинская котловина). В течение нескольких лет были определены сезонная динамика и интенсивность вылета имаго хирономид на литорали данных водоемов с помощью имагоуловителя полупогруженной и плавающей конструкций.

В высокогорье величина годового вылета (суммы за вегетационный сезон) имаго хирономид составила в среднем 0,42 г сырой массы×м⁻² акватории и близка к величине потенциального вылета, рассчитанной на основании измерений продукции зообентоса этого озера. Для степного озера величина годового вылета имаго хирономид была несколько больше, 0,61 г сырой массы×м⁻² акватории, а учет на основании величин вторичной продукции бентоса выявил наличие дополнительного экспорта биомассы за счет вылета хирономид из глубоководных участков озера, который составил около 1 г сырой массы×м⁻² год.

В свою очередь, поток незаменимых ПНЖК, рассчитанный по данным о количественном содержании ПНЖК в биомассе изученных таксонов, с акватории горного и степного озер с вылетом имаго хирономид составил 1,75 и 1,78 мг × м⁻² год⁻¹, соответственно. Полученные величины в несколько раз меньше величин экспорта при вылете хирономид и иных групп амфибионтных насекомых в подобных ландшафтах. Наиболее вероятно, что очень малая величина экспорта ЭПК и ДГК обусловлена низкой продуктивностью изученных озер, а также относительно коротким вегетационным сезоном в условиях сибирского региона. Однако для прибрежной части наземной территории шириной 15 м, где остается основная часть популяции хирономид при разлете, поток ПНЖК сопоставим с показателями в лесной зоне и других более продуктивных ландшафтах, что может являться дополнительным фактором привлечения к побережьям наземных консументов.

БЕНТОСНЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ ПЯСИНСКОГО ЗАЛИВА

А. Г. Бороздина, М. В. Еремина

*КрасГАУ, г. Красноярск, Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«НИИЭРВ»), г. Красноярск, info@kgau.ru*

Ракообразные – крупная группа членистоногих, обитающая в основном в водной среде, морской или пресноводной, некоторые представители обитают и на суше. Значение ракообразных в водных

экосистемах велико, они являются ценным кормовым объектом для промысловых рыб и других обитателей морских биоценозов. Также некоторые ракообразные, в частности, исследуемые нами разноногие и равноногие раки, являются важным компонентом бентосного сообщества, специфика которого состоит в том, что оно реагирует на изменение климатических условий и на антропогенное воздействие, является индикатором изменений качества водной среды. Актуальность работы заключается в новых сведениях о видовом составе и плотности бентосных ракообразных в Пясинском заливе, которые необходимы для оценки продуктивности и кормовой базы залива р. Пясины. Цель работы – определить видовую принадлежность и плотность ракообразных в заливе р. Пясины.

Пробы зообентоса отбирались в заливе р. Пясины (мыс Входной) в августе 2017 г. на двух станциях: правый и левый берег залива. Отбор производился гидробиологическим скребком с площадью захвата 1/18 м² на глубине 1,5 м. Грунт на станциях исследования – заиленный песок. Температура воды на станции левого берега составила 4,7 °С, на станции правого берега – 4,5 °С. Пробы фиксировали 4% раствором формалина. Собранный материал хранился в течение 6 месяцев в ФГБУ «Объединенная дирекция заповедников Таймыра», а затем был опрavlен для камеральной обработки в Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ»). Фаунистический анализ зообентоса производился с использованием определителя Е. Ф. Гурьяновой.

Результаты исследования представлены в таблице.

Видовой состав, численность (N) и биомасса (B) ракообразных залива р. Пясины, август 2017 г.

Вид	Левый берег		Правый берег	
	N, экз./м ²	B, г/м ²	N, экз./м ²	B, г/м ²
Тип Arthropoda				
Отряд Amphipoda				
<i>Gammaracathus loricatus</i> (Lomakina, 1950)	468	166,68	576	201,78
<i>Pseudalibrotus nansenii</i> (G. S. Sars, 1900)	90	1,26	1800	18,00
Отряд Isopoda				
<i>Mesidothea entomon</i> (L., 1758)	144	54,72	–	–
Всего	702	222,66	2376	219,78

Примечание: «–» – вид отсутствовал.

Таким образом, в заливе р. Пясины зарегистрировано два представителя отряда Amphipoda – *Gammaracathus loricatus* и *Pseudalibrotus nanseni* и один представитель отряда Isopoda – *Mesidothea entomon*, что говорит о скудности видового состава залива р. Пясины. В районе левого берега залива р. Пясины по численности и биомассе доминировал *Gammaracathus loricatus* (67 и 75% от общей численности и биомассы соответственно). В районе правого берега залива р. Пясины по численности доминировал *Pseudalibrotus nanseni* (76% от общей численности), а по биомассе – *Gammaracathus loricatus* (92% от общей биомассы).

ФИЛОГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ПЫЖЬЯНОВИДНЫХ СИГОВ *COREGONUS LAVARETUS* ЕВРАЗИИ НА ОСНОВЕ ГЕНА ND1 мтДНК

Н. А. Бочкарёв, Е. И. Зуйкова, М. М. Соловьёв

*Институт систематики и экологии животных СО РАН,
г. Новосибирск, nikson_1960@mail.ru*

Циркумпольярное распространение сига вида *C. lavaretus* с преобладанием его в северных экосистемах, высокая степень изменчивости и крайне запутанная систематика до последнего времени привлекали внимание как отечественных, так и зарубежных исследователей. В конце XX в. была построена систематика вида, основанная на числе жаберных тычинок. В составе вида *C. lavaretus* было 6 подвидов, большая часть из которых была описана из европейских водоемов. Однако исследование мтДНК *C. lavaretus*, и в большей степени его подвида *C. lavaretus pidschian* показало их значительную структурированность. В процессе изучения гена ND1 мтДНК было обнаружено, что часть из широко известных «экологических форм» сигов, морфологически слабо дифференцированными оказались хорошо различимы на генетическом уровне. Исследования показали, что, по крайней мере, 5 форм/вида пыжьяновидных сигов требуют либо переописания, либо восстановления своего прежнего таксономического статуса.

В нашей работе мы не касаемся сига *C. oxyrinchus*, генетическую обособленность которого рассматривали европейские специалисты (Østbye et al., 2005, 2006). В значительно большей степени нас интересуют Сибирские формы/виды пыжьяновидных сигов. Несмотря на близость меристических признаков сига Исаченко и популяций Енисейских пыжьяновидных сигов, как верхнего так и нижнего его течения, между ними были обнаружены значительные генетические различия. Было обнаружено, что озерно-речной сиг из оз. Байкал и сиг Исаченко из р. Енисей относятся к одному генетически дистантному виду (Смирнов и др., 2009; Бочкарёв и др., 2017). Его ареал ограничен средним течением р. Енисей, включая бассейн оз. Байкал. Сиг-востряк (*C. anaulorum*) бассейна р. Анадырь оказался также генетически дифференцированным видом. Ареал его ограничен бассейном рек Пенжина, Анадырь и впадающих в залив Онемен рек. Дополнительные исследования показали, что родственных популяций сига-востряка в реках Американского побережья нами не обнаружено (Бочкарёв и др., 2017). Исследования Баунтовских озер бассейна р. Витим показало, что экологическая форма ряпушки, в некоторых источниках упоминаемая как *Coregonus sardinella baunti* (хотя под этим названием и был описан другой сиг), на самом деле является достаточно древним видом, который по структуре мтДНК к настоящим ряпушкам отношения не имеет (Vochkarev et al., 2013). А скорее связан с группой настоящих сигов Байкальского происхождения. Исследование пыжьяновидных сигов бассейнов рек Индигирки и Колымы показало, что обитающий в них пыжьяновидный сиг, ранее описанный как *C. l. pidschian n. jucagiricus*, по структуре мтДНК сильно отличается от всех известных форм/видов сигов. И по всей видимости, он является сестринским подвидом/видом сига, известного нам под названием *C. lavaretus pidschian natio brachymystax*. Кроме того, было обнаружено, что ранее описанный ледниково-равнинный сиг, известный под названием *C. lavaretus pidschian natio glacialis*, является сложным гибридом, со слабо выраженными родственными связями с известными нам видами/формами сигов. Хотя по пластическим признакам эта форма/вид почти не отличим от юкогирского сига, а по меристическим признакам

они неотличимы друг от друга. Филогенетический анализ, проведенный на основе гена ND1 мтДНК, выявил родственные отношения сига из Альпийских озер, популяций сига бассейна рек Оби и Енисея, части популяций пыжьяновидных сига Фенноскандии. По всей видимости, миграции сига из бассейна рек Оби и Енисея в западном направлении происходили с достаточной регулярностью. Тогда как популяции сига восточной части Евразии, бассейна рек Лены, Индигирки и Колымы в плейстоцене были в той или иной степени изолированы. Дополнительные исследования, проведенные нами для выявления широтных миграций сига, которые могли проходить вдоль арктического ледника, лежащего на территории Евразии от 70 до 15 тыс. лет назад, выявили незначительные миграции Ленских популяций сига в западном направлении. Обнаруженные гаплотипы сига Ленского происхождения в бассейне р. Абакан подтверждают существование трансконтинентального стока рек в сравнительно недавнее время. Однако изучение расселения пыжьяновидных сига по всей территории Евразии показало, что значительно раньше выявленного нами расселения Ленских популяций сига происходило расселение Обских популяций, которые проникали в бассейн р. Анадырь и гибридизировались там с сигом-востряком. По всей видимости, за последнюю эпоху на территории Евразии сменилось несколько доминирующих сиговых «фаун», следы которых мы сегодня обнаруживаем, изучая окраинные или редкие популяции формы/виды сига. Даже предварительное изучение комплекса видов *C. lavaretus* уже значительно увеличивает разнообразие рода *Coregonus*.

На систематику пыжьяновидных сига в России сложились две точки зрения. Согласно взглядам Ю. С. Решетникова, структуру вида *C. lavaretus* составляют 6 подвидов. Данная точка зрения сформировалась в конце прошлого века и имеет в нашей стране много последователей. Согласно второй точке зрения, лидерами данного направления являются Н. Г. Богущкая и А. М. Насека. По их мнению большинство морфологически дистантных форм/видов сига требуют переописания. Несмотря на возможность легализовать множество ранее пониженных до уровня «экологической формы» форм/видов, данная точка зрения не пользуется большой популярностью.

Между тем, возможна и несколько иная точка зрения. Мы полагаем, что для переописания форм необходимо провести значительные комплексные исследования, которые будут включать в себя не только изучение морфологии, но и структуры митохондриальной и в некоторых случаях ядерной ДНК. Необходимость глубоких исследований обосновывается тем, что мы уже встречали морфологически дистантные формы/виды сигов, не имеющих различий на уровне мтДНК, и морфологически идентичные формы, хорошо различающиеся на генетическом уровне.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 18-04-00163а.

ПАЗИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ACHTHERES PERCARUM У ОКУНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ВОДОЕМА И ДЛИНЫ СВЕТОВОГО ДНЯ

Т. Г. Бурдуковская

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
г. Улан-Удэ, tburduk@yandex.ru*

Паразитические ракообразные *Achtheres percarum* Nordmann, 1832 специфичные паразиты для окуневых рыб. Широко распространены в Палеарктике. Локализуются на жабрах и в ротовой полости рыб. В течение 2013–2015 гг. были получены данные о зараженности окуня рачками *A. percarum* из северо-западной части оз. Гусиного (51°14'22.6–54.5"N 106°23'8.02–47.6"E). При отборе материала из сетных уловов измеряли температуру воды рН-метр-иономером на глубинах от 1,5 до 4,0 м. Длину светового дня определяли по данным Росгидромет. Исследовано 150 экз. окуня.

В зимние месяцы самые короткие световые дни. В декабре наименьшая долгота дня в день зимнего солнцестояния 7 ч 46 мин, затем продолжительность дня постепенно увеличивается и в конце февраля достигает 10 ч 50 мин. На водоеме период ледостава. Температура воды у дна озера составляет 2–4 °С. Зараженность окуня рачками минимальная, в январе экстенсивность инвазии

(ЭИ) составляет 22,7%, индекс обилия (ИО) – 0,55 экз. Собранные с рыб рачки состояли из взрослых самок без яйцевых мешков.

Весной длина светового дня продолжает увеличиваться и в конце мая составляет 16 ч, температура воды в водоеме на этот период достигает 8,92 °С. У перезимовавших самок *A. percarum* первого поколения во второй половине мая происходит быстрый рост яйцевых мешков и созревание в них яиц. В генитальном сегменте рачков формируются яйца для следующего поколения. Зараженность (ЭИ 47,6%; ИО 1,43 экз.) окуня повышается. В начале июня появляются рачки второго поколения.

Наибольшая долгота дня в день летнего солнцестояния (21–23 июня, 16 ч 43 мин), затем продолжительность дня постепенно сокращается (10 августа, 15 ч). Температура воды повышается в течение лета: 2 июня – 12,28 °С, 25 июля – 23,05 °С, 15 августа – 22,2 °С. При максимальном прогреве воды во второй декаде июля установлены наиболее высокие показатели зараженности (ЭИ 100%; ИО 6,20 экз.) окуня рачками. У самок первого поколения заканчивается процесс массовой кладки яиц. Увеличивается рост и развитие рачков нового поколения. У взрослых самок, которые «отнерестились» в начале июня, происходит вторичное формирование яйцевых мешков. В середине августа уровень зараженности рыб рачками снижается. Воздействие температуры воды на численность рачков с мая по июль в естественном биотопе достоверно, что подтверждается значимой «заметной» взаимосвязью положительной корреляции для индекса обилия ($R = 0,63$; $p < 0,0000001$).

Осенью световой день сокращается на 4–5 ч. Температурный режим постепенно понижается (15 октября – 11,5 °С). При световом дне 15 ч и менее и низкой температуре воды развитие рачков замедляется. В пробах в небольшом количестве выявлены халимусы, взрослые самцы, самки первого поколения с яйцевыми мешками и самки второго поколения без яйцевых мешков. Зараженность окуня рачками уменьшается (ЭИ 57,9%; ИО 1,15 экз.). Коэффициент корреляционной связи между показателями индекса обилия и температуры воды в августе–октябре выявил статистически «заметную» связь ($R = 0,64$; $p < 0,00004$). Озеро покрывается льдом в ноябре, температура воды опускается ниже 7,0 °С. В этот период зрелые

самки первого поколения второй раз «нерестятся». При низкой температуре происходит гибель появившихся рачков и ослабленных самок. Молодым самкам второго поколения, рожденным в начале июня, до полного развития требуется длительный период, и только весной следующего года они дадут новое поколение.

Паразитическая активность, рост и развитие популяции *A. percarum* проходит при световом дне длительностью 15–16 ч и температуре воды в водоеме от 12,3 до 23,0 °С. Это период наиболее благоприятного существования популяции *A. percarum* в оз. Гусином.

Работа выполнена в рамках темы гос. задания (регистрационный номер АААА-А17-117011810039-4).

ВЛИЯНИЕ МОЛОДИ РЫБ ВОЗРАСТА 0+ НА СТРУКТУРУ ЛИТОРАЛЬНОГО ЗООПЛАНКТОНА В МЕЗОТРОФНОМ ОЗЕРЕ (БЕЛАРУСЬ)

Ж. Ф. Бусева, М. В. Плюта

ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск, buseva_j@mail.ru

Молодь рыб возраста 0+ является структурирующим фактором для сообществ зоопланктона в литорали пресноводных водоемов. Молодь практически всех видов рыб, не зависимо от их трофического статуса на взрослых стадиях, в первый год своего развития (возраст 0+) является планкто- и бентофагами и использует мелководные местообитания для нагула.

В настоящем исследовании мы оценивали влияние молоди рыб возраста 0+ на структуру литоральных сообществ мезотрофного озера, рассматривали два типа литорали – литораль без зарослей (чистая литораль) и литораль с зарослями камыша озерного (камыш). Исследование проводили в начале июля, пробы зоопланктона отбирали непосредственно после отлова молоди рыб в тех же местообитаниях. Молодь рыб отлавливали сачком, фиксировали 4%-м раствором формалина с добавлением поваренной соли (NaCl), размер мальков измеряли от кончика рыла до конца

чешуйного покрова, содержимое ЖКТ рыб определяли счетным методом, зоопланктон определяли до вида (где это было невозможно – до рода).

Видовой состав мальков представлен 5 видами рыб – плотва (*Rutilus rutilus* (L.)), верховка (*Leucaspius delineatus* (Heckel)), красноперка (*Scardinius erythrophthalmus* (L.)), уклейка (*Alburnus alburnus* (L.)), лещ (*Abramis brama* (L.)). Всего проанализировано содержимое ЖКТ у 321 экземпляра молоди рыб. Средний размер особей разных видов колебался в пределах 1,08–2,25 см (min-max). Численность зоопланктона в исследованный период в зарослях камыша и чистой литорали статистически не различалась $149,2 \pm 71,6$ и $125,8 \pm 40,0$ экз./л. Как показали результаты исследования содержимого ЖКТ, в чистой литорали мальками потребляются в большем количестве планктонные виды Cladocera, в зарослях камыша – планкто-бентические кладоцеры. В то же время, планктонные Copepoda и их ювенильные стадии, доминирующие в планктонном сообществе, практически не используются в пищу молодью рыб, коэффициент селективности (E) для копепод во всех местообитаниях отрицательный, часто до максимального (–1). Т. е. при доминировании данных животных в планктоне чистой литорали и камыша (84 и 73% соответственно) наблюдается их избегание как пищевого компонента.

Как показывают результаты многих исследований, рыба избирательно потребляет зоопланктон, выбирая наименее подвижных, наиболее заметных, темноокрашенных особей или яйценосных самок (Ивлев, 1977; Wetterer, 1989). Нами были проведены дополнительные исследования и анализ структуры сообществ зоопланктона в двух типах литорали – в биотопе с зарослями камыша и в чистой литорали, где пробы отбирали на двух горизонтах – верхнем (подповерхностном) и нижнем (придонном). Целью исследования было выявление влияния молоди рыб на структуру придонного зоопланктона, а также влияние присутствия рыб на структурные показатели сообществ планктонных и планкто-бентических видов кладоцер. Было установлено, что доля яйценосных самок доминирующего вида кладоцер – *Ceriodaphnia pulchella* в придонном слое обоих биотопов

ниже, чем в соответствующем поверхностном слое воды, а численность зоопланктона в чистой литорали значительно ниже, чем в зарослях камыша. Таким образом, нашими полевыми исследованиями мы находим подтверждение тому, что молодь рыб избирательно выедает малоподвижных, более интенсивно окрашенных и хорошо заметных кладоцер.

ЕСТЕСТВЕННАЯ СМЕРТНОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА В СИСТЕМЕ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЛУКОМЛЬСКОЙ ГРЭС (БЕЛАРУСЬ) И ФАКТОРЫ, ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

Ж. Ф. Бусева, Е. А. Сысова, К. В. Мягкова

ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск, buseva_j@mail.ru

Исследовали сообщества фито- и зоопланктона в системе водоема-охладителя (ВО) Лукомльской ГРЭС (оз. Лукомльское и каналы ГРЭС – подводящий (ПК) и отводящий (ОК)), а также факторы, влияющие на естественную смертность зоопланктона. Водоемы-охладители энергетических станций – часть трансформированной человеком природной среды, которые являются жизненно необходимым структурным звеном многих регионов. Изучение биологической составляющей данных объектов в контексте влияния некоторых основных физических факторов на биологические сообщества, является важной задачей, поскольку такие водоемы можно рассматривать как своего рода экспериментальные объекты, когда возможна последующая экстраполяция полученных данных на не трансформированные водные экосистемы в случае возникновения критических ситуаций естественной и/или антропогенной природы (превышение среднегодовых температур, выброс загрязняющих веществ, превышение уровня биогенов и т. п.). Для идентификации зоопланктона на живой и мертвый использовали метод прижизненного окрашивания с помощью анилинового голубого (Methyl blue), методика подробно описана в статье О. П. Дубовской (2008). Пробы отбирались однократно: в ВО – в июне, в каналах – в октябре 2018 г.

Анализ абиотических и биотических факторов показал, что в ВО в летний период наибольшее влияние на естественную смертность зоопланктона оказывает температура воды, так, наблюдается достоверное негативное воздействие температуры на младшие стадии копепод, а также видов группы *Daphnia longispina*. В литоральной зоне, как вблизи сброса подогретых вод станции, так и в более удаленных участках, наблюдается высокая доля мертвых особей доминирующих видов кладоцер и копепод (50 – 9,8%), а в пелагиали озера, где минимизировано тепловое воздействие – создаются наиболее благоприятные условия для зоопланктона, где смертность у всех доминирующих в планктоне видов не превышает 6%. Массовое развитие в литорали водорослей *Cyanophyta* (*Gloeotrichia echinulate*) может служить дополнительным фактором, вызывающим гибель зоопланктона в мелководных местообитаниях.

Анализ зоопланктона в каналах показал, что наблюдаемая существенная разница абиотических (разница в температуре, окислительно-восстановительном потенциале, электропроводности) и биотических факторов среды (качество пищи, т. е. доля водорослей отделов *Cyanophyta* и *Bacillariophyta* по численности) в сравниваемых каналах играет важную роль в структурировании сообществ зоопланктона. Как показал анализ, степень доминирования отдельных видов зоопланктона в ПК и ОК обусловлена влиянием температурного фактора, который также влияет и на размерную структуру доминирующих видов кладоцер, и на естественную смертность. С другой стороны, качество пищи, выраженное через доминирование разных групп водорослей может служить дополнительным фактором, влияющим на количественные характеристики зоопланктона, так в ОК выражено доминирование цианобактерий, по сравнению с ПК, где в период исследований доминируют диатомовые. Как показал анализ, доля мертвых особей в обоих каналах была наиболее высокой для *Eudiaptomus graciloides* (50,5 и 38,9% в ПК и ОК соответственно) и для *Diaphanosoma brachyurum* (соответственно 16,7 и 50%), которая более чувствительна к качеству пищи, чем диаптомиды.

**ГИСТО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ ЦИСТ И МЕТАМОРФОЗА
ПРЕСНОВОДНОЙ ЖЕМЧУЖНИЦЫ
(MARGARITIFERA MARGARITIFERA) НА МОЛОДИ
АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (SALMO SALAR L.)
В РЕКАХ БАССЕЙНА БЕЛОГО МОРЯ**

К. А. Быстрова, С. А. Мурзина, Е. П. Иешко

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
bystrovakseniia@gmail.ru*

Общие и специфические характеристики взаимосвязи между личинками (глохидиями) пресноводной жемчужницы *Margaritifera Margaritifera*, ведущими паразитический образ жизни, и молодью атлантического лосося (*Salmo salar*), которая рассматривается как наиболее подходящий хозяин для метаморфоза глохидиев, продолжают оставаться малоизученными. Среди факторов среды одним из важнейших является температура, которая определяет сроки закрепления паразита на тканях хозяина (жабры), успешность этого процесса и формирование цисты, и, в конечном счете, длительность паразитарной фазы личинок жемчужницы. В общей сложности жизненного цикла пресноводной жемчужницы критическими и ключевыми этапами являются: выметывание глохидиев взрослыми моллюсками. дальнейший пассивный поиск личинками хозяина и закрепление на его тканях, формирование цисты тканями хозяина. Все эти процессы происходят в осенний период. Метаморфоз личинок имеет длительность до 11 месяцев. В рамках настоящей работы впервые представлено описание гисто-морфологических особенностей формирования цист и метаморфоза пресноводной жемчужницы на молоди атлантического лосося из трех рек бассейна Белого моря (Каменная, Ливо, Вуокин-йоки) в осенний период, после закрепления личинок моллюска на жабрах молоди рыб. Обсуждается влияние температуры на рост и скорость метаморфоза закрепившихся личинок, что имеет важное значение для обеспечения устойчивости участников в системе «паразит – хозяин». Глохидии пресноводной жемчужницы были преимущественно обнаружены у сеголеток (0+),

в то время как молодь старших возрастных групп заражена меньше (для рек Ливо и Вуокин-йоки). Известно, что сеголетки в большей степени подвергаются заражению, что связывают и с особенностями иммунных реакций хозяина, и с поведенческой и биохимической резистентностью рыб, их «доступностью» для моллюсков и многими другими причинами, которые остаются предметом дискуссий. При этом не установлено зависимости количества глосидиев на жабрах молоди лосося от возраста рыб (в р. Каменной). Показано, что количество и жизнеспособность личинок жемчужницы в р. Каменной, т. е. самой «южной» по географическому расположению среди исследуемых рек, меньше по сравнению с таковыми из более «северных» рек. Данный результат можно связать с различными температурными условиями и сроками икрометания моллюсков, соответственно, различиями в сроках закрепления глосидиев на молоди лосося в исследованных пресноводных водотоках. Наиболее крупные глосидии, оценивая гисто-морфологические характеристики глосидиев и окружающей их цисты (длина, толщина, удлинённость и др.), обнаружены на молоди лосося из р. Вуокин-йоки (самая «северная» река).

Работа проведена с использованием научного оборудования ЦКП КарНЦ РАН. Научное исследование проведено в рамках гос. задания КарНЦ РАН № 218-2019-0076.

ХИРОНОМИДЫ МАЛЫХ ОЗЕР ХИБИНСКОГО ГОРНОГО МАССИВА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С. А. Валькова

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФГБУН ФИЦ
«Кольский научный центр РАН», г. Апатиты, valkova@inep.ksc.ru*

Хибины – горный массив радиусом около 30 км, расположенный в центре Мурманской области, характеризуется наличием большого количества рек, ручьев, озер и болот. Особенностью водоемов является наличие разнообразных ландшафтно-географических условий, в число которых входят высотная поясность и особенности

горных и пригорных микроландшафтов. Верхняя граница лесной зоны проходит на высоте 200–300 м, горнотаежный пояс на высоте 300–400 м переходит в горно-лесотундровый, на высоте 430–480 м сменяется горно-тундровым и выше 800 м – поясом горных арктических пустынь (Природные условия..., 1986). В 2010–2012 гг. исследован макрозообентос 11 водоемов, расположенных в пределах Хибинского горного массива (Калеваевское, Травяное, Малое, Пай-Куньявр, Щучье, Малый Вудьявр, Партомъявр, Сердцевидное, Длинное, Академическое, Тахтаръявр).

В исследованных водоемах отмечено 26 видов и форм хирономид, из них к подсемейству Chironominae принадлежат 16 в. (*Pseudochironomus* sp., *Chironomus* sp., *Cryptochironomus* sp., *Corynocera ambigua* Zetterstedt, 1837, *Cryptochironomus* (*Cryptochironomus*) *defectus* gr., *Microtendipes* sp., *Polypedilum* sp., *Polypedilum* (*Pentapedilum*) *sordens* gr., *Polypedilum* (*Pentapedilum*) *exsectum* gr., *Polypedilum* (*Uresipedilum*) *convictum* gr., *Sergentia coracina* Zetterstedt, 1850, *Endochironomus* sp., *Paratanytarsus* sp., *Stempellina bausei* Kieffer, 1911, *Glyptotendipes* sp., *Tanytarsus* sp.); Orthocladiinae – 4 в. (*Psectrocladius* sp., *Orthocladius* sp., *Cricotopus* sp., *Cricotopus algarum* gr.), Tanypodinae – 3 в. (*Procladius* (*Holotanypus*) *choreus* Meigen, 1804, *Macropelopia* sp., *Arctopelopia* sp.); Diamesinae (*Diamesa* sp. *Protanypus caudatus* Edwards, 1924.), Prodiamesinae (*Monodiamesa batyphila* Kieffer, 1918).

Состав и структура фауны Chironomidae зависела от ландшафтной принадлежности исследованных водоемов. В сообществах литорали озер лесной зоны (150–200 м н. у. м.) доминировали виды родов *Cricotopus*, *Polypedilum*, *Glyptotendipes*, *Chironomus*. С увеличением высоты над уровнем моря (350–400 м) и сменой растительного пояса на лесотундровый и тундровый, увеличивалась роль холодноводных видов из родов *Diamesa*, *Orthocladius* и *Procladius*. В литоральных сообществах озер в зоне горной тундры (> 800 м) отмечены только хирономиды подсем. Tanytarsinae.

В глубоководных участках водоемов лесной зоны Хибин преобладали в сообществах личинки подсем. Chironominae (*Chironomus* sp., *Cryptochironomus* sp., *C. ambigua*, *S. coracina*). В водоемах лесотундрового пояса видовое разнообразие хирономид снижа-

лось, возрастала доля холодноводных личинок из подсемейств Orthoclaadiinae (*Orthocladus* sp., *Cricotopus algarum* gr., *Cricotopus* sp.), Prodiamesinae (*M. batyphila*) и Tanypodinae (*P. choreus* gr., *Macropelopia* sp.). В глубоководных зонах горно-тундровых водоемов хирономиды были представлены только личинками *Procladius choreus* gr. и единично *Orthocladus* sp.

В составе литорального зообентоса водоемов лесной зоны доля хирономид составляла 55–70% от общей численности и биомассы беспозвоночных и 60–80% в озерах лесотундровой и тундровой зон Хибин. В водоемах горной тундры доля хирономид в составе литоральной бентофауны резко уменьшалась до 5–10%. В профундальной зоне всех исследованных водоемов Хибинского горного массива хирономиды преобладали в составе макрозообентоса, определяя на 95–100% уровень численности и биомассы донной фауны.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И СПЕКТРА ПИТАНИЯ ШПРОТА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 1992–2017 гг.

Т. Г. Васильева, Ф. А. Пагокина

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, vasiljeva@atlantniro.ru*

В настоящее время балтийский шпрот *Sprattus sprattus balticus* (Schneider), подвид европейского шпрота *Sprattus sprattus* L., занимает ведущее место по объему добычи и величине запаса в Балтийском море. Шпрот распространен по всему морю от Кильской бухты и Датских проливов на западе до Финского залива на востоке (подрайоны ИКЕС 22–32). Распадается на отдельные локальные группировки, существование которых обусловлено привязанностью этой рыбы к отдельным наиболее продуктивным подрайонам моря. Выявлено, что увеличение, ослабление и перераспределение потоков североморских вод, а также климатические изменения, которые оказывают воздействие на темпера-

турный режим Балтийского моря, и определяют существование межгодовых и сезонных колебаний его численности в пределах подрайонов и локальных участков.

По многолетним материалам осенних гидроакустических съемок по оценке численности пелагических рыб в юго-восточной части Балтики с 1992–2017 гг. выявлены два периода существенных пространственно-временных изменений в распределении численности, возрастной структуре и пищевом спектре шпрота района Гданьской впадины (подрайон ИКЕС 26) и района Готландской впадины (подрайон ИКЕС 28).

В первой половине 90-х годов прошлого столетия в период активной адвекции североморских вод, в 26-м подрайоне наблюдалось значительное увеличение численности и биомассы шпрота, нежели в 28-м подрайоне. Скопления рыб распределялись как в верхних (шпрот 0–2 года), так и в более глубоководных слоях до 110 м (шпрот старше 3 лет). В возрастной структуре шпрота в 26-м подрайоне в значительном количестве присутствовали особи старших возрастов. В желудках шпрота преобладали темора (*Temora longicornis*) и акарция (*Acartia spp.*), увеличивалась доля – псевдокалянуса (*Pseudocalanus elongates*).

Во второй половине 90-х годов сокращение притока североморских вод уменьшило соленость вод, усилило стагнацию, ведущую к дефициту кислорода в придонных слоях, что по нашему мнению привело к снижению численности шпрота в 26-м и увеличению в 28-м подрайонах. В возрастной структуре запаса стали доминировать младшие возрастные группы шпрота (0–2 года), наблюдалось значительное снижение доли шпрота в возрасте 3 года и старше. Шпрот разных возрастных групп распределялся в поверхностных слоях воды до 60–80 м с высокими значениями растворенного в воде кислорода. В пищевом спектре шпрота стали преобладать массовые виды копепод, в основном темора и акарция. Доля псевдокалянуса была невелика, а с 2002 г. он практически исчез из питания шпрота (Васильева, 1996–2017; Патокина и др., 1997–2016; MacKenzie and Koster, 2004; Зезера и др., 2009–2016).

Таким образом, изменение гидрологической ситуации в Юго-Восточной части Балтики стало важным фактором, определяющим пространственное распределение и питание шпрота. Изменения пищевого спектра шпрота совпадали во времени с многолетней изменчивостью структуры мезопланктонного сообщества с переходом от сообщества *Pseudocalanus* sp. к сообществу *Temora longicornis* – *Acartia* spp.

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ДВУХ ФЬОРДОВ ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН

А. В. Ващенко, Т. И. Широколобова, М. А. Болтенкова,
В. В. Водопьянова, Т. М. Максимовская

*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск,
an_nastasiay@mail.ru*

Микробиологические исследования уникальных высокоширотных акваторий фьордов Шпицбергена немногочисленны, что затрудняет целостное описание состояния их экосистем.

Целью работы явилось: изучить характеристики и особенности распределения бактериопланктона (БП) в верхней части фотического слоя (0–50 м) Ис-фьорда и Стур-фьорда, расположенных, соответственно, у западного и восточного берегов о. Западный Шпицберген.

Материал отобран в июле 2017 г. (рейс НИС «Дальние Зеленцы») на 7-ми станциях по 4-м стандартным горизонтам. Количественный учет бактерий выполнялся методом эпифлуоресцентной микроскопии (Porter, Feig, 1980). Концентрацию хлорофилла (Chl) α устанавливали спектрофотометрически (Вода..., 2001).

В период наблюдений свободные ото льда воды фьордов (распесненные и относительно прогретые на глубину до 10–25 м) имели различное происхождение. Содержание хлорофилла (Chl) α в слое 0–50 м трансформированных атлантических вод Ис-фьорда [0,22–1,67 (среднее $1,02 \pm 0,12$) мг/м³] и арктических вод Стур-фьорда [0,11–0,55 ($0,27 \pm 0,04$) мг/м³] характеризовало их, соответственно, как мезотрофные и олиготрофные.

Значения численности и биомассы БП акватории первого [0,24–1,40 (среднее $0,52 \pm 0,08$) млн кл/мл; 5,47–55,15 ($23,32 \pm 3,21$) мг/м³] и второго фьорда [соответственно, 0,24–0,84 ($0,40 \pm 0,04$) млн кл/мл; 10,30–35,20 ($18,09 \pm 1,82$) мг/м³] достоверно не различались. Состав их микробных сообществ на 98–99% формировали клетки размером 2 мкм.

Количественные показатели БП, усредненные по водной толще станций, убывали от центральной части Ис-фьорда в сторону выхода из него, где средняя концентрация Chl *a* достигала своего максимума ($1,29 \pm 0,29$ мг/м³). Повышенному содержанию основного фитопигмента ($0,34 \pm 0,07$ мг/м³) на выходе из Стур-фьорда соответствовала повышенная средняя численность и биомасса бактерий. Корреляция между их обилием и концентрацией Chl *a* составила ($r_s = 0,66$, при $p < 0,05$).

Представленный материал свидетельствует, что на фоне возрастающего прогрева верхней части фотического слоя двух акваторий как при цветении фитопланктона, так и на этапе его предцветения уровень развития бактериальных сообществ оставался сопоставимым и, согласно литературным данным, был существенно ниже, чем в водах архипелагов ЗФИ и Шпицбергена в августе (Венгер, 2011; Дворецкий и др., 2012). В отсутствие лимитирования субстратом сниженные количественные характеристики БП Ис-фьорда могли явиться результатом процессов вирусиндуцированного лизиса. В то же время в Стур-фьорде на стадии перехода экосистемы пелагиали к автотрофному типу функционирования, ограничение роста бактерий, очевидно, вызвано недостатком лабильного органического вещества. Поскольку в этих условиях жизненная стратегия вирусов наиболее часто определяется лизогенией, они не оказывали существенного влияния на своих потенциальных хозяев.

Работа выполнена по темам: 9-17-01 (133) гос. задания № 0228-2019-0003 и 9-18-02 (133; 137) гос. задания № 0228-2019-0029.

РЕАКЦИИ ВОДНЫХ РАКООБРАЗНЫХ И ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ НА ПРИСУТСТВИЕ ТОКСИГЕННЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ЭЛОДЕИ В МЕЗОКОСМАХ

В. Б. Вербицкий¹, С. А. Курбатова¹, Н. А. Березина²,
Л. Г. Корнева¹, А. Н. Шаров^{1,3}, И. Ю. Ершов¹, О. А. Малышева¹,
Я. В. Русских³, Е. Н. Чернова³

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

²ФГБУН Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

³ФГБУН Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург, werb@ibiw.yaroslavl.ru

Исследовали влияние массового развития цианобактерий и *Elodea canadensis* на популяционные характеристики (численность, биомасса, плодовитость) и показатели «здоровья» (состояние эмбрионов, сердечный ритм и терморезистентность по критерию критического термального максимума – КТМ) водных беспозвоночных в эксперименте с контролируруемыми условиями. В июле-августе 2018 г. в 4-х вариантах микрокосмов в трех повторах были смоделированы условия, характерные для прибрежной зоны Рыбинского водохранилища в период массового развития цианобактерий: I – контроль (речная вода), II – I + элодея (плотностью 6,6 см³ на 1 дм³ воды), III – I + элодея + цианобактерии (10–16 млн клеток дм⁻³) из Рыбинского водохранилища (*Aphanizomenon flos-aquae* (70%), *Microcystis aeruginosa*, *Lyngbya lagerheimii*, *Gloeoitrichia* sp. и др.), и IV – I + цианобактерии. В микрокосмы помещали массовые виды планктонных и донных (*Unio pictorum*, *Gmelinoides fasciatus*, *Asellus aquaticus*) животных.

В период наблюдений в вариантах I и II до 90% биомассы фитопланктона составляли зеленые водоросли *Volvox aureus*, *Closterium moniliferum*, *Oocystis solitaria*, а в вариантах III и IV 63–88% составляли цианобактерии *A. flos-aqua* и обнаружены токсичные микроцистины LR (24–53% от суммы токсинов, или от 6,6–66,5 мкг/л). Присутствие цианобактерий сказывалось на структурных показателях планктона: снижение количества зеленых водорослей и увеличение обилия

мелких форм ракообразных (науплиусов и копеподитов Copepoda, коловраток, рачков сем. Chydoridae и других небольших Cladocera).

Под влиянием цианобактерий были выявлены достоверные отличия показателей донных животных от контроля: пониженный уровень терморезистентности (по критерию критического температурного максимума – КТМ) моллюсков и амфипод, увеличенное время восстановления сердечного ритма после нагрузки (соленостный тест) у моллюсков, снижение индивидуальной плодовитости и рост частоты уродств и смертности эмбрионов у амфипод. Наличие элодеи усиливало эти эффекты. По сравнению с амфиподами и моллюсками, изоподы оказались менее чувствительны к изучаемым факторам, значимой разницы в КТМ между вариантами не было. В микрокосмах с элодеей концентрация в воде O_2 была достоверно ниже, чем в контроле и в IV. Возможно, снижение концентрации кислорода в зарослях элодеи (особенно в ночные часы) усугубляло негативное влияние цианобактерий на амфипод и моллюсков, что проявилось в изменении их терморезистентности, кардиоактивности и эмбриогенеза.

Таким образом, показано, что массовое развитие цианобактерий и элодеи влияет на экофизиологические показатели чувствительных видов водных животных, уменьшая их адаптивность к природным стрессам и ухудшая качество потомства.

Работа выполнена в рамках госзадания по темам № АААА-А18-118012690101-2, АААА-А18-118012690096-1, АААА-А19-119020690091-0 и РФФИ № 18-04-01069-а.

ВОСПРОИЗВОДСТВО ПРЕСНОВОДНОЙ ФОРМЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ SALMO SALAR L. В ЗАПОВЕДНИКЕ «КОСТОМУКШСКИЙ»

А. Е. Веселов, Д. А. Ефремов, М. А. Ручьев

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, veselov7771@mail.ru

В озерно-речной системе Каменное–Нюк, состоящей из цепочки водоемов – Каменное, Лувозеро, Кимас и Нюк, общей площадью 350 км², обитает пресноводная или озерная форма атлантического

лосося (Потапова, 1958; Озера Карелии..., 1959; Первозванский, 1986). Известно, что воспроизводство молоди этого вида происходит на пороговых и перекатных участках в соединяющей эти озера р. Каменной. Основные нерестилища расположены в верхней трети реки, после ее истока из оз. Каменного, в среднем течении у Царь-порога и в нижней части на мелководных перекатах. Как правило, лосось из нагульного водоема совершает нерестовую миграцию в притоки, т. е. вверх против течения. В связи с этим объяснима его миграция из озер Нюк, Кимас и Лувозеро в р. Каменную. По этой логике, лосось, обитающий в оз. Каменном (исток р. Каменная), также должен совершать нерестовую миграцию в 17 притоков, впадающих в само озеро. Выяснить это и было задачей экспедиций 2017 и 2018 гг.

В оз. Каменном нет крупных притоков, таких как р. Каменная. Однако есть несколько ручьев, имеющих порожистые участки, вполне пригодные для нереста. В связи с этим, долгое время существовало предположение, что некоторые из этих малых притоков могут использоваться лососем в качестве нерестово-выростных участков. Версия не безосновательна. Так, например, в крупном притоке Рейна – Зиг, восстановленное воспроизводство лосося происходит в мелких небольших водотоках, шириной не более 2–4 м (Der Laks..., 2005). Такие же притоки имеются и в Норвегии.

Ранее предполагалось, что в оз. Каменном, в районе истока р. Каменной, могут быть галечные отмели, с питанием от донных ключей. Однако вместо гальки, на участках находились крупные валуны, покрытые слоем ила, что свидетельствовало об отсутствии родникового питания. При подводных наблюдениях не удалось обнаружить пестряток лосося. Еще обсуждается версия, что лосось скатывается из озера в р. Каменную, нерестится и вальчаки возвращаются в оз. Каменное на нагул или скатываются в ниже расположенные озера – Нюк, Кимас и Лувозеро. Предлагаемые версии основываются на том, что залов нагульного лосося имеет место в оз. Каменном.

Нами установлено, что обитающий в оз. Каменном лосось нерестится не в р. Каменной, мигрируя вниз по течению из озера, а поднимается на нерест в притоки оз. Каменного. Объяснить миграцию

лосося в притоки можно с учетом реореакции, стимулирующей перемещение рыб против течения (Павлов, 1979). Нерестовые мигранты лосося всегда ориентируются на поток. Этим и обеспечивается их заход в реки и ручьи. Предположение о том, что часть смолтов мигрирует с верхних порогов р. Каменной в оз. Каменное (вверх по течению) и там нагуливаются, не нашло подтверждения.

Выполненными исследованиями установлено, что в притоке Варнаними происходит нерест пресноводного лосося, который нагуливается в оз. Каменном. В 2017 г. были отловлены смолты на нижнем пороге, а в 2018 г. обнаружено наличие сеголеток на верхнем пороге возле нерестовых участков. В реке ручьевого типа Люття молоди лосося не обнаружено, однако имеются нерестовые и выростные участки. Переселение молоди из р. Каменной в приток Люття позволит восстановить естественное воспроизводство лосося. В других ручьях нересту мешают недавно появившиеся бобровые плотины, подтопившие пороги и перекаты.

Исследования проведены по бюджетной теме № г. р. АААА-А17-117031710040-9.

ВЛИЯНИЕ ЗАРЕГУЛИРОВАННОСТИ СТОКА РЕКИ ТОХМЫ (БАССЕЙН ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА) НА ВОСПРОИЗВОДСТВО ПРЕСНОВОДНОЙ ФОРМЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L. И КУМЖИ *SALMO TRUTTA* L.

А. Е. Веселов¹, М. А. Скоробогатов²

¹*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск*

²*Институт проблем экологии и эволюции РАН, г. Москва,
veselov7771@mail.ru*

Строительство плотин на лососевых реках Ладожского оз. осуществлялось без учета интересов рыбного хозяйства. В настоящее время большинство плотин по-прежнему являются препятствием для лососевых нерестовых мигрантов. Это привело к снижению запасов и наносит ущерб биологическому разнообразию.

В 2013–2014 гг. на лососевой р. Тохме были построены малые ГЭС «Рюмякоски» и «Каллиокоски», принадлежащими ЗАО «Норд-Гидро». В связи с этим цель исследования заключалась в оценке влияния условий зарегулированного стока реки на воспроизводство лосося и кумжи, а также разработке практических рекомендаций по расположению рыбхода на нижней плотине «Каллиокоски».

Река Тохма берет начало на территории Финляндии в оз. Тохмаярви и впадает в залив Сойккасенлахти Ладожского оз. Ее длина 74 км. Местная ихтиофауна представлена 23 видами рыб. Численность нерестового стада лосося в настоящее время не превышает 50–70 экз. – ранее не менее 400 экз. Численность проходной кумжи варьирует от 300 до 1000 экз. Однако существующие нерестово-выростные площади позволяют в перспективе иметь стадо кумжи до 2500 экз., а лосося от 350 до 450 экз.

Верхний участок р. Тохмы, от порога Рюмякоски до оз. Руокоярви практически не имеет нерестово-выростных площадей. В связи с этим и учитывая, что порог Рюмякоски, где расположена МГЭС «Рюмякоски», и ранее был не преодолим для рыб, то строительство дорогостоящего рыбопропускного сооружения не имеет смысла.

Нами выполнен анализ конструкции и местоположения рыбопропускного сооружения в системе гидроузла «Калиооски». В первоначальном чертеже лестничный рыбход располагался на значительном расстоянии от здания МГЭС по правому берегу. Однако при этом рыбопривлекающий шлейф не будет работать, так как основной поток находится в стороне от сбросного канала турбины. Предложено перенести рыбход на другую сторону реки, сделать его компактным по занимаемой площади за счет змеевидной формы и главное – рыбопривлекающий шлейф из рыбхода в нижнем бьефе пустить под углом 30° к потоку от турбины, так чтобы он пресекал его не менее чем до половины. Это послужило решающим фактором при перехвате мигрирующих на нерест лососей и кумжи из струи от турбины к струе от рыбхода. В случае их прохода до водосброса от турбины, рыбы возвращались назад и привлекались потоком, идущим из рыбхода.

До разработки наших рекомендаций дно рыбохода в маршевых камерах представляло собой бетонную поверхность. В естественных условиях дно рек сложено из галечно-валунного грунта. Он формирует гидравлическую структуру потока с низкими скоростями течения, позволяющими мигрантам свободно перемещаться в порогах. Аналогичные условия нами было предложено создать в рыбоходе, что облегчило подход рыб к следующему вплывному отверстию.

После ввода гидроузла были проведены исследования по проходу нерестовых мигрантов по рыбоходу к местам нереста, а также оценено состояние молоди рыб и отнерестившихся рыб в нижнем бьефе гидроузла. Ввод в эксплуатацию рыбохода на плотине МГЭС «Каллиокоски» позволил увеличить доступные нерестово-выростные площади и восстановить миграции рыб. На верхней плотине МГЭС «Рюмякоски» нет необходимости в строительстве рыбохода по двум причинам: естественной миграции лосося и кумжи через порог Рюмякоски никогда не было, так как порог не проходим.

Исследования выполнялись по бюджетной теме № 2. р. АААА-А17-117031710040-9.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖАБРОНОГО РАЧКА АРТЕМИИ В ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л. В. Веснина

*Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»), г. Барнаул,
artemiaalt@mail.ru*

На динамику численных значений рачка артемии в гипергалинных озерах юга Западной Сибири основное влияние оказывают температура и минерализация вод, которые очень вариабельны от гидрологических условий, определяя фазы трансгрессии и регрессии.

Пространственное распределение разновозрастных особей рачка артемии на примере оз. Кулундинского Алтайского края происходило по следующей схеме. Первые науплиусы в водоеме зарегистрированы в 20-х числах апреля. Массовое развитие первой генерации обычно

продолжается до начала июня. Достижение половой зрелости рачков второй генерации отмечено в конце июня – начале июля. Начиная со второй половины июля формируется третья генерация рачка.

В трансгрессивный период водности длительность жизненно-го цикла каждой генерации составляет в оз. Кулундинском: первой – 70; второй – 76; третьей – 41; в оз. Кучукском: первой – 70; второй – 74; третьей – 74; четвертой – 68; в оз. Малом Яровом: первой – 63; второй – 69; третьей – 73; в оз. Большом Яровом: первой – 70; второй – 74; третьей – 59 суток.

Зависимость плодовитости самок от температуры воды в оз. Большом Яровом описывается уравнением:

$$y = -0,5621x + 63,855 (R^2 = 0,1403; r = -0,410; p = 0,01).$$

Плодовитость самок артемии в регрессивную и трансгрессивную фазы водности составляют $49,8 \pm 31,9$ ($Cv = 71,6\%$) и $52,9 \pm 30,5$ ($Cv = 57,7\%$) соответственно. В оз. Кулундинском зависимость плодовитости самок от минерализации воды описывается линейным уравнением: $y = 0,465x + 16,991$ ($r = 0,362; p = 0,01$). Плодовитость самок рачка артемии в регрессивный и трансгрессивный период водности составляют соответственно $37,5 \pm 26,9$ ($Cv = 71,6\%$) и $26,1 \pm 15,4$ ($Cv = 59,1\%$).

Динамика среднегодовой численности рачков в 2018 г. при средне-многoletней за период 2000–2017 гг. составляет в оз. Кулундинском $22,4 \pm 4,13$ при $26,6 \pm 8,39$; в оз. Кучукском – $100,0 \pm 23,40$ при $13,6 \pm 4,19$; в оз. Большом Яровом – $9,62 \pm 2,01$ при $30,37 \pm 11,15$; в оз. Малом Яровом – $76,7 \pm 22,65$ при $22,43 \pm 13,84$ тыс. экз./м³.

В малых озерах диапазон колебаний меняется от $6,60 \pm 4,3$ (оз. Душное) до $73,72 \pm 25,09$ тыс. экз./м³ (оз. Малое Шкло) (табл.).

Численные показатели популяций рачка артемии в гипергалинных озерах Алтайского края в 2018 г.

Водоем	Средняя численность рачков, тыс. экз./м ³	Средняя численность самок, тыс. экз./м ³	Средняя численность самцов, тыс. экз./м ³	Средняя численность цист, тыс. экз./м ³
Большое Шкло	$23,91 \pm 9,49$	$2,57 \pm 0,74$	$0,010 \pm 0,004$	$2950,94 \pm 1446,38$
Малое Шкло	$73,72 \pm 25,09$	$8,94 \pm 3,88$	$6,608 \pm 4,246$	$44,08 \pm 12,29$
Танагар	$41,47 \pm 8,13$	$0,47 \pm 0,12$	$0,780 \pm 0,054$	$41,86 \pm 9,41$
Душное	$6,60 \pm 4,30$	$0,09 \pm 0,09$	$0,120 \pm 0,084$	$19,93 \pm 4,56$

МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л. В. Веснина, Т. О. Ронжина, Г. В. Лукерина, Д. А. Сурков

*Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»), г. Барнаул,
artemiaalt@mail.ru*

Алтайским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» проводятся мониторинговые исследования гипергалинных водоемов с 2000 г. Основным представителем зоопланктона минерализованных озер является жаброногий рачок артемия (*Artemia* Leach 1819). Ежегодные исследования на протяжении всего вегетационного сезона (апрель–октябрь) позволяют получить достоверные сведения о состоянии и особенностях развития популяции артемии в каждом исследуемом водоеме. Рачок артемия важен для гипергалинных озер как объект, хорошо поддающийся наблюдению и концентрирующий в своей биоте основные потоки вещества и энергии экосистемы озер, а также испытывающий прямое и косвенное антропогенное влияние через добычу (вылов) артемии (на стадии цист) и биомассы рачка, изъятие иловых масс и песка, загрязнение водосбора и акватории, возрастающие масштабы рекреации. Других равноценных артемии индикаторов состояния экосистем гипергалинных озер не существует.

Подавляющее количество гипергалинных озер Алтайского края (58,9%) по площади относятся к малым водоемам, к средним и большим – по 8 озер, очень больших только 3 (Кулундинское, Кучукское и Большое Яровое). По многолетним наблюдениям сумма солей в водоемах колеблется в широких пределах (от 60,0 до 320,0 г/л), большинство водоемов удовлетворяют потребностям развития и размножения жаброногого рачка артемии.

Среди существующих популяций жаброногого рачка одни размножаются половым путем, другие – партеногенетически. В водоемах юга Западной Сибири большинство популяций жаброногого рачка представлены партеногенетическими самками, исключения составляют сообщества в озерах

Танатар, Соленое и Петуховское, в которых наблюдаются бисексуальные расы. Показатели численности разновозрастных особей рачков и цист артемии колеблются в широких пределах и отражают в своей динамике непостоянство факторов среды (уровень воды озера и общая увлажненность территории водосбора, температурный режим, величина общей солености воды и качественный ионный состав, пищевая обеспеченность). Среднемноголетние показатели численности рачков артемии (2000–2018 гг.) в оз. Кулундинском составляют $30,05 \pm 8,29$ тыс. экз./м³, в оз. Кучукском – $36,25 \pm 17,90$, в оз. Большом Яровом – $20,74 \pm 4,71$, в оз. Малом Яровом – $29,86 \pm 7,01$. Среднемноголетние показатели численности цист в планктоне озер (2000–2018 гг.): оз. Кулундинское – $238,88 \pm 42,02$ тыс. экз./м³, оз. Кучукское – $155,31 \pm 71,18$, оз. Большое Яровое – $141,47 \pm 39,39$, оз. Малое Яровое – $244,60 \pm 75,36$. В период 2015–2018 гг. произошло опреснение некоторых водоемов в связи со сменой фазы водности на многоводную. Сложившиеся условия привели к снижению продуктивности популяций артемии в некоторых водоемах и замене доминирующего вида (озера Кулундинское, Душное, Танатар и др.).

Артемия является важным компонентом гипергалинных водоемов, имеющих не только экологическое значение, но и хозяйственное. Корма из цист артемии и взрослые особи рачка являются ценным кормом для многих видов рыб и ракообразных, особенно велика их роль на ранних стадиях развития выращиваемых видов, в виде так называемых стартовых кормов. Начиная с 2000 г. объем вылова артемии (на стадии цист) в водоемах Алтайского края составлял в среднем 730 т (исключая 2009 г. – запрет на добычу). В период с 2010 г. и по настоящее время объем добычи биосырья составляет в среднем 704 т. Согласно тренду фактической добычи артемии (на стадии цист) объем вылова к 2020 г. может составлять порядка 1000 т, к 2030 г. – 1300 т.

МНОГОЛЕТНИЕ ТЕНДЕНЦИИ В ИЗМЕНЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ НЕРКИ ОЗЕРА ДАЛЬНЕЕ (КАМЧАТКА) И СТРУКТУРЫ ЕЕ ПОПУЛЯЦИИ

Н. М. Вецлер

*Камчатский филиал ФГБНУ ВНИРО (КамчатНИРО),
г. Петропавловск-Камчатский, vetsler@kamniro.ru*

Озеро Дальнее – это объект многолетнего мониторинга популяции ценнейшего вида тихоокеанских лососей – нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.). Рыбохозяйственные исследования на этом водоеме проводятся с 1930-х гг. и являются самыми продолжительными на Камчатке. Цикличность рыбопродуктивности оз. Дальнего до 1990-х гг. соответствует глобальным трендам колебаний численности лососей в Северной Пацифике, связанных с долгопериодными флуктуациями климата в Северном полушарии. В 1990–2000-е гг. снижение возвратов производителей в озеро вызвано исключительно влиянием антропогенного фактора: интенсивным развитием дрейфтерного промысла в тихоокеанских водах и усилением браконьерского лова нерки в период ее анадромной миграции.

Дальнеозерская популяция нерки представлена проходной и пресноводной резидентной (карликовой) формами. Способность лососей к образованию карликовых самцов является генетически обоснованной и реализуется при определенных экологических условиях. В годы высоких нерестовых заходов и увеличения плотности нагуливающейся молоди (1938–1956 и 1985–1995 гг.) численность резидентной формы минимальна и не превышает 7 тыс. экз. При снижении плотности проходной молоди и повышении количества корма в водоеме происходит рост численности карликов. Наибольшее их количество в озере (от 10 до 30 тыс. экз.) отмечено в годы депрессивного состояния дальнеозерской нерки: 1958–1982 гг. В условиях низкой численности внутривидовые механизмы направлены на продуцирование мелких особей, созревающих без ската в море и избегающих промыслового изъятия,

что способствует ускорению оборачиваемости поколений и повышению их выживаемости.

Колебания соотношения проходной и карликовой форм тесно связаны с изменениями в половой структуре нерестового стада. В 1930–1960-е гг. относительная численность анадромных самцов близка к 50%. В 1970–1990-е гг. она снижается до 40%. В 2000–2018 гг. доля самцов составляет всего 28%, и нерестовое стадо, в основном, представлено самками, что также является одним из способов выживания популяции в условиях чрезмерного промысла.

Дальнеозерская нерка, как вид с длительным пресноводным нагулом, имеет сложный возрастной состав. Нерестовое стадо чаще всего представлено рыбами в возрасте 1,2, 1,3, 2,2, 2,3 и 3,3, причем в годы высокой численности преобладают рыбы возраста 1,2, 1,3 и 2,2, а в годы низкой – 1,2, 2,2 и 3,2. Многолетние изменения возраста, в основном, связаны с длительностью пресноводного нагула и имеют тенденцию к его увеличению при снижении нерестовых заходов и, наоборот, рост численности нерки приводит к уменьшению возраста рыб-производителей.

В долговременной динамике размерно-массовых показателей дальнеозерской нерки прослеживается тенденция к их снижению, что, вероятно, связано как с давлением отбора, изымающего наиболее крупных особей, так и с изменениями условий морского нагула тихоокеанских лососей. Большинство исследователей отметивших подобную тенденцию и для других видов из различных регионов Северной Пацифики, в том числе для популяций камчатской нерки, связывают снижение их размерно-массовых показателей с увеличением численности лососей в океанических водах и, вследствие этого возрастания конкуренции и ухудшения трофических условий.

РАЗНООБРАЗИЕ ХРОМОСОМНОГО ИНВЕРСИОННОГО ПОЛИМОРФИЗМ *GLYPTOTENDIPES GLAUCUS* (MEIGEN, 1818) И СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ГРУНТЕ ОЗЕРА ЧАЙКА (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Н. В. Винокурова, Е. А. Калинина

*БФУ им. Канта, Институт живых систем, г. Калининград,
vinokurova.bfu@gmail.com*

Поступление в водоемы поллютантов антропогенного происхождения и их вредное воздействие достигло критического уровня, в том числе и на наследственный материал гидробионтов.

Известно, что личинки хирономид, массово представленные в различных водоемах, чувствительны к поллютантам и являются биоиндикаторами. Структурно-функциональные изменения политенных хромосом личинок хирономид часто связаны с присутствием в исследуемом водоеме токсических веществ, например, металлов.

Для исследования из оз. Чайка национального парка «Куршская коса» Калининградской области в 2013–2014 гг. было отобрано 112 личинок IV возраста фитофильного вида *Glyptotendipes glaucus* (Meigen, 1818), обладающего богатой цитогенетической изменчивостью, широко распространенного в малых водоемах Евразии.

Сбор проб, фиксация материала, приготовление временных карриологических препаратов политенных хромосом слюнных желез личинок и их картирование проводили по стандартным методикам (Belyanina, Durnova, 1998). Была произведена качественно-количественная оценка выявленных инверсий плеч политенных хромосом, их геномных комбинаций и определен общий уровень инверсионного полиморфизма.

Также методом атомно-абсорбционного анализа на спектрометрах Квант-З.ЭТА и Varian AA240FS определено содержание металлов Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Fe, Mn, Pb, Cd в пробах донных отложений исследуемого водоема.

Инверсионный полиморфизм природной популяции *G. glaucus* оз. Чайка в исследуемый период составил 69,6%. Установлено 14 инверсионных последовательностей дисков и 38 геномных комбинаций. Наиболее высокий уровень инверсионного полиморфизма обнаружен в плече D (*glaD1*, *glaD2*, *glaD3*, *glaD6*, *glaD7*). Зарегистрированы и локализованы две новые инверсии *glaD6* и *glaD7*, сохраняющие тенденцию к закреплению в генофонде популяции. Преобладающей в гомо- и гетерозиготных генотипических комбинациях была «адаптивная» последовательность *glaB2*, характерная для многих природных популяций *G. glaucus* малых водоемов Калининградской области. Распространенность инверсионных последовательностей *glaA2*, *glaA3*, *glaB2*, *glaB3*, *glaB4*, *glaB6*, *glaC3*, *glaD2*, *glaD3*, *glaD5*, *glaG4* в хромосомах I (AB), II (CD) и IV (G) личинок *G. glaucus* из оз. Чайка указывает на наибольшую изменчивость и динамичность именно этой части генома.

Также в данный период в грунте оз. Чайка выявлено трехкратное превышения ПДК для подвижных форм меди, а содержание подвижных форм Fe в десятки раз превышало ПДК для рыбохозяйственных водоемов, что является максимальным показателем среди металлов, обнаруженных в донных отложениях озера.

Известно, что железо и медь образуют сильные комплексы «металл-лиганд», на которые гидробионты могут откликаться структурно-функциональными изменениями на различных уровнях, в том числе и геномном. Таким образом, высокие показатели хромосомного инверсионного полиморфизма данной популяции *G. glaucus* можно объяснить в том числе и генотоксическим эффектом воздействия высоких концентраций меди и железа.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ И НЕЗАМЕНИМЫХ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ НА СУШЕ ПРИ ВЫЛЕТЕ АМФИБИОНТНЫХ НАСЕКОМЫХ ИЗ СОЛЕННОГО ОЗЕРА ЮГА СИБИРИ

И. А. Витковская¹, Е. В. Борисова¹, Н. Н. Сущик^{1,2}

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, demina.irina@bk.ru

²Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск

Вылет имаго амфибионтных насекомых из водоемов является одним из ключевых векторов переноса «субсидий» водной продукции в наземные экосистемы. Комары-звонцы (*Chironomidae*, *Diptera*) представляют собой один из наиболее распространенных таксонов амфибионтных насекомых, обитающих в широком спектре климатических и экологических условий. Вылетающие имаго хирономид повсеместно включаются в состав трофических цепей прилегающих наземных экосистем, нередко определяя миграции, размножение, а также пространственную структуру популяций наземных животных. Наряду с общим потоком органического углерода, имаго вылетающих насекомых выносят на сушу длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) $\omega 3$, которые синтезируются преимущественно в водных экосистемах. Таким образом, распространение амфибионтных насекомых по территории суши представляется важным для оценки их роли в наземных трофических цепях.

Нами исследовано распределение биомассы имаго комаров-звонцов на суше при вылете из соленого степного оз. Шири. В результате учетов имаго хирономид, попавших в липкие наземные ловушки, установлено, что в пределах 25 и 100 м от береговой линии озера концентрируется 50 и 95% вылетевших особей родов *Glyptotendipes* и *Polypedilum*. Были рассчитаны площади соответствующих наземных территорий, и с учетом дополнительных данных выполнены количественные расчеты потоков биомассы хирономид и незаменимых ПНЖК на единицу площади. 100-метровая прибрежная полоса, где оставалось 95% имаго хирономид, получала в год 0,7 г сухой массы $\cdot \text{м}^{-2}$ и 7,2 мг ПНЖК $\cdot \text{м}^{-2}$. В свою очередь, для 25-метровой прибрежной территории, где концентри-

ровалось 50% вылетевших особей, потоки составляли 1,5 г сухой массы · м⁻² и 15 мг ПНЖК · м⁻² в год.

Сравнение с выполненной ранее глобальной оценкой показало, что оз. Ши́ра является малопродуктивным по сравнению с пресными водоемами лесной зоны. Тем не менее, расчетная величина экспорта ПНЖК на единицу площади наземной территории, окружающей озеро, достигает значений, сопоставимых с более продуктивными лесными ландшафтами. Таким образом, вылет имаго хирономид может стимулировать наземных консументов данного ландшафта к питанию в прибрежной полосе для получения необходимых доз незаменимых биохимических веществ с пищей водного происхождения.

Участие в XII Съезде ГБО при РАН проведено при поддержке Красноярского краевого фонда науки.

КАРТИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОБЕНТОСА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ

А. А. Володина, Е. Е. Ежова

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова, РАН, г. Москва,
ioran@atlas.baltnet.ru*

Полноценные сообщества макроводорослей в российских водах Юго-Восточной Балтики сохранились в районе валунно-глыбовой отмостки мыса Таран на глубинах 0–12 м. В других участках северного побережья Самбийского полуострова (мыс Гвардейский, Сокольники) в силу ряда причин (сточные воды приморских городов, абразия берегов, действие штормовых волн и др.) присутствуют сильно обедненные по видовому составу и обилию сезонные сообщества нитчатых водорослей, являющихся индикатором мезоэвтрофных и эвтрофных условий. Публикаций о распространении макрофитов в российском секторе Юго-Восточной Балтики (ЮВБ) мало.

Основным методом сбора данных был дайвинг и подводная фото- и видеосъемка на трансектах (от 0 до 15 м). Количественные образцы макроводорослей, собранные в трех повторностях на каждом участке отбора проб с использованием рамки 0,06 м². Все

образцы были идентифицированы до вида, а масса каждого вида была измерена как сырая и воздушно-сухая масса (gWW / m^2 , gDW / m^2) в лаборатории.

Для составления карт распространения водорослей была применена программа пространственного распределения ArcGIS 10, значения летней биомассы, усредненные по данным 2008–2012 гг., были интерполированы с помощью инструментов пространственного анализа ArcMap; районы с неподходящими субстратами и менее 15 м (из эвфотической зоны) были исключены из рассмотрения, а биомасса и появление видов были взяты за ноль.

Вокруг мыса Таран где каменистые субстраты простираются от береговой линии, встречается 21 вид макроводорослей, однако вертикальное распределение комплексов макрофитов здесь неравномерно вследствие особенностей рельефа и воздействия волн.

В верхней зоне сублиторали до глубины 1,0 м ежегодно доминируют эфемерные зеленые водоросли *Ulva intestinalis* и *Cladophora glomerata*. С 1,5 м произрастают *Polysiphonia fucoides* и виды рода *Ceramium*. От 2,0 м в районах распространения валунов доминируют нитевидные *P. fucoides* и виды рода *Cladophora* (*C. glomerata*, *C. rupestris*). Ценозообразующими видами на глубинах 2,5–12 м являются многолетние виды: *Furcellaria lumbricalis*, *Coccotylus truncatus*, *Polysiphonia fucoides*. Проективное покрытие *C. truncatus* очень мало, < 1%. Наибольшие биомасса и покрытие *F. lumbricalis* (40–60%) обнаружены на меньших глубинах (2–6 м), чем в литовских водах (4–10 м). Участки с преобладанием *F. lumbricalis* расположены только на небольшом участке около мыса Таран (1,25 км²).

Это место обитания, уникальное для ИЭЗ России, можно расценивать как весьма уязвимое, исходя из критериев уязвимых морских экосистем FAO: «уникальность или редкость видов или мест обитания, функциональное значение среды обитания, хрупкости экосистемы, которые являются структурно сложными или имеют особенности, которые препятствуют возможности восстановления (например, медленные темпы роста). Эта относительно небольшая акватория нуждается в применении мер по сохранению, включая создание морского охраняемого района, так как многовидовые сообщества макро-

водорослей в российской части Юго-Восточной Балтики (ИЭЗРФ) развиты только вдоль северного побережья Самбийского полуострова в окрестностях мыса Таран.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕР ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА

Е. Ю. Воякина

Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, РГГМУ, г. Санкт-Петербург, katerina.voyakina@gmail.com

В работе рассматриваются особенности сезонной динамики пространственного распределения структуры фитопланктона и хлорофилла *a* в озерах о. Валаам. Работа проводилась на 11 озерах Валаамского архипелага, расположенного в глубоководной части Ладожского озера. Все озера различаются по происхождению, глубине, особенностям гидрохимического и гидробиологического режимов. Площади исследованных озер варьировали от 0,3 до 80,5 га, максимальные глубины от 1,7 до 19,0 м. Максимальные градиенты были характерны для рН (от 4,0 до 8,6) и цветности (от 40 до 296 Pt-Co°).

Интегральные пробы фитопланктона отбирали батометром через 0,5–1,0 м в зависимости от глубины станции, фиксировали кислым раствором Люголя. Параллельно отбору проб проводили исследования основных лимнологических параметров.

В фитопланктоне озер Валаамского архипелага было обнаружено 312 таксонов рангом ниже рода из девяти отделов. Структура фитопланктона существенно варьировала от озера к озеру. Озера отличались значительным диапазоном показателей обилия фитопланктона (численность – от 0,1 до 676,6 млн кл/л, биомасса – от 0,1 до 105,2 мг/л). При анализе показателей обилия фитопланктона были выявлены значительные диапазоны численности и биомассы, как в конкретном озере, так и для всех малых озер. Наибольшее значение рафидофитовые имели в полигумусном оз. Витальевском. В кислых озерах зеленые водоросли создавали основную биомассу на протяжении всего периода исследования.

В большинстве озер в планктоне чаще всего доминировали виды: *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs ex Born. Et Flah., *Limnithrix planctonica* (Woiosz.) Meffert., *Planktolynghya limnetica* (Lemmerm.) Komark.-Legn. & Cronberg, *Gonyostomum semen* (Ehr.) Diesing. В кислых озерах активно вегетировали виды родов *Cryptomonas* Ehr., а также *Elakatothrix genevensis* (Reverd.) Hind., *Oocystis lacustris* Chod.

За период исследования в 2011–2018 гг. концентрация хлорофилла *a* варьировала в озерах в широком диапазоне (от 0,87 до 109,2 мкг/л), среднемноголетнее значение было 25,0 мкг/л. Содержание различных видов хлорофиллов в озерах Валаама значительно варьировало как от озера к озеру, так и в течение сезона. Показано, что в течение периода исследования в большинстве озер значительно различаются данные, полученные для проб из поверхностных горизонтов и интегральных, что, безусловно, связано с прогревом воды и температурной стратификацией. Минимальные значения хлорофилла *a* были отмечены в полиацидном оз. Германовском, максимальное – в оз. Витальевском.

СРАВНИТЕЛЬНО-ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИПИДНОГО И ЖИРНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ В ПРОЦЕССЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* L.) И КУМЖИ (*SALMO TRUTTA* L.)

**В. П. Воронин, С. А. Мурзина, С. Н. Пеккоева,
З. А. Нефёдова, Н. Н. Немова**

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
voronen-viktor@mail.ru*

Проведено сравнительное исследование липидного и жирнокислотного (ЖК) состава развивающейся икры кумжи (*Salmo trutta* L.) и атлантического лосося (*Salmo salar* L.) на отдельных этапах эмбрионального и раннего постэмбрионального развития. Предпринята попытка поиска возможных причин диф-

ференциации исследуемой молодежи лососевых рыб по уровню метаболизма, что в конечном итоге определяет сложную внутривидовую структуру лососевых рыб в условиях Европейского Севера. Липидный статус, как один из интегральных показателей уровня обмена веществ, может служить биохимическим индикатором состояния развития организма рыб в период эмбриогенеза. Установлено, что доминирующим и наиболее переменным классом у исследованных видов лососевых рыб являются запасные триацилглицерины (ТАГ). У кумжи отмечается более раннее начало расходования ТАГ для энергетических нужд, с этапа гастрюляции. Показана динамика содержания структурных липидов – общих фосфолипидов (за счет таких классов как фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин) и холестерина (ХС), а также значения индекса ФЛ/ХС в процессе развития у лососевых рыб. Основные изменения ЖК-состава выявлены начиная с этапа пигментации глаз у исследованных рыб. Так, например, уровень мононенасыщенных ЖК снижался за счет их расходования на энергетические нужды в связи с повышением двигательной активности личинки во время выклева. При этом содержание насыщенных ЖК увеличивался. Выявлено преобладание полиненасыщенных ЖК в неоплодотворенной икре, в процессе эмбриогенеза и раннего постэмбрионального развития обоих видов лососевых, а также показаны различия в содержании (n-3) и (n-6) полиненасыщенных ЖК за счет 22:6 (n-3), 20:5 (n-3) и 22:5 (n-3) (у лосося) и пищевой 18:2 (n-6) (у кумжи). Различия индекса Σ (n-3) / Σ (n-6), значение которого было выше у атлантического лосося по сравнению с таковым у кумжи, достоверно снижалось у североатлантического лосося за счет увеличения 20:4 (n-6) и уменьшения 20:5 (n-3) и 22:5 (n-3). У кумжи таких различий обнаружено не было. Работа проведена с использованием научного оборудования ЦКП Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 14-24-00102.

НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЯХ АМФИПОД ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Р. У. Высоцкая¹, Н. М. Калинкина², А. П. Георгиев²

¹Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

²Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
rimma@bio.krc.karelia.ru

При изучении влияния различных факторов на состояние водных экосистем наряду с биологическими и гидрохимическими методами все чаще используются генетические и биохимические методы исследования. Это позволяет выявлять ранние эффекты на клеточном и организменном уровне до проявления видимых нарушений на более высоких уровнях биологической иерархии в экосистемах. Использование биохимических методов значительно расширяет также возможности изучения самих водных обитателей, их устойчивости и адаптивных возможностей при воздействии разнообразных факторов среды. Важная роль в адаптациях на уровне клетки принадлежит лизосомам и заключенным в них ферментам.

Целью настоящей работы было сравнительное изучение уровня активности лизосомальных ферментов у двух видов обитающих в Онежском оз. амфипод: *Monoporeia affinis* (Lindstr.) и *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing). *M. affinis* является представителем реликтовых ракообразных донной фауны, имеет происхождение из арктических морей, обитает на глубинах с низкой температурой и повышенной минерализацией. *G. fasciatus* – рачок-вселенец байкальского происхождения, успешно адаптировался практически повсеместно на литорали Онежского оз. благодаря своей эврибионтности и высокой экологической пластичности.

Исследования выполнены с использованием приборов ЦКП научным оборудованием ФИЦ КарНЦ РАН. Из навесок исследуемых рачков готовили 10 %-ные гомогенаты на 0,25 М растворе сахарозы, осветляли их центрифугированием и в надосадочной

жидкости определяли активность лизосомальных ферментов (кислая фосфатаза, ДНКаза, РНКаза, β -глюкуронидаза) и содержание белка.

В результате исследований показано, что активность кислой фосфатазы и обеих нуклеаз в тканях *G. fasciatus* в 2–3 раза превышает соответствующие значения у реликтового рачка *M. affinis*. Наиболее значительная разница отмечена в активности кислой фосфатазы, связанной с минеральным и энергетическим обменом. Повышенный уровень нуклеаз свидетельствует о более интенсивно происходящих у *Gmelinoidea* биосинтетических процессах, в том числе связанных с включением генома. В то же время активность лизосомальной β -глюкуронидазы у *Monoporeia* в 2 раза превышала аналогичный показатель у рачка-вселенца. Это можно связать с тем, что у глубоководного представителя донной фауны *M. affinis* для обеспечения организма энергией за счет анаэробного расщепления углеводов, необходимы повышенные количества глюкозы, которые поставляются с участием лизосомальных гликозидаз. По содержанию растворимых белков в тканях изученных рачков достоверных различий не выявлено, поэтому обнаруженные закономерности в активности лизосомальных гидролаз проявляются при расчете активности ферментов как на 1 г сырой массы ткани, так и на мг белка.

Таким образом, проведенные исследования показали, что лизосомальные ферменты активно участвуют в биохимических адаптациях эврибионтного рачка-вселенца *G. fasciatus*, обладающего мощным адаптивным потенциалом, по сравнению с более требовательным к условиям обитания *M. affinis*.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета РФ на выполнение государственного задания КарНЦ РАН № 0221-2017-0050 (№ г. р. АААА-А17-117031710039-3).

ЛИЗОСОМАЛЬНЫЕ ФЕРМЕНТЫ В РАННЕМ РАЗВИТИИ КОЛЮШКИ *GASTEROSTEUS ACULEATUS* ИЗ РАЗНЫХ АКВАТОРИЙ БЕЛОГО МОРЯ

Р. У. Высоцкая¹, Е. А. Буэй¹, Д. Л. Лайус²

¹Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск
²Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, rimma@bio.krc.karelia.ru

Трехиглая колюшка в настоящий момент – самый многочисленный вид в беломорском ихтиоценозе. Являясь важнейшим пищевым объектом для многих рыб и некоторых видов птиц, она занимает ключевое положение в экосистемах моря. Недостаток сведений о механизмах биохимических адаптаций беломорской колюшки в раннем развитии определил цель и задачи настоящей работы.

Исследования выполнены с использованием приборов ЦКП научным оборудованием ФИЦ КарНЦ РАН. В гомогенатах тканей мальков колюшки определяли активность четырех лизосомальных гидролаз (кислой фосфатазы, РНКазы, ДНКазы, β -глюкуронидазы). Для исследований дважды были взяты сеголетки колюшки *G. aculeatus*, отловленные на трех нерестилищах в Кандалакшском заливе Белого моря (Сельдяная губа, Колюшковая лагуна, пролив Сухая Салма). Указанные биотопы различаются по ряду гидрологических и гидрохимических характеристик.

В результате исследований продемонстрированы определенные изменения в активности лизосомальных гидролаз в тканях развивающейся молоди трехиглой колюшки из разных биотопов Кандалакшского залива. При этом активность кислой фосфатазы практически не отличалась у мальков, взятых для исследований в разные сроки из всех трех акваторий. В то же время активность ДНКазы у рыб из пролива Сухая Салма в августе заметно превышала соответствующие значения в июльских пробах. Выявленные отличия могут объясняться влиянием ряда факторов абиотического и биотического характера. Важнейшим

из них в данном случае является характер питания. Известно, что в состав питания молоди трехиглой колюшки входит широкий спектр планктонных и бентосных организмов (Demchuck et al., 2015). Показано также, что состав и доступность пищевых объектов существенно зависят от температурных условий и приливо-отливных циклов (Демчук и др., 2017). В местах, подверженных прямому влиянию приливов (Сельдяная губа), наблюдаются суточные колебания в питании: переход с планктонного питания в полную воду, на бентосное питание при отливах. В закрытых акваториях, таких как Колюшковая лагуна, подобных изменений в характере питания не отмечалось. Небольшие вариации в активности лизосомальных гидролаз у растущей молоди колюшки из Колюшковой лагуны объясняется довольно стабильными условиями обитания в данной акватории.

Показательными являются данные по изменению активности кислой РНКазы в тканях колюшки, отловленной в разные сроки после нереста. У молоди, отловленной в августе, по сравнению с июльскими особями, выявлена более высокая активность данного фермента на всех нерестилищах. При этом достоверными различия в активности фермента были у рыб из биотопа с самыми благоприятными для нереста, роста и развития рыб – Сельдяной губы.

Таким образом, показано активное участие кислых гидролаз в адаптивных перестройках метаболизма молоди трехиглой колюшки под влиянием абиотических (температура, соленость) и биотических (характер питания) факторов среды. Наиболее значительный вклад на ранних стадиях онтогенеза вносит РНКазы – фермент, участвующий в обмене рибонуклеиновых кислот, что свидетельствует об интенсивно происходящих биосинтетических процессах в развивающемся организме рыб.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета РФ на выполнение государственного задания КарНЦ РАН № 0221-2017-0050 (№ з. р. АААА-А17-117031710039-3).

НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ТРАНСФОРМАЦИЙ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ОТСУТСТВИИ ДОЛГОСРОЧНЫХ МОНИТОРИНГОВЫХ ДАННЫХ

В. А. Габышев

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск,
bio@ibpc.ysn.ru*

Большую актуальность приобретают вопросы прогнозирования изменений водных экосистем в условиях глобального изменения климата. Очевидно, что основой для прогноза являются мониторинговые наблюдения. Однако для обширных районов Крайнего Севера, в связи с их труднодоступностью, характерен недостаток многолетних данных о водных экосистемах. Цель настоящей работы – на примере фитопланктона крупных рек Восточной Сибири предложить подход к прогнозированию изменений водных экосистем в условиях глобального изменения климата, при отсутствии базы многолетних наблюдений. Материалом для исследования послужили сборы фитопланктона 12 крупных рек региона: Лена, Вилюй, Колыма, Алдан, Оленёк, Витим, Индигирка, Амга, Олёкма, Анабар, Яна и Чара. Полученные нами сведения о фитопланктоне имеют широкий географический масштаб, но не являются мониторинговыми. Сбор проб проводился в летнюю межень в 2000–2011 гг. Анализируемый массив данных включает 2 переменные: флористическое отношение «число видов/число семейств» (далее – отношение В/С) и продолжительность безледного периода на реках (далее ПБП). В массив включены 303 наблюдения, по которым отсутствуют пропуски данных. Ранее нами была определена статистически значимая связь между ПБП на реках Восточной Сибири и основными флористическими пропорциями планктона, в т. ч. отношением В/С. Чтобы использовать наши данные при прогнозе, мы предлагаем применить метод пространственно-временного замещения. Рост ПБП на различных водных объектах Азиатской России с 1980 по 2014 г. составил в среднем от 4,63 до 11 суток за десятилетие. Данные о средней ПБП в каждом пункте отбора проб на исследованных нами реках,

ранжированные по убыванию географической широты свидетельствуют, что основной принцип метода пространственно-временного замещения, об эквивалентности пространственных и временных вариаций соблюдается – ПБП на реках увеличивается как по «географической шкале» (с севера на юг), так и по «временной шкале». Исходя из этого, отсутствующую у нас «временную шкалу» следует заместить переменной «географическая широта наблюдений». Для построения прогнозной модели нами выбран метод искусственной нейронной сети. Ранжированные по уменьшению широты наблюдений данные вводились в анализ как временные ряды. Процедуры статистического анализа выполнялись в модуле Statistica Automated Neural Networks программного пакета Statistica 10. Итог построения прогнозных моделей – проекции временных рядов – согласно которым, с ростом ПБП возможно увеличение флористических пропорций планктона северных рек, а следовательно, сокращение числа монотипных таксонов водорослей. Предложенный прогнозный метод имеет свои ограничения, «временные ряды», вводимые в анализ, получены путем пространственно-временного замещения, что не позволяет оценить масштаб прогноза во времени. Несмотря на то, что результат прогноза констатирует лишь имеющуюся тенденцию изменения анализируемого показателя, применение аналитического подхода позволяет избежать субъективности при прогнозировании.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ЗАРОСЛЕЙ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ВОДОТОКОВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Д. Е. Гаврилко, Д. С. Ручкин, А. А. Колесников

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, dima_gavrilkko@mail.ru

К настоящему времени зоопланктон зарослей высшей водной растительности водотоков изучен крайне слабо. Известно, что макрофиты оказывают значительное влияние на видовую структуру, распределение и обилие сообществ зоопланктона.

Исследования зоопланктона зарослей высшей водной растительности были проведены в 2014–2018 гг. на 17 разнотипных водотоках Нижегородской области (притоки Горьковского и Чебоксарского водохранилищ). В составе зоопланктона выявлено 250 видов, из них 145 видов коловраток (*Rotifera*), 75 – ветвистоусых ракообразных (*Cladocera*), 30 – веслоногих ракообразных (*Copepoda*). В целом видовой состав зоопланктона зарослей макрофитов в исследованных водотоках был достаточно сходным (значения коэффициента Сьеренсена 0,45–0,84). Наибольшее количество видов (138–160 видов) было найдено в зоопланктоне зарослей макрофитов водотоков г. Нижнего Новгорода.

Проведенный анализ распределения зоопланктона в условиях неоднородного макрофитного пояса в малых водотоках показал, что видовая структура сообществ зоопланктона в разнотипных зарослях существенно отличалась. Наиболее сильные различия видовой структуры зоопланктоценозов отмечены между зарослями, расположенными в рипальной зоне (у самого берега) и зоной медиали. С продвижением от рипали к медиали отмечено снижение доли ветвистоусых ракообразных и увеличение доли коловраток в общей численности и биомассе зоопланктона. Наибольшее количественное развитие зоопланктона сосредоточено в зарослях погруженных макрофитов (урутьмутовчатая, телорез обыкновенный). Такой же эффект возрастания численности и биомассы зоопланктона в зарослях погруженных растений (рдест гребенчатый) отмечен для крупного водотока (р. Ока).

Анализ хода сезонной динамики сообществ зоопланктона в разнотипных зарослях макрофитов позволил выделить зоопланктонные комплексы, характеризующиеся сходной видовой структурой в определенном временном промежутке. Наиболее длительное время существовал зоопланктонный комплекс в зарослях погруженного макрофита (пузырчатки обыкновенной), который присутствовал с июля по сентябрь. Для других зарослей (кубышки желтой, рдеста плавающего, манника большого) характерно присутствие летних и осеннего комплексов зоопланктона. На участке не заросшей рипали видовая структура сообществ зоопланктона значительно различалась в течение

вегетационного сезона. Наибольшего количественного развития зоопланктон достигал в зарослях пузырчатки (2022 тыс. экз./м³ и 27,3 г/м³) в июне. Во всех зарослевых биотопах в течение летних месяцев по биомассе преобладали ветвистоусые ракообразные. Существенные перестройки видовой структуры сообществ зоопланктона наблюдались в октябре и были связаны со снижением температуры воды и отмиранием высшей водной растительности. Для большинства зарослевых биотопов в октябре было характерно наличие в числе доминантов коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908). При этом в летние месяцы коловратка встречалась в планктоне единично.

Высшая водная растительность играет существенную роль в поддержании высокого видового богатства и количественного развития зоопланктона в прибрежной зоне водотоков. Морфологическое строение макрофита и плотность зарослей выступают ведущими факторами формирования видовой структуры сообществ зоопланктона.

ИЗМЕНЕНИЯ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ ВОДОЕМОВ УМЕРЕННОЙ ЗОНЫ ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

Ю. В. Герасимов

*¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, gu@ibiw.yaroslavl.ru*

Изменение термического режима в водоемах умеренной зоны в период потепления климата привело к трансформации структуры и функционирования популяций многих видов рыб.

В частности, в водохранилищах Верхней Волги это послужило основной причиной полного исчезновения европейской корюшки, доминировавшей до 1996 г., снижению численности, темпа линейного и массового роста налима. Ухудшение кислородного режима в придонном слое привело к исчезновению в траловых уловах ерша, тогда как в 1970–1980-е гг. его численность в улове достигала 20%

общей. Исчезновение корюшки, снижение численности тюльки и ерша повлияли на условия питания судака, что негативно сказалось на темпе его линейного и весового роста.

Изменение термического и кислородного режимов водоема привело к значительному сокращению обилия двустворчатого моллюска *Dreissena polymorpha*, что вызвало нарушение сложившейся ранее внутривидовой структуры плотвы: специфичность моллюскоядной формы как специализированной морфы утрачивается.

Летний прогрев всей толщи водной массы неблагоприятно сказался на темпе роста и структуре популяции щуки. В этих условиях выраженные периоды интенсивного линейного роста у крупных щук отсутствовали, отдельные годы интенсивного роста чередовались с годами с низким темпом роста. Средние годовые приросты особей старше 5 лет из выборки 2000-х гг. оказались достоверно ниже, чем у одновозрастных особей 1950-х гг. Следовательно, в 2000-е гг. в связи со значительным потеплением климата и усилением прогрева толщи воды, даже выход на русловые участки водохранилища с максимальными глубинами уже не способствовал столь значительному ускорению темпа роста, как это было в 1950–1980-е гг.

В период потепления наблюдается широкая распространенность процессов увеличения численности и смены половой структуры в популяциях серебряного карася в водоемах, которые порою кардинально различаются по экологическим показателям и сильно удалены друг от друга (например, оз. Севан и Рыбинское водохранилище). Пример положительного влияния потепления на вид, характеризующийся высокой теплолюбивостью и температурной устойчивостью наряду с низкой чувствительностью к недостатку кислорода.

Диаметрально противоположное влияние потепление оказало на холодноводные и оксифильные виды. В оз. Плещеево изменение термического и кислородного режима привело к трансформации структуры и функционирования популяции европейской ряпушки.

Потепление в значительной мере повлияло на качество среды обитания рыб. Повышение температуры оказало прямое негативное воздействие на виды рыб, относящиеся к холодновод-

ным (корюшка, ряпушка и налим), лимитируя их численность. На более стенотермные виды потепление оказало в основном опосредованное воздействие через состояние их кормовой базы и кислородный режим. Виды, менее зависимые от таких факторов, как температура и содержание кислорода (карась), получили значительное преимущество перед многими другими видами рыб, обитающими совместно с ними.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СТРУКТУРА РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА В 1980-е И 2010-е гг.

**Ю. В. Герасимов¹, М. И. Малин¹, Ю. И. Соломатин¹,
М. И. Базаров¹, С. Ю. Бражник²**

*¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, gu@ibiw.yaroslavl.ru*

*²Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии,
г. Москва, e-mail: svetlana_sh@vniro.ru*

Результаты проведенного исследования показали, что общей для волжских водохранилищ тенденцией в рыбном промысле является снижение годового вылова за счет уменьшения уловов осетровых, крупного частика (сазан, лещ) и хищников, входящих в эту категорию (судак, сом, щука). Но при этом возросли объемы добычи мелкого частика (чехонь, синец, плотва, густера, карась и др.). Менее выражены эти тенденции в Угличском и Ивановском водохранилищах, где в 2000-е гг. был запрещен рыбный промысел, и осталось только любительское рыболовство.

Сходные тенденции наблюдаются и в структуре научно-исследовательских траловых уловов. В них, как и в промысле, отмечается снижение общего вылова за счет снижения доли осетровых и рыб из категории крупного частика. Гидроакустические исследования показали, что ихтиомасса во всех волжских водохранилищах в 2010-е гг. снизилась многократно. Исключением являются только Угличское и Ивановское водохранилища.

Совпадение данных промысловой статистики и научно-исследовательского лова указывает на объективность полученных данных.

На фоне снижения общей ихтиомассы в период с 1980-х и по 2010-е гг. произошли изменения и в пространственном распределении рыб. В настоящее время на всех Волжских водохранилищах минимальные ихтиомассы наблюдаются в приплотинных участках и верховьях речных участков, где условия для озерных и озерно-речных теплолюбивых видов рыб, составляющих основу рыбного населения волжских водохранилищ, менее благоприятные. В 1980-е гг., при высоких общих ихтиомассах в Волжских водохранилищах, часть рыб в результате конкурентных отношений вынуждена была осваивать и эти участки. В 2010-е гг., в результате многократного снижения ихтиомассы, емкость участков в средней части водохранилищ с более благоприятными условиями позволяют основной массе рыб концентрироваться на них.

Положительные тенденции, наблюдаемые в Иваньковском и Угличском водохранилищах, в которых запрещен промысловый лов, указывают на то, что снижение этих показателей в остальных Волжских водохранилищах обусловлены чрезмерным промысловым изъятием рыбы в 1990–2000-е гг., и, в первую очередь, наиболее ценных в коммерческом отношении видов. Это, в свою очередь, стало следствием менее эффективного регулирования и контроля над промыслом в 2010-е гг. по сравнению с 1980-ми.

Естественные причины, основной из которых в исследуемый период стало потепление климата, оказали менее значимое воздействие на состояние рыбного населения Волжских водохранилищ. Негативное воздействие потепления климата критически сказалось только на численности холодноводных и оксифильных видов, что особенно заметно в Верхневолжских водохранилищах, где доля таких видов рыб значительно выше, чем в водохранилищах Средней и Нижней Волги. Потепление способствовало быстрому расселению в 1990-е и 2000-е гг. в водохранилищах Средней и Верхней Волги черноморско-каспийской тюльки, ее вселение и последующее доминирование способствовало существенному изменению структуры и трофических связей в скоплениях рыб волжских водохранилищ.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫЖИВАНИЯ В ПОСЕЛЕНИЯХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В УСЛОВИЯХ НЕНАРУШЕННОЙ СРЕДЫ

А. В. Герасимова, Н. В. Максимович, Н. А. Филиппова

*Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, agerasimova64@mail.ru*

Динамика численности поселений морских *Bivalvia* формируется как отражение, в основном двух процессов: пополнения (молодь и мигрантами) и смертности. Известно, что успешные пополнения поселений двустворчатых моллюсков носят, как правило, эпизодический характер, и определено это не столько количеством появившейся в местообитаниях молоди, сколько ее выживаемостью в течение первого года. Таким образом, определяющее значение в формировании возрастной структуры поселений *Bivalvia* приобретают эффекты выживания сеголетков зимой и снижения численности особей в отдельных возрастных группах. Однако закономерности элиминации особей других возрастов для большинства видов моллюсков остаются слабоизученными или почти неизвестными. Основная причина последнего, очевидно, обусловлена сложностями в оценке возраста *Bivalvia* и соответственно параметров возрастной структуры поселений. В поселениях двустворчатых моллюсков обычно принято оценивать среднегодовой уровень смертности в возрастных группах как параметр экспоненциальной модели. При этом насколько представление о скорости смертности как константе на протяжении жизненного цикла животных соответствует реальной ситуации (а в основе модели лежит предположение о стационарности биосистемы), как правило, не проверялось. Наши исследования закономерностей выживания в поселениях массовых видов двустворчатых моллюсков (9 видов) в Белом море нацелены на сбор информации для построения таблиц выживания, дающих возможность анализа повозрастного распределения смертности в поселениях *Bivalvia*, и соответственно ее причин на разных этапах жизненного цикла. В нескольких случаях даже удалось проследить за судьбой отдельных генераций на протяжении всего их жизненного цикла

и построить когортные таблицы выживания, что является практически беспрецедентным для свободноживущих неприкрепленных морских донных беспозвоночных.

Оказалось, что средняя (независимо от возраста) годовая скорость элиминации особей в поселении может вполне служить интегральной оценкой условий существования моллюсков наряду, например, с характеристиками линейного роста животных. Для отдельных представителей беломорских *Bivalvia* этот показатель варьировал в 1,5–2 раза в разных поселениях одного и того же вида. В результате мы могли наблюдать существенные (в два раза и даже более) различия в продолжительности жизненного цикла представителей одного поколения в разных местообитаниях.

Однако представление об онтогенетическом постоянстве скорости смертности в поселениях *Bivalvia*, по-видимому, является слишком упрощенным. В поселениях беломорских моллюсков скорость элиминации особей разного возраста варьировала, как правило, в десятки раз (по максимуму от 0,04 до 0,92 год⁻¹). Как возможные причины повышения уровня смертности в течение жизненного цикла изученных видов можно выделить:

- А) обитание в поверхностном слое грунта на начальных этапах жизненного цикла (нестабильная среда, высокая смертность нежизнеспособных особей, влияние хищников);
- Б) напряженные внутривидовые отношения в плотных скоплениях молоди;
- В) усиление внутривидовой конкуренции вследствие быстрого роста моллюсков;
- Г) старение (достижение средней и максимальной продолжительности жизни).

При этом в жизненном цикле практически всех анализируемых видов отмечены периоды, когда особи отличались крайне низким уровнем смертности. Их продолжительность достигала от 1–2 лет до нескольких десятилетий. Если такие периоды совпадали по времени с этапами относительно низкой скорости линейного роста *Bivalvia* (особи старших возрастных групп), размерная структура поселений моллюсков могла отличаться удивительной стабильностью (даже на протяжении двух десятков лет).

ГИГРОФИЛЬНАЯ ФЛОРА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ВОПРОСЫ ОХРАНЫ

М. А. Герб, А. А. Володина

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва,
kononova.yv@ocean.ru*

Калининградская область (КО) находится на юго-восточном побережье Балтийского моря. В состав гигрофильного компонента флоры области входит 243 вида высших растений (Губарева, 2015), что составляет около 17% от состава флоры высших сосудистых растений Калининградской области (Конспект..., 1999). Изученность флоры и растительности отдельных водоемов и водотоков области остается еще неполной, сведения о макроводорослях до наших исследований были единичны. Целью нашей работы стали обобщение и инвентаризация имеющихся сведений и данных собственных полевых исследований видового разнообразия макрофитов, в том числе макроводорослей.

По результатам многолетних исследований были составлены конспекты видов макрофитов для Балтийского моря, Куршского, Вислинского заливов, Прегольской речной системы, рекам Неман и Шешупе, обобщены данные по видовому разнообразию макроводорослей рек области, уточнено распространение некоторых видов, в том числе редких макрофитов. Адвентивный элемент флоры составляет восемь видов (*Acorus calamus*, *Elodea canadensis*, *Bidens connata*, *B. frondosa*, *Echinocystis lobata*, *Suaeda maritima*, *Xanthium albinum*, *Solidago gigantea*).

Всего в малых реках Прегольской речной системы отмечено 177 видов сосудистых растений и 15 видов макроводорослей. Для р. Преголя выявлено 138 видов высших растений, 9 видов макроводорослей и один вид мхов; для рек Шешупа и Немана – 145 видов сосудистых растений, один вид водорослей и один вид водных мхов. Здесь были обнаружены новые места обитания *Potamogeton praelongus* – вида 1 категории редкости, занесенного в Красную книгу КО (2010). В состав флоры Куршского залива включены 139

видов сосудистых растений и 23 вида макроводорослей, в заливе впервые выявлены новые местообитания для *Batrachospermum atrum*, *Chroodactylon ornatum*, *Chaetophora elegans*, *Vaucheria bursata* и охраняемого *Nymphoides peltata* – 1 категории редкости. Для Вислинского залива выявлено 130 видов высших растений и 16 видов водорослей. Солонатоводность залива обуславливает местообитания видов-галофитов, более нигде не произрастающих: *Tripolium pannonicum*, *Zannichellia major*, *Batrachium fluitans*. Для Балтийского моря выявлено 34 вида макроводорослей и два вида сосудистых растений. Для крупнейшего оз. Виштынецкого установлено 13 видов макроводорослей и много редких видов макрофитов, в том числе занесенных в Красную книгу КО. Подтверждено произрастание *Alisma gramineum*, *Hippuris vulgaris* – охраняемых видов 1 категории редкости.

В современный период выявлено снижение видового разнообразия или выпадение отдельных видов в растительных сообществах по сравнению с довоенными исследованиями (многотом. изд. Abromeit, 1989–1940), что является ответной реакцией на изменения качества водной среды и других антропогенных факторов. В новое издание региональной Красной книги предлагается включить 24 вида макроводорослей.

Авторы благодарны коллегам Janina Kwadrans, А. А. Боброву, Е. В. Чемерис, Р. Е. Романову за консультации и помощь в определении водорослей.

ТРОФИЧЕСКИЕ СЕТИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОНЦЕПЦИИ

М. И. Гладышев

*Сибирский федеральный университет, Институт биофизики
ФИЦ «Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН»,
г. Красноярск, glad@ibp.ru*

Понимание механизмов функционирования природных экосистем базируется на изучении потоков вещества и энергии в трофических сетях, структура которых в значительной степени опреде-

ляется спектрами питания консументов. Спектры питания водных беспозвоночных и рыб первоначально исследовались методом визуального (микроскопического) анализа содержимого кишечника. Однако данный метод имеет существенные ограничения, связанные с преобладанием в кишечниках неидентифицируемого органического вещества, а также неперевариваемостью многих проглоченных объектов. В конце XX – начале XXI в. появились новые методы анализа: биомаркеры – преимущественно жирные кислоты (ЖК) и стабильные изотопы (СИ), позволяющие определять состав ассимилированной пищи. Кратко описываются основы данных методов. На основании собственных и литературных данных приводится обзор преимуществ и ограничений применения ЖК-маркеров и стабильных изотопов для анализа пищевых сетей водных экосистем. Особо рассматриваются новые экологические понятия и термины, возникшие благодаря внедрению новых методов. Приводятся примеры использования рассматриваемых современных методов для исследования конкретных природных экосистем. Анализируются новые данные, заставляющие пересмотреть некоторые общепринятые представления о трофической структуре тех или иных водных экосистем и их звеньев. Обсуждаются перспективы и проблемы дальнейшего развития данных методов и их использования в гидробиологии.

ФИТОПЛАНКТОН ПЕРИОДА ФОРМИРОВАНИЯ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л. А. Глущенко

*ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск,
loraglushchenko@gmail.com*

Богучанское водохранилище образовано плотиной Богучанской ГЭС у г. Кодинска на р. Ангаре, располагается в Красноярском крае и Иркутской области. На отметке 208 м над уровнем моря (н. у. м.) площадь водоема составляет 2326 км² (из которых 1961 км² приходится на Красноярский край и 365 км²

на Иркутскую область). Водохранилище должно иметь полный объем 58,2 км², полезный объем по проекту должен составлять 2,31 км². Год наполнения – 2012.

Исследования проводили до зарегулирования р. Ангары (2009 г.) и после строительства ГЭС (с 2014 по 2018 гг.) на реперных участках водохранилища и в нижнем бьефе.

В вегетационный период 2018 г. фитопланктон Богучанского водохранилища представлен 35 видами водорослей из 6 отделов, также были обнаружены цисты водорослей и трихомы цианобактерий. Видовое разнообразие фитопланктона было низким. Лидируют водоросли отдела *Vacillariophyta* – 16 видов; водорослей отдела *Chlorophyta* идентифицировано 9 видов, цианобактерии представлены 5 видами, водорослей отделов *Dinophyta* и *Cryptophyta* – по 2 вида; водорослей отдела *Euglenophyta* в пробах обнаружен 1 вид.

Флористический состав планктона исследованного участка Богучанского водохранилища по количеству видов характеризовался как диатомовый-зеленый с присутствием цианобактерий, криптофитовых, эвгленовых и динофитовых водорослей. Степень сложности альгоценозов исследованного участка была на уровне низкой организации, средней сложности, индекс видового разнообразия Шеннона в среднем за вегетационный сезон изменялся от 0,58 бит до 2,28 бит, в среднем составил 1,24 бит. В межгодовом аспекте рассчитанный индекс видового разнообразия Шеннона не изменялся (в пределах ошибки).

Однако по сравнению с предыдущими годами исследований (2014, 2015 гг.) наблюдается увеличение количества видов фитопланктона от 10 видов в 2014 г. и 23 видов в 2015 г. до 33 видов в 2017 и 35 – в 2018 г.; но количество отделов уменьшилось до шести, за счет отсутствия желто-зеленых и золотистых водорослей, который регистрировались единично в 2017 г. При лидирующем разнообразии диатомовых водорослей происходит смена сопутствующих видов: цианобактерии, развивающиеся до уровня «цветения» летом, сменяются криптофитовыми водорослями осенью, в комплексе с зелеными водорослями единично встречаются эвгленовые водоросли.

Плотность альгоценозов планктона варьировала значительно, что, по-видимому, связано с возникновением «цветения» воды и последующим обеднением планктона. По развитию планктона и смене доминирующих групп можно отметить, что постепенно формируется фитопланктон, характерный для водохранилищ бассейна Енисея. В сравнении с 2017 г. количественные показатели фитопланктона 2018 г. выше. В целом за период исследований (с 2014 г.) следует отметить резкую вспышку количественных показателей цианобактерий в 2015 г., которые доминировали и в другие годы, за исключением 2017 г., где основной вклад в численность и биомассу вносили водоросли отдела Chlorophyta, что дает возможность предположить наличие органического загрязнения. На что также указывает развитие водорослей отдела Cryptophyta во все годы исследований.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS* (PALLAS) В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**О. Ю. Глызина¹, Г. А. Федорова¹, Т. Н. Авезова¹,
Е. А. Константинова², Л. А. Глызин¹, В. Б. Ицкович¹**

¹*ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск*
²*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, glyzina@lin.irk.ru*

Адаптивные свойства в животном организме у представителей таксонов низкого филогенетического уровня только начинают изучаться. Симбиоз микроорганизмов с губками является не только одним из древнейших на Земле, но одним из самых сложных, объединяющим более 100 видов организмов разных таксономических групп в одно симбиотическое сообщество. Симбионты в губках играют важную роль в биотрансформации органического вещества. Антропогенное воздействие на природу изменило функционирование многих экосистем. Так в оз. Байкал в последние годы наблюдается массовая гибель сообщества эндемичных байкальских

губок. Выявить причину этого явления можно проведя ее исследование в лабораторных экспериментах.

В качестве объекта исследования было взято симбиотическое сообщество на основе эндемичной байкальской губки *Lubomirskia baicalenis* (Pallas), включающее эндо- (микроводоросли, бактерии и другие одноклеточные организмы, живущие в клетках губки). Губка была собрана с глубины 10 м в южной части Байкала и адаптирована к искусственным условиям обитания в аквариумных установках при температуре 4 °С в условиях проточной байкальской воды и 12-часовом световом режиме. Долгосрочное содержание эндемичных видов байкальских губок в аквариумных установках при разных температурах позволило получить новые данные о биохимической адаптации этих бентосных гидробионтов. Анализ биохимических показателей проводили с использованием известных методик: пигментный состав анализировали с помощью масс-спектрометра MALDI-TOF/TOF (“UltrafleXtreme”, “Bruker Daltonics GmbH”, Германия), MALDI-мишень MTP AnchorChip 400/384 T F (S/N 20823), методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на хроматографе «Милихром А-02» (ЗАО «ЭкоНова», г. Новосибирск); оценку уровня экспрессии БТШ проводили по классической методике; хромато-масс-спектрометрический анализ метиловых эфиров жирных кислот проводили на приборе Agilent 5973N-GC6890.

Экспериментальные данные позволили проанализировать изменчивость липидного и пигментного состава клеток губки; выявить одну из причин накопления в клетках губок белков теплового шока (БТШ); оценить одну из частей механизма функционирования мембранных липидов. Исследования показали, что после трех месяцев инкубации губки при повышении температуры до 12 °С изменяются количественные биохимические показатели как клеток самой губки, так и ее симбионтов. Результаты эксперимента выявили, что при повышении температуры воды выше экологического оптимума эндемичный вид байкальской губки *Lubomirskia baicalenis* и ее внутриклеточные симбионты не остаются в рамках своей обычной «пациентной» жизненной

стратегии, а изменяют количественный состав демоспонгиевых кислот, БТШ70, магний-порфиринового комплекса.

Работа выполнена в рамках государственного проекта № 0345-2016-0002, «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии в условиях глобальных экологических изменений».

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА И ПРОДУКЦИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА СОЛЕННОЙ РЕКИ БОЛЬШОЙ САМОРОДЫ (БАССЕЙН ОЗЕРА ЭЛЬТОН)

Л. В. Головатюк, Т. Д. Зинченко

*Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти,
gollarisa@mail.ru*

Исследования, касающиеся функционирования соленых рек, достаточно редки, несмотря на высокую значимость этих экосистем для аридных регионов мира (Ballinger, Lake, 2006; Moore et al., 2007; Venke, Nurgun, 2010, 2017). Выполненная нами работа была первой попыткой оценить продукцию сообществ макрозообентоса соленой реки в бассейне гипергалинного оз. Эльтон (Волгоградская обл.). Отбор проб макрозообентоса производили в среднем и устьевом участках р. Большой Самороды три раза в месяц с мая 2017 г. по апрель 2018 г. В составе бентоса было зарегистрировано 30 таксонов, имеющих разный диапазон соленостной устойчивости: 18 – двукрылых, 5 – олигохет, 4 – жуков, 2 – клопов и 1 – ракообразных. Наблюдались существенные различия в составе фауны макрозообентоса между участками реки: 9 видов были специфичны для среднего течения и 13 – для устьевом участка. Дисперсионный анализ выявил наиболее значимые факторы среды, обуславливающие различия видового состава: скорость течения ($p = 0,002$, $F = 2,096$), уровень минерализации ($p = 0,03$, $F = 0,991$), зарастаемость ($p = 0,002$, $F = 6,573$), рН воды ($p = 0,004$, $F = 1,77$). Сезонная динамика в среднем течении реки характеризовалась постепенным возрастанием численности

гидробионтов от апреля (1450 экз. м⁻²) к июню (13150 экз. м⁻²), сохраняясь на уровне 5383–3075 экз. м⁻² в июле-августе и снижаясь до 2100–100 экз. м⁻² в осенне-зимний период. Численность гидробионтов в устьевом участке была стабильно высокой с мая по ноябрь (4830–50600 экз. м⁻²), снижаясь до 900–100 экз. м⁻² зимой и ранней весной. В среднем течении во все сезоны года по численности преобладали ракообразные и личинки двукрылых, в устье – личинки двукрылых. Среднегодовая биомасса макрозообентоса на обследованных участках р. Б. Самороды различалась незначительно (2,25–2,38 г м⁻²), тогда как приближенная оценка продукции устьевого участка (117 г м⁻² год⁻¹) в 5 раз превышала величины, полученные для среднего течения (22,54 г м⁻² год⁻¹). Существенный разброс в показателях продукции между участками реки был обусловлен различиями жизненных циклов массовых таксонов. Так, в среднем течении наибольший вклад в продукцию (68%) вносили моновольтинные гаммариды *Gammarus lacustris*, имеющие низкий оборот биомассы (P/B = 8), в то время как в устьевом участке основную долю продукции (86%) формировали поливольтинные хирономиды *Tanytarsus kharaensis*, *Microchironomus deribae* и *Chironomus salinarius*, характеризующиеся высоким оборотом биомассы: P/B для *T. kharaensis* достигал 95, для *M. deribae* – 75, для *Ch. salinarius* – 51.

Продукция макрозообентоса в среднем течении р. Б. Самороды была сравнима или в 2–5 раз превышала известные показатели для пресных вод, а продукция макрозообентоса устьевого участка была в 5–29 раз выше, чем в пресных водах (Williams, D. Hogg, 1988; Tod, Schmid-Araya, 2009; Pan et al., 2011), и сопоставима с продукцией в солоноватых водах (Ponti et al., 2007).

Солоноватые и соленые воды обычно характеризуются развитием небольшого числа высокоспециализированных видов, адаптированных к экстремальной солености и температуре и достигающих значительных величин численности, биомассы и продукции (Bunn, Devis, 1992; Velasco et al., 2006).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-04-00135.

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССА ЭВТРОФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЭСТУАРИЯ РЕКИ НЕВЫ

М. С. Голубков, С. М. Голубков

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, golubkov_ms@mail.ru

Эвтрофикация водоемов относится к основным экологическим проблемам, обострившимся в условиях быстрых современных изменений климата. На основе статистического анализа долгосрочных данных по концентрации хлорофилла *a* и общего фосфора, первичной продукции планктона, минерализации органических веществ в середине летнего периода 2003–2017 гг. в эстуарии р. Невы и погодных условий в регионе продемонстрировано влияние климатических факторов на развитие процесса эвтрофирования вод северных эстуариев Балтики. Анализ метеорологических данных показал, что в течение 2000-х годов не наблюдалось увеличения средней температуры воздуха, однако был резко выражен, особенно последние годы, положительный тренд увеличения количества осадков и дождливых дней в июле.

Статистический анализ долгосрочных данных выявил положительную взаимосвязь между концентрациями общего фосфора ($r = 0,79$, $p < 0,01$) и хлорофилла *a* ($r = 0,74$, $p < 0,05$), а так же первичной продукцией планктона ($r = 0,77$, $p < 0,05$) в эстуарии р. Невы и количеством июльских атмосферных осадков. Мы не нашли какой-либо связи между этими показателями и средней температурой июля, но обнаружили явное влияние температуры воды на скорость минерализации органических веществ ($r = 0,71$, $p < 0,01$). Дождливые и холодные летние условия в последние годы привели, с одной стороны, к массовому развитию фитопланктона за счет увеличения выноса биогенных элементов с водосборной площади, в первую очередь фосфора, а с другой стороны, за счет низкой температуры воды снизилась скорость минерализация органических веществ в столбе воды. В результате в планктоне создается больше органических веществ, чем может минерализоваться в столбе воды, т. е. наблюдается развитие процесса эвтрофирования.

Современное эвтрофирование вод эстуария может иметь отсроченные эффекты, поскольку дополнительные количества органических веществ, созданных в процессе фотосинтеза, не минерализуются в столбе воды, а оседают и накапливаются в донных осадках. При изменении погодных условий и физико-химических условий у дна они могут начать минерализовываться и увеличивать внутреннюю биогенную нагрузку на экосистему эстуария. В течение последних десятилетий власти Санкт-Петербурга предпринимают различные меры для улучшения условий окружающей среды. В настоящее время обрабатываются 98,5% городских сточных вод. Кроме того, к 2010 г. была завершена реализация дополнительного химического удаления фосфора на основных станциях очистки сточных вод. Однако в последние годы не было выявлено тенденции к снижению степени эвтрофирования вод. Одной из возможных причин отсутствия реакции экосистем на снижение антропогенной нагрузки биогенными элементами, по всей видимости, является региональное изменение климата, которое нивелирует последствия корректирующих мер. При планировании дальнейших оздоровительных мероприятий необходимо учитывать современное неблагоприятное изменение экологического фона.

ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ И ЭВТРОФИРОВАНИЕ ВОДОЕМОВ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

С. М. Голубков

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, golubkov@zin.ru

Несмотря на принимаемые меры по ограничению стока биогенных элементов эвтрофирование водоемов по-прежнему относится к основным экологическим проблемам окружающей среды. Одна из основных причин – неблагоприятные изменения климата, приводящие к увеличению стока биогенных элементов за счет увеличения количества атмосферных осадков в зонах повышенного увлажнения, уменьшения проточности водоемов в более южных регионах и пр. К важным последствиям эвтрофирования отно-

сится не только многократное увеличение первичной продукции водоемов, но и снижение эффективности использования дополнительных количеств органических веществ, создаваемых в водоемах, в пастбищной пищевой цепи и увеличения значения «микробиальной петли» (микробиальной пищевой цепи). Например, с помощью анализа содержания стабильных изотопов у гидробионтов показано, что избыточное количество органического вещества, создаваемое прибрежными макроводорослями *Cladophora glomerata* и *Ulva intestinalis* при «зеленых приливах» в результате эвтрофирования эстуария р. Невы, практически не используется в пастбищных трофических цепях, поступая в микробиальную пищевую цепь (Golubkov et al., 2018). Учитывая, что массовое развитие вредных видов донных водорослей в прибрежье эстуария, так же, как и в прибрежье многих других водоемов России (например, оз. Байкал), приводит к снижению содержания кислорода, периодическому значительному уменьшению численности беспозвоночных и снижению потока энергии через пастбищную пищевую цепь, это явление следует рассматривать как негативное, отрицательно влияющее на биологические ресурсы и качество воды в водных экосистемах.

Неблагоприятные структурные изменения происходят и в сообществах фитопланктона. Во многих водоемах в число доминирующих групп выходят цианобактерии и динофлагелляты. Многие из них выделяют токсины, отравляющие других гидробионтов. Кроме того, представители этих групп, как правило, обладают нейтральной плавучестью и способны парить или плавать в толще воды. После отмирания эти продуценты в основном утилизируются в пелагиале, а созданное ими органическое вещество поступает в микробиальную пищевую цепь. Это отличает их от быстро оседающих планктонных водорослей, таких как, например, диатомовые. Исследования использования углерода органического вещества, продуцируемого цианобактериями, в донных пищевых цепях эстуария р. Невы показало, что лишь небольшая его часть достигает дна и утилизируется донными беспозвоночными (Golubkov et al., 2017). Поэтому наблюдаемое в последние десятилетия увеличение продуктивности

фитопланктона эстуария за счет массового развития цианобактерий в летнее время не привело к увеличению потока энергии через сообщества зообентоса. К аналогичным последствиям для пищевых цепей приводит наблюдаемое в последние годы уменьшение роли диатомовых водорослей во время весеннего «цветения воды» в Балтийском море. Эти водоросли являются основным источником углерода для донных пищевых цепей и замещение их в весеннем фитопланктоне активно плавающими и медленно оседающими динофлагеллятами значительно ослабило пелаго-бентические связи в экосистеме Балтики.

Таким образом, при прогнозировании последствий процесса эвтрофирования для биологических ресурсов водоемов в современный период необходимо учитывать биогеохимические изменения в их экологических системах, а также механизмы и последствия перераспределения потоков энергии между пастбищной и микробиальной пищевыми цепями.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КРАСНОПЕРКИ (SCARDINIUS ERYTHROPTHALMUS) В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ

М. П. Грушко, Н. Н. Федорова, В. А. Ижерская

*Астраханский государственный технический университет (АГТУ),
г. Астрахань, mgrushko@mail.ru*

Почки играют большую роль в поддержании гомеостаза, выполняя выделительную и осморегуляторную функцию. Кроме того, ретикулярная ткань почек принимает участие в гемопоэзе (Мельникова, 2015; Нгуен Тхи Хонг Ван и др., 2018). В связи с этим, морфологические и функциональные нарушения в почках могут привести к дисфункции разных систем органов рыб и, как следствие, к снижению общей резистентности (Гамбарян, 1985).

В работе использован комплекс методов: ихтиологических, гистологических. Массу и общую длину личинок и мальков крас-

ноперки определяли по общепринятым в ихтиологии методикам. Выловленных личинок и мальков фиксировали в 12%-ом растворе нейтрального формалина. Серии срезов готовили по общепринятым в гистологии методикам (Волкова, Елецкий, 1982). Полученные препараты изучали с помощью микроскопа Olympus BH-2 при увеличении $\times 40$, $\times 100$, $\times 400$.

В конце личиночного периода мезонефрос представлял собой тонкие парные лентовидные образования, расположенные по бокам кишечника. С латеральных сторон от мезонефроса, имея с ним связь, располагались относительно тонкие Волфовы каналы, выстланные кубическим эпителием. В каудальном конце оба канала соединялись, образуя мочевыводящее отверстие.

Величина почечных телец была вариабельной, мочевые пространства в них были относительно небольшими, полулунной или округлой формы. Петли капилляров в почечных тельцах были плотно прижаты друг к другу, т. е. наблюдалась их гиперцеллюлярность. Большее количество почечных телец отмечалось в средней части мезонефроса. Межканальцевая ткань располагалась в мезонефросах неравномерно: больше ее было в медиальном и латеральном отделах мезонефроса. В межканальцевой ткани были заметны мелкие кровоизлияния. Внутрпочечные сосуды были расширены, заполнены форменными элементами крови, в основном, эритроцитами. Извитые канальца, вдававшиеся в Вольфов проток, на поперечных разрезах были выстланы в среднем из 9 кубических клеток, причем этот кубический эпителий был отечен, в связи с чем полости извитых канальцев были сужены.

В течение малькового периода заметно увеличился общий объем мезонефроса; он приобрел форму треугольника, причем широкая его часть была обращена кверху. В этой части не были обнаружены почечные тельца, хотя извитые канальца там имелись, вокруг которых находилась межканальцевая ткань. В средней трети мезонефроса находилось большое количество крупных почечных телец и извитых канальцев. Диаметры почечных телец в мальковом периоде, по сравнению с личиночным периодом, увеличились почти в два раза; увеличилось в почечных тельцах

и мочевое пространство, в основном став в виде широкого пояса вокруг клубочка капилляров. В каудальной трети мезонефроса отмечалось значительно меньшее количество почечных телец, которые были меньших размеры, но межканальцевой ткани в этой части почти было больше, чем в средней части органа.

Таким образом, в мальковом периоде, по сравнению с личиночным, происходил интенсивный рост тканей мезонефроса; увеличение и рост почечных телец, в основном в средней части органа. Кроме того, увеличился объем межканальцевой ткани, которая функционировала как универсальный орган кроветворения. Обнаружены некоторые патологические изменения при развитии мезонефроса: расширение внутрпочечных сосудов, мелкие кровоизлияния в межканальцевую ткань.

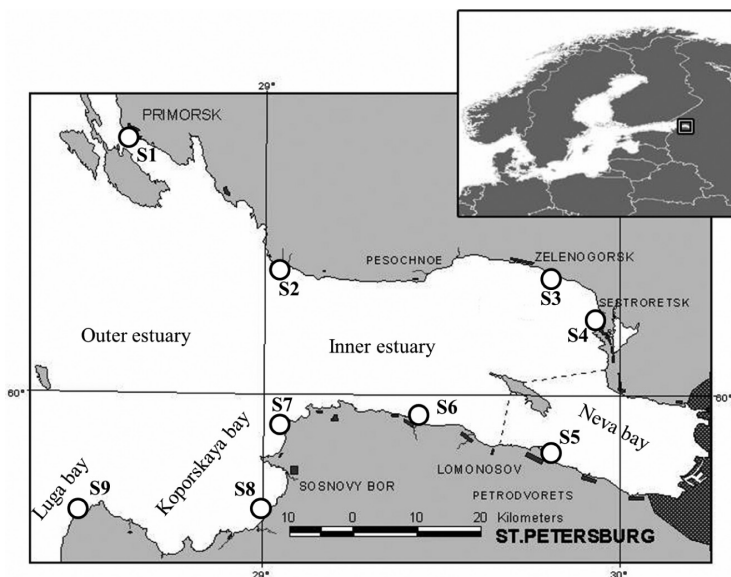
«ЗЕЛЕННЫЕ ПРИЛИВЫ» В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА – ДИНАМИКА И ПОСЛЕДСТВИЯ

**Ю. И. Губелит¹, Н. А. Березина¹, Ю. М. Поляк²,
Т. Д. Шигаева², Л. Г. Бакина², В. А. Кудрявцева²**

¹*Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург*

²*Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН,
г. Санкт-Петербург, gubelit@list.ru, yulia.gubelit@zin.ru*

Представленное многолетнее исследование было проведено на постоянных станциях мониторинга в прибрежной зоне восточной части Финского залива (рис.), которая ежегодно подвергается так называемому «зеленому приливу» – массовому развитию зеленых макроводорослей *Cladophora glomerata* (L.) Kutz. и *U. intestinalis* L. Мы проанализировали многолетнюю динамику биомассы макроводорослей. Анализ содержания ионов металлов в поверхностных седиментах прибрежной зоны, позволил выдвинуть гипотезу, что массовое развитие и аккумуляция биомассы макроводорослей может вносить вклад не только в накопление органического вещества и биогенных элементов, но также и ассоциированных металлов.



Станции отбора проб в восточной части Финского залива

В 2014–2015 гг. на станции S1 (Приморск) произошло повышение биомассы, но ANOVA не показала значимых различий. Тем не менее в 2014–2015 гг. биомасса превысила 1200 г. сух. массы м^{-2} , в то время как в предыдущие годы (2004–2011) она не превышала 500 г. сух. массы м^{-2} . На южном побережье резкое повышение биомассы было зарегистрировано в 2016 г. В Копорской губе биомасса на глубине 0,5 м варьировала от 1129 ± 522 (S8; Систо-Палкино) до 4630 ± 1506 г. сух. массы м^{-2} (S7; Графская бухта). В предыдущие годы биомасса на этих двух станциях не превышала 718 ± 405 и 500 ± 180 г. сух. массы м^{-2} соответственно. Поскольку ранее статистический анализ показал значимые корреляции между биомассой водорослей и климатическими факторами (скорость ветра, температура воздуха и индекс NAO), мы предположили, что кроме антропогенного фактора, рост биомассы макроводорослей может быть связан с климатическими факторами. Это предположение требует верификации с помощью дальнейших наблюдений. Долговременные наблюдения вместе с исследованием концентраций металлов в поверхностных

седиментах, биомассе водорослей и воде в прибрежной зоне позволили определить негативные последствия «зеленых приливов» в восточной части Финского залива. Как правило, в опубликованной литературе, основными последствиями этого явления считаются: 1) замещение многолетних видов водорослей; 2) гипоксия; 3) массовая гибель и миграция бентосных животных; 4) аккумуляция энтеробактерий в водорослевой биомассе (Valiela et al., 1997; Berger et al., 2003 etc.). Все эти последствия также были подтверждены для восточной части Финского залива. Наше последнее исследование показало высокую степень аккумуляции металлов в биомассе водорослей, а также значимое различие между содержанием металлов в седиментах, взятых из-под водорослевых матов и с чистых участков дна. Полученные данные позволяют предположить, что «зеленые приливы» могут провоцировать усиление загрязнения поверхностных седиментов ионами металлов. Эта гипотеза требует верификации дальнейшими исследованиями.

РОЛЬ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ДИНАМИКЕ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *LIMESCOLA BALTHICA* (LINNAEUS, 1758) В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

А. А. Гусев

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, andgus@rambler.ru*

Двустворчатый моллюск *Limecola balthica* – массовый вид макрозообентоса в Балтийском море, доминирующий по биомассе на мягких грунтах, имеющий высокую энергетическую ценность и важное кормовое значение для многих видов рыб и птиц.

В юго-восточной части Балтийского моря в 2001–2018 гг. моллюски обитали на глубинах от 8 до 91 м, на всех типах грунтов, с температурой воды в придонном слое – 1,11–21,36 °С, соленостью – 6,15–12,59‰ и содержанием растворенного кислорода – от 0,69 до 9,62 мл/л.

В течение 2001–2018 гг. в межгодовой динамике численности и биомассы *L. balthica* выделено два различающих периода 2001–2007 гг. и 2008–2018 гг. Первый период (2001–2007 гг.) характеризовался более высокими значениями численности и биомассы (566 ± 49 экз./м² и $54,4 \pm 3,8$ г/м²), которые были статистически значимо выше ($F_{(1,561)}^{\text{численность}} = 46,876, p < 0,001$ и $F_{(1,617)}^{\text{биомасса}} = 56,506, p < 0,001$), чем во втором (2008–2018 гг., 226 ± 19 экз./м² и $21,9 \pm 1,8$ г/м²). Для двух периодов была характерна сходная динамика изменения численности и биомассы, в диапазоне глубин 8–60 м. Для глубин 61–80 м отмечено почти полное исчезновение моллюсков в период 2008–2018 гг., тогда как в 2001–2007 гг. на этих глубинах были довольно плотные его поселения. Глубины более 81 м были экстремальными для обитания моллюсков из-за дефицита или отсутствия кислорода.

Установлено, что уменьшение поступления биогенных веществ со стоком р. Вислы в начале 2000-х гг. привело к снижению численности и биомассы *L. balthica* на глубинах 8–60 м в среднем в 2,5 раза, что является прямым отражением снижения «хронического» малотоксичного органического загрязнения вод юго-восточной части Балтийского моря.

С другой стороны, на фоне увеличения солености вод Балтийского моря, наблюдаемого последние десятилетия, связанные с возрастанием частоты «Больших балтийских затоков», усилилась стратификация глубинных вод. Она привела к повышению температуры воды на глубинах более 51–80 м в пределах холодного промежуточного слоя (ХПС), которая стала выше 5 °С в 2008–2018 гг., что значительно активизировало процессы эвтрофирования и биологического окисления на дне вследствие большого количества накопленных органических остатков в предыдущие десятилетия. Это нашло свое отражение в почти полном исчезновении моллюсков на глубинах 61–80 м в 2008–2018 гг. Установлено, что температура воды 5 °С является триггером активации продуцирования бактериального сообщества (в том числе и сульфатредуцирующих бактерий) в глубоководной части Балтийского моря, что в свою очередь, вероятно, влияет на распространение моллюсков в зоне

ХПС. Когда температура воды на глубинах 51–80 м формируется и удерживается в течение года ниже 5 °С, численность и биомасса *L. balthica* увеличиваются и моллюски способны переносить пониженное содержание кислорода до 2 мл/л, что способствует увеличению глубины распространения и площади заселения. И наоборот, когда температура воды на глубинах 51–80 м выше 5 °С, численность и биомасса моллюсков резко снижаются. Они стараются держаться в слое с относительно хорошими кислородными условиями более 4 мл/л.

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ПРЕСНЫХ ВОД АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

В. А. Даувальтер

*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
Хибинское отделение ГБО РАН, г. Анапты, vladimir@inep.ksc.ru*

Особенности функционирования Арктических водных экосистем в современных условиях (увеличение токсичности водной среды, радикальные структурно-функциональные перестройки сообществ гидробионтов, изменение трофического статуса водоемов, снижение стабильности пресноводных экосистем, повышение рисков катастрофических деградационных изменений) требуют пересмотра критериев и методологических подходов к оценке качества поверхностных вод и организации системы гидроэкологического мониторинга. При разработке показателей качества вод необходимо учитывать современное состояние и региональные особенности водоемов, например, фоновые концентрации элементов в поверхностных водах и донных отложениях. Предлагается за основу брать концентрации тяжелых металлов в условно фоновых водоемах, удаленных от крупных промышленных источников. Озера восточной части Мурманской области располагаются расстоянии более 100 км от горно-металлургических предприятий, поэтому их можно отнести к фоновым.

Фоновые концентрации тяжелых металлов в воде (Φ_n^i) определяли как медианное значение (М) концентраций каждого конкретного элемента в 400 озерах восточной части Мурманской области (Кашулин и др., 2010, 2011) плюс одно стандартное отклонение. Использовали именно медианное, а не среднее значение, так как озера расположены в разных ландшафтно-географических зонах (тундровая, таежная, горная) с различными геохимическими особенностями водосборов, что сказывается на значительных вариациях концентраций элементов. Для определения интенсивности загрязнения пресноводных водоемов Мурманской области тяжелыми металлами по показателю Φ_n^i предложена следующая классификация: $\Phi_n^i < 1$ – фоновое содержание элемента в воде (низкое загрязнение поверхностных вод данным элементом), $1 \leq \Phi_n^i < 5$ – умеренное, $5 \leq \Phi_n^i < 10$ – значительное, $\Phi_n^i \geq 10$ – высокое загрязнение (табл.).

Оценка степени загрязнения пресноводных водоемов
Мурманской области на основе анализа концентраций
тяжелых металлов в воде

Элемент	Содержание элемента в воде, мкг/г сух. веса							Степень загрязнения водоема			
	M*	X	min	max	s_n	M+ s_n	Φ_n^i	фоно- вое	умерен- ное	значи- тельное	силь- ное
Zn	1,7	2,6	н.о.	24,0	3,1	4,82	5,0	< 5	5,0–25,0	25,0–50,0	> 50
Cu	0,7	1,37	н.о.	22,0	2,5	3,19	3,0	< 3	3,0–15,0	15,0–30,0	> 30
Ni	0,6	1,0	н.о.	9,0	1,2	1,77	2,0	< 2	2,0–10,0	10,0–20,0	> 20
Co	0,2	0,3	н.о.	8,0	0,8	1,00	1,0	< 1	1,0–5,0	5,0–10,0	> 10
Pb	0,3	0,34	н.о.	1,4	0,24	0,54	0,50	< 0,5	0,5–2,5	2,5–5,0	> 5
Cd	0,05	0,10	н.о.	0,99	0,16	0,21	0,20	< 0,2	0,2–1,0	1,0–2,0	> 2
As	0,010	0,070	0,01	0,25	0,096	0,106	0,100	< 0,1	0,1–0,5	0,5–1,0	> 1

РОЛЬ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В ТРОФИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ

Ю. Ю. Дгебуадзе

*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова
РАН, г. Москва, Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова, г. Москва, yudgeb@yandex.ru*

Глобальные изменения, вызванные как естественными процессами (прежде всего климатическими), так и деятельностью человека, оказывают существенное влияние на динамику водных и околосредовых экосистем. Начиная с середины прошлого века повсеместно наблюдается интенсификация инвазионного процесса, растет и его воздействие на экосистемы. При этом, в общем виде можно выделить два типа воздействий инвазий на экосистемы-реципиенты: (1) вид-вселенец существенно изменяет аборигенные местообитания, вплоть до их полной ликвидации (затрагивается как абиотическая, так и биотическая составляющие); (2) вселение нового вида ведет только к перестройкам в трофических сетях экосистем.

Анализ собственных и литературных данных по влиянию глобальных изменений на интенсификацию инвазионного процесса и его последствий для пищевых сетей водных и смежных экосистем показывает, что первый тип воздействия наблюдается в случаях, когда вид-вселенец является видом-эдификатором (ключевым видом). Такие виды особенно на начальных фазах инвазии часто могут или кардинально изменить потоки вещества и энергии или даже полностью уничтожить местообитания аборигенных экосистем. Примером вселенца-эдификатора, по которому в последние годы получены новые данные для разных природно-климатических зон России является речной бобр *Castor fiber*. В частности, широкомасштабная инвазия речного бобра привела к превращению многих участков малых рек из лотических экосистем в лимнические, а также, к значительным изменениям в прибрежной зоне водотоков. Пищевые сети в таких фактически новых экосистемах существенно меняются, в первую очередь,

из-за уменьшения скорости течения воды, подъема ее уровня на отдельных участках, изменения картины мозаичности местообитаний (в частности, роста числа местообитаний толщи воды). В результате в реках существенно меняется как видовой состав, так и набор функциональных групп гидробионтов.

Инвазии таких ключевых видов как гребневик *Mnemiopsis leidy* и двух видов рода *Dreissena*, помимо изменения среды обитания, приводят к значительным изменениям в пищевых сетях вследствие хищничества и конкуренции с местными видами.

Если говорить о климатических флюктуациях, то в крупных речных бассейнах Евразии за последние 20–30 лет наблюдалось, по крайней мере, два последовательных изменения направления инвазий: вначале с севера на юг, а затем с юга на север. В настоящее время потепление делает аборигенные экосистемы более уязвимыми не только в связи с флюктуациями гидрологических и гидрохимических условий, но и из-за увеличения первичной продукции, которое наблюдается на фоне снижения роли местных видов в регуляционных процессах. Последнее связано с низким уровнем адаптации аборигенов к новым условиям. Очевидно, что чужеродные виды из более теплых климатических зон получают конкурентное преимущество по сравнению с аборигенными видами севера и средней полосы. С другой стороны, чужеродные виды, происходящие из разных климатических зон, могут генетически различаться по своим качественным характеристикам и их роли в пищевых сетях экосистемы-реципиента.

Наблюдения показывают, что чужеродные виды часто бывают более устойчивыми к загрязнениям и другим неблагоприятным условиям экосистем-реципиентов по сравнению с аборигенными видами. Все это помимо всего прочего приводит к существенным качественным изменениям в продуцировании и переносе веществ в экосистемах-донорах.

Последствия инвазионных процессов в современных условиях кроме естественной биоты часто сказываются и на производстве хозяйственно ценной в пищевом и экономическом отношении продукции гидробионтов. С точки зрения рассмотрения биоразнообразия, инвазии чужеродных видов приводят как к его увеличению,

так и к гомогенизации флор и фаун. Биотическая гомогенизация отмечена для многих групп живых организмов. В частности, это последствие инвазионного процесса неоднократно отмечалось для рыб и других гидробионтов. В настоящее время приобретают большую актуальность исследования роли гомогенизации на структуру и динамику водных экосистем.

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН № 41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» и в рамках темы Государственного задания: 6 Экология и биоразнообразие водных сообществ 0109-2018-0076AAAA-A18-118042490059-5.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В СВЯЗИ С ЕГО СЕЗОННЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ

Н. Е. Демерецкиене

Департамент исследований окружающей среды Агентства охраны окружающей среды, г. Клайпеда, n.demereckiene@aaa.am.lt

При изучении состава и распределения зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря прежде всего рассматриваем его как кормовую базу пелагических рыб. В связи с этим особенно важно было выяснить сезонную динамику пространственного распределения основных форм зоопланктона и выделить наиболее продуктивные участки моря.

Так морские виды, как *Acartia bifilosa*, *Acartia longiremis*, *Evadne nordmanni*, *Synchaeta* sp. и *Temora longicornis* весной (в мае) пространственно распределены с высокой частотой встречаемости (60–80%), повторяющейся из года в год в открытом море, включая районы Готландской и Гданьской впадин, чем вдоль берега и вблизи Куршского залива (50–60%), а также в его устье (30–40%), различия значительные, но плавно переходящие из зоны в зону. Влияние относительно теплых и распресненных вод весной увеличивается вблизи залива и распространяется

на побережье, отражаясь на невысоком проценте встречаемости морских видов зоопланктона вдоль берега. Летом (в августе) ситуация меняется, морские виды пространственно распределяются по всей акватории, процент встречаемости возрастает в открытом море и районах впадин (80–100%), более богатых пищей и не подверженных влиянию распресненных вод. Однако встречаемость значительно сокращается в море недалеко от берега (50–60%) и вдоль него (40–50%), постепенно снижаясь возле залива (30%) и в его устье (20%). Очевидно снижение частоты встречаемости морских видов зоопланктона.

Солоноватоводные виды весной пространственно распределялись недалеко от берега и встречались не часто, хотя некоторые из них, как *Synchaeta* sp. и *S. monopus* встречались в открытом море и районах впадин. Тем не менее распределялись они вдоль берега с низкой частотой встречаемости (10–30%), на ограниченных участках акватории встречались чаще (40 и 60%). Летом ситуация значительно меняется, виды распределяются на всю акваторию с хаотичным разбросом частоты встречаемости по ней. В открытой части моря и районах впадин процент встречаемости солоноватоводных видов выше (50–100%) благодаря отдельным видам и в первую очередь *E. maritima*, а также *Synchaeta* sp. На остальной части акватории виды встречаются в основном в пределах от 30 до 60%.

Пресноводные виды в отличие от морских и солоноватоводных весной сосредоточены в устье залива (40–50%), распределяются по направлению течений из залива в море, их процент встречаемости в море невысокий (30%), бывает ниже (10–20%), а дальше они не встречаются. Летом в устье залива и возле него частота встречаемости видов та же, что весной (40–50%), вдоль берега пресноводные виды встречались с разной частотой (от 30 до 80%) в основном на небольшом участке, куда направляются выходящие течения, из залива попадают в общий поток вдольберегового, направленного на север. Летом пресноводные виды распространяется значительно дальше в море, особенно *K. quadrata*, но процент встречаемости уменьшается в открытом море (от 40 до 20%). Пресноводные виды обычно встречаются в устье залива и в распресненных водах побережья, т. е. в комфортных для обитания условиях.

Следует заметить, практически весь видовой состав юго-восточной Балтики и отчасти Куршского залива представлен в исследуемой акватории. Виды зоопланктона по частоте встречаемости и пространственному распределению зависят от сезона года (от температуры и солености воды, обеспеченности пищей и скорости размножения) и от принадлежности к своей экологии, т. е. придерживаются своих экологически комфортных границ.

ПИТАНИЕ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ ПРИБРЕЖЬЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

А. С. Демчук, С. М. Голубков

*Зоологический институт РАН (ЗИН РАН), г. Санкт-Петербург,
anndemch@gmail.com*

Оценка кормовых предпочтений организмов является основой во многих вопросах экологии: от понимания выбора добычи и конкуренции до выявления закономерностей передачи энергии между экосистемами или внутри них (Stergiou and Karpouzi 2002; Baxter et al., 2004; Jakubaviciute et al., 2017). Прямое изучение содержимого кишечных трактов является первым шагом к пониманию механизмов, регулирующих трофические отношения организмов, с целью понимания энергетических потребностей каждого вида (Modica et al., 2011). Питание массовых пелагических видов рыб в Балтийском море довольно хорошо изучено, что нельзя сказать в целом о прибрежных морских сообществах рыб и, в частности, о прибрежных сообществах эстуария р. Невы, расположенного в восточной части Финского залива.

Материал для исследования питания рыб в естественном местообитании собирали в мелководных прибрежных районах (глубины от 0 до 1,5 м) эстуария. Рыб отлавливали равнокрылым неводом и сразу на месте фиксировали 4% раствором формалина для сохранения содержимого кишечных трактов. Пробы на питание обрабатывали по описанной ранее методике

(Demchuk et al., 2015; Демчук и др., 2018). Нами были изучены 3 вида карповых рыб – плотва *Rutilus rutilus*, уклейка *Alburnus alburnus*, пескарь *Gobio gobio*, а также окунь – *Perca fluviatilis* и трехиглая колюшка – *Gasterosteus aculeatus*.

Из общего числа изученных 505 кишечных трактов 56 оказались пустыми, в остальных 449 кишечных трактах было идентифицировано 36 пищевых компонентов. Из них 10 компонентов составляли более 85% от общего содержимого кишечных трактов всех изученных видов рыб. Разные виды таксона Chironomidae, Diptera (imago), Copepoda (*Eurytemora* spp. и Cyclopoida spp.), Cladocera (*Chydorus sphaericus* и *Bosmina* spp.) были наиболее часто встречаемыми компонентами в питании.

Для формализованной оценки разнородности диеты различных видов рыб во всех районах исследования мы использовали анализ главных компонент (PCA), выполненного для относительной доли всех пищевых компонентов в непустых желудках (Pi%). Два облака точек расположились отдельно, они были сформированы по отдельности, спектрами питания окуней и взрослых колюшек со всех станций. Главной особенностью питания мальков окуня являлось обилие различных планктонных раков (Cyclopoida sp., copepoditii Copepoda, *Daphnia cucullata*, *Eurytemora* spp.). Питание взрослых колюшек отличалось наличием уникальных, разнообразных и относительно необычных компонентов (икра и мальки самих колюшек и *Polyphemus pediculus*), а также склонность потреблять *Eurytemora* spp. Облака других видов рыб перекрывались, и в рационе рыб во всех районах исследования преобладали бентосные организмы (наиболее важным пищевым ресурсом являлись различные виды таксона Chironomidae).

Среднее значение индекса наполнения увеличивалось с уменьшением размера тела рыбы, от старших ювенильных стадий пескарей и плотвы, до младших ювенильных стадий колюшек и окуня. Показатель индекса достоверно различался между видами рыб (ANOVA, post hoc, $p = 0,004$). У старших ювенильных стадий плотвы была самая высокая (28%) а у молоди окуня – самая низкая (5%) доля пустых кишечных трактов. Сравнение взрослых

рыб с мальками показало, что доля пустых желудков на ювенильной стадии уменьшалась, но этот результат не был статистически значимым (ANOVA, post hoc, $p = 0,25$).

Работа выполнена в рамках Гостемы № АААА-А19-119020690091-0

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ МАЛЬКОВ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ *GASTEROSTEUS ACULEATUS* (LINNAEUS, 1758) В РАЗНЫХ БИОТОПАХ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

А. С. Демчук^{1,2}, М. В. Иванов¹, Т. С. Иванова¹, Д. Л. Лайус¹

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург*

²*Зоологический институт РАН (ЗИН РАН), г. Санкт-Петербург,
anndemch@gmail.com*

Трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* в настоящее время самая многочисленная рыба Белого моря (Лайус, 2013а, б; Ivanova et al., 2016) и играет важную роль в беломорской экосистеме. В связи с этим изучение особенностей питания молоди колюшки особенно важно, поскольку на ранних стадиях жизни рыб, условия питания определяют численность популяции. В Белом море колюшки мечут икру в мелководных районах, предпочитаемая заросли подводной растительности (Ivanova et al., 2016), там молодь живет в течение нескольких недель, прежде чем мигрировать в открытые части моря (Мухомедияров, 1966). Основной задачей данного исследования является анализ питания мальков трехиглой колюшки в разных прибрежных биотопах Кандалакшского залива Белого моря.

Материал собирали в районе УНБ СПбГУ «Беломорская», в Керетском архипелаге Кандалакшского залива в течение августа 2014 г. по 2 раза на 7 станциях. Пробы собирали и обрабатывали по описанной ранее методике (Demchuk et al., 2015; Rybkina et al., 2016; Демчук и др., 2018).

Нерестилища колюшки можно разделить на условно «хорошие» и «плохие», исходя из абсолютной численности молоди

и ее динамики. На хороших нерестилищах численность мальков колюшки в период ее пребывания в прибрежной зоне практически не снижается (губа Сельдяная, в среднем 180 инд./м², лагуна Колюшковая – 32 инд./м²), на плохих нерестилищах, мальков либо изначально незначительное количество (о. Кереть 0,79 инд./м²), либо их численность в этот период резко падает (губа Летняя с 801 до 4 инд./м², о. Кругляш с 4019 до 0,2 инд./м², пролив Подпахта с 84 до 5 инд./м²). Таким образом, в наиболее благоприятных для размножения колюшки биотопах *Zosteramarina* мы можем наблюдать как высокую (губа Сельдяная, губа Яковлева, лагуна Колюшковая), так и низкую (губа Летняя) выживаемость мальков. Что касается зарослей фукоидов (пролив Подпахта, о. Кругляш), то несмотря на часто высокую изначальную численность молоди, к концу периода прибрежного нагула она всегда снижалась до нескольких инд./м². Прибойная каменистая литораль, практически лишенная растительности (акватория около о. Кереть), в целом не является благоприятным местом для пребывания и нагула мальков трехиглой колюшки.

Питание на большинстве станций характеризовалось высокой долей в пищевом комке планктонного рачка *Temora longicornis*, в среднем от 25 до 70%. Это подтверждает наши данные о том, что *T. longicornis* является одним из самых значимых компонентов питания молоди колюшки на Белом море (Demchuk et al., 2015). Исключением была лагуна Колюшковая, где основным компонентом спектра питания (суммарно больше 90% массы всех обнаруженных организмов в желудках рыб) был доминирующий в данной акватории планктонный рачок *Acartia longiremis*. Также следует отметить активное питание молоди колюшки планктонной кладоцерой *Podon leuckarti*, которая вблизи о. Кругляш составляла около 60% спектра питания, а в проливе Подпахта – около 25%. Всего в желудках мальков был зарегистрирован 31 объект питания.

В целом питание молоди колюшки можно охарактеризовать как планктонное, поскольку бентосные организмы (9 таксонов) не вносили существенного вклада в питание молоди колюшки. Сходство питания на условно «хороших» и «плохих» нерестилищах позволяет сделать вывод, что выживаемость мальков колюшки в прибрежье

определяют факторы, не связанные с питанием, например, хищничество или уровень прибойности.

*Данная работа поддержана грантами РФФИ № 18-04-01052 А «Трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* как связующее звено между сообществами открытого моря и побережья Белого моря», и РФФИ № 18-34-00914 мол_а «Соотношение полов у трехиглой колюшки (*Gasterosteus aculeatus* L.) Белого моря при адаптации к изменениям окружающей среды». Авторы выражают благодарность администрации УНБ СПбГУ «Беломорская» за возможность круглогодичной научной работы на Белом море.*

РАЗНООБРАЗИЕ МШАНОК В МОРЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА И ИХ РОЛЬ В ДОННЫХ СООБЩЕСТВАХ

Н. В. Денисенко

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, ndenisenko@zin.ru

Оценка изменений биологического разнообразия организмов водных экосистем в условиях меняющегося климата и нарастающего антропогенного воздействия представляется одной из важнейших задач экологии, однако, мы часто не располагаем достаточным объемом знаний даже о фоновом состоянии фауны. Если для тропических и умеренных широт Мирового океана уже установлено, что видовое разнообразие уменьшается с удалением от экватора, то о пространственных изменениях разнообразия фауны в трансарктическом регионе еще не существует окончательного мнения. Мшанки – одна из наиболее богатых в видовом отношении групп, которая достаточно удобна для прояснения данного вопроса. Нами был выполнен анализ изменений видового богатства этой группы в зависимости от географического положения и глубины, и в результате выяснилось, что α -разнообразие (точечное разнообразие) не зависит от обозначенных факторов. В то же время, разнообразие мшанок на региональном уровне (γ -разнообразие) статистически достоверно уменьшается в Баренцевом море с запада на восток ($R^2 > 0,68$; $p < 0,03$), в Карском море – с юга на север и с запада на восток ($R^2 > 0,52$; $p < 0,05$ и

$R^2 > 0,36$; $p < 0,05$), в Восточно-Сибирском море – с севера на юг ($R^2 > 0,52$; $p < 0,05$), в Чукотском море – с запада на восток ($R^2 > 0,35$; $p < 0,05$), а в море Лаптевых никакой закономерности не выявлено. По нашему мнению, кроме возрастающей в восточном направлении суровости климата, существенным фактором, определяющим обеднение фауны в Баренцевом и Карском морях, является затухающее влияние Атлантических вод, а в Чукотском море – Тихоокеанских. В обоих случаях водные массы атлантического и тихоокеанского происхождения проникают на акваторию арктических морей с течениями, что способствует расселению мшанок в восточном и западном направлениях. В свою очередь уменьшение разнообразия сопровождается как уменьшением числа доминирующих по биомассе видов, так и снижением величин их средней биомассы. Если в Баренцевом море число доминирующих видов с биомассой более 1 г/м^2 приближается к 30, то в Восточно-Сибирском море оно сокращается в 3,5 раза, а в Чукотском море вновь увеличивается до 19 видов. При этом среди доминант происходит постепенная замена превалирования атлантических форм, характерная для Баренцева и Карского морей, на преимущественно тихоокеанские виды в Чукотском море. Во всех морях повышенные биомассы отмечено в районах с высоким содержанием литогенного материала ($R^2 = 87$; $p < 0,05$). Именно на участках дна с россыпями камней и на смешенных осадках, включающих литогенные и органогенные субстраты, наблюдается доминирование мшанок над остальными группами зообентоса. Так, скопления мшанок встречаются в юго-западной, северной и северо-западной частях Баренцева моря.

Мшанки играют весьма важную роль на промежуточной стадии процесса сукцессии донных сообществ. Они одними из первых заселяют поверхности субстратов, подготавливая их для оседания личинок более крупных беспозвоночных. При этом в определенных условиях сукцессия может останавливаться на одной из начальных стадий, и тогда *Vguzoza* становятся доминирующей группой в таких сообществах. Вместе с тем как доминанты они формируют сообщества, занимающие сравнительно небольшие участки дна и расположенные чаще всего в прибрежных районах, в зонах наиболее интенсивной гидродинамической активности.

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОЕМОВ АРКТИКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Д. Б. Денисов

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ
Кольского НЦ РАН, г. Анапиты, professuir@gmail.com*

Процессы деградации внутренних водоемов промышленно развитых территорий Евро-Арктического региона в результате долговременной эксплуатации природных ресурсов в настоящее время привели к дефициту качественных пресных вод и ценных гидробиологических ресурсов, что может стать одним из важнейших факторов социально-экономической и политической неустойчивости. Наблюдаемые в последние десятилетия изменения арктической климатической системы в сторону потепления повлекли за собой новые экологические вызовы, проявляющиеся в кардинальных трансформациях сообществ гидробионтов на популяционном, видовом и биоценотическом уровнях. Так, явления массового развития водорослей и цианопрокариот, ранее характерные для умеренных и южных широт, в настоящее время регулярно проявляются и в арктических водоемах, в первую очередь, подверженных антропогенному эвтрофированию. Имеют место инвазии теплолюбивых гидробионтов в арктические водоемы, экспансия аборигенных видов и видов-вселенцев. Одной из самых серьезных проблем является стремительное сокращение численности ценных промысловых рыб (сиговых, лососевых) на фоне увеличения количества малоценных короткоциклового видов. Фундаментальная значимость и актуальность гидробиологических исследований закономерностей функционирования арктических пресноводных экосистем в условиях изменяющихся глобальных и региональных факторов окружающей среды определяется необходимостью разработки адекватной, научно обоснованной системы рационального использования водных ресурсов, что является залогом успешного социально-экономического развития Арктической зоны РФ.

Новые экологические вызовы актуализируют совершенствование систем гидробиологической индикации качества вод

и состояния экосистем. Показатели состояния альгоценозов приобрели в настоящее время определяющее значение в системе биоиндикации, при этом весьма перспективным представляется использование диатомовых комплексов поверхностных донных отложений для задач регионального экологического мониторинга. При оценке качества вод с помощью альгоценозов требуется учитывать синергетику нового комплекса факторов, действие которых неоднозначно и не всегда может быть оценено с помощью существующих общепринятых комплексных показателей.

Значительный объем данных, полученных в ходе широко развернувшихся гидробиологических исследований в АЗ РФ (1989–2019 гг.), требует их систематизации и комплексного анализа, что открывает определенные перспективы для разработки гидробиологических СУБД, позволяющих хранить, анализировать и визуализировать полученные результаты. На базе ИППЭС КНЦ РАН была создана СУБД «Водоросли Евро-Арктического региона», которая позволяет оптимизировать аналитическую работу и облегчает выполнение элементов сравнительного системного анализа при комплексных гидробиологических исследованиях.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

О. Ю. Деревенская¹, Н. М. Мингазова¹, Е. Н. Унковская²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

²Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник, пос. Садовый, Респ. Татарстан, oderevenskaya@mail.ru

В период с 1989 по 2017 гг. было исследовано 180 разнотипных водоемов, расположенных на территории Среднего Поволжья. Для каждого из них выявлены гидрологические, гидрохимические характеристики, показатели сообществ зоопланктона. Пробы зоопланктона отбирали преимущественно в летний период, а на ряде

модельных водоемов – в подекадной или ежемесячной динамике на протяжении одного или нескольких вегетационных периодов. Отбор и обработка проб были выполнены с использованием стандартных гидробиологических методик.

Цель работы – выявить особенности структуры сообществ зоопланктона озер Среднего Поволжья в зависимости от действия различных природных и антропогенных факторов.

В ходе проведенных исследований в составе пелагического зоопланктона озер Среднего Поволжья было определено 230 видов, из них коловраток – 107 (45,6%), ветвистоусых ракообразных – 76 (33,6%), веслоногих ракообразных – 47 (20,8%). Основу составляют космополитные виды, широко распространенные в умеренных и южных широтах, и голарктические. Для сообществ зоопланктона характерно преобладание эврибионтных видов. Средние значения численности и биомассы зоопланктона были более высокими в провинциях, относящихся к лесной зоне. Наиболее низкие значения количественных показателей зоопланктона – в провинциях, относящихся к лесостепной зоне. Действие экстремальных экологических факторов (повышенная минерализация или низкие значения рН) на сообщества зоопланктона приводит к сокращению числа видов, снижению значений численности и биомассы, сокращению длины трофических цепей, упрощению трофических сетей и снижению продуктивности сообществ. При увеличении трофического статуса в озерах Среднего Поволжья в зоопланктоне увеличивается число видов и наибольших величин достигает мезо-эвтрофных озерах, а при дальнейшем увеличении трофического статуса – снижается. Смена доминирующих видов в процессе эвтрофирования от олиго- до гипертрофных озер происходит в следующей последовательности: коловратки *K. longispina* и *C. unicornis* в составе доминирующего комплекса постепенно заменяются ветвистоусыми ракообразными – фильтраторами (*C. quadrangula*, *D. cucullata*, *B. longispina* и *B. longirostris*) и веслоногими *E. graciloides*. При дальнейшем повышении трофического статуса в сообществах начинают преобладать коловраты *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *F. longiseta*, *B. angularis*, возрастает и доля хищных

коловраток р. *Asplanchna*. В процессе эвтрофирования увеличивается численность зоопланктона за счет возрастания доли коловраток, снижается индивидуальная масса зоопланктона. В ряду олиготрофные – эвтрофные наблюдается рост биомассы зоопланктона, но в высокотрофных озерах значения биомассы снижаются. Рост величины продукции сообществ зоопланктона наблюдается от олиго-мезотрофных озер – к гипертрофным.

Таким образом, выявлено, что видовой состав и структура сообщества зоопланктона озер Среднего Поволжья, состав формируются под действием комплекса зональных и аazonальных природно-климатических факторов, а также степени антропогенной трансформации.

МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА РУСЛОВЫХ ПЛЕСОВ ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ

Е. А. Джаяни

Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Саратов, dgajani@mail.ru

Река Урал характеризуется маловодностью, выраженной межгодовой и сезонной неравномерностью стока (Соловых и др., 2003). Ириклинское водохранилище, созданное на реке во второй половине XX в., включает каскад русловых плесов и крупные заливы. Мы полагаем, что сезонные и межгодовые колебания стока реки, урвненного и сбросного режимов, определяют изменения сообществ гидробионтов в разнотипных плесах водохранилища. В докладе представлены межгодовые изменения удельного числа видов и биомассы фитопланктона (ФП) верхнего (второй в каскаде) и нижнего русловых плесов водохранилища в мае, июле и октябре 2016–2018 гг.

Получены положительные корреляции уровня воды водохранилища с уровнем р. Урал и притоком воды, с чем был связан ее сброс. Обнаружены межгодовые изменения ФП в верхнем и в нижнем плесах в разные сезоны вегетационного периода. В мае в обоих плесах максимальные биомасса и число видов ФП отмечены в 2018 г.,

который отличался минимальным уровнем р. Урал и водохранилища, притоком и сбросом. В июле достоверных межгодовых различий ФП не отмечено, однако в 2017 г., когда зарегистрированы наибольшие температура воды, ее уровень и сброс, в обоих плесах на уровне тенденции увеличивалась биомасса ФП. В октябре в верхнем и нижнем плесах наибольшие показатели развития ФП обнаружены соответственно в 2016 и 2017 гг., которые характеризовались максимальным притоком воды, уровнем и сбросом.

С гидрологическим режимом связаны особенности соотношения числа видов и биомассы ФП в верхнем и нижнем плесах. В октябре 2016 г., как и в прочие сезоны, максимальные величины наблюдались в верхнем плесе, однако в 2017 г. – в нижнем, а в 2018 г. различия практически отсутствовали. Очевидно, в 2017 г., благодаря высокому уровню воды, максимальному ее сбросу, водные массы с верхних плесов, в которые поступают воды реки с высокой концентрацией биогенных веществ (Шашуловская и др., 2017), наиболее активно проникали в нижний участок, стимулируя ФП. А в 2018 г., напротив, минимальная интенсивность поступления речных вод во второй в каскаде и в нижний плесы способствовала наименьшим различиям числа видов и биомассы ФП в них.

В целом полученные данные свидетельствуют о разных направлениях изменений ФП при увеличении водности. Направление изменений зависит от соотношения биогенных и органических веществ, накопленных в водоеме и поступающих с водосбора: если количество первых меньше чем вторых, то между уровнем и показателями сообществ наблюдается прямая зависимость, если в водоеме накоплено большее количество веществ, то поступление вод приводит к «разбавлению» (Крупа и др., 2013). Сокращение биомассы организмов при увеличении уровня воды по причине «разбавления» небогатых сообществ большими объемами воды была описана ранее также для зоопланктона водохранилищ Волги и Дона (Монаков, 1958; Дзюбан, 1959). Очевидно, такая ситуация может наблюдаться не только в разнотипных водоемах, но и в разные годы, а также сезоны вегетационного периода в пределах одного водного объекта. Так, в Ириклинском водохранилище в мае в годы с повышенной приточностью и сбросом объемы поступа-

ющей воды в большей степени разбавляли воды водохранилища, обогащенные веществами, проникающими с поверхностным стоком в период половодья и накопленными ранее. После этого поступившие вещества включались в круговорот, расходовались, и увеличение приточности в июле и октябре обогащало водные массы питательными для ФП веществами.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА КОНДОПОЖСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Д. А. Дмитриева

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
dda290395@mail.ru*

В эвтрофируемой Кондополжской губе показатели фитопланктона на протяжении долгих лет значительно превышают аналогичные показатели центральной олиготрофной части озера. Такое различие связано с тем, что в данный залив в результате хозяйственной деятельности человека поступает большое количество биогенных веществ.

Цель настоящей работы – показать состояние фитопланктона Кондопожского залива в современных условиях и дать характеристику качества воды в отдельной части водоема. Оценка проведена по результатам летних наблюдений (август) 2018 г.

Пробы объемом 0,5 л отбирались батометром из поверхностного горизонта 0–1 м и фиксировались раствором формалина. После концентрирования пробы объемом 5 мл просчитывались под световым микроскопом в камере Фукса-Розенталя объемом 0,036 мл. Биомасса определялась по общему объему водорослей, исходя из подсчитанной численности и измеренного среднего размера клеток. Трофность залива оценивали по биомассе фитопланктона, согласно шкале Китаева.

В период исследования в 2018 г. распределение водорослей в Кондопожском заливе озера по систематическим группам было следующим: 56,7% от общего числа видов составляли диатомовые

водоросли, среди которых доминировали *Aulacoseira*, а также теплолюбивые виды – *Fragilaria*, *Tabellaria*. Синезеление и зеленые были относительно малочисленны, 22,2 и 19%, соответственно. Группа золотистых водорослей (2%), чья высокая численность отмечается в олиготрофных частях озера, в исследуемом заливе развиваются в значительно меньших количествах и представлена в основном *Dinobryon*. Динофитовые и эвгленовые составляли в общей сложности менее 0,1%. Такое соотношение групп водорослей отмечалось в данной части водоема и при ранее выполненных исследованиях. Средняя численность достигала 4400 тыс. кл/л, биомасса – 4,7 г/м³.

Оценка качества воды по биомассе фитопланктона в различных районах залива соответствовала разрядам: вблизи ЦБК и форелевых хозяйств – β-мезотрофная, тогда как глубоководная часть – олиготрофная. Предельно высокая трофность по результатам исследования оказалась в районе дачных кооперативов.

Таким образом, полученные нами результаты подтверждают, что в Кондопожской губе Онежского озера, подверженной сильному воздействию антропогенного фактора, продолжается процесс эвтрофирования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Карелия в рамках научного проекта № 18-44-100007 p_a

ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТА ЖЕРЕХА (ASPIUS ASPIUS L.) В МОЛОЖСКОМ ЗАЛИВЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Д. А. Дмитриева

*Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск,
dda290395@mail.ru*

Жерех обыкновенный (*Aspius aspius* L.) – единственный типичный хищник среди карповых рыб. Имеет только набор глоточных зубов, что ограничивает рыбу при захвате крупной добычи и при переходе на хищничество.

В гидробиологическом плане этот вид изучен еще недостаточно, опубликованы лишь некоторые сведения о его возрастной структуре и росту в некоторых водоемах Волжского каскада. Следует отметить, что данные по биологии этого вида в Рыбинском водохранилище относятся только к первым годам существования водохранилища, а за современный период сведения о состоянии его популяции фактически отсутствуют.

В последнее десятилетие численность жереха в изучаемом водоеме значительно увеличилась, что и позволило проводить исследования его биологических характеристик.

Целью настоящей работы является изучение особенностей роста жереха обыкновенного в изменившихся условиях Рыбинского водохранилища.

Исследовали размерно-возрастные показатели жереха в Моложском заливе Рыбинского водохранилища. Материал исследования был собран за период научного лова 2012–2018 гг. на территории двух постоянных ихтиологических мониторинговых станций «Дарвинского государственного биосферного заповедника». Отлов проводился преимущественно набором сетей с разным размером ячей (36–80 мм). Места установки сетей в Моложском заливе Рыбинского водохранилища являются постоянными на протяжении многих лет.

Длина тела исследованных рыб составила от 27 до 63 см, возраст от 2 до 9 лет. Возраст рыб определяли по годовым кольцам на телах позвонков, а фактические годовые приросты по общепринятому методу Э. Ли.

Сравнение нашей выборки по отношению к данным прошлых лет (1949–1952 и 1966–1967 гг.) показывает, что современные представители вида всех возрастных групп растут значительно быстрее. На увеличение прироста, вероятно, влияют положительное изменение температуры воды и расширение кормовой базы, что отмечают многие исследователи.

Особенно большие приросты отмечаются у особей в первые годы жизни, до наступления половой зрелости (после 4+), когда спектр поглощаемой пищи достаточно велик: фитопланктон, зоопланктон, бентосные организмы, мальки рыб. После наступления

половозрелости и при полном переходе на хищничество рост значительно замедляется, однако все равно остается выше показателей ранних лет.

На сегодняшний день трудно сказать, достиг ли показатель темпа роста максимальных значений, поэтому требуются дальнейшие исследования в этом направлении.

МАССОВЫЕ ВИДЫ-ВСЕЛЕНЦЫ ПЛАНКТОННЫХ И БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

**О. А. Дмитриева, А. С. Семенова, Л. В. Рудинская,
К. А. Подгорный, А. А. Гусев**

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, phytob@yandex.ru*

Для исследования сезонной и межгодовой динамики численности и биомассы видов-вселенцев Вислинского залива Балтийского моря пробы отбирали ежемесячно с апреля по ноябрь.

В фитопланктонном сообществе одним из вселенцев, который известен в этом водоеме с 1997 г., является потенциально токсичный вид динофлагеллят *Prorocentrum minimum*. Чаще всего этот вид присутствовал в составе фитопланктонных сообществ на всех станциях осенью. Высокие значения численности вселенца были выявлены в весенний период (542 тыс. кл/л). К лету численность снижалась и была минимальной (80 тыс. кл/л), а к осени снова возрастала (202 тыс. кл/л). По сравнению с весной и летом биомасса пророцентрума была самой высокой осенью за счет развития видов с большими размерами клеток. Установлено, что наибольшего обилия *P. minimum* достигал при температуре не выше 11 °С и солености не менее 5‰. В весенние месяцы увеличению численности, по-видимому, способствовали высокие концентрации минеральных форм азота в воде.

К видам-вселенцам, которые выявлены в зоопланктонном сообществе Вислинского залива, относятся каспийские эндемики

Cercopagis pengoi и *Evadne anonyx*, а также *Moina gr. micrura*. Согласно литературным данным *C. pengoi* был впервые обнаружен в Вислинском заливе в 1999 г. (Науменко, Полунина, 2000). Согласно нашим данным *E. anonyx* была впервые обнаружена в центральной части Вислинского залива в июле 2012 г., а *M. micrura* впервые зафиксирована в августе 2014 г. Из перечисленных выше видов-вселенцев только *C. pengoi* и *M. micrura* достигают массового развития. Находки *E. anonyx* в Вислинском заливе единичны. Этот вид попадает в залив при затоках вод из Балтийского моря. *C. pengoi* на протяжении периода исследований достигал максимального развития в июле–августе 2010 г., когда его биомасса на отдельных станциях составляла 1,4–1,9 г/м³. Высокие показатели развития этого вида были зафиксированы также в июне 2013 г. и июне–августе 2018 г. *M. micrura* достигала максимального развития в августе 2015 и 2018 гг. и сентябре 2017 г. К основным факторам, которые влияют на развитие видов-вселенцев в зоопланктонном сообществе, относятся температура и соленость воды. Максимальные численность и биомасса *C. pengoi* и *M. micrura* были отмечены в летние периоды наиболее теплых лет. Высокие значения величины солености воды препятствовали развитию *M. micrura* на ряде станций.

В Вислинском заливе зарегистрированы 18 видов-вселенцев, которые относятся к макрозообентосу. Массовое развитие получили два из них (оба североамериканского происхождения) – полихета *Marenzelleria neglecta* (первое обнаружение в 1988 г.) и двустворчатый моллюск *Rangia cuneata* (2010 г.). Пик развития *M. neglecta* наблюдали в 1990–1995 гг. Средняя биомасса в этот период составляла около 12 г/м². Средняя биомасса за 2002–2018 гг. составляла 3 г/м². Пик биомассы *R. cuneata* наблюдался в 2015 г. (средняя за год – 1,7 кг/м²). После вселения в залив биомасса рангии варьировала от 0,1 до 2,8 кг/м² (в среднем – 0,8 кг/м²). Вселение новых видов привело к увеличению общей биомассы бентоса. При этом кормовая доступность *R. cuneata* для рыб-бентофагов очень низкая, так как к концу вегетационного сезона молодь рангии превышает доступный кормовой размер (осенью длина молоди выше 1 см).

**РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПИНРО
В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОДАХ В 1995–2018 гг.**

А. В. Долгов, К. М. Соколов

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича),
г. Мурманск, dolgov@pinro.ru*

Рыбохозяйственные исследования невозможны без мониторинга среды обитания, кормовой базы и особенностей питания промысловых гидробионтов. В связи с этим, помимо традиционных исследований запасов промысловых гидробионтов ПИНРО регулярно выполняет работы по изучению планктонных и бентосных сообществ как кормовой базы рыб, а также питания и трофических отношений промысловых гидробионтов в северных морях России. В докладе приведен исторический обзор гидробиологических исследований Баренцева и Карского морей в 1995–2018 гг., в период смены старой и создания новой системы рыбохозяйственных исследований.

Планктонные исследования в этот период выполнялись по двум направлениям. Многолетние съемки эвфаузиид и других групп макропланктона в октябре–декабре, начатые в 1959 г. с использованием притральной сети, продолжались вплоть до 2015 г. С 2016 г. эти работы стали проводиться в феврале, в период проведения российско-норвежской зимней съемки. Исследования мезопланктона, в том числе на Кольском разрезе и некоторых других разрезах, были возобновлены в 2004 г. в период проведения российско-норвежской экосистемной съемки (август–сентябрь), а также в весенний период (май–июнь).

Исследования бентоса в Баренцевом море приобрели особую значимость в связи с резким увеличением в 1990-е гг. численности планово интродуцированного камчатского краба и появлением здесь в 2000-е гг. стихийного вселенца краба-стригуна опилю. Численность и биомасса запасов этих двух видов достигла уровня, позволившего организовать стабильный и широкомасштабный промысел этих видов. Были выполнены исследования питания крабов-вселенцев и их трофических взаимоотношений с местными

видами и воздействия на бентосные сообщества. В 2003–2008 гг. в Баренцевом море и сопредельных водах специалистами ПИНРО, ММБИ и других научных организаций была выполнена бентосная съемка, позволившая оценить распределение и биомассу макрозообентоса на обширной акватории шельфа. Начиная с 2005 г. в российско-норвежской экосистемной съемке (август–сентябрь) стал выполняться учет мегабентоса из траловых уловов. В последние годы организованы работы по сбору информации о приловах зообентоса на промысловых траулерах.

Изучение питания и пищевых взаимоотношений промысловых рыб (преимущественно трески и пикши) было начато ПИНРО совместно с Бергенским институтом морских исследований (Норвегия) на новом уровне в середине 1980-х. С середины 1990-х гг. был организован ежегодный мониторинг питания практически всех промысловых видов рыб (скаты, сайда, морские окуни, камбала-ерш, черный палтус и др.), а также массовых непромысловых рыб (рогатковые, липаровые, бельдюговые и др.). С 1995 г. выполняется ежегодная оценка выедания треской промысловых гидробионтов, которая учитывается при оценке величин запаса и общего допустимого вылова для мойвы, трески и пикши.

Кроме того, с 2007 г. ПИНРО выполнил несколько научных съемок в Карском море, в которых также проводились широкомасштабные гидробиологические исследования.

РОЛЬ РЫБ-АККЛИМАТИЗАНТОВ В ФОРМИРОВАНИИ ИХТИОФАУНЫ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

М. А. Дорогин, А. М. Визер

*Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЗанСибНИРО»),
г. Новосибирск, sibribniiproekt@mail.ru*

Образование Новосибирского водохранилища на р. Оби в 1957 г. и интродукция в него ценных видов рыб привели к качественному и количественному преобразованию ихтиоценоза, что способствовало развитию рыбной отрасли.

Первые годы существования водохранилища (1958–1963 гг.) характеризовались всплшкой численности аборигенных рыб – щуки, окуня, плотвы. Общий вылов достигал 205 т, основу которого составляли хищные рыбы (76,8%). Одновременно проводилась интродукция ценных видов, из которых натурализовались только лещ, судак и сазан. В 1964–1967 гг. в водоеме доминировала плотва, на которую приходилось более 75% промыслового вылова.

В период с 1968 г. в водохранилище стали преобладать акклиматизанты – сначала лещ, а с 1976 г. – и судак. В 1990-х гг. их доля в уловах достигала 98,3%. В 1992 г. в Новосибирском водохранилище отмечался наибольший улов рыбы – 1305 т.

Увеличение промысловой нагрузки в 1994–2011 гг. и сокращение объемов искусственного воспроизводства привело к подрыву рыбных запасов, особенно ценных видов – стерляди и судака. С 2012 г. интенсивность промышленного рыболовства снизилась, что, однако, не оказало положительного влияния на запасы судака. Уловы судака к 2011 г. снизились до 19 т, а в 2016 г. достигли минимума – всего 8 т. Снижение его численности уменьшило выедание аборигенной ихтиофауны, доля которой в уловах возросла с 2–4% до 11–12%. На прибрежных биотопах окунь замещает судака.

Процессы перформирования ихтиофауны нашли отражение и в структуре ее потомства. В 1990-х гг. доля личинок судака составляла более 60% от личинок всех рыб, в начале 2000-х гг. – менее 30%, а в 2011–2014 гг. – менее 1%. В видовом составе рыб на нерестилищах произошло замещение крупночастиковых рыб на аборигенные и инвазивные виды (уклейка и верховка). В водохранилище появляется елец, а с 2014 г. становятся многочисленными уклейка и верховка.

Таким образом, увеличение запасов аборигенной ихтиофауны, вероятно, связано с утратой роли судака как биологического мелиоратора в водоеме, значимость которого в уловах снизилась до минимума (1,4–3,3%). В составе рыбного населения пойменной акватории водохранилища в настоящее время более 85% численности составляют аборигены, при снижении роли судака до 2,3%.

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ В ВОДНОМ СТОЛБЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ НЕХИЩНОЙ СМЕРТНОСТИ ЗООПЛАНКТОНА МЕТОДОМ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ЛОВУШЕК: МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И ЭМПИРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

О. П. Дубовская¹, А. П. Толмеев², Г. Кириллин³,
Ж. Ф. Бусева⁴, М. И. Гладышев²

¹Институт биофизики СО РАН, КНЦ СО РАН, г. Красноярск

²Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

³Лейбниц-институт экологии пресных водоемов и внутреннего
рыболовства, г. Штехлин, Германия

⁴ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск,
dubovskaya@ibp.krasn.ru

В популяциях зоопланктона всегда имеет место не связанная с потреблением хищниками («нехищная») смертность от старости, болезней, недостатка пищи (не только количества, но и качества), неблагоприятных физических и химических факторов. Иногда эта смертность может приближаться к 100% общей (не связанной с хищниками и от потребления хищниками) смертности. Образующиеся при этом трупы зоопланктеров могут быть собраны седиментационными ловушками и служить основой оценки величины нехищной смертности. Этот подход предполагает оседание главным процессом элиминации трупов из водного столба, но в действительности трупы могут удаляться из этого столба путем выедания детритофагами, турбулентного перемешивания и переноса, микробного разложения. Мы представляем математические формулы для расчета нехищной смертности по данным седиментационных ловушек с учетом вышеназванных процессов в дополнение к оседанию и демонстрируем их применение на меромиктическом соленом оз. Шира (Россия, Хакасия). Численность мертвых особей доминирующей каляноидной копеподы *Arctodiaptomus salinus* уменьшалась с глубиной, свидетельствуя об элиминации трупов в водном столбе. Рассчитанные величины нехищной смертности (0,0003–0,103 сут⁻¹) были сравнимы

с ранее опубликованными величинами физиологической смертности. Мы также использовали независимые данные для оценки элиминации трупов детритофагами, за счет турбулентности и микробной деградации. Рассчитанные величины потенциального потребления трупов амфиподой *Gammarus lacustris* могли объяснить уменьшение их количества выше ловушек. Вызванная ветром турбулентность в водоеме могла приводить к задержке трупов в верхних горизонтах столба воды и усиливать их микробное разложение и механическое разрушение там. Вместе эти процессы усиливают минерализацию трупов в столбе воды, уменьшая поток их углерода на дно, к бентосу.

Исследования оз. Шира продолжаются при поддержке гранта РФФИ № 19-04-00362а.

КСЕНОРАЗНООБРАЗИЕ БИОТЫ ЮЖНОЙ БАЛТИКИ (РОССИЙСКАЯ ЗОНА): СОСТАВ, ФОРМИРОВАНИЕ, ПУТИ И ВЕКТОРЫ ВСЕЛЕНИЯ

Е. Е. Ежова¹, Е. А. Боровикова²

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

²*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, igelinez@gmail.com, elena.ibiw@gmail.com*

Биологические инвазии в настоящее время формируют региональное биологическое разнообразие Балтики не в меньшей степени, чем изменение климата. На основе фондовых данных АО «ИОРАН» 1996–2018 гг. для российской Южной Балтики, а также опубликованных сведений проанализировано региональное ксеноразнообразие фауны. Всего в фауне региона выявлено 50 видов интродуцентов. Можно считать натурализовавшимися 33 вида, статус 5 ясен не вполне ввиду недавнего вселения. Основные регионы-доноры чужеродных видов – Понто-Каспийский бассейн и Атлантическое побережье Северной Америки. Наиболее успешные группы – ракообразные и полихеты (16 и 5 натурализовавшихся видов, соответственно), в отличие от костистых рыб,

среди которых случаев успешной натурализации меньше всего. Наибольшее влияние на экосистемы региона доказано для чужеродных моллюсков и полихет, в последние годы также возрастает влияние вселенцев-ракообразных. Основной вектор переноса вселенцев в водные экосистемы Юго-Восточной Балтики – судоходство, этот вектор можно обоснованно предполагать или считать доказанным в 44 % случаев. Большая доля интродукций связана с природными факторами, а именно – распространением с течениями из сопредельных районов, где вид уже имеется (15%). Вселение через системы искусственных каналов – наиболее вероятный вектор для 13 % зарегистрированных видов. Отмечены единичные случайные вселения из аквакультуры, в том числе – недавние массовые регистрации осетров (*Acipenser baerii*, *A. gueldenstaedtii*).

Анализ генетического полиморфизма митохондриальной ДНК массовых или активно расселяющихся вселенцев позволил заключить: 1) бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* из юго-восточной части Балтийского моря с наибольшей вероятностью происходит из западной части бассейна Черного моря, в качестве единственного вероятного вектора следует рассматривать балластные воды морских судов; 2) первая балтийская популяция двустворчатого моллюска – *Rangia cuneata* характеризуется гаплотипами из двух американских акваторий – Мексиканского и Чесапикского заливов, инокуляция с наибольшей вероятностью произошла личинками из первой европейской популяции в Северном море посредством балластных вод; 3) полихеты рода *Marenzelleria*, трудно диагностируемые на основании морфологического критерия, представлены тремя видами – *M. arctia*, *M. neglecta* и *M. viridis*, что расходится с данными их морфологической идентификации как *M. neglecta* и *M. arctia*; 4) происхождение инвазивной популяции амфиподы *Dikerogammarus villosus* в Вислинском заливе можно связать с бассейном р. Днепр, наиболее вероятный путь проникновения – Восточный инвазионный речной коридор.

Учитывая интенсивное судоходство и другие виды морепользования, климатические тренды, наличие трех инвазионных речных

коридоров и исходную бедность аборигенной биоты Юго-Восточной Балтики, следует ожидать постоянного возрастания как общего числа интродукций, так и усиления воздействия вселенцев, особенно тепловодных, на рассматриваемые экосистемы.

Материал о регистрациях вселенцев проанализирован в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0149-2019-0008), генетический анализ выполнен в рамках гранта РФФИ № 17-05-0082.

РОЛЬ ГИДРОБИОНТОВ В ФОРМИРОВАНИИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОЗЕРАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н. И. Ермолаева¹, Е. Ю. Зарубина¹, В. Д. Страховенко²

*¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул,
hore413@mail.ru*

*²Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН,
г. Новосибирск*

Большинство естественнонаучных работ рассматривает биотическую структуру экосистем как результат воздействия комплекса абиотических факторов. Однако биота сама в значительной степени определяет состояние экосистемы, регулирует потоки элементов и биогеохимические циклы. При схожих условиях внешней среды на одной территории могут формироваться водные экосистемы, которые значительно отличаются как по составу гидробионтов и уровню продуктивности различных трофических групп, так и по физическим и химическим свойствам воды и донных отложений, которые формируются в результате сложных биотических и абиотических взаимодействий внутри экосистемы.

Оценка биотической составляющей седиментационного процесса в озерах юга Западной Сибири впервые показала, что поток автохтонного органического вещества составляет от 3 до 74% от общей массы седиментационного потока. Сообщества живых организмов от озера к озеру значительно отличаются друг от друга, также как отличаются минерально-геохимический состав донных отложений.

Выявлены различия в элементном (CHNSO), групповом составе органического вещества органоминеральных ДО, отличающихся по типу биологического вклада в их формирования. Изучение зависимости соотношения Н/С от О/С, величины первичной продукции макрофитов, фито- и зоопланктона, осаждающейся озерной взвеси (седиментационные ловушки), показало, что органоминеральные ДО озер с макрофитным типом образования по элементному составу близки к лигнинам. ДО озер с преимущественно планктонным происхождением с преобладанием фитопланктона по компонентному составу органического вещества занимают промежуточное положение между пептидами и лигнинами.

Для уточнения вклада различных организмов и их метаболизма в формирование минерального вещества ДО проведен кластерный анализ геохимических и биологических аналитических данных. Содержание карбонатов в ДО имеет высокие коэффициенты корреляции с продукцией фитопланктона и фульвовыми кислотами (основной вклад в образование которых вносят микроорганизмы), что указывает на биохемогенный, биогенный генезис карбонатов. Продукция макрофитов коррелирует с содержанием С, Н, N и О в органоминеральных ДО. Для макрофитогенного органоминерального ДО характерны высокие концентрации легко гидролизуемого вещества (продуктов гидролиза гемицеллюлоз) и негидролизуемого вещества (в основном лигнина). Неминерализованная продукция и экскреция зоопланктона оказались тесно связаны с концентрацией ряда металлов (Hg, Cu, Zn и др.), избирательное накопление которых именно зоопланктоном отмечено нами ранее. Кроме того, ранее наглядно продемонстрирована корреляция количественных характеристик зоопланктона с соединениями фосфора, поскольку именно фильтраторы и детритофаги (группы Cladocera и Diaptomidae) определяют основной поток фосфора в донные отложения, «консервируя» его в своих пеллетах.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 17-05-00404 а; № 18-45-540002 р-а.

ВЛИЯНИЕ ЗОНАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРУ ЗООПЛАНКТОНА МАЛЫХ ОЗЕР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н. И. Ермолаева¹, Г. В. Феттер^{1,2}

¹*Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул,
hore413@mail.ru*

²*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск*

Юг Западной Сибири – территория, отличающаяся выраженной зональностью и высокой ландшафтно-географической вариабельностью. Одной из особенностей данной территории является обилие озер (несколько тысяч). Формирование видового состава и количественных характеристик зоопланктона каждого озера определяется совокупностью физических и химических процессов, происходящих на водосборе и в самом водоеме, которые определяются климатическими, геологическими и другими параметрами. Значительная вариабельность зональных и локальных факторов, влияющих на формирование гидробиоценозов малых озер юга Западной Сибири, позволяет охватить исследованиями морфологически и геохимически различные типы озер. Ландшафтный подход к исследованию водных экосистем и их сообществ позволяет целостно охарактеризовать особенности водных сообществ, в том числе и зоопланктона, с учетом специфики водосбора и генезиса территории.

В основу работы легло обобщение результатов комплексного исследования гидробиологических и гидрохимических характеристик 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.). Изученные озера различались по степени минерализации (от 0,01 до 307,0 г/дм³), величине рН (от 6,3 до 9,96), содержанию растворенного в воде кислорода (3–13 мгО₂/дм³), концентрации органических веществ (по БПК₅ 0,28–8,32 мгО/дм³), гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов, нитратов, фосфатов, кальция и других химических веществ. На территории юга Западной Сибири

можно обнаружить почти все известные гидрохимические типы озер. При этом на одном и том же водосборе могут находиться озера с различным типом гидроэкосистем, различным химическим составом вод и донных отложений.

В каждой ландшафтной зоне видовой и количественный состав зоопланктона лимнических систем зависит от своего сочетания факторов. Определяющими факторами для формирования сообществ зоопланктона в степной зоне являются рН и минерализация. В лесостепной и таежной зонах роль минерализации и активной реакции среды снижается, при этом возрастает определяющая роль суммы температур, концентрации гидрокарбонатов, степени насыщения кислородом, концентрации органических веществ.

Для озер области замкнутого стока характерна сезонная смена видового состава зоопланктона, которая зависит в первую очередь от изменения гидрохимических параметров водоема, определяющих степень испарения, а не только от сезонных сроков развития того или иного вида и от температуры.

В условиях юга Западной Сибири локальные абиотические факторы оказывают наибольшее влияние на формирование зоопланктонных сообществ малых озер, определяя их видовое разнообразие, количественное соотношение различных компонентов и продукционные характеристики и, в большинстве случаев, превалируя над глобальными факторами.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 17-05-00404 А.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОХОДНОЙ ВОЛЖСКО-КАСПИЙСКОЙ СЕЛЬДИ, ПРОНИКАЮЩЕЙ В ВОЛГОГРАДСКОЕ И САРАТОВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩА

В. П. Ермолин

Саратовский филиал «ВНИРО», г. Саратов, gosniorh@mail.ru

Для написания данных тезисов использованы материалы 2010–2018 гг. наблюдений. Всего было исследовано более 500 особей. В результате проведенных исследований удалось установить следующее:

1) Ежегодно с начала июня по первую декаду июля в Волгоградском водохранилище наблюдается массовый ход волжско-каспийской проходной сельди на нерест, проникающей в водохранилище через судоходные шлюзы Волгоградского гидроузла. Часть популяции через судоходные шлюзы Саратовской ГЭС проникает для нереста в Саратовское водохранилище. Проникновения в Куйбышевское водохранилище не отмечено. Примерно 76–80% особей остается на нерест в Волгоградском водохранилище, 20–24% особей мигрируют на нерест в Саратовское водохранилище.

2) Численность популяции, заходящей на нерест в Волгоградское и Саратовское водохранилища, существенно колеблется по годам. Последние массовые заходы были в 2010–2015 и 2017 гг.

3) Нерест сельди в Волгоградском водохранилище происходит в верхней зоне на участке ниже плотины Саратовской ГЭС (от о. Девушкин до о. Рыбный), большей частью в районе г. Вольска. В Саратовском водохранилище сельдь нерестится также в верхней зоне, ниже плотины Жигулевской ГЭС до г. Самары, большей части в районе п. Зольное – п. Ширяево.

4) Нерестовая популяция представлена 4 возрастными группами – трех-, шестигодовиками. На трехгодовиков (впервые созревшие) приходится 4–5%, четырехгодовиков – 52–54%, пятигодовиков – 36–38%, шестигодовиков – 4–5% от численности нерестового стада. Размер особей нерестовой популяции колеблется от 24 до 34 см. Сельдь в возрасте 3 г. имеет среднюю длину 25 см, 4 г. – 28 см, 5 г. – 30 см, 6 г. – 33 см.

5) Скот из водохранилищ происходит в ноябре. Из Саратовского водохранилища мигрирует на 7–10 дней раньше. Возможно, некоторая часть популяции остается на зимовку, так как нередки случаи поимки ее зимой или сразу после распаления льда (в Саратовском водохранилище – а апреле, в Волгоградском – в марте).

6) Видовой состав нерестовой популяции однообразен. Все особи характеризуются слабым развитием зубов, количество тычинок на первой жаберной дуге колеблется от 65 до 85. При этом у рыб в возрасте 3 г. среднее число тычинок равно 68, в возрасте 4 г. – 70, в возрасте 5 г. – 72, в возрасте 6 г. – 72 тычинки. После нереста сельдь не погибает, а остается до осени в водохранилищах, где активно нагуливается. Объектом питания является преимущественно тюлька. Индексы наполнения желудков высокие.

7) По описанным выше признакам, современная сельдь, проникающая в Волгоградское и Саратовское водохранилища, отличается как от черноспинки, так и от волжской сельди. Необходимо продолжение исследований и, в первую очередь, установление видовой принадлежности, проникающей в Волгоградское и Саратовское водохранилища каспийской проходной сельди. До проведения целенаправленных исследований именовать ее как *Alosakessleri* – кесслеровская сельдь, каспийская проходная сельдь.

ФАУНА И СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ ГОРНЫХ ВОДОТОКОВ СЕВЕРНОГО МАКРОСКЛОНА ХРЕБТА ХАМАР-ДАБАН (ПРИБАЙКАЛЬЕ)

И. О. Еропова^{1,3}, В. В. Тахтеев¹, Н. А. Рожкова²

¹*Иркутский государственный университет, г. Иркутск*

²*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск*

³*Байкальский музей ИИНЦ СО РАН, пос. Листвянка, eropova.irina@yandex.ru*

Уникальная чистота природной воды оз. Байкал обусловлена прежде всего водными ресурсами его бассейна. При этом малые горные водотоки (родники, ручьи и малые

реки) отличаются слабой устойчивостью к антропогенному воздействию. Цель работы – описание разнообразия фауны и сообществ макрозообентоса малых горных водотоков, стекающих в Байкал с хр. Хамар-Дабан (на примере ручьев Травянистый и Безымянный и р. Семиречки). Материал собран в июне–июле 2017–2018 гг. в нижнем течении водотоков, на ручье Травянистый также в верхнем и среднем. На каждой точке отбирали воду для химического анализа, количественные пробы макрозообентоса с помощью бентометра ($S = 0,017 \text{ м}^2$), а также качественные для выяснения состава фауны. Обработаны 19 количественных и 8 качественных проб. Тип сообщества зообентоса определяли по таксономической группе, доминирующей по биомассе. Вода в водотоках – гидрокарбонатно-кальциевого типа, имеет слабощелочную реакцию и температуру от 3,4 °С (в истоке ручья Травянистый) до 10,0 °С (в его устье), минерализацию от 30,21 до 69,98 мг/л – гораздо ниже, чем в оз. Байкал (90–120 мг/л). В трех водотоках выявлены 11 групп макрофауны. Биомасса зообентоса в 2017 г. была минимальной в средней части ручья Травянистого при быстром течении – 1,46 г/м². В устьевой части она составляла до 33,49 г/м² среди полуводного мха, где наблюдалось большое обилие турбеллярий (86,8 % биомассы). Амфиподы эндемичного вида *Gammarus dabanus* имели крайне высокие показатели в среднем течении ручья в мелком геокрене, среди густых подушек мха и обильного детрита (117,00 г/м²). В 2018 г. для устьевых участков также были характерны высокие показатели (табл.), что соответствовало α -эвтрофному уровню водоемов по шкале С. П. Китаева (2007). Для р. Семиречки было свойственно олигохетное сообщество (субдоминанты – хирономиды), для ручья Травянистого – олигохетное с субдоминированием ручейников и хирономид, в ручье Безымянном доминировали хирономиды и олигохеты. Результаты говорят о значительной гетерогенности условий обитания в небольших водотоках, высоких уровнях биомассы и большом разнообразии бентосных сообществ.

Количественные показатели макрозообентоса устьевой части
водотоков в 2018 г.

Группы	Водотоки					
	руч. Травянистый		руч. Безымянный		р. Семиречка	
	Н	В	Н	В	Н	В
Planariidae	0	0	255±110	0,51±0,18	333±408	0,24±0,29
Oligochaeta	4627±3207	4,66±4,19	8157±4102	5,04±2,06	8725±3744	9,92±5,46
Amphipoda	0	0	20±24	0,07±0,08	0	0
Trichoptera	353±242	4,53±4,24	59±29	0,53±0,18	20±24	0,02±0,02
Chironomidae	2137±2081	2,53±2,36	5823±5970	5,57±6,66	2392±2122	1,69±1,55
Psychodidae	0	0	59±72	0,10±0,12	1059±658	1,16±0,76
Прочие*	314±176	1,45±0,80	1157±1417	1,64±2,00	274±143	0,45±0,37
Всего	7431±5706	13,17±11,59	15530±11724	13,46±11,28	12803±7099	13,48±8,45

Примечание: N – численность, экз./м²; В – биомасса, г/м². * Прочие: Gastropoda, Plecoptera, Ephemeroptera, Ceratopogonidae, Athericidae. Число проб во всех случаях n = 3.

Исследования поддержаны РФФИ (гранты № 17-29-05067-офи, 19-34-90062).

**СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА РИТРАЛИ
«ЛОСОСЕВЫХ» РЕК ЮГА САХАЛИНА
НА ПРИМЕРЕ ПРИТОКОВ РЕКИ ЛЮТОГИ**

Л. А. Живоглядова¹, В. С. Лабай², Д. С. Даирова³

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Ростов-на-Дону

²Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Южно-Сахалинск

³ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»,
г. Астрахань, l.zhivoglyadova@mail.ru

Методами статистического анализа определены сообщества макрозообентоса типичной ритрали «лососевых» рек юга Сахалина. В качестве исходных данных использованы материалы гидробиологических съемок, проводившихся на двух водотоках бассейна р. Лютоги в период с апреля 2011 г. по фев-

раль (март) 2012 г. Общий объем собранного материала в верхней части бассейна (р. Фрикена) составил 116 проб, в нижней (р. Партизанка) – 230 проб.

Для обработки данных использовали пакет программ Primer-6, сходство между станциями определяли по коэффициенту сходства Брэя-Кертиса, используя показатель интенсивности метаболизма, связывающий оценки биомасс и численностей в единую переменную. Данный показатель применяли в относительной форме, рассчитывая долю каждого вида в общей интенсивности метаболизма.

Исследования показали, что экологический облик макрозообентоса ритрали сахалинских рек определяют сообщества двух типов – постоянные и временные. Первые наблюдаются на реках на протяжении всего года. В верхнем притоке к такому типу относятся сообщества с доминированием ручейников *Neophylax suriensis* (Martynov, 1914) и комаров-долгоножек *Tipula* sp. Для р. Партизанки постоянными являются сообщества с преобладанием ручейников *Hydatophylax* sp., болотниц *Hexatoma* sp., *Tipula* sp., бокоплавов *Gammarus lacustris* Sars, 1863 и ручейников *Stenopsyche marmorata* Navas, 1920.

Временные сообщества регистрируются в отдельные периоды (сезоны) наблюдений. Для верхнего притока в весенне-летний период характерны сообщества с доминированием веснянок *Suwallia* sp., *Sweltsa* sp. и малощетинковых червей, в летний – поденок *Cinygmula sapporensis* (Matsumura, 1904), *Leptophlebia* (*Neoleptophlebia*) *japonica* (Matsumura, 1931) и молоди веснянок сем. Perlodidae, летне-осенний – веснянок *Skwalacompaeta* (Mc Lachlan, 1872), *Megarcysochracea* Klapálek, 1912, ручейников *Hydatophylax* sp. и поденок *Drunella aculea* Allen, 1971. В нижнем притоке в сообществах летнего периода доминируют поденки *Ecdyonurus aspersus* Kluge, 1980, *Ephemera japonica* Mc Lachlan, 1985, *Drunella cryptomeria* (Imanishi, 1973), *L. (N.) japonica*, хирономиды *Orthocladius (O.) setosus* Makarchenko et Makarchenko, 2006. В осенне-зимний период – хирономиды *Diamesa* gr. *insignipes* и веснянки *Sweltsa* sp.

Отличительной особенностью постоянных сообществ является сравнительно высокая биомасса и практически полное отсутствие

субдоминантов, как по показателю интенсивности метаболизма, так и по биомассе. Эти сообщества привязаны к определенным биотопам, преимущественно занимают рипаль со стабильными грунтами (скальные выстелы, камни, валуны, крупная галька) и скоплениями детрита. Сезонные сообщества приурочены в основном к медиали реки и подвижным грунтам рипали, как правило, являются полидоминантными и в целом характеризуются более высокой численностью при низкой биомассе.

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ИННОВАЦИЯ: СИМБИОЗ ГОЛОЖАБЕРНОГО МОЛЛЮСКА С ПРОКАРИОТАМИ, ЦИАНОБАКТЕРИЯМИ И АКТИНОМИЦЕТАМИ

Н. В. Жукова

*Национальный научный центр морской биологии, г. Владивосток
Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
nzhukova35@list.ru*

Симбиотические ассоциации между микробами и беспозвоночными приводят к удивительным морфологическим и биохимическим изменениям, развивающимся в процессе эволюции в животном мире. Симбиоз порождает новые метаболические пути и повышает устойчивость хозяев к внешним условиям. Симбиоз оказывает экологическое воздействие на область обитания животных и на экосистемы. Открытие новых симбиозов расширяет наше представление о симбиотическом разнообразии, их эволюции и об отношениях между хозяином и симбионтами.

Особый интерес представляют голожаберные моллюски (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia: Nudibranchia), незащищенные раковиной и питающиеся, главным образом, губками. Они обитают в придонных сообществах почти всех морей, во всех широтах, от зоны литорали до глубин океанов. Многие виды богаты разветвленными и нечетными жирными кислотами, специфичными для бактерий, что позволило предположить, что их источником могут быть симбиотические бактерии. На основе сопоставления

биохимических, генетических и морфологических данных доказана гипотеза о существовании симбиоза голожаберных моллюсков с гетеротрофными бактериями. Обнаружено, что эпителий моллюска включает возобновляемую самовоспроизводящуюся популяцию гетеротрофных грамотрицательных бактерий, цианобактерий и актинобактерий которые вносят существенный вклад в метаболизм жирных кислот хозяина. На участие симбиотических бактерий в метаболизме указывает обилие нечетных и разветвленных жирных кислот.

Впервые сообщается о новом симбиозе между голожаберным моллюском *Rostanga alisae* и членами бактериальных групп *Cyanobacteria*, *Rhizobiales*, *Rhodobacterales* и *Xanthomonadales*, известными как diaзотрофы, они также способны получать энергию путем восстановления нитратов и окисления оксида углерода. Секвенирование тканей моллюска показало наличие 74 бактериальных филотипов. Идентифицированные бактерии впервые описаны как симбионты морских беспозвоночных. Различные ткани (нотум, нога и внутренности) имеют различные бактериальные симбионты, предполагая пространственную организацию микробного сообщества моллюска. Согласно данным микроскопии с флуоресцентной гибридизацией *in situ* (FISH анализ) с мечеными олигонуклеотидными зондами к 16S РНК бактерий, бактериоциты формируют представители родов *Labrenzia*, *Maritalea*, *Burkholderia*, *Achromobacter* и *Stenotrophomonas*. Помимо бактериоцитов, ограниченных мембраной, включающих десятки особей, в клетках покровного эпителия имеются единичные бактерии. Также в цитоплазме клеток кишечного эпителия и реже покровного эпителия присутствуют цианобактерии, идентифицированные как *Synechococcus*, доминирующие по количеству клонов. Таким образом, моллюск *R. alisae* представляет собой ассоциацию с филогенетически и физиологически разнородными прокариотическими организмами. Анализ жирных кислот указывает на трофическую связь между симбиотическими микробами и голожаберным моллюском. Полученные результаты расширяют представления о биологической роли симбиоза Metazoa с бактериями.

ХИМИЧЕСКИЕ КОММУНИКАЦИИ В ПОПУЛЯЦИЯХ ПЛАНКТОННЫХ ЖИВОТНЫХ

Е. С. Задереев

*Институт биофизики СО РАН, ФИЦ Красноярский
научный центр СО РАН, г. Красноярск, egor@ibp.ru*

Успехи традиционной гидробиологии во многом связаны с пониманием закономерностей переноса вещества и энергии по трофическим цепям. На эффективность переноса вещества по трофической цепи могут оказывать влияние и информационные, в частности, химические взаимодействия. В этом случае химические сигналы вызывают различные физиологические или поведенческие реакции у гидробионтов, которые сказываются в том числе и на трофодинамических показателях.

В данной работе представлены результаты оригинальных исследований нескольких типов химических взаимодействий между разными представителями планктонных организмов. Основная цель исследования: продемонстрировать широкое распространение химических коммуникаций в водных экосистемах и оценить их экологическую и эволюционную значимость.

При исследовании химических взаимодействий в паре хищник-жертва между коловраткой *Brachionus calyciflorus* и зеленой водорослью *Scenedesmus obliquus* было показано, что коловратки под действием собственных химических выделений снижают скорость поглощения пищи; химические выделения коловраток вызывают образование колоний у водоросли *S. obliquus*. При питании колониями, превышающими оптимальный размер, у коловраток снижаются скорости потребления и ассимиляции пищи, что говорит о защитном характере этих реакций для жертв-водорослей.

При исследовании химических взаимодействий между двумя доминирующими представителями биоты оз. Шира ракообразными *Arctodiaptomus salinus* и *Gammarus lacustris* зафиксирована реакция избегания *A. salinus* как в ответ на присутствие

живого *G. lacustris* при отсутствии прямого контакта между организмами, так и в случае использования воды с продуктами жизнедеятельности *G. lacustris*. При этом реакция избегания подчиняется закономерностям, присущим сигнальным взаимодействиям.

При исследовании влияния химических коммуникаций на смену способа размножения у ветвистоусых ракообразных показано, что химические выделения своего вида стимулируют самок *Moina macroscopa* и *Moina brachiata* к образованию покоящихся яиц. Наблюдаемая реакция, а значит и концентрация продуктов жизнедеятельности в среде, зависит от плотности популяции. Показано, что химические вещества, вызывающие образование покоящихся яиц, – это видоспецифичные, нелетучие, термостабильные, гидрофобные органические соединения. Математическое моделирование позволило оценить экологическую значимость наблюдаемых реакций и описать условия, в которых популяция, реагирующая на собственные продукты жизнедеятельности, получает конкурентное преимущество.

Таким образом, на большом экспериментальном материале нами показано широкое распространение химических коммуникаций среди планктонных организмов. Химические выделения способны вызывать как физиологические, так и поведенческие отклики у исследуемых видов. Зафиксированные реакции имеют экологические последствия и эволюционные предпосылки, так как повышают приспособленность организмов и способствуют их выживанию. Таким образом, сложная сеть химических коммуникаций между планктонными организмами является неотъемлемым элементом функционирования водной экосистемы.

ПРОЦЕССЫ ПРОДУКЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ГОРНЫХ ОЗЕРАХ РУССКОГО АЛТАЯ

Е. Ю. Зарубина, Г. В. Фетгер

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Новосибирск,
zeur11@mail.ru*

В 2018 г. было изучено 11 озер, расположенных на территории Русского Алтая – самой высокой горной области Южной Сибири. Характерный элемент ландшафта Алтайских гор составляют озера. Они встречаются от предгорного и низкогорного до высокогорного поясов. Площадь большинства озер не превышает 1 км². Исследованные озера расположены на высоте от 1835 до 2899 м над уровнем моря (н. у. м.) в лесной среднегорной и тундрово-степной высокогорной зонах (Атлас Алтайского края, 1991). Озера пресные, минерализация воды в период исследования составляла от 4,97 до 99,5 мг/дм³. Водородный показатель соответствовал, как правило, нейтральным или слабощелочным водам (рН = 7,11–8,6), прозрачность воды – от 1,3 до 4,0 м, концентрация кислорода – 6,1–7,9 мг/дм³, содержание легко окисляемых органических веществ в воде (по БПК₅) в разных озерах изменялось от 0,02 до 2,38 мгО₂/л, при этом в высокогорных озерах эти значения были выше (в среднем 1,39 ± 0,89 мгО₂/л), чем в озерах среднегорья (в среднем 0,59 ± 0,46 мгО₂/л).

Для определения первичной продукции фитопланктона и макрофитов использовали скляночный метод в кислородной модификации. Величина валовой первичной продукции фитопланктона (А) в исследованных озерах в среднем составляла 0,23 ± 0,16 мгО₂/л*ч. В высокогорных озерах продукция была несколько выше (А = 0,19–0,60 мгО₂/л*ч), чем в озерах среднегорья (А = 0,09–0,18 мгО₂/л*ч). Скорость деструкции (R) в озерах изменялась от 0,03 до 0,41 мгО₂/л*ч. В большинстве озер продукционные процессы проходили интенсивнее деструкционных (А/R = 1,6 ± 0,7 мгО₂/л*ч), и биотический баланс (А-R = 0,08

$\pm 0,07 \text{ мгО}_2/\text{л}^*\text{ч}$) был положительным. В высокогорных озерах отмечена отрицательная связь между продукцией фитопланктону, высотой озера н. у. м. ($kk = -0,5$) и температурой воды ($kk = -0,8$), в среднегорных – отрицательная связь между деструкцией и температурой воды ($kk = -0,9$) и положительная – между деструкцией и прозрачностью воды ($kk = 0,6$).

Величина валовой первичной продукции макрофитов составляла от 0,74 до 9,49 $\text{мгО}_2/\text{м}^3*\text{ч}$. (в среднем $5,51 \pm 2,41 \text{ мгО}_2/\text{м}^3*\text{ч}$). Наибольшая продукция наблюдалась у таких видов как уруть (*Miriophyllum sp.*), рдесты альпийский (*Potamogeton alpinus* Balb.) и разнолистный (*P. heterophyllum* Schreb.). Продукция макрофитов зависела от места их обитания. Так продукция урути колебалась от 9,49 $\text{мгО}_2/\text{м}^3*\text{ч}$. (оз. Б. Тархатинское, 2320 м н. у. м.) до 3,62 $\text{мгО}_2/\text{м}^3*\text{ч}$. (оз. Аргамджи, 2376 м н. у. м.). В целом, в высокогорных озерах отмечена отрицательная связь между продукцией макрофитов и высотой н. у. м. ($kk = -0,6$), а в озерах среднегорья – положительная с температурой воды ($kk = 0,61$). Скорость деструкции макрофитов во всех озерах была значительно ниже продукции ($R = 0,38-3,26 \text{ мгО}_2/\text{м}^3*\text{ч}$.) и биотический баланс был положительным ($A-R = 4,23 \pm 1,9 \text{ мгО}_2/\text{м}^3*\text{ч}$.). Максимальная скорость деструкции ($3,26 \text{ мгО}_2/\text{м}^3*\text{ч}$.) отмечена у рдеста (*Potamogeton sp.*) в оз. Б. Тархатинское и урути (*Miriophyllum sp.*) в оз. М. Узенколь ($3,18 \text{ мгО}_2/\text{м}^3*\text{ч}$.). В целом деструкция макрофитов, как и продукция зависела от высоты озера н. у. м. ($kk = -0,51$) и температуры воды ($kk = 0,76$).

Таким образом, в исследованных озерах продукционные процессы проходят интенсивнее деструкционных, что ведет к накоплению органических веществ в донных отложениях. Основными факторами, влияющими на продукционно-деструкционные процессы в исследованных озерах, являются высота н. у. м. и температура воды.

Работа выполнена по госзаданию ИВЭП СО РАН при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 17-05-00404 А, 18-45-540002 р_а.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ ПО ДАННЫМ ДОЛГОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА

Е. А. Зилов, М. Л. Кострикина, Л. С. Кращук, Е. В. Пислегина,
О. О. Русановская, С. В. Шимараева

*Иркутский государственный университет, НИИ биологии, г. Иркутск,
eugenasilow@gmail.com*

С февраля 1945 г. выполняется круглогодичный (отбор проб раз в 1–2 недели) мониторинг состояния планктона оз. Байкал на «Точке № 1» (51°52'48" с. ш., 105°05'02" в. д., 2,7 км от берега над глубиной 800 м в пелагиали у бухты Большие Коты). Здесь мы приводим результаты наблюдений в слое 0–50 м.

Экосистема пелагиали Байкала относительно проста, особенно по сравнению с экосистемами бентали. С февраля по май подо льдом развиваются микроводоросли. Обычно это как эндемичные *Aulacoseira baicalensis*, *A. skvortzowii*, *Cyclotella baicalensis*, *Stephanodiscus meyerii* (Bacillariophyta), *Gymnodinium baikalense*, *Peridinium baikalense* (Dinophyta), *Synechocystis limnetica* (Cyanophyta), так и неэндемичные *Synedra ulna*, *S. acus* (Bacillariophyta), *Gymnodinium coeruleum* (Dinophyta), *Dinobryon cylindricum* (Chrysophyta) и другие. Их поедают зоопланктоны – эндемичная копепода *Epischura baicalensis*, эндемичные подледные (*Synchaeta pachypoda*, *S. pachypoida*, *S. prominula*, *Notholca grandis*, *N. intermedia*), и неэндемичные круглогодичные коловратки (*Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *Filinia terminalis*).

В свою очередь этот зоопланктон поедается гаммарусом *Macrohectopus branickii*, которого, как и эпишуру, поедают рыбы (г. о., *Comephorus*). Вступают *Coregonus autumnalis migratorius* (омуль) и нерпа, пожирающая *Comephorus*. Отходы погружаются из фотического слоя в гипolimнион. Там они минерализуются бактериями, высвобождающими биогенные элементы в растворимой форме. Лед тает, происходит весеннее перемешивание, процесс готов повториться.

В июле–октябре неэндемичные Chlorophyta (*Monoraphidium irregulare* и др.), Chrysophyta (*Chrysochromulina parva*, *Dinobryon sociale*, *Dinobryon cylindricum* и др.), Cryptophyta (*Rhodomonas pusilla*), Bacillariophyta (*Koliella longiseta*, *Asterionella formosa* and others) и эндемичные водоросли *Cyclotella minuta* и *Synechocystis limnetica* потребляют биогенные элементы. Этот фитопланктон поедается зоопланктоном, состоящим из эпишуры, *Cyclops kolensis*, Cladocera, коловраток (*Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *Filinia terminalis*, *Conochilus unicornis*, *Synchaeta stylata*, *S. grandis*, *Asplanchna priodonta*, *A. herricki*, *Collotheca mutabilis* и др.). Остальная пищевая сеть идентична подледной. Сезон завершается осенним перемешиванием и ледоставом. Эти процессы и определяют качество воды и жизнь всей экосистемы озера.

За время наблюдений мы выявили рост температуры воды: на поверхности – 0,24 °C за 10 лет, на глубине 50 м – 0,10 °C за 10 лет, средневзвешенной для слоя 0–50 м – 0,13 °C за 10 лет.

В долговременной динамике численности и биомассы фитопланктона очевидны тренды (положительные для летнего и отрицательные для подледного). При анализе динамики численности и биомассы зоопланктона не отмечено трендов для всего зоопланктона, возможно, благодаря стабильности численности эпишуры (до 99% общего зоопланктона), *Cyclops kolensis* (до 50%). Отмечено выражено возрастание численности обеих кладоцер (*Daphnia longispina*, *Bosmina longirostris*), летнего комплекса коловраток (30 видов). В то же время явно снижается численность эндемичных подледных коловраток (7 видов) и круглогодичных коловраток (4 вида).

Работа поддержана Министерством высшего образования и науки РФ (6.1387.2017/ПЧ) и Фондом Байкала.

СТРУКТУРА ПЛАНКТОННЫХ И ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ РЕК БАССЕЙНА ГИПЕРГАЛИННОГО ОЗЕРА ЭЛЬТОН: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Т. Д. Зинченко, В. К. Шитиков

*Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти,
ecology@attack.ru*

Характерной особенностью логических систем аридных территорий является их нестационарность, обусловленная глобальными и региональными климатическими колебаниями, включая антропогенное воздействие (Zinchenko et al., 2017). На участках высокоэвтрофных соленых рек при низкой скорости течения, малой глубине, высокой температуре создаются весьма специфические условия для жизни гидробионтов. В соленых водоемах обычно нет четкого разграничения планктонных и донных сообществ (Балушкина и др., 2009; Шадрин, 2013; Zinchenko et al., 2018). В связи с этим изучение пространственного распределения этих сообществ на сходных биотопах в условиях динамичности абиотических факторов может служить важной основой для анализа структурной организации водных экосистем (Алимов и др., 2013). Представлены результаты исследований планктонных и донных сообществ 5 соленых рек Приэльтона. Применения алгоритмов многомерного анализа расширяется для решения сложных проблем количественной оценки взаимосвязей в больших массивах данных. Развитие исследований в смежных областях науки потребовало разработки мощных алгоритмов выделения биомаркеров с использованием латентных структур (Meng et al., 2016). Появились группы новых методов, основанных на блочном симметричном анализе ковариаций, прокрустовом анализе, канонических корреляциях и др. (Erve et al., 2018). Для статистического анализа ассоциативных связей между видовыми структурами макрозообентоса, мейобентоса и зоопланктона применялся метод DIABLO (Singh et al., 2016). Были сформированы три матрицы численностей T (экз./м²) 88 отдельных таксономических групп (в том числе 28 видов зоопланктона, 24 вида макрозообентоса и 36 видов мейобентоса) на 15 станциях соленых

рек при единовременном отборе проб в августе 2013 г. Для корректной совместной обработки данных, значения матриц трансформировались в единую шкалу баллов от 0 до 6 с использованием алгоритма нахождения оптимальных границ. Была сформирована матрица, включающая 20 абиотических факторов среды. Показано, что значительная доля совокупной вариации данных может быть объяснена консенсусной конфигурацией информации, общей для всех сообществ. С использованием кластерного и обобщенного прокрустового анализа построены диаграммы, позволяющие выделить устойчивые ассоциации таксонов, выделены графы корреляционных плеяд и рассчитана индикаторная значимость для видов макрозообентоса, мейобентоса и зоопланктона (Zinchenko et al., 2018). Установлено, что при взаимодействии планктонных и донных сообществ имеется высокая доля смешанных, а по генезису «взаимопроникающих» экологических группировок в видовой композиции сообществ, достаточно хорошо коррелирующих между собой. Полученные результаты позволяют рассматривать планктонные и донные сообщества соленых рек как неравновесные динамически изменяющиеся консорциумы видов.

Работа выполнена по теме НИР «Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации» и при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 17-04-00135.

ОСНОВНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГА COREGONUS LAVARETUS L. В ВОДОЕМАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

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

*Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН,
г. Апатиты, zubova@inep.ksc.ru*

Для природных популяций рыб арктических регионов типична сложная структурная организация, гетерогенность, дифференциация на более мелкие субпопуляции симпатрических форм.

Это характерно и для рыбного населения внутренних водоемов Мурманской области, которые слагаются из популяций таких сложных комплексных видов лососеобразных, как сиг *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758), арктический голец *Salvelinus alpinus* (Linnaeus, 1758) и кумжа *Salmo trutta* Linnaeus, 1758, что позволяет им наиболее полно использовать доступные пространственные и пищевые ресурсы, быстро адаптироваться к изменяющимся параметрам окружающей среды, включая загрязнение водоемов. Большой интерес вызывают популяционные системы широко распространённого в водоемах Мурманской области сига, который, в силу своих биологических особенностей многие годы используется как тест-объект ихтиологического мониторинга и является важнейшим промысловым видом внутренних водоемов региона. При этом механизмы формообразования и пространственно-функциональной дифференциации его популяций остаются малоизученными; не проработаны аспекты охраны генофонда этого вида в условиях изменений климата, нарастающих угроз со стороны развивающейся промышленности, аквакультуры, инвазий новых видов, затрагивающие все новые, часто малоизученные водоемы его обитания. Отсутствуют обобщающие работы по биологическим характеристикам сига по всем исследованным водоемам Мурманской области.

Целью настоящей работы было обобщение основных биологических характеристик сига из 40 водоемов Мурманской области, изученных сотрудниками ИППЭС КНЦ РАН с 1972 по 2018 гг. Водоемы были исследованы в основном в центральной части области и ее приграничной зоне с Норвегией и Финляндией. В изученных водоемах сиг был представлен двумя формами – малотычинковой (далее мт.с.) и среднетычинковой (ст.с.). Мт.с может встречаться в водоемах без ст.с., в то время как ст.с обитает только с мт.с. В центральных водоемах ст.с. встречается в единичных экземплярах, в то время как в приграничной зоне является более многочисленным. Число тычинок у мт.с. варьирует от 10 до 35 (в среднем от 21 до 25) тычинок, у ст.с – от 27 до 44 (в среднем от 32 до 38) тычинок. Максимальный возраст мт.с. в центральных водоемах достигает 10+ лет, в приграничных – 17+ лет,

у ст.с. – до 7+ и 11+ лет соответственно. Средние линейно-весовые характеристики сигов из исследованных водоемов сильно различаются. У мт.с. они варьируют от 137 до 339 мм и от 28 до 564 г, у ст.с. – от 126 до 301 мм и 34 до 391 г. Наибольшие линейно-весовые характеристики отмечены для сигов с приграничной зоны и для мт.с. равны 565 мм и 2575 г, для ст.с. – 442 мм и 1275 г. Обе формы сига могут впервые вступать в нерестовое стадо в возрасте от 0+ до 4+ лет и нереститься мт.с. до 17+ лет, ст.с. – до 11+ лет. Также сильно варьируют размеры рыб, впервые участвующие в нересте: у мт.с. они могут иметь значения от 87 до 320 мм и от 4 до 382 г., у ст.с. – от 80 до 254 мм и от 4 до 197 г.

Исследованные основные биологические характеристики сига из водоемов Мурманской области говорят о высокой пластичности вида, что требует детального исследования его условий обитания, морфологии, а также филогении с использованием современных генетических методов исследования, которые ранее не проводились.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 0226-2019-0045 и частично поддержана из средства гранта РФФИ 18-05-60125 Арктика.

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ
АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (SALMO SALAR L.)
В РЕКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ПО ДАННЫМ СЪЕМОК ПЛОТНОСТИ МОЛОДИ**

А. В. Зубченко, С. В. Прусов, М. Ю. Алексеев

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Мурманск, zav@pinro.ru

В связи с практически полным прекращением коммерческого лова атлантического лосося (семги) в реках Мурманской области (незначительная промышленная квота выделяется только для рек Варзуги и Кици), была утрачена возможность прямого просчета анадромных мигрантов на рыбоучетных заграждениях, устанавливавшихся в устьевой части рек. Поэтому в качестве альтернативы для оценки состояния запасов используются данные мониторинга

плотности молоди на нерестово-выростных участках (НВУ), который на отдельных реках ведется с 1991 г.

В результате многолетних исследований на индексных реках выявлены параметры плотности молоди, позволяющие оценить состояние запасов по трехбалльной шкале: хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное.

Хорошее состояние запасов соотносится с плотностью молоди в возрасте 1+ и старше, превышающей 40 экз./100 м². Это популяции лосося из рек Восточного Мурмана: Рында (75 экз./100 м²), Восточная Лица (66 экз./100 м²), Харловка (53 экз./100 м²), Золотая (87 экз./100 м²) и Терского берега: Пялица (81 экз./100 м²), Каменка (55 экз./100 м²), Чапома (54 экз./100 м²), Индера (41 экз./100 м²). Численность лосося в этих реках в несколько раз превышает величину сохраняющего лимита (CL), что обеспечивает хорошее заполнение нерестилищ производителями и условия для расширенного воспроизводства. Почти все вышеперечисленные реки находятся в труднодоступных районах, где уровень незаконного, несообщаемого и нерегулируемого лова (ННН-лов) очень низкий. Кроме того, значительную роль в сохранении запасов сыграла программа развития любительского и спортивного рыболовства по принципу «поймал-отпустил».

Реки, где плотность молоди варьирует в пределах 20–40 экз./100 м², относятся к водотокам с удовлетворительным состоянием запасов. Среди них есть группа рек (Ура, Ваенга, Большая Западная Лица), где этот показатель больше 30 экз./100 м², группа рек (Кулоньга, Йоканга, Печенга, Типановка), в которых плотность молоди чуть меньше 30 экз./100 м², и группа рек (Варзуга, Тулома, Титовка) с плотностью молоди чуть более 20 экз./100 м². Популяции лосося из первых двух групп находятся в достаточно стабильном состоянии и имеют положительный тренд численности молоди за последние 18–20 лет. Запасы лосося из последней группы находятся в зоне риска резкого падения численности. Они имеют отрицательный тренд численности молоди. Из-за близости крупных населенных пунктов, доступности и слабого контроля на них очень высокий уровень ННН-лова, достигающий 50–80% от численности нерестового стада.

Неудовлетворительное состояние запасов характерно для рек, где плотности молоди менее 20 экз./100 м². Это реки Кола (19,1 ± 0,3 экз./100 м²), Умба (19 ± 0,3 экз./100 м²), Моче (18 экз./100 м²), Чаваньга (13 экз./100 м²), Ковда (11 экз./100 м²), Средняя (8 экз./100 м²), Колвица, Канда, Лувеньга (≥ 1 экз./100 м²). Большая часть этих рек, кроме р. Умбы, относится к малым водотокам, и из-за высокого уровня ННН-лова численность анадромного лосося в них значительно ниже СЛ. Популяции лосося в них находятся в состоянии глубокой депрессии, а некоторые на грани исчезновения.

Отдельно стоит самая крупная река региона – Поной (17 экз./100 м²), так как из-за невозможности охватить сеткой станций электролова весь бассейн реки данные по плотности молоди не в полной мере характеризуют состояние запасов лосося в ней.

Из вышеизложенного следует, что более 40% запасов лосося из рек Мурманской области находятся в зоне риска долговременной депрессии или полного исчезновения.

ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЛУЗАМКНУТОЙ БУХТЫ СЕВЕРНОЙ ЛАДОГИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЫБОРАЗВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Ю. А. Зуев¹, Н. В. Зуева², А. Е. Лапенков²

*¹Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
 («ГосНИОРХ» им. Л. С. Берга), г. Санкт-Петербург*

*²Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, yzuyev@ya.ru*

Широкое распространение аквакультуры в Карелии привело к появлению садковых хозяйств в северной части Ладожского оз. и изменениям донных сообществ под воздействием рыбоводства. С 2001 г. в Малой Никоновской бухте на о. Валаам функционирует форелевое хозяйство. Это одно из крупнейших садковых хозяйств Карелии. В 2015 г. здесь было произведено 60 т рыбной продукции (Степанова и др., 2016). Рекомендованный ХЕЛКОМ

[HELCOM..., 2007] размер биогенной нагрузки от форелеводческих хозяйств составляет 7 кг общего фосфора и 50 кг общего азота на 1 т товарной продукции. Таким образом, можно приблизительно оценить точечную биогенную нагрузку на данную акваторию за год в 420 кг $P_{\text{общ}}$ и 3000 кг $N_{\text{общ}}$. Цель описать состояние донных сообществ бухты на различных грунтах под многолетним воздействием от форелевой фермы.

Бухта небольшая, площадь ее акватории составляет 0,85 км². Берега бухты крутые, продолжают в виде подводных склонов. Средняя глубина составляет 16,8, а максимальная – 24,4 м. Берега представляют собой скальные стенки, в отдельных участках россыпи валунов. Подводная часть склонов сложена такими же грунтами, а на участках, где уклон становится меньше, происходит смена твердых грунтов на скопления песка и ила. Кутовая часть имеет форму чаши, отделена от озера островами и является полузакрытой. Ее площадь 0,34 км². В этой закрытой от штормов части бухты расположены садки.

В целом гидрохимические характеристики соответствуют районам северной Ладоги. В заливе благоприятный кислородный режим. Однако в летний период (июль–август) в придонных горизонтах (20–25 м) неоднократно наблюдалось пониженное содержание кислорода, и периодически отмечались высокие значения концентраций биогенных элементов.

На литорали и ниже, на скалистых стенках и каменистых свалах и в центральной части бухты отмечено почти 170 таксонов беспозвоночных. Все они характерны для северной части Ладоги. Личинки насекомых и, в частности, личинки комаров-хируномид представлены наиболее разнообразно и формируют значительную от численности зообентоса. Реликтовые ракообразные Ладожского оз. распространены во всем исследованном диапазоне глубин. Наибольший вклад в биомассу вносит байкольский вселенец – амфипода *Gmelinoides fasciatus*. В центральной части бухты, по данным дночерпательной съемки, бентос практически отсутствует (единичные олигохеты сем. Tubificidae), но при видеофиксации отмечены немногочисленные ракообразные.

БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МАКРОФИТОВ В РЕКАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Н. В. Зуева, В. Г. Сергеева

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, nady.zuyeva@ya.ru*

Целью данной работы было продемонстрировать возможность использовать данные о макрофитах рек Северо-Запада России при биоиндикационной оценке.

Работа опирается на результаты комплексных исследований водотоков Ленинградской области и г. Санкт-Петербурга – рек Охта, Лубья, Оккервиль, Селезневка и Ордеж. Летом 2016–2017 гг. на этих водотоках выполнялось описание характеристик макрофитов (Катанская, 1981; Бобров, Чемерис, 2006). Параллельно осуществлялся отбор проб воды для определения гидрохимических характеристик. Работы были проведены на 21 станции. Для оценки по гидрохимическим параметрам были вычислены индексы загрязненности воды (ИЗВ; УКИЗВ). При определении уровня трофии водотоков по макрофитам использовались 3 метода: IBMR (AFNOR..., 2003), MTR (Holmes et al., 1999) и TIM (Schneider, Melzer, 2003). Для применения характеристик макрофитов в оценке качества вод использовался балльно-индексный метод (Зуева, 2007). В него включены параметры: индекс видового разнообразия на станции, число видов истинно водных растений, суммарное обилие макрофитов.

По значениям макрофитного индекса S_m , на всем протяжении р. Охты и ее притоков, качество воды относится к 2 классам: «Грязная» и «Очень грязная». Для рек области – «Грязная» и «Умеренно загрязненная». В результате корреляции S_m с индексами разнообразия Шеннона для всей флоры и для гидрофитов, выявлена прямая, значимая связь. С увеличением уровня загрязнения уменьшается видовое богатство и разнообразие растительного покрова.

По значениям индекса IBMR почти все участки р. Охты и ее притоков, рек Лубья и Оккервиль, относятся к «Плохому»

и «Очень плохому» классу трофии. По индексу ТИМ – класс вод «Эвтрофный». По МТR – преимущественно «Переходный» трофический статус. Реки области по показателям трофии отличаются от рек городской территории. По индексу ИВМR участки р. Оредежи имели трофический статус от «Умеренного» до «Плохого», а станции р. Селезневки – «Умеренный». Индекс ТИМ для р. Оредежи выявил классы вод «Мезо/эвтрофный» и «Эвтрофный», а для р. Селезневки – от «Эвтрофного» до «Эвтро/гиперэвтрофного».

Рассчитать достоверные коэффициенты корреляции между индексами трофии и ИЗВ и УКИЗВ не удастся из-за малого количества данных. Но при этом, очевидно, что на станциях с высокими значениями индексов трофии, значения ИЗВ и УКИЗВ низкие и наоборот. Проявляется связь индексов трофии с индексами видового разнообразия – чем выше трофия реки, тем выше видовое разнообразие.

Проведен корреляционный анализ, включающий в себя рассчитанные индексы трофии, а также гидрохимические данные, связанные с содержанием органического вещества и биогенных соединений. Показано, что индексы трофии ИВМR и МТR тесно связаны между собой прямой значимой ($p < 0,05$) связью. Индексы ИВМR, МТR связаны с ТИМ обратной связью, коэффициент корреляции значим, но его абсолютное значение ниже, чем для ИВМR и МТR. Трофический индекс ИВМR проявляет связь с такими показателями как: растворенный кислород, БПК₅, азот нитритов и суммарное содержание фосфора. Индекс МТR также проявил связь с растворенным кислородом, БПК₅, азотом нитритов, суммарным содержанием фосфора, а также с фосфором фосфатов. При этом уровень значимости – $p < 0,05$, в обоих случаях. Индекс ТИМ не демонстрирует корреляцию ни с одним гидрохимическим показателем. Это позволяет предположить, что он не подходит для использования в условиях Северо-Запада РФ. Это связано с тем, что число видов-индикаторов, необходимых для расчета данного индекса, мало в данном регионе.

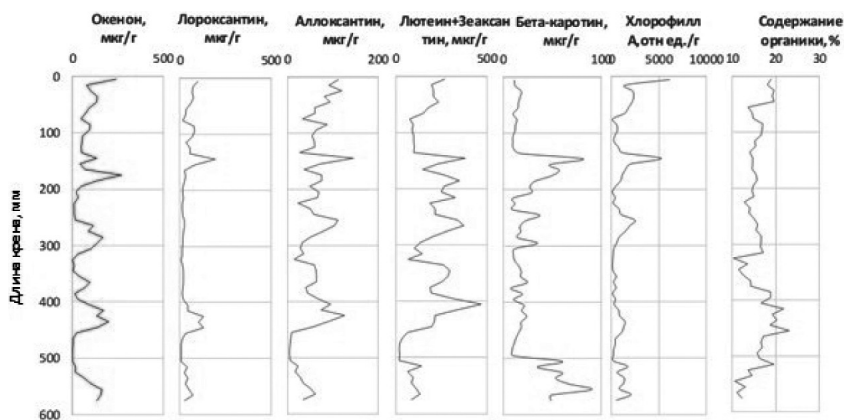
ФОТОПИГМЕНТЫ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА УЧУМ (ЮЖНАЯ СИБИРЬ) КАК ОТРАЖЕНИЕ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЦИРКУЛЯЦИИ ОЗЕРА В ПРОШЛОМ

В. В. Зыков

*ФГБУ «ФИЦ «Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН»
(ФИЦ КНЦ СО РАН), г. Красноярск, zukovvv@yandex.ru*

Озеро Учум (55.05.670 с.ш., 89.43.390 в.д.) расположено в Чебаково-Балахтинской (Северо-Минусинской) котловине, в 30 км к югу от г. Ужур (Красноярский край), на территории Ужурского района Красноярского края. Водоем имеет овальную форму 1,5Ч4 км с площадью поверхности около 4 км² и максимальной глубиной 7,9 м (2015 г). Ионный состав воды сульфатно-хлоридный, натриево-калиевый (Кривошеев, Хасанов, 1990). Соленость в верхних слоях миксолимниона в период летней стратификации в 2015 и 2016 гг. составляла около 24 г/л, в придонных слоях 34 г/л. Вода и ил обладают целебными свойствами, на берегу озера располагается популярный курорт. Озеро обладает меромиктическим режимом циркуляции, вследствие чего придонный слой на протяжении всего года сохраняет анаэробные условия с присутствием сероводорода. Верхние слои сероводородной зоны являются местом обитания аноксигенного сообщества пурпурных серных бактерий. Данные бактерии являются продуцентами каротиноида окенона, который специфичен только для этого рода и может рассматриваться как палеоиндикатор наличия сероводородной зоны в озере в прошлом. В ходе работы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в экстрактах донных отложениях озера были обнаружены каротиноиды различных групп фототрофных микроорганизмов. А именно, аллоксантин (криптофитовые), лороксантин (зеленые водоросли), лютеин (высшие растения и зеленые водоросли), зеаксантин (высшие растения и цианобактерии), бета-каротин (универсальный каротиноид) и окенон (пурпурные серные бактерии). Как видно

на полученных профилях фотопигментов в керне донных отложений (рис.), окенон присутствует на всем его протяжении, но в неравномерных количествах. Есть три участка, а именно 215–245, 315–335 и 445–505 см, где наличие окенона минимально, что говорит о нестабильности сероводородной зоны в эти периоды. За двадцатый век (верхние 20 см керна) изменения уровня озера составили до 2,5 м, наличие больших количеств окенона слоях, соответствующих этому времени, свидетельствует о том, что гидрологический режим озера остается стабильным при таких переменах.



Профили распределения фотопигментов в керне донных отложений оз. Учум, нормировка на сухой вес проб

РЕЦЕНТНЫЙ СОСТАВ CLADOCERA ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ЮЖНОЕ ХАУГИЛАМПИ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

А. Г. Ибрагимова^{1,2}, Л. А. Фролова¹, Н. А. Белкина²,
М. С. Потахин², Д. А. Субетто^{2,3}

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань,
AGIbragimova@kpfu.ru

²Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

³Российский государственный педагогический университет
им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург

Озеро Южное Хаугилампи находится в восточной части Западно-Карельской возвышенности. Данный район располагается на западе республики и включает возвышенные участки вдоль государственной границы России и Финляндии: от оз. Верхнего Куйто на севере до оз. Янисъярви на юге, и до озер Сегозера и Суоярви на востоке. Общая мощность изученных четвертичных отложений оз. Южное Хаугилампи составляет 3,5 м. Отложения представлены преимущественно сапропелем, цвет которого меняется от зеленовато-бурого до темно-оливкового. В слоях, где наблюдалось изменение цвета и грансостава донных отложений, были отобраны на геохронологический анализ по изотопу ¹⁴C.

В результате кладоцерного анализа донных отложений оз. Южное Хаугилампи выявлено 35 таксонов. Доминантов кладоцерного сообщества не выявлено, субдоминантом сообщества является *Alona affinis* Leydig, 1860. Среди второстепенных видов в кладоцерном тафоценозе идентифицированы *Bosmina (Eubosmina) longispina*, *Chydorus cf. sphaericus*, *Chydorus piger*, *Acroperus harpae* (Baird, 1834), *Camptocercus rectirostris*, *Alona quadrangularis*, *A. guttata* Sars, 1862, *Coronatella rectangula* (Sars, 1862).

Статистически значимые стратиграфические зоны развития кладоцерного сообщества озера выделили с помощью кластерного анализа CONISS в программе Tilia/TiliaGraph software.

Зона 1 (580–540 см) отличается наименьшим таксономическим разнообразием. В нижних слоях колонки обнаружены преимущественно

холодолоббивые виды, что весьма характерно для формирования фауны в послеледниковый период. Субдоминантами сообщества являются *Bosmina (Eubosmina) longispina*, *Chydorus cf. sphaericus*.

Зона 2 (540–390 см) отличается увеличением таксономического разнообразия. Субдоминантами являются *Alona affinis*, *Alonella nana*. Стоит отметить, что в нижнем диапазоне зоны значительно преобладают литоральные виды (*A. guttata / Coronatella rectangularis*, *Acroperus harpae*, *Alona quadrangularis*, *Chydorus cf. sphaericus*).

Зона 3 (390–250 см). *Alona affinis* по-прежнему играет роль субдоминанта сообщества. По сравнению с предыдущей зоной отмечается увеличение доли видов, устойчивых к холодным температурам.

Индекс Шеннона-Уивера на всем протяжении колонки варьирует в пределах 2,39–3,77 бит/экз., в среднем составляя 3,1. Значения индекса выровненности Пиелу находятся в пределах 0,43–0,68 со средним значением 0,56, что свидетельствует о недостаточной выровненности структуры сообщества.

Исследования А. Г. Ибрагимовой выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ мол_а № 18-35-00328.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ *GASTEROSTEU SACULEATUS* L. В БЕЛОМ МОРЕ

М. В. Иванов, Е. В. Надточий, Т. С. Иванова, Д. Л. Лайус

Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, ivmisha@gmail.com

Трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* L. – одна из наиболее изученных рыб в мире и служит популярной моделью для исследования эволюции и поведения. В Белом море обилие этого вида быстро росло последние два десятилетия и сейчас это наиболее многочисленная рыба в море, играющая важную роль в экосистеме. Для изучения этой роли критически важно иметь количественные данные о пространственном распределении колюшки. Однако такие данные ограничены ввиду отсутствия коммерческого значения

вида. Недостаток количественных данных о распределении и численности колюшки мешает нашему пониманию механизмов, определяющих изменения, как в популяции этого вида, так и во всей экосистеме Белого моря.

Численность колюшки была изучена на станциях, относительно равномерно покрывающих береговую линию Белого моря. Пробы были собраны в нерестовый период (15–30 июня) в 2010–2011 гг. и в 2018–2019 гг. Это период максимальной численности половозрелой части популяции колюшки в прибрежной зоне, и мы предполагаем, что в это время мы учитываем всех нерестящихся особей в популяции. Пробы собирали 7,5 м неводом, высотой 1,5 м, размер ячеи в крыльях 5 мм, в кутке 1 мм. Невод заводили на 30 м от берега. Обловливаемую площадь принимали равной 120 м², коэффициент уловистости невода – 0,6. Численность половозрелых колюшек оценивали как в экз./м², так и в экз./км береговой линии.

Глубину оценивали на расстоянии 30 м от берега, уклон принимали как отношение глубины к этому расстоянию. Плотность зарослей морской травы *Zosteramarina* и фукоидов определяли визуально, используя балльные оценки. Характеристики дна описывали в терминах: скалы, валуны, гравий, песок, ил и их комбинациях. Также для каждой станции оценивали потенциальное волновое воздействие. Базируясь на типе растительности, типе дна и волновом воздействии мы выделяли типичные прибрежные биотопы. Эта классификация основывалась как на наших собственных полевых наблюдениях, так и на анализе карт и фотографий в программе GoogleEarth 6.1. Протяженность отдельных биотопов мы оценивали в GoogleEarth 6.1 при масштабе 200 м в см.

Основными местами нереста колюшек в Белом море являются биотопы зарослей морской травы и фукусовых водорослей. Самое высокое обилие нерестящейся колюшки наблюдали в густых зарослях зостеры, до нескольких сотен экз./м², но в основном десятки экз./м². Численность производителей колюшки в фукоидах, как правило, значительно ниже, максимум до нескольких десятков экз./м², чаще, несколько экз./м². Однако из-за гораздо большей протяженности биотопа фукоидов в Белом море (больше 50% береговой линии) значимость его в воспроизводстве колюшки находится

на первом месте. Биотоп zostеры, составляя менее 8% побережья Белого моря, занимает второе место.

Географически наибольшее значение в воспроизводстве трехиглой колюшки имеет Кандалакшский залив Белого моря, особенно его южный берег и кутовая часть. Здесь нерестится около 60% всей колюшки моря. Остальная колюшка нерестится в основном в Онежском заливе. Двинской залив имеет очень небольшое (несколько процентов) значение в воспроизводстве этого вида в Белом море.

*Данная работа поддержана грантом РФФИ № 18-04-01052 А «Трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* как связующее звено между сообществами открытого моря и побережья Белого моря».*

ВЛИЯНИЕ АКВАКУЛЬТУРЫ НА ФИТОПЛАНКТОН УЧАСТКА РЕКИ

Е. А. Иванова, И. И. Морозова, Л. А. Чичканова

*ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск,
elenivalg@mail.ru*

Истощение запасов дикого промысла, рост населения Земли, сохраняющийся спрос на продовольственную рыбу привели к тому, что в последние десятилетия аквакультура активно развивается с точки зрения объема производства и стоимости. Как показывают исследования, в процессе выращивания рыбы в садках выделяется значительное количество биогенных выбросов в виде твердых и растворенных питательных веществ, поступающих в воду и донные осадки (Pürez, 2002; Azevedo et al., 2011; Skriptsova, Miroshnikova, 2011; Li et al., 2017). Во избежание негативного воздействия на экосистему водотоков в результате осадконакопления и минерализации кормовых частиц и фекальных гранул необходим правильный экосистемный подход к внедрению садковой аквакультуры на реках, для которых значительное поступление органических загрязнений может сильно изменять биоту реки.

Река Енисей – крупнейшая водная артерия Сибири, в районе г. Красноярска характеризуется высокой скоростью течения (до 2 м/с), наличием открытой воды в течение всего года и низкими температурами (2–14 °С). На реке много островов, один из самых крупных в черте города – о. Отдыха. Между правым берегом и о. Отдыха располагается Абаканская протока, имеющая рекреационное значение для горожан. Верхняя часть протоки перекрыта дамбой, обеспечивающей частичный пропуск воды через нее; в саму протоку отведен выпуск теплых вод от ТЭЦ-2. В августе 2016 г. участок акватории Абаканской протоки был арендован под садковое хозяйство, где содержится взрослая рыба на продажу. В последние два года в протоке периодически наблюдали негативные явления, проявляющиеся в ухудшении запаха, микробиологических параметров воды, заиливании дна, разрастании нитчатых водорослей и высших водных растений (макрофитов).

Целью работы явилось выявление влияния аквакультуры на фитопланктон участка речной экосистемы. Для решения данной задачи в вегетационный период 2018 г. с мая по август были отобраны пробы фитопланктона на двух станциях участка реки выше садкового хозяйства (фоновый участок, станции 1 и 2) и двух станциях – ниже (экспериментальный участок, станции 3 и 4). Содержание NH_4 и NO_2 закономерно увеличивалось в течение вегетационного сезона от фонового участка (станция 1) к экспериментальному (станция 4): концентрация ионов аммония составляла 0,03 мг/л на фоновом участке в мае и 0,1 мг/л на станции 4 (расположенной в 500 м ниже садкового хозяйства) в августе; содержание нитритов варьировало от 0,0008 мг/л (в мае на станции 1) до 0,0294 мг/л (на станции 4 в августе). Такое же распределение характерно и для нитратов. Четкой закономерности в динамике общего и минерального фосфора не обнаружено. Качественный и количественный состав фитопланктона отражал, прежде всего, сезонную динамику с преобладанием по биомассе диатомовых водорослей в течение всего вегетационного периода и, в меньшей степени, влияние аквакультуры. Однако на станциях, расположенных ниже садкового

хозяйства, отмечено снижение видового разнообразия и увеличение доли биомассы зеленых водорослей до 50 % от общей к концу августа. Возможно, это связано с тем, что основную конкуренцию за питательные вещества создавали макрофиты и нитчатые водоросли рода *Spirogyra*. В конце июля на станции, расположенной в районе садкового хозяйства, биомасса макрофитов составила $268,8 \pm 62,3$ г/м², а *Spirogyra* $45,5 \pm 3,82$ г/м² сухой массы.

GMELINOIDES FASCIATUS STEB. В ВОДОЕМАХ ВОЛГО-БАЛТИЙСКОЙ И СЕВЕРО-ДВИНСКОЙ ВОДНЫХ СИСТЕМ

К. Н. Ивичева, И. В. Филоненко

*Вологодский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбных ресурсов и океанографии» («ВологодНИРО»),
г. Вологда, ksenya.ivicheva@gmail.com*

Байкальский бокоплав *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) вселялся в озера и водохранилища Европейской части России для повышения их продуктивности. В настоящее время он широко распространился по всей системе Волго-Балтийского водного пути. На территории Вологодской области он был впервые зарегистрирован А. И. Бакановым в 1994 г. в Шекснинском водохранилище. На тот момент *G. fasciatus* уже успешно освоил литоральные биотопы. В настоящее время данный вид помимо водоемов Волго-Балта регистрируется также в водоемах Северо-Двинской водной системы. Цель настоящей работы заключается в обобщении информации по распространению данного вида на территории Вологодской области.

Материал для настоящего исследования отбирался преимущественно авторами настоящего сообщения в 2009–2018 гг. на водоемах Волго-Балтийской и Северо-Двинской водной систем и смежных с ними водных объектов. Всего было проанализировано более 1000 проб, из которых *G. fasciatus* отмечен в 230.

Встречаемость данного вида в пробах из водоемов Волго-Балта в целом составила около 20%. В Шекснинском водохранилище, оз. Кубенском и литоральной части оз. Белое встречаемость данного вида составила 50%.

В Онежском оз. *G. fasciatus* был впервые отмечен Н. А. Березиной в 2001 г. В настоящее время помимо Шекснинского и Рыбинского водохранилищ данный вид встречается также в Вытегорском, Белоусовском, Новинкинском водохранилищах и р. Ковже. Фиксируется он также в нижних течениях рек-притоков (Пишковка, Угла, Ухтомка, Белый ручей и пр.), в оз. Тудозере, соединенным протокой с Онежским оз. Интересно нахождение данного вида в оз. Волоцком, расположенном в 16 км от оз. Белое и соединенным с ним р. Ухтомкой. В озерах Тудозеро, Волоцкое, Онежское и р. Белый Ручей отмечено совместное обитание *G. fasciatus* с нативными видами бокоплавов.

В Северо-Двинской водной системе данный вид был впервые отмечен М. В. Чертопрудом в 2001 г. в верховьях р. Сухоны в районе г. Сокол. В 2015 и 2016 гг. авторами были проведены повторные сборы этого вида в верховьях р. Сухоны. Единичные экземпляры данного вида были собраны авторами в 2010 г. в Топорненском и Кишемском каналах. Массовое заселение *G. fasciatus* в водоемы Северо-Двинской водной системы произошло с момента ее реконструкции. Так, данный вид впервые был отмечен нами в оз. Кубенском в 2014 г., что совпало с восстановлением плотины в истоке р. Сухоны и установлением более стабильного уровня режима. С 2014 г. *G. fasciatus* доминирует в литоральных биотопах. В 2018 г. данный вид также был отмечен нами как доминирующий на каменистых субстратах в оз. Сиверском. Представляет также интерес обнаружение *G. fasciatus* в прудах на территории г. Сокол, расположенных на расстоянии 2 км от р. Сухоны. При подробном исследовании среднего и нижнего течения р. Сухоны в 2016 г. данный вид отмечен не был. В настоящее время окрестности г. Сокол (59,4° с. ш., 40,2° в. д.) являются самой восточной точкой распространения данного вида на территории области.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИГОВ РЯДА ВОДОЕМОВ КАРЕЛИИ И МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. В. Ильмаст¹, Н. А. Бочкарев², Д. С. Сендек³, М. Ю. Алексеев⁴,
Е. И. Зуйкова², Д. С. Савосин¹, Н. П. Милянчук¹

¹Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, ilmast@mail.ru

²ИСиЭЖ СО РАН, г. Новосибирск, ih@eco.nsc.ru

³ГосНИОРХ, г. Санкт-Петербург, sendek@mail.ru

⁴ПИИРО, г. Мурманск, m.alexeev09@mail.ru

Сиговые рыбы широко распространены в водоемах Голарктики. Современные ареалы многих сиговых видов являются результатом сложной истории их возникновения и расселения. Сиговым рыбам свойственна сложная внутривидовая дифференциация, связанная либо с их высокой пластичностью и способностью приспосабливаться к меняющимся условиям среды, либо со способностью образовывать фертильные межвидовые гибриды (Пирожников, 1975; Решетников, 1980; Лебедев, 1982; Сендек, 2004; Sendek et al., 2017). В ихтиофауне водоемов Северо-Запада России рыбы рода *Coregonus* представлены многочисленными формами/видами сигов комплекса *C. lavaretus* и европейской ряпушкой (*C. albula*), которые составляют значительную долю по численности и биомассе.

Ранее для сига *Coregonus lavaretus* было описано более 30 подвигов (Берг, 1948; Правдин, 1954), впоследствии их число в России сокращено до шести (Решетников, 1995). Сложность структуры у сиговых рыб обычно связывают с особенностями их питания, и значительная морфологическая изменчивость признаков рассматривается как адаптации к условиям обитания в изменчивых условиях северных водоемов (Решетников, 1980). Однако значительную изменчивость пыжьяновидных сигов можно рассматривать и как результат гибридизации различных филогенетических линий (Sendek et al., 2017). В водоемах Карелии сиви представлены множеством морфологических и экологических форм. По числу жаберных тычинок выделяют малотычинковые (*Sp.br* = 18–25), среднетычинковые (*Sp.br* = 26–41) и многотычинковые (*Sp.br* = 42–65) формы. Относительно

высокую численность в водоемах региона имеют мало- и среднетычинковые сиги, низкую – многотычинковые.

Для генетического анализа были выбраны популяции сигов озер бассейнов Баренцева (р. Тулома), Белого (оз. Кереть) и Балтийского (озер Гимольское, Суккозеро, Тулос). Среднее число жаберных тычинок (*Sp.br*) у сигов оз. Кереть составляло $21,85 \pm 0,17$, оз. Гимольского – $27,28 \pm 0,39$, оз. Суккозеро – $26,0 \pm 0,33$, оз. Тулос – $52,83 \pm 1,34$, р. Туломы – $23,3 \pm 0,45$. Выборки сигов из озер Тулос, Суккозеро, Гимольское имеют низкие генетические показатели. Практически выборки представлены одним гаплотипом. Что предполагает, вернее всего, недавнее заселение. Наоборот высокие генетические характеристики имеют сиги оз. Кереть *Hd*-0,73333, *Pi*-0,00093 и р. Туломы *Hd*-0,73333, *Pi*-0,00034. Высокое гаплотипическое разнообразие при низком нуклеотидном характерно для популяций с первоначальным быстрым ростом численности от небольшого числа основателей при условии, что прошло достаточное время для восстановления гаплотипического разнообразия, но недостаточное, чтобы накопились значительные различия между нуклеотидными последовательностями.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218-2019-0081, проекта РФФИ № 18-04-00163а.

СИГОВЫЕ РЫБЫ ОЗЕРА КАМЕННОГО (БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ)

**Н. В. Ильмаст¹, Н. А. Бочкарев², Д. С. Сендек³,
Е. И. Зуйкова², Я. А. Кучко¹**

¹*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, ilmast@mail.ru*

²*ИСиЭЖ СО РАН, г. Новосибирск, ih@eco.nsc.ru*

³*ГосНИОРХ, г. Санкт-Петербург, sendek@mail.ru*

Сиговые рыбы, являясь ценными промысловыми видами, составляют значительную долю ихтиопродукции в северных пресноводных водоемах (Решетников, 1980, 2007). Озеро Каменное –

типичный олиготрофный водоем средней Карелии, относится к бассейну Белого моря. Ихтиофауна включает 14 видов.

Сиговые рыбы представлены европейской ряпушкой (*Coregonus albula*) и сигом (*C. lavaretus*). Ряпушка – короткоцикловый вид. В условиях оз. Каменного созревает на втором году жизни. По темпу роста близка к мелкой форме ряпушек из других водоемов Карелии.

В настоящее время в системе оз. Каменного обитают мало- и среднетычинковые сиви. Малотычинковая форма численно преобладает над среднетычинковой. Результаты филогеографического исследования сивов оз. Каменного и ряда популяций бассейна Балтики и Центральной Европы с применением анализа белоккодирующего гена ND1 мтДНК показали, что в процессе расселения сивов по акваториям Белого и Балтийского моря в постледниковую эпоху происходила значительная гибридизация между ними. В результате этого процесса гаплотипы, первоначально принадлежавшие дискретным, географически обособленным формам/видам, оказались сильно перемешаны.

Появление сивов в озерно-речной системе оз. Каменного, по всей вероятности, связано с колонизацией водоема потомками, по крайней мере, двух приледниковых рас, обитавших в бассейне современного Балтийского моря (возможно, и Белого моря) и отличными от центрально-европейской расы сига из района Альп. В период заселения оз. Каменного это были сиви, несущие гаплотипы Н_1 и Н_2. Данные гаплотипы могли происходить из двух смежных приледниковых рефугиумов, или сосуществовать в одном водоеме еще до начала отступления последнего ледника. В случае реализации данного сценария, отсутствие, или низкое число минорных гаплотипов в Н_1 и Н_2, равно как и низкие значения генетических параметров у сивов оз. Каменное, могут свидетельствовать о недавнем существенном сокращении численности (бутылочное горлышко) обеих филогенетических линий сивов. Против симпатрического сценария видообразования сивов в оз. Каменном могут выступать и такие аргументы как сравнительная молодость данного водоема, наличие у сивов из системы оз. Каменного двух центральных гаплотипов, генетически достаточно

удаленных друг от друга, отсутствие или небольшое количество минорных гаплотипов. Таким образом, разнотычинковые сиги оз. Каменного представляют собой частный случай образования экологических форм/подвидов сиговых рыб в результате встречного расселения (Мамонтов, 2000), что было подтверждено ранее исследованиями других видов сиговых рыб из водоемов Европы и Сибири с применением генетических методов (Сендек и др., 2005; Сендек, Иванов, 2013; Sendek, 1999; Bochkaev et al., 2013).

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218-2019-0081, проектов РФФИ № 16-04-01708а, 18-04-00163а.

ПИКОЦИАНОБАКТЕРИИ АРКТИЧЕСКОГО ПЛАНКТОНА: ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В КАРСКОМ, ЛАПТЕВА И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ МОРЯХ

Л. В. Ильяш, Т. А. Белевич

*ФГБОУВО «МГУ им. М. В. Ломоносова», г. Москва,
belevich@mail.bio.msu.ru*

Обилие пикоцианобактерии (ПЦ, размер клетки менее 3 мкм) в арктических водах невелико. Однако изменения абиотических факторов под влиянием климатического тренда в Арктике может привести к повышению роли пикоформ в потоках вещества в арктических экосистемах. Сведения о количественных параметрах ПЦ в морях российской Арктики практически отсутствуют (Moreira-Turcq, Martin, 1998; Суханова и др., 2015; Белевич и др., 2019).

Материал для анализа был получен в ходе 69-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в августе–сентябре 2017 г. Пробы отбирали с поверхностного горизонта на меридиональном разрезе, проходящем от 58° до 168° в. д. через Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское моря. Отбор и обработка проб проводились согласно протоколу (Белевич и др., 2019).

Температура поверхностного слоя изменялась в пределах – 1,1–8,1 °С. Численность и биомасса ПЦ существенно варьировали (табл.), средние значения между морями достоверно не различались. Выявлена положительная связь параметров обилия ПЦ и температурой воды ($p = 0,003$). Наибольшие значения численности ($5,54 \cdot 10^9$ кл/м³) и биомассы (2,59 мг С/м³) ПЦ отмечены в западной части Карского моря, где температура воды была самая высокая. В холодных водах пролива Вилькицкого и центральной части Восточно-Сибирского моря ПЦ отсутствовали. Небольшое увеличение обилия наблюдалось в районах влияния стока рек Оби, Хатанги, Индигирки и Колымы.

Численность и биомасса пикоцианобактерий
в поверхностном слое

Моря	Число станций	Численность, тыс. кл/л			Биомасса, мг С/м ³	
		среднее	ст. откл.	CV, %	среднее	ст. откл.
Карское	24	479	1203	251	0,23	0,57
Лаптевых	13	156	240	154	0,07	0,11
Восточно-Сибирское	23	238	424	178	0,11	0,20

Экспедиционные исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-60069 Арктика), обработка и анализ полученных результатов – РФФИ (19-04-00026а).

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ В СТРУКТУРЕ НАСЕЛЕНИЯ РЫБ ПРИТОКОВ СРЕДНЕЙ ОБИ

Е. А. Интересова

Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЗапСибНИРО»),

г. Новосибирск,

Томский государственный университет, г. Томск,

tomsk.fish.science@gmail.com

Со второй половины XX в. в бассейне Средней Оби произошли значительные изменения в структуре ихтиофауны, вызванные натурализацией в регионе семи чужеродных видов: леща *Abramis*

brama, верховки *Leucaspius delineatus*, уклейки *Alburnus alburnus*, сазана *Cyprinus carpio*, обыкновенного судака *Sander lucioperca*, головешки-ротана *Perccottus glenii* и вьюна Никольского *Misgurnus nikolskyi*. В настоящее время в регионе вселенцы составляют 19% видового состава рыб.

Для целей настоящей работы использованы данные, полученные в ходе изучения структуры населения рыб 12 водотоков – 7 притоков Средней Оби первого порядка и 5 притоков второго порядка. Отлов рыб осуществляли с помощью набора ставных жаберных сетей (с ячейей 22, 40 и 60 мм и длиной по 30 м каждая), а также раколовков и малькового невода. Общий объем материала составил 5 203 экз. рыб.

Из известных в бассейне Средней Оби чужеродных видов рыб, в обследованных водотоках встречено три:

Лещ *Abramis brama*. Отмечен в 5 реках из 12 обследованных. Все они притоки р. Оби первого порядка, относятся к категории больших (Васюган, Кеть и Чулым) или средних (Парабель и Чая) рек, имеют относительно большую протяженность, водосборную площадь и глубины. Доля леща в них в контрольных уловах составила от 0,4 (в р. Парабель) до 15,9% в р. Чулым по численности и от 1,6 (в р. Васюган) до 44,5% (в р. Чулым) по биомассе.

Уклея *Alburnus alburnus*. Отмечена в 2 реках – Чулым и Чая (большая и средняя река соответственно). Присутствие уклейки только в этих водотоках, вероятнее всего, связано с тем, что ее экспансия происходит с юга на север, а данные реки являются наиболее южными из всех обследованных. Вероятно, в последующем следует ожидать обнаружение уклейки в более северных водотоках. Доля уклейки в контрольных уловах составила 0,3% в р. Чая и 6,0% в р. Чулым по численности и 0,7% в р. Чая и 1,8% в р. Чулым по биомассе.

Обыкновенный судак *Sander lucioperca*. Обнаружен только в р. Чулым – наиболее крупном водотоке из всех обследованных. Доля судака в контрольных уловах по численности составила 0,05%, а по биомассе – 0,06%.

Таким образом, чужеродные виды рыб отмечены только в относительно крупных притоках Средней Оби первого порядка,

характеризуемых значительной протяженностью, водосборной площадью, шириной русла и глубинами (коэффициент корреляции Спирмена между суммарной долей чужеродных видов и протяженностью обследованных рек $r_s = 0,850$, $p 0,001$; водосборной площадью – $r_s = 0,873$, $p 0,001$). Суммарная доля чужеродных видов рыб в притоках Средней Оби колеблется от 0 до 22,0% по численности и от 0 до 46,3% по биомассе.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛОВОГО СТАДА СТЕРЛЯДИ *ACIPENSER RUTHENUS* L. В БАССЕЙНЕ СРЕДНЕЙ ОБИ (В ПРЕДЕЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е. А. Интересова², И. Б. Бабкина², В. В. Сусяев¹, А. Н. Блохин²,
С. Н. Решетникова¹, А. М. Бабкин¹, Н. А. Колесов¹

¹Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЗанСибНИРО»),
г. Новосибирск

²Томский государственный университет, г. Томск,
tomsk.fish.science@gmail.com

Стерлядь *Acipenser ruthenus* L. – один из немногих осетровых видов рыб, дикие популяции которого до сих пор эксплуатируются промыслом. В Томской области сосредоточены самые большие запасы данного вида в России.

В пределах Томской области стерлядь повсеместно обитает в р. Оби, в ее самом крупном притоке на данном участке – р. Чулым, и некоторых впадающих в него реках. В иных правобережных притоках, относящихся к категориям «большие» и «средние» реки, такие как Томь, Кеть и Тым, стерлядь обычна в нижнем течении, выше в собственных сборах отсутствовала, однако известна по опросным данным (в р. Томь вплоть до г. Кемерово). Ни в одном из обследованных левобережных притоков в контрольных уловах стерлядь не отмечена, однако известна по опросным данным в нижнем течении р. Васюган, относящейся к категории «большие» реки. Стерлядь держится преимущественно в руслах рек, однако во время весеннего половодья выходит на пойму.

Объемы добычи стерляди в Томской области в XX в. сильно колебались (вылов в отдельные годы различается более чем в 58 раз). Максимальных значений уловы достигли сразу после начала строительства Новосибирской ГЭС: в 1951 г. вылов составил рекордных 216,9 т. Высокие объемы добычи вида сохранялись на протяжении всего периода строительства ГЭС и почти 10 лет после ее ввода в эксплуатацию. Причиной этому, вероятно, послужил скат части стерляди из Верхней Оби, потревоженной гидростроительством, в Среднюю Обь, что и дало здесь резкое увеличение уловов данного вида. С конца 60-х годов объемы добычи стерляди в Томской области стали стремительно снижаться. С начала 2000-х годов в среднем уловы составляют около 3,5 т в год – минимальные значения за весь период наблюдений. Это обусловлено снижением численности стерляди, вызванного значительным переловом на фоне падения эффективности естественного воспроизводства в силу изменения уровня режима весеннего половодья в результате гидростроительства.

В промысловых уловах в Средней Оби в 2009–2018 гг. отмечена стерлядь в возрасте 1+ – 16+, с промысловой длиной от 210 до 520 мм и массой от 49 до 1197 г. Основу промыслового стада составляют особи 3+ – 5+ с промысловой длиной от 220 до 370 мм и массой от 106 до 360 г. Доля рыб старших возрастных групп (от 8+) в уловах обычно не превышает 10%.

К настоящему времени произошло снижение размерных характеристик стерляди Средней Оби по сравнению с данными наблюдений XX в. При этом показатели длины и массы разновозрастной стерляди из Верхней и Средней Оби стали близки, тогда как в 30-х гг. XX в. были отмечены значительно более крупные размеры у среднеобских рыб.

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МЕЗОТРОФНОГО СТРАТИФИЦИРОВАННОГО ОЗЕРА АРАХЛЕЙ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)

М. Ц. Итигилова

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,
г. Чита, imts49@mail.ru

В последние десятилетия наблюдается потепление климата и затрагиваются различные процессы, протекающие в водных экосистемах и в том числе в сообществах зоопланктона. Нами проведены исследования влияния температуры воды на вертикальное распределение зоопланктона мезотрофного стратифицированного оз. Арахлей (N 52 13.028; E 112 50.270).

В 2011 г. поверхностная температура воды составляла 18,1–19,3 °С. При вертикальном распределении зоопланктона доминировали веслоногие ракообразные (в основном *E. graciloides*), составляя в верхних горизонтах (0–2 м) 16–56 % от общей численности, а на глубине 4–6 м составляет 73–75 %, затем в металимнионе (на 8–10 м) – 49–37 %, в гиполимнионе (на 12–14 м) количество их составляло 26–29 % от численности зоопланктона в каждом слое. Численность зоопланктона в поверхностном слое была небольшая (2,6 тыс. экз./м³) и состояла в основном из науплиальных, копепоидитных стадии диаптомусов, циклопов и коловраток. Максимальная численность зоопланктона (76,23 тыс. экз./м³) отмечена в эпилимнионе на 4-хметровой глубине при 79 % доминировании веслоногих ракообразных – в основном *E. graciloides*. Численность общего зоопланктона в металимнионе (на глубине 10 м) составляла 38,19 тыс. экз./м³. Из них 60 % от общей численности представляли ветвистоусые ракообразные *D. galeata*. В гиполимнионе 52 % животных составляли коловратки – *K. longispina*, *A. priodonta*. В отличие от ракообразных коловратки в эпилимнионе в августе не были доминирующей группой зоопланктона. Тем не менее, необходимо отметить

весьма существенное увеличение их доли у нижней границы металимниона и гиполимниона. Таким образом, в 2011 г. на разных вертикальных слоях толщи воды доминировали по численности разные виды зоопланктона.

В 2013 г. температура воды повысилась до 22 °С, в результате которого произошло изменение процентного соотношения таксономических групп в сторону увеличения доли ветвистоусых и коловраток в общей численности зоопланктона и уменьшение доли веслоногих. В теплом 2013 г. доминировали ветвистоусые ракообразные в основном *D. galeata*, составляя в верхних горизонтах (0–6 м) 70–80 %, а в горизонтах 8–14 м 50–67 % от численности зоопланктона в слоях. Максимум численности наблюдался в слое воды от двух до восьми метров (до 69,48 тыс. экз./м³). В 2013 г. в отличие от 2011 г. во всех слоях доминировал рачок *D. galeata* и в оз. Арахлей складывалась принципиально иная ситуация: наибольшая доля клadoцер (81 %) приходилась на самый верхний, насыщенный кислородом слой эпилимниона при температуре 21,9 °С – 20,0 °С, в металимнионе при температуре 19,8 °С также доминировали *D. galeata*, составляя 62 % от общей численности зоопланктона. По мере увеличения глубины в гиполимнионе (при температуре 10,0 °С) относительная численность *D. galeata* падает, достигая 52 % в придонном слое воды. В данном году произошло изменение процентного соотношения таксономических групп в сторону увеличения доли ветвистоусых и коловраток в общей численности и уменьшение доли веслоногих. Таким образом, идет эвтрофирование водоема по всем вертикальным слоям толщи воды.

Получено вертикальное распределение структурных изменений зоопланктонных сообществ в связи с трансформацией температурного фактора по горизонтальным слоям воды (видовой состав, численность и биомасса зоопланктона).

**АНАЛИЗ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА
НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР ЗА 1978–2015 гг.
МЕТОДОМ SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS
(SSA, ИЛИ «ГУСЕНИЦА»)**

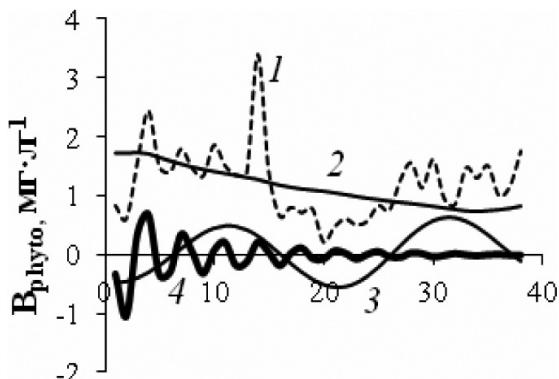
Т. И. Казанцева¹, А. Ф. Алимов¹, Б. В. Адамович²

¹Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург

*²Белорусский государственный университет, г. Минск,
tamara.kazantseva@zin.ru*

Наблюдаемая многолетняя динамика характеристик естественного водоема является результатом реакции компонентов его экосистемы на множество внешних и внутрисистемных воздействий. Кроме сравнительно легко просматриваемых многолетних трендов, которые задаются глобальными природными циклами или направленным антропогенным влиянием, эта динамика отражает многочисленные циклические процессы, происходящие в разных звеньях экосистемы.

Непрерывный мониторинг характеристик озер Нарочанской группы ведется с 1978 г. сотрудниками лаборатории гидроэкологии Белорусского государственного университета и Нарочанской биологической станции. Методом сингулярного спектрального анализа (SSA, или «Гусеница») 38-летние ряды (1978–2015 гг.) среднесезонных значений восьми характеристик экосистем озер Нарочь, Мястро и Баторино были разложены на долговременные тренды, циклические составляющие разных периодов и амплитуд и остаток, не поддающийся разложению. Была проанализирована многолетняя динамика следующих показателей: концентрация общего фосфора (P_{tot} , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$), биохимическое потребление кислорода за 5 суток (BOD_5 , $\text{мг}\ \text{O}_2\cdot\text{л}^{-1}$), концентрация хлорофилла *a* ($\text{Chl } a$, $\text{мкг}\cdot\text{л}^{-1}$), биомасса фитопланктона (B_{phyto} , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$), биомасса зоопланктона (B_{zoo} , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$), концентрация сестона (Seston , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$), скорость продукционных (A_{opt} , $\text{мг}\ \text{С}\cdot\text{м}^{-3}\cdot\text{сут}^{-1}$) и деструкционных (D_{opt} , $\text{мг}\ \text{С}\cdot\text{м}^{-3}\cdot\text{сут}^{-1}$) процессов. В качестве примера на рис. приведено разложение динамики биомассы фитопланктона оз. Нарочь.



Разложение ряда значений биомассы фитопланктона оз. Нарочь за 1978–2015 гг.:

1 – динамика параметра; 2 – тренд; 3 – циклическая составляющая с наибольшим вкладом в динамику параметра; 4 – второе по значимости вклада колебание

Оценен вклад каждой составляющей в изменение данной переменной. Тренды вносили от 78 % (V_{phyto} оз. Нарочь) до 99 % (BOD_5 оз. Баторино) вклада в изменение параметра, колебания – от 0,3 % (BOD_5 оз. Баторино) до 15 % (V_{phyto} оз. Нарочь). Наибольший суммарный вклад колебаний в динамику параметра отмечен для V_{phyto} оз. Мястро и Нарочь (соответственно, 12 и 15 %). Во всех трех озерах большую роль колебания играют в динамике хлорофилла *a* (от 7 до 9 % вклада) и V_{zoo} (от 6 до 9 % вклада). Все колебания по величине периода делятся на 4 группы: 15–22, 7–15, 4–7 и менее 4 лет. По форме колебания могут быть примерно равномерными, расширяющимися, сужающимися или пульсирующими.

Сопоставление многолетних трендов и колебательных составляющих, выделенных в динамике компонентов экосистем различного трофического статуса, позволит оценить и сравнить скорости их отклика на изменения внешней и внутренней среды. Это будет способствовать более глубокому пониманию процессов, происходящих в водной экосистеме.

СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНОЙ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ *PROROCENTRUM MINIMUM* (DINOPHYCEAE)

В. О. Калинина, М. А. Бердиева

*Институт цитологии РАН, г. Санкт-Петербург,
verakamakalinina@gmail.com*

Prorocentrum minimum (Pavillard) J. Schiller (синоним *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) – это широко распространенный вид миксотрофных морских динофлагеллят умеренного и субтропического поясов Северного и Южного полушарий. Наряду с другими видами фотосинтезирующих динофлагеллят, *P. minimum* является важнейшим компонентом фитопланктона прибрежных вод. Однако резкие вспышки численности (цветения) этого вида могут приводить к нежелательным последствиям. Например, после одного из крупных зарегистрированных цветений в Северном море (пр. Скагеррак, 1979 г.), *P. minimum* успешно заселил и распространился в Балтийском море, достигнув слабосоленых вод Финского залива (Telesh et al., 2016).

Особенности жизненного цикла динофлагеллят рассматриваются как один из главных факторов успеха этой группы и *P. minimum* в частности. В данной работе мы впервые зарегистрировали и описали переход *P. minimum* от вегетативной стадии жизненного цикла к половому процессу в культуре.

Методом проточной цитометрии было выявлено, что клеточный цикл *P. minimum* зависит от суточных циклов освещенности. Клетки в стадии S обнаруживаются преимущественно в темное время суток. Методами световой и трансмиссионной электронной микроскопии было подтверждено, что во время митоза дочерние клетки наследуют половину теки от материнской клетки (десмошизис). Однако синтез недостающей части теки происходил уже после цитокинеза, когда дочерние клетки оставались связанными в районе жгутикового кармана.

Переход от вегетативной стадии жизненного цикла к половому процессу происходил в старой культуре, примерно через

1,5 месяца после пересадки в свежую среду. Никаких дополнительных питательных веществ не добавлялось. Гаметы, морфологически неотличимые от вегетативных клеток, формировали пары и сливались. При этом, текальные пластины частично деградировали, давая возможность слиться цитоплазме и ядрам. Данная стадия жизненного цикла отличается от близкородственного вида *Prorocentrum micans*, чей жизненный цикл хорошо изучен. Гаметы *P. micans* не сливаются, а формируют узкий цитоплазматический мостик, через который ядро донорной клетки перетекает в клетку-реципиент (Bhaud et al., 1988). После репликации ДНК, зигота *P. minimum* так же как и *P. micans* сбрасывала старую теку. Редукционные деления зигот динофлагеллят отличаются от классического мейоза. В случае *P. minimum*, новые текальные пластины будущих дочерних клеток начинали формироваться раньше, чем происходило деление ядра. Таким образом, формировались 2–4 лопастные подвижные клетки с несколькими парами жгутиков и разным количеством ядер (от 1 до 4). Интересно, что после первого мейотического деления, последующее деление одного из ядер могло задерживаться. Таким образом, формировались трехъядерные клетки с одним крупным и двумя меньшими по размеру ядрами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-34-00907) на базе Института цитологии РАН.

БИОТЕСТИРОВАНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Н. М. Калинкина

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
cerioda@mail.ru*

Оценка экологической ситуации в двух северо-западных заливах Онежского озера (Петрозаводской и Кондопожской губах) была выполнена по данным биотестирования донных отложений.

Пробы донных отложений (в двух повторностях) были собраны в августе 2016 г. В опытах по биотестированию илов получали водную вытяжку поверхностного слоя донных отложений (верхние 2 см). Определяли рН, содержание сульфатов и токсичность водной вытяжки для ветвистоусых рачков *Ceriodaphnia affinis* Lillijeborg. В опытах по биотестированию донных отложений была обнаружена высокая сходимость данных между двумя повторностями, т. е. пробами, отобранными двумя дночерпателями с одной станции. Коэффициенты корреляции между исследуемыми показателями составили: для содержания сульфатов – 0,84; для величины рН – 0,96; для показателей выживаемости рачков – 0,87 ($p < 0,05$). Результаты биотестирования донных отложений свидетельствуют о том, что в исследуемых районах Онежского оз. распределение показателей содержания сульфатов, величин рН и токсичности илов строго закономерно. Максимальные концентрации сульфатов (45,54–11,47 мг/л) приурочены к вершинным зонам двух заливов – Петрозаводской и Кондопожской губ. Здесь же отмечаются минимальные величины рН водной вытяжки – до 5,46–5,66. В вершинных зонах заливов обнаружены и наиболее токсичные илы: надосадочная жидкость, полученная из илов вершинной зоны Петрозаводской губы, вызвала полную гибель рачков за 5 дней эксперимента. Гибель рачков в этих опытах объясняется именно низкими значениями рН. В специальных экспериментах на *Ceriodaphnia affinis* нами было показано, что величины рН в диапазоне 5,0–5,6 являются пограничными для этого вида ракообразных. При величинах рН около 5,0 и менее происходит быстрая гибель рачков. В вершинной части Кондопожской губы илы были менее токсичны, хотя выживаемость рачков в водной вытяжке из илов была снижена до 65%. Возможные причины повышенных концентраций сульфатов, низких величин рН и токсических свойств илов из вершинных зон заливов связаны с комплексом факторов. Главный фактор, определяющий ситуацию на дне в Петрозаводской губе – воды р. Шуи, одного из основных притоков Онежского оз. Устье р. Шуи находится в вершинной части Петрозаводской губы. Речные воды обогащены органическим

веществом, поступающим с заболоченной водосборной территории. В приустьевых участках на дне Петрозаводской губы происходит интенсивное накопление аллохтонного органического вещества, причем скорость его трансформации существенно ниже скорости накопления. Эти процессы и определяют в вершинной части залива низкие величины рН поверхностного слоя илов и высокие концентрации сульфатов. В вершинной части Кондопожской губы располагается целлюлозно-бумажный комбинат, который более 80 лет сбрасывает в залив сточные воды. Другая ситуация наблюдается в открытых участках заливов, сопредельных с центральными районами озера. Здесь концентрации сульфатов в водной вытяжке из илов существенно меньше и достигают минимальных значений (8,01–8,13 мг/л). Величина рН водной вытяжки из илов, отобранных на этих станциях, варьирует в пределах нейтральных значений (7,02–7,33). Илы, отобранные в открытых участках Кондопожской и Петрозаводской губы, сопредельных с центральным плесом Онежского оз., оказались нетоксичными для цериодафний.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК В СОСТАВЕ КОМБИКОРМА НА РОСТ И ФИЗИОЛОГИЮ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

**Н. П. Канцерева, Л. А. Лысенко, И. В. Суховская, М. В. Чурова,
Н. Н. Фокина, А. Н. Паршуков**

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
nkantserova@yandex.ru*

Искусственное выращивание радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) неизбежно сопряжено с такими факторами, как высокая плотность посадки, хэндлинг, слабая проточность воды, летний подъем температур, гипоксия, которые приводят к развитию стрессовой реакции, ослаблению иммунной системы, задержке роста, развитию инфекционных заболеваний. На клеточном уровне стресс провоцирует оксидативные процессы,

в результате чего клеточные белки, наряду с липидами, подвергаются окислению. Интенсивность окисления белков, оцениваемая по содержанию их карбонильных производных, повышается в периоды, неблагоприятные для роста и здоровья рыб. Одновременно с этим возрастает нагрузка на антиоксидантные системы организма и систему контроля качества клеточных белков. В экспериментах с радужной форелью, проводимых на аквахозяйстве, оценивалась эффективность обогащения корма рыб смесью дигидрохверцетина и арабиногалактана, биологически активными добавками, получаемыми из отходов заготовки ливтенницы. Дигидрохверцетин – биофлавоноид, обладающий антиоксидантной активностью. Арабиногалактан – полисахарид с пробиотической активностью, способствующий росту кишечной микрофлоры, которая важна для эффективного пищеварения и защиты от патогенной флоры, а также стимулятор иммунных сил организма. На форелевом хозяйстве была отмечена вспышка инфекционного заболевания, вызванного *Pseudomonas putida* и *Cytophaga psychrophila*, которое и позволило оценить эффективность биодобавки. Выживаемость и скорость роста форели, получавшей с кормом биологически активные добавки, были выше по сравнению с таковыми показателями у рыб контрольной группы. Экономический коэффициент усвоения корма у экспериментальной форели был ниже (1,07 против 1,13 в контроле), что говорит о более эффективном превращении энергетических веществ корма в процессы роста. В ответ на развитие инфекционного процесса в органах форели активировались защитные системы – антиоксидантная, детоксикационная, аутофагическая, протеасомная – при этом их отклик проявился быстрее у форели, получавшей корм с экспериментальной добавкой. После проведенного лечения энрофлоксацином, из органов форели, получавшей добавку, быстрее элиминировались чужеродные жирные кислоты бактериального происхождения, быстрее восстанавливалось утраченное при действии антибиотика разнообразие микрофлоры желудочно-кишечного тракта.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-74-20098).

МАТЕРИАЛЫ К СИНТАКСОНОМИИ И ЭКОЛОГИИ *PHRAGMITES ALTISSIMUS* (POACEAE)

О. А. Капитонова

ФГБОУ ВО «УдГУ», г. Ижевск, kapoa@uni.udm.ru

Тростник высочайший (*Phragmites altissimus* (Benth.) Mabilie) – высокотравный гелофит, в настоящее время активно расширяющий свой ареал в северном направлении (Папченков, 2008). Первоначально распространенный в теплых и умеренных областях Евразии и Северной Африки (Цвелев, 1976), этот вид все чаще регистрируется в пределах бореальной лесной зоны, где считается заносным растением (Цвелев, 2011). Произрастание его в качестве адвентивного вида отмечено в ряде регионов европейской (Капитонова, 2006; Папченков, 2008; Нотов, 2009; Серегин, 2010 и др.) и азиатской (Науменко, 2008; Капитонова, 2016, 2017) частей России. Авторами отмечается его высокая конкурентоспособность и эдификаторная роль в сообществах. Цель наших исследований состоит в изучении состава и структуры сообществ, образованных *P. altissimus*, и изменений их характеристик в зоне инвазии вида к северу от границы естественной области его распространения. В работе использованы оригинальные данные, полученные на водоемах Астраханской области, Удмуртской Республики, Тюменской области, Ханты-Мансийского автономного округа-Югры.

Выявлено, что в зоне экологического оптимума (юг европейской части России) *P. altissimus* чаще всего является эдификатором прибрежно-водных фитоценозов, реже входит в состав сообществ других макрофитов. Нами выделено 8 ассоциаций с доминированием данного вида, в которых зарегистрировано произрастание от 1 до 15 видов, включая *P. altissimus*. Всего в составе описанных сообществ зафиксировано 77 видов растений, общее проективное покрытие (ОПП) изменялось от 26 до 100 %.

На территориях, где *P. altissimus* считается инвазионным видом, нами выделена одна ассоциация с его доминированием. Число видов в фитоценозах варьировало от 2 до 6, ОПП – 204

70–100%. Всего в сообществах отмечено 10 видов. Все сообщества характеризовались как синантропные, с участием адвентивных и апофитных видов.

Автор благодарит проф. В. Б. Голуба (ИЭВБ РАН, Тольятти) за предоставленную возможность сбора материала в Астраханской области.

АДАПТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У РЫБ ПРИ ЖИЗНИ В ПОЛЯРНЫХ УСЛОВИЯХ

Л. И. Карамушко

*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск,
karamushkol@mmbi.info*

При исследовании энергетики пойкилотермных животных фундаментальное значение имеет влияние температуры на скорость биохимических реакций и, следовательно, на величину метаболических потоков, служащих движущей силой для функционирования организмов. Поскольку скорость и направление метаболических потоков связаны с общими энергетическими тратами организма, то у морских животных, обитающих в полярных областях Мирового океана, воздействие низких температур в значительной степени определяет количественные показатели продукционных процессов. В связи с этим, нашей задачей было изучение механизмов адаптаций на уровне энергетического «бюджета» (баланса) и выявление степени реализации взаимоотношения пластического и энергетического обмена. В качестве модельных объектов использованы два арктических вида, относящихся к разным экологическим группам – полярная камбала *Liopsetta glacialis* (Pallas, 1776) (донный вид сем. Pleuronectidae) и сайка *Boreogadus saida* (Lepetchin, 1774) (криопелагический вид, сем. Gadidae). На основании результатов исследований роста массы тела и возрастной динамики массы

гонад, а также экспериментальных исследований скорости энергетического обмена нами рассчитаны годовые энергетические балансы. Установлено, что несмотря на более низкую скорость поддерживающего метаболизма, низкий темп роста и полового созревания, степень утилизации энергии на рост была выше по сравнению с тепловодными представителями соответствующих семейств, и, следовательно, эффективность использования ассимилированной пищи (коэффициент K_2) достигала больших значений для всех возрастных групп. Более того, обнаружено, что степень утилизации энергии на рост у сайки из моря Лаптевых, более сурового в климатическом отношении, выше, чем у особей из Баренцева моря.

Анализ взаимосвязи пластического и энергетического обмена показал, что в рамках энергетического бюджета пойкилотермных организмов экономия затрат на поддерживающие функции позволяет освободить часть энергии для роста, и такая экономия энергии, вероятно, будет максимальна при постоянно низкой температуре обитания. Таким образом, метаболическая энергия, необходимая для роста, может быть получена либо за счет подавления других энергоемких функций, включенных в расходы основного (поддерживающего) обмена, либо путем увеличения эффективности преобразования пищи в энергию белков в организме. По-видимому, низкие скорости аккумуляции синтезируемого белка при низких температурах и объясняют низкие скорости роста у арктических и антарктических пойкилотермных животных. При определении эффективности использования энергии в метаболизме белков при низких температурах у антарктических пойкилотермных организмов было отмечено повышенное отношение РНК: белок, что, вероятно, необходимо для противодействия зависящего от температуры – снижения эффективности трансляции РНК, а расчеты энергетических уровней синтеза белка показали, что представители антарктических видов эффективнее аккумулируют часть своего энергетического бюджета для синтеза белка по сравнению с умеренными или тропическими видами (Fraser et al., 2002). Один из механизмов адаптации к низким температурам

может быть связан с системой некодирующих РНК, поскольку изучение мелких млекопитающих во время зимней спячки и морозоустойчивых насекомых показало, что основные функции, связанные с низкими температурами, относятся к некоторым некодирующим РНК, включая микроРНК и длинные некодирующие РНК (Frigault et al., 2017).

ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ИХТИОФАУНЫ ЗАЛИВОВ И ФИОРДОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ГРЕНЛАНДИИ

О. В. Карамушко¹, Й. Ш. Христиансен², И. Бирксьедал³

¹*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск*

²*Арктический университет Норвегии, г. Тромсё, Норвегия*

³*Отделение естествознания музея университета Бергена, г. Берген, Норвегия, karamushko_o@mmbi.info*

Исследования ихтиофауны прибрежных вод Гренландии ведутся с XVIII в. и связаны с такими выдающимися ихтиологами, как Фабрициус (Fabricius), Рейнхард (Reinhardt), Крёйер (Kroyer), Люткен (Lütken), Йенсен (Jensen) и др. Основная часть изысканий проводилась у западного и юго-восточного побережья Гренландии, а районы севернее Аммасалика и Датского пролива посещались экспедициями крайне редко. Поэтому эта акватория, многочисленные фиорды и бухты, за исключением района Dave bukt (Johansen, 1912), оставались не обследованными вплоть до настоящего времени. В связи с этим, в период с 2002 по 2017 гг. в прибрежье, фиордах и бухтах было осуществлено 11 международных комплексных экспедиций, результаты которых частично представлены в данной работе. В результате анализа собранных данных получены первые сведения о видовом составе и структуре ихтиофауны бухт и заливов Северо-Восточной Гренландии. Установлено, что в 10 фиордах и бухтах на участке побережья протяженностью 930 км встречается 35 видов рыб, относящихся к 25 родам,

15 семействам и 8 отрядам. Один из видов – *Careproctus micropus* (Göther, 1887) отмечен для Гренландских вод впервые, а четыре вида – *Amblyraja hyperborea* (Collett, 1879), *Amblyraja radiata* (Donovan, 1808), *Gadus morhua* Linnaeus, 1758, *Sebastes mentella* Travin, 1951, ранее у Северо-Восточной Гренландии не встречались (Müller et al., 2010). Наиболее представительным по числу семейств в ихтиофауне бухт и фиордов Северо-Восточной Гренландии является отряд Scorpaeniformes (6), а самые многочисленные семейства – Cottidae (7), Zoarcidae (7), Liparidae (5). Представители только этих трех семейств формируют более половины видового состава рыб (54%). Ихтиофауна отдельных бухт и фиордов состоит из 6–20 видов, причем представители самых многочисленных семейств, указанных выше, а также Gadidae (2) встречаются повсеместно. Результат кластерного анализа видового состава рыб в обследованных районах показал, что в целом, их сходство достаточно высокое (60,9–78,3%), за исключением мелководной и относительно слабо выраженной Мугг бухты, ихтиофауна которой отличается от остальных районов на 60%.

Структура рыбной части сообществ фиордов и бухт представлена на основании их биомассы, что дает реальное представление о функциональной роли каждой группы рыб в отдельных локальных районах прибрежной экосистемы Северо-Восточной Гренландии. Установлено, что основной перенос вещества и энергии в этом районе осуществляется за счет арктических криопелагических видов рыб, питающихся планктоном, а не донных бентоядных видов, как можно было предположить.

Показано, что индексы разнообразия, основанные на количественном соотношении групп разного систематического уровня, очень низкие и для соотношения виды/роды составляли от 1,0 до 1,33, виды/семейства от 1,43 до 2,0 и роды/семейства от 1,22 до 1,83, что гораздо ниже, чем для арктических морей России (Karamushko, 2012) и тем более для мировой ихтиофауны, где эти показатели на сентябрь 2018 г. составляли соответственно 6,7, 59,2 и 8,8 (Fricke et al., 2018).

СЕЗОННЫЕ И МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ РАННИХ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ СТАДИЙ ШПРОТА В ГДАНЬСКОЙ ВПАДИНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Е. М. Карасева

Атлантический филиал «ВНИРО» («АтлантНИРО»), г. Калининград,
karasiova@rambler.ru

В современный период икра и личинки шпрота *Sprattus sprattus balticus* являются наиболее многочисленным компонентом ихтиопланктона в открытой части Балтийского моря. Балтийский шпрот имеет длительный период нереста: с февраля – марта по июль – август. В сезонном ходе размножения происходила смена нерестового биотопа шпрота. В феврале – марте шпрот нерестился в слое перманентного галоклина (скачка солености). Интенсивность размножения в конце зимы – начале весны определялась положением изогалины 11 ‰. Численность выметанной икры увеличивалась при подъеме этой изогалины до 75 м и падала при ее заглублении до 100 м, что вызывало резкое сокращение нерестового биотопа и сдвиг начала репродуктивного сезона на более поздний срок. Доказательством связи служит коэффициент корреляции ($r = -0,692$, $p < 0,01$) между численностью икры и глубиной изогалины 11 ‰ за февраль–март 1992–2013 гг.

С началом весеннего прогрева и миграции шпрота в поверхностный слой интенсивность его размножения значительно возрастала. Сроки начала массового нереста в поверхностном биотопе определялись температурой холодного промежуточного слоя. После холодных зим происходило смещение пика весенне-летнего нереста с конца мая – начала июня на июль. По данным за 2004–2011 гг. численность икры шпрота от позднего нереста в июле увеличивалась обратно пропорционально температуре воздуха в январе-феврале: $r = -0,779$, $p < 0,05$.

В июле в ихтиопланктоне одновременно присутствовали икра, личинки и единично мальки шпрота. В августе было отмечено массовое появление мальков шпрота и максимальный размерный

диапазон потомства: от личинок длиной 15 мм до мальков размером 85 мм. Выживание поздних личиночных стадий в июле–августе зависело от чередования процессов апвеллинга и даунвеллинга. Апвеллинг, вызванный ветрами северных и восточных румбов, приводил к проникновению биогенных элементов в фотический слой и формированию фронтальной зоны. Северо-восточные ветры также способствовали сохранению устойчивых скоплений планктона и личинок шпрота в глубоководном районе с оптимальными условиями для питания и роста последних и препятствовали их преждевременному выносу в зону прибрежного мелководья, что происходило при доминировании западных ветров. Связь между численностью пополнения шпрота и повторяемостью северо-восточных ветров скоростью 1–7 м/сек (в июне–июле) подтверждена достоверным коэффициентом корреляции за 1991–2004 гг.: $r = 0,540$, $p < 0,05$. Таким образом, слабые и умеренные ветра указанных румбов, по-видимому, обеспечивали для потомства шпрота возникновение так называемых «окон выживания» (Cury, Roy, 1989).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦИФОИДНОЙ МЕДУЗЫ AURELIA AURITA И РАЧКОВОГО ЗООПЛАНКТОНА В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ В ОСЕННИЙ СЕЗОН

Е. М. Карасева, А. С. Семенова, А. С. Зезера, И. В. Карпушевский

*Атлантический филиал ВНИРО («АтлантНИРО»), г. Калининград,
karasiova@rambler.ru*

Сцифоидная медуза *Aurelia aurita* – широко распространенный обитатель пелагиали Северо-Восточной Атлантики, включая Балтийское море. Целью исследования является оценка численности *A. aurita* и выявление корреляционных связей между ее распределением и различными видами рачкового зоопланктона, потенциальными объектами ее питания. Материалы были собраны в Юго-Восточной части Балтики (ИЭЗ РФ) на съемке в сентябре 2017 г. посредством вертикальных ловов сетью ИКС-80 (медузы) и сетью

Джеди (зоопланктон). Преобладающими группами рачкового зоопланктона были веслоногие (Copepoda), в том числе *Acartia spp.*, *Centropages hamatus*, *Temora longicornis*, *Pseudocalanus elongates*, и ветвистоусые (Cladocera): *Eubosmina maritime coregoni*, *Evadna nordmanni* и др. Максимальная и средняя численность аурелии составляли 82,1 и 18,3 экз./100 м³, что значительно превышало оценки, полученные для Борнхольмской впадины Балтийского моря осенью 2002 г. (Barz, Hürche, 2005). Соотношение между биомассой рачкового зоопланктона и численностью *A. aurita* было наибольшим в южной части съемки, значительно уменьшаясь в северном районе. Диаметр колокола модальной группировки медуз увеличивался от 5–8 см в южной части до 10–14 см в северном районе.

Для всей акватории съемки значимая отрицательная корреляционная зависимость прослеживалась только между распределением *A. aurita* и *Acartia. spp.* Однако для северного района были получены высокие отрицательные коэффициенты корреляции между численностью медуз и биомассами как *A. spp.*, так и ветвистоусых – *E. coregoni maritime* и *E. nordmanni*. Коэффициент отрицательной корреляции достигал максимума ($r = -0,609$) при объединении массовых видов кладоцер в одну группу, но уменьшался при аналогичном объединении копепод ($r = -0,442$). Эти результаты соответствуют литературным данным (Barz, Hürche, 2005), согласно которым основным кормовым объектом *A. aurita* в Балтике являлась *E. coregoni maritime*. Отрицательная связь между численностью *A. aurita* и биомассой некоторых групп зоопланктона интерпретируется как следствие успешного хищничества крупноразмерной аурелии. Синоптические условия перед началом работ характеризовались усилением штормовой активности и преобладанием ветров западных румбов, что определило появление на первом этапе съемки большого количества погибших медуз, массой на отдельных станциях от 1 до 9 кг. Доминирование восточных ветров при облове северной части района препятствовало выносу медуз из глубоководного района (60–100 м) в прибойную зону и способствовало удержанию как медуз, так и зоопланктона в поверхностном слое глубоководной части, что, по-видимому, обеспечивало активное потребление медузами предпочитаемых ими видов рачкового зоопланктона.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ РЕК ГОРОДА ИЖЕВСКА

И. А. Каргапольцева, Н. В. Холмогорова

*ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск,
larix85@mail.ru*

На территории г. Ижевска протекает 22 реки. Основная водная артерия – р. Иж, которая относится к средним рекам, остальные – малые. В последние 10 лет наблюдается положительная тенденция сокращения сбросов сточных вод. Однако практически все поверхностные водные объекты города подвергаются значительному загрязнению промышленными и городскими стоками, что отрицательно сказывается на состоянии и развитии гидробиоценозов. Организмы макрозообентоса как долгоживущие компоненты водных сообществ отражают суммарный эффект воздействия на водотоки.

В настоящее время изучены макробеспозвоночные рек Иж, Малиновка, Люк, Позимь, Карлутка, Подборенка, Пироговка.

Река Иж на протяжении около 10 км ниже плотины водохранилища течет по территории г. Ижевска, где принимает максимальное количество загрязненных стоков с городской территории, предприятий и очистных сооружений. На данном участке отмечено 47 видов макрозообентоса. По численности доминировали малощетинковые черви (44,0 %) и личинки хирономид (23,2 %). Средняя плотность бентоса составляла 258,6 экз./м², средняя биомасса, без учета крупных двустворчатых моллюсков – 2,45 г/м². Средний индекс Шеннона – 1,12 бит/экз, индекс сапробности – 2,86, биотический индекс Вудивисса – 3,8. Река является загрязненной, 4 класс вод.

В верхнем и среднем течении реки Люк, Позимь, Малиновка и Пироговка протекают по Завьяловскому району Удмуртской Республики и испытывают преимущественно сельскохозяйственное воздействие. Реки Подборенка и Карлутка полностью расположены в административных границах г. Ижевска, испытывают влияние коммунально-бытовых, промышленных и ливневых стоков города.

В реках Карлутка, Подборенка, Позимь, Малиновка, Люк, Пироговка выявлено от 33 до 145 видов макрозообентоса. По числу видов доминирующими группами являются: двукрылые, брюхоногие моллюски, жуки, ручейники и олигохеты. Средняя плотность макрозообентоса составляла от 125 экз./м² до 3066 экз./м². Средняя общая биомасса – от 8,4 г/м² до 24,7 г/м². От истока к устью рек прослеживается динамика снижения видового богатства макрозообентоса и повышение доли личинок хирономид и олигохет в сообществах.

В реках Позимь, Люк, Малиновка и Пироговка индекс Шеннона в верхнем и среднем течении изменялся от 1,8 до 2,74 бит/экз, индекс сапробности с 1,68 до 2,1, биотического индекса Вудивисса с 6 до 8. На участках рек в пределах г. Ижевска прослеживается тенденция снижения индекса Шеннона (0,68–1,8), возрастание индекса сапробности (2,7–3,2), снижение биотического индекса Вудивисса (2–5). По индексу сапробности верхнее и среднее течение изученных рек относятся к умеренно загрязненным (3 класс вод, β-мезосапробная зона), нижнее – к загрязненным (4 класс вод, α-мезосапробная зона). В пределах г. Ижевска происходит ухудшение качества воды, снижается видовое богатство и количественные показатели макрозообентоса.

Согласно биотическому индексу Вудивисса, качество воды в реках Карлутка и Подборенка в верхнем течении является чистой. Индекс Вудивисса изменялся от 7 до 9. В среднем и нижнем течении вода относится к умеренно загрязненной и к грязной. Индекс сапробности изменялся от истока к устью рек от 1,68 до 3,2 (качество воды относится к умеренно-загрязненной и грязной), индекс Шеннона – от 2,4 до 0,68 бит/экз.

ЦЕНТРОХЕЛИДНЫЕ СОЛНЕЧНИКИ (CENTROPLASTHELIDA, HAPTUSTA) СОЛЕННЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДОЕМОВ РОССИИ

В. Я. Катаев, Е. А. Герасимова, А. О. Плотников

Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН,
г. Оренбург, ea-ermolenko@yandex.ru

Центрохелиды или центрохелидные солнечники (*Centroplasthelida* Febvre-Chevalier et Febvre, 1984) – фагогетеротрофные протисты. Клетки не имеют жгутиков, формируют многочисленные аксоподии с экструсомами, которые служат для ловли и удержания мелкой и подвижной добычи. Солнечники характеризуются убиквитарным распространением, присутствуют в бентосе и перифитоне морских и пресноводных экосистем и являются обязательным звеном микробных пищевых цепей. Солнечники изучены преимущественно в пресноводных местообитаниях, фауна в континентальных солоноватых и соленых местообитаниях остается незаслуженно малоизученной, несмотря на большой научный интерес к данной группе протистов.

В работе описаны результаты исследований солнечников в соленых континентальных водоемах России с минерализацией 2,0–42,2‰.

Ключевыми признаками в идентификации центрохелид служили морфологические характеристики – форма и размеры тангентальных и радиальных чешуек. В результате исследования в 16 точках отбора проб из 9 водоемов были описаны 12 видов центрохелидных солнечников: *Raphidocystis ambigua*, *Raphidocystis coerulea*, *Pterocystis foliacea*, *Raineriophrys erinaceoides*, *Choanocystis ebelii*, *Choanocystis perpussilla*, *Acanthocystis astrakhanensis*, *Acanthocystis dentata*, *Acanthocystis myriospina*, *Acanthocystis pectinata*, *Acanthocystis taurica*, *Acanthocystis turfacea*.

Наибольшее количество видов солнечников было выделено из слабосоленоватых водоемов (1–5‰; 12 видов); на втором месте была группа среднесолоноватых водоемов (5–10‰; 5 видов); третье место заняла группа сильносоленоватых водоемов (10–25‰; 3 вида). Минимальное количество видов (1) зарегистрировано в водоемах с морской соленостью (25–50‰). Максимальное

число видов, изученных в одной точке отбора проб, наблюдалось в слабосоленоватых водах (3 вида). Средний уровень видового богатства был характерен для среднесолоноватых водоемов (2 вида). Наименьшим видовым богатством в одной точке характеризуются сильносоленоватые водоемы и водоемы с морской соленостью (выше 10‰), в них было обнаружено по 1 виду солнечников в каждой точке отбора проб. Было установлено, что десять видов солнечников *Raphidocystis ambigua*, *R. coerulea*, *Pterocystis foliacea*, *Choanocystis ebelii*, *C. perpusilla*, *Acanthocystis astrakhanensis*, *A. dentata*, *A. myriospina*, *A. pectinata*, *A. taurica*, *A. turfacea* являются новыми для соленых и солоноватых континентальных водоемов России. Пяти видам *Raphidocystis ambigua*, *Pterocystis foliacea*, *Acanthocystis dentata*, *A. pectinata*, *A. taurica* ранее известным как пресноводные, присвоен статус эвригаллиных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 17-04-02079. Электронная микроскопия выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-14-00239.

МИКРОБИОТА КОЖНЫХ ПОКРОВОВ СЕРЕБРЯНОГО КРАЯ CARASSIUSGIBELIO ПРИ ЭКТОПАРАЗИТОЗАХ

Е. Н. Кашинская, Е. П. Симонов, М. М. Соловьев

*Институт систематики и экологии животных СО РАН,
г. Новосибирск, elena.kashinskaya@inbox.ru*

Проведено изучение таксономического состава бактериальных сообществ внешних покровов серебряного карася *Carassiusgibelio* при паразитировании ракообразных из рода *Lernaea* и *Argulus* в природных условиях обитания, а также микробиоты самих паразитов, воды и донных осадков как потенциальных источников патогенных микроорганизмов.

Сбор ихтиологического и микробиологического материала проводили в районе оз. Малые Чаны (Новосибирская область, 54°36'56.3"N, 78°12'5.9"E). Бактериальный материал (90 образцов) собран у 35 половозрелых особей серебряного карася *Carassiusgibelio*

($Q = 372,8 \pm 7,04$ гр; $L = 274,4 \pm 0,17$ мм). Для молекулярно-генетических исследований микробиоты внешних покровов больных рыб в области язв и открытых ран в асептических условиях взяты образцы поврежденной части ткани; слизь в области язв (местопривязки паразитических рачков из рода *Lernaea*), а также слизь с неповрежденной части кожи. Дополнительно зафиксированы ракообразные для изучения ассоциированной с ними микробиоты (*Argulus* sp. и *Lernaea* sp.). У контрольных рыб собраны образцы слизистой ткани с неповрежденной части кожи. Сбор образцов воды (600 мл), соскобы обрастаний с тростника обыкновенного *Phragmites australis* (Cav.) и донных осадков проводили в трех повторностях в месте отлова рыб согласно методике, описанной ранее (Kashinskaya et al., 2015). Из собранных образцов была выделена тотальная ДНК с использованием коммерческого набора «ДНК-сорб В» и проведена ПЦР с консервативными праймерами. Секвенирование гипервариабельных участков V3, V4 гена 16S рРНК проводили на платформе «MiSeq Illumina» в компании «Евроген» (Москва).

Наряду с типичными представителями нормальной микробиоты внешних покровов рыб результаты проведенных исследований позволили выявить представителей условно-патогенных микроорганизмов, таких как *Flavobacterium*, *Aeromonadaceae*, *Corynebacterium* и *Streptococcus*. В микробиоте, ассоциированной с рачками *Argulus* sp., доминировали бактерии из рода *Flavobacterium* (филюм Bacteroidetes), *Corynebacterium*, *Arcobacter* и *Staphylococcus*. Микробиота, ассоциированная с рачками *Lernaea* sp., представлена в основном бактериями из семейства *Comamonadaceae* и *Aeromonadaceae*. Были выявлены (ANOSIM, $p \leq 0,05$) достоверные отличия между микробиотой неповрежденных кожных покровов рыб и микробиотой, ассоциированной с рачками из рода *Argulus* и *Lernaea*, и микробиотой язв. Микробное сообщество, ассоциированное с паразитическими рачками из рода *Argulus* и *Lernaea*, также достоверно отличалось между собой. Следует отметить, что данные о составе ассоциированной микробиоты паразитических рачков представлены впервые. Показана видовая специфичность состава микробных сообществ, ассоциированных с исследованными паразитами, что, в свою очередь, может свидетельствовать о носительстве

инфекционных агентов различной этиологии, и может быть использовано в проведении диагностики смешанных и вызываемых одним возбудителем инфекций у рыб.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 17-74-10054.

КИШЕЧНАЯ МИКРОБИОТА МОЛОДИ СИБИРСКОГО ОСЕТРА *ACIPENSERBAERII* (УСТЬЕ РЕКИ КОЛЫМЫ, ЯКУТИЯ)

Е. Н. Кашинская, Е. П. Симонов, М. М. Соловьев

*Институт систематики и экологии животных СО РАН,
г. Новосибирск, elena.kashinskaya@inbox.ru*

Одним из основных и перспективных направлений аквакультуры считается товарное осетроводство, составной частью которого является производство белковой продукции, а также восполнения численности осетровых рыб, особенно редких и исчезающих видов. Осетровые рыбы, являющиеся уникальными реликтовыми видами, пережившими миллионы лет эволюции, приспособившиеся к самым разнообразным экологическим условиям (Кривошеин, 2007). В связи с этим особенно актуальным становится изучение микробных сообществ желудочно-кишечного тракта этих рыб.

Впервые на территории России проведено изучение таксономического состава бактериальных сообществ молоди сибирского осетра *Acipenserbaerii*. Сбор материала проводили в районе устья р. Колыма (Якутия). Для изучения микробиоты желудочно-кишечного тракта рыб в асептических условиях отбирали слизистую и содержимое желудка, кишечника и спирального клапана у 5 неполовозрелых особей (L = 50–60 см). Тотальную ДНК выделяли с использованием набора «ДНК-сорб Б», секвенирование гипервариабельных участков V3, V4 гена 16S рРНК проводили на платформе «MiSeqIllumina» в компании «Евроген» (Москва).

Сравнительный анализ таксономического разнообразия микробиоты молоди сибирского осетра показал, что ассоциированная микробиота желудка, кишечника и спирального клапана достоверно

различалось между собой (NPMANOVA, $p \leq 0,05$). Наибольшее обилие в составе микробного сообщества желудка рыб составили бактерии из сем. *Clostridiaceae* и *Enterobacteriaceae*; микробиота кишечника представлена *Enterobacteriaceae* и *Pseudomonas*; в составе микробиоты спиарльного клапана доминировали бактерии из р. *Cetobacterium*. Результаты проведенных исследований могут лечь в основу разработки формирования сбалансированных кормов, что является одной из наиболее важных задач при выращивании этих видов рыб.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИХТИОПЛАНКТОНА ЧЕРНОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ НЕРЕСТОВЫЙ СЕЗОН 2018 г.

Т. Н. Климова, И. В. Вдович, П. С. Подрезова

*Институт морских биологических исследований
им. А. О. Ковалевского, РАН, г. Севастополь, tnklim@mail.ru*

Представлены видовое разнообразие и пространственное распределение ихтиопланктона на шельфе и в глубоководных районах Черного моря от западной до восточной границы экономической зоны России в летний нерестовый сезон 2018 г. Изучены видовое разнообразие и пространственное распределение ихтиопланктона. Отмечено увеличение численности мелкоразмерной фракции зоопланктона в питании личинок рыб. Положительное влияние на восстановление численности кормового зоопланктона оказало вселение гребневика *Beroe ovate*, который контролирует численность *Mnemiopsis leidyi* основного конкурента в питании личинок рыб, а также повышение температуры моря в летний нерестовый сезон свыше 26 °С, которая превышает оптимальную для жизнедеятельности гребневиков (Shiganova et al., 2014; Финенко, Дацк, 2016). В связи с потеплением климата, отмечены изменения и в фенологии нереста массовых видов черноморских рыб, что подтверждается одновременным присутствием в ихтиопланктоне личинок как теплолюбивых, так и умеренноводных видов рыб.

В летний сезон 2018 г. были идентифицированы 28 видов рыб из 15 семейств (16 видов из 10 семейств в июне и 21 вид из 14 семейств – в августе–сентябре). Умеренноводные виды в июне были представлены *Sprattus sprattus*, *Merlangius merlangus* и *Trisopterus luscus*, доля их личинок в пробах достигала 8,5%. В июне средняя численность икры составляла 13,3, а личинок 4,7 экз./м², максимальная численность наблюдалась в восточной части исследований, где температура воды у поверхности уже превышала 26 °С. В пробах доминировали икра и личинки *Engraulis encrasicolus*. Индекс доминирования (Margalef, 1958) составлял 0,57, индекс видового разнообразия (Shannon, 1963) – 1,62, а видового богатства (Simpson, 1949) – 12,0. Можно отметить, что отношение численности личинок *E. encrasicolus* к численности ее икры в пробах составляло 25,2%. Такой высокий процент личинок обычно отмечается только в конце июля и в августе (Дехник, 1973). О видовом разнообразии, численности и пространственном распределении ихтиопланктона в июле можно судить по данным 2017 г. (96 рейс НИС «Профессор Водяницкий»), когда в ихтиопланктоне были отмечены икра и личинки 25 видов рыб из 21 семейства (Климова и др., 2019). В пробах преобладали икра и личинки *E. encrasicolus* и *Trachurus mediterraneus*, индекс доминирования составлял всего 0,35, а индекс видового разнообразия и видового богатства возрос до 2,13 и 14,1 соответственно. Средняя численность икры составляла 143,1, а личинок 8,4 экз./м², а на шельфе Крымского полуострова – 178,1 и 9,9 экз./м² соответственно. Численность икры и структура видового состава ихтиопланктона были сопоставимы с данными 1960–1970 гг. (Дехник, Павловская, 1979). В питании 290 экз. личинок, принадлежащих к 7 видам рыб, преобладали мелко-размерные фракции зоопланктона: ювенильные стадии копепод (Calanoida) и кладоцеры. В конце летнего нерестового сезона 2018 г. температура поверхности моря составляла 24,7 °С. Продолжался нерест 21 вида рыб. Максимальная численность ихтиопланктона была в западном секторе исследований. В пробах доминировала *E. encrasicolus*. Индекс доминирования составлял 0,7, индекс видового разнообразия – 1,32, а благодаря большому количеству видов индекс видового богатства был сопоставим с таковым в июле, когда отмечается разгар нереста теплолюбивых видов рыб.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНВАЗИОННОГО
ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА
ANADARA KAGOSHIMENSIS (TOKUNAGA, 1906)
В АЗОВСКОМ МОРЕ**

Е. А. Ковалёв, Л. А. Живоглядова, Л. Н. Фроленко

*Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии,
г. Ростов-на-Дону, kovalev_e_a@azniirkh.ru*

Впервые чужеродный для фауны Азовского моря двустворчатый моллюск *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) был зарегистрирован в 1989 г. на севере Казантипского залива, спустя три года здесь уже был отмечен сформировавшийся биоценоз моллюска. В настоящее время *A. kagoshimensis* встречается по всей акватории собственно Азовского моря и в западной части Таганрогского залива. Единично молодь моллюска регистрируется в распресненной восточной части залива. Считается, что именно эвригалинность вида способствовала успешной экспансии и натурализации вида в новом бассейне. В 2018 г. *A. kagoshimensis* внесена в сводку самых опасных инвазионных видов России.

Материалом для настоящих исследований послужили данные гидробиологических съемок Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО», выполненных в Азовском море в 2014 и 2015 гг. Сообщества донных организмов выделены методами статистического анализа с использованием пакета программ Primer-6. Сходство состава макрозообентоса между станциями станций определяли по коэффициенту Брэя-Кертиса. В качестве меры обилия применяли показатель биомассы, который предварительно трансформировали, извлекая квадратный корень.

Статистический анализ позволил выявить четыре основных типа сообществ макрозообентоса.

Сообщество с доминированием *A. kagoshimensis* + *Cerastoderma glaucum* располагалось в южной части Азовского моря на илисто-ракушечных грунтах на глубинах от 8 до 12 м. Средняя биомасса и численность в сообществе составляла 474,7 г/м² и 51784 экз./м².

Субдоминантом в составе сообщества был брюхоногий моллюск *Hydrobia acuta*. Средняя биомасса *A. kagoshimensis* в сообществе составляла 373,3 г/м² (78,6% общей биомассы), численность – 291 экз./м² (0,6% общей численности).

Сообщество с доминированием *Mytilaster lineatus* + *A. kagoshimensis* + *Amphibalanus improvisus* зафиксировано в северо-восточной части моря на ракушечных грунтах в диапазоне глубин 5,5–11,0 м. Средняя биомасса и численность донного населения в сообществе составляли 272,5 г/м² и 73220 экз./м². Средняя биомасса *A. kagoshimensis* 60,2 г/м², численность 16 экз./м², что составляло 22,1 и 0,02% общей средней биомассы и численности сообщества. Преимущество по численности составляла остракода *Cyprideis torosa*.

Сообщество с доминированием *H. acuta* отмечено в западной части моря на илистых и ракушечно-илистых грунтах на глубине 8,5–12,0 м. Биомасса и численность макрозообентоса сообщества имели средние значения 108,2 г/м² и 62526 экз./м². В роли субдоминанта выступала *A. kagoshimensis*, средняя биомасса и численность которой составляла 4,1 г/м² (3,8% общей биомассы) и 1858 экз./м² (3% общей численности сообщества). Низкое значение биомассы *A. kagoshimensis* при высокой численности обусловлено наличием большого количества молоди вселенца.

Сообщество с доминированием *C. glaucum* было приурочено к западной и северной частям моря, локально отмечено в восточной. Грунты в местах обнаружения сообщества илистые и илисторакушечные, глубина изменялась от 7,5 до 12 м. Средняя биомасса и численность бентоса в сообществе составляли соответственно 350,5 г/м² и 44706 экз./м². Субдоминантом в сообществе был брюхоногий моллюск *H. acuta*. Вклад *A. kagoshimensis* в общую биомассу и численность был невысоким (соответственно 2,8 и 0,8%).

Таким образом на современном в донных биоценозах Азовского моря *A. kagoshimensis* занимает преимущественно лидирующее положение, играя роль доминанта или субдоминанта сообществ. Максимальная биомасса отмечена в одноименном сообществе, численность – в сообществе брюхоногого моллюска *H. acuta*.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ В ВОДОЕМАХ КОМПЛЕКСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БЕЛАРУСИ

А. И. Козлов¹, Т. В. Козлова¹, Н. А. Кузнецов¹, Н. П. Дмитривич²,
Е. В. Нестерук¹, Ю. М. Гончарик³

¹Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно

²Полесский государственный университет, г. Минск

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки,
kozlovaliv@eandex.ru

В Беларуси имеется значительный резерв водоемов комплексного назначения (ВКН), которые большей частью не используются в рыбохозяйственных целях. На протяжении двух вегетационных сезонов исследовали продуктивность гидробионтов, являющихся кормовой базой рыб в ВКН «Днепрец» (Могилевская обл.).

Степень зарастаемости макрофитами равнялась не более 5% водного зеркала. Всего было встречено 22 вида макрофитов из 16 родов. Доминировали: *Scirpus lacustris* L., *Phragmites communis* Trin. и *Typha latifolia* L.

В фитопланктоне весной и осенью преобладали диатомовые (*Diatoma vulgare* Bory, *Melosira granulata* (Ehr.) и *Asterionella formosa* Hass). Летом наиболее разнообразными были зеленые (*Scenedesmus quadricauda* (Turp.), *Sc. Accuminatus* (Lagerh.), *Pediastrum duplex* Meyen, *Pandorina morum* (O. F. Müll.) Bory). Среднесезонные значения биомассы фитопланктона равнялись 6,54 и 4,76 г/м³.

Зоопланктон исследуемого водоема представлен 41 видом. Из коловраток преимущественно встречались *Brachionus angularis* Gosse, *Keratella cochlearis* (Gosse), из ветвистоусых ракообразных – *Bosmina longirostris* Mueller, *Daphnia pulex* De Geer и *D. longispina* Mueller, из веслоногих – *Cyclops* sp. Из хищного зоопланктона отмечена *Leptodora kindti* Focke. Среднесезонные величины биомассы зоопланктона равнялись 1,16 и 2,30 г/м³.

Зообентос был представлен 5 классами беспозвоночных: двусторчатками, брюхоногими моллюсками, малощетинковыми червями, пиявками и личинками насекомых. Преобладали гетеротопы,

доля которых составляла 66% от всех бентонтов. Доминирующее значение имели представители Chironomidae, которые были представлены 17 видами и формами. Среднесезонные значения биомассы зообентоса равнялись 2,05 и 4,05 г/м².

Ихтиофауна ВКН насчитывала 11 видов, большинство из которых относятся к семейству карповых: плотва (*Rutilus rutilus* (L.)), язь (*Leuciscus idus* (L.)), верховка (*Leucaspius delineatus* Heckel), линь (*Tinca tinca* (L.)), карась серебряный (*Carassius auratus gibelio* Bloch), карп (*Cyprinus carpio* L.).

Полученные результаты исследований позволяют отнести ВКН к категории мезотрофных водоемов, а в рыбохозяйственном отношении он классифицируется как окунево-плотвичный. Среднесезонная величина биомассы зоопланктона делает возможным вселение в него ценного объекта аквакультуры – пеляди, что позволит за счет использования естественных кормовых ресурсов поднять рыбопродуктивность водоема до 30–32 кг/га.

ФИТОПЛАНКТОН ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ

**Т. В. Козлова¹, А. И. Козлов¹, Н. А. Кузнецов¹, Н. П. Дмитривич²,
Е. В. Нестерук¹, Ю. М. Гончарик³**

¹*Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно*

²*Полесский государственный университет, г. Минск*

³*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, kozlovaliv@eandex.ru*

Изучение качественного состава фитопланктона важно в связи с исследованием продукционных процессов и скорости разложения органического вещества в водоемах и его трансформации. Преобладание в планктоне водорослей определенных систематических групп не только влияет на видовое соотношение питающихся ими гидробионтов, но и сказывается на скорости возвращения в круговорот биогенных элементов, высвобождающихся при разложении водорослей.

Исследования проводили с целью определения флористической общности фитопланктона Куйбышевского водохранилища и выростных прудов рыбхоза, которые снабжаются водой из него.

Известно, что выростные пруды являются временными водоемами, и видовой состав фитопланктона в них в период их залития формируется за счет комплекса видов, заносимых с водой из источника водоснабжения. Это подтвердили наши исследования.

В фитогеографическом отношении 84% (319 видов) водорослей относятся к космополитам, 2 вида – к арктическим, 2 – к североальпийским, 6 – к бореальным и 1 – к субтропическим. Распространение 51 вида не выяснено. Коэффициент флористической общности в целом между водорослями прудов и водохранилища в период их залития составлял 0,68, за счет высокой общности видов синезеленых – 0,80, золотистых – 0,72 и эвгленовых – 0,62.

Сезонная динамика массовых видов фитопланктона обусловлена целым комплексом абиотических и биотических факторов, из которых определяющим является температура воды и концентрация биогенных элементов. Значительную роль играет также и селективная элиминация водорослевых клеток беспозвоночными, а также выделение водорослями ингибирующих веществ. Не может быть однозначной и реакция фитопланктона на различные рыбоводные интенсификационные мероприятия.

Действие специфических особенностей режима эксплуатации прудов и интенсификационных мероприятий, направленных на повышение их продуктивности, влияло на видовой состав фитопланктона и уменьшило его сходство с источником водоснабжения. В прудах формировались собственные специфичные альгоценозы. В конце июля и в августе коэффициент флористической общности снижался до 0,56, при этом максимальным он был для синезеленых (0,65), минимальным – для золотистых и десмидиевых (0,28). Осенью видовой состав различался еще более и коэффициент равнялся 0,46 за счет минимального сходства по группам эвгленовых и десмидиевых.

Таким образом, сопоставление значений коэффициентов общности по сезонам выявило их тенденцию к снижению от весны к осени как для сообщества фитопланктона в целом, так и по каждому отделу водорослей, за исключением золотистых.

ВИДОВАЯ СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗОВ ОЗЕР КАК СТРУКТУРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ НЕКОТОРЫХ КАТЕГОРИЙ ООПТ

О. В. Козлов^{1,2}, С. В. Аршевский², А. В. Павленко²

¹ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства» (ФГБНУ «ГОСРЫБЦЕНТР»), г. Тюмень

²ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», г. Курган,
hydrobiology@list.ru

Одним из видов особо охраняемых природных территорий (ООПТ) по законодательству Российской Федерации являются памятники природы (ПП). Они представляют собой уникальные и невозполнимые, особо ценные в природном и социокультурном плане объекты различного генезиса. По характерным особенностям возникновения и современным процессам поддержания экологической стабильности они подразделяются на такие типы или профили, как ботанические, зоологические, гидрологические, геологические, гидрогеологические и комплексные (в некоторых классификациях они же – ландшафтные). В зависимости от направленности природоохранной деятельности дополнительно могут выделяться дендрологические, палеонтологические и другие профили памятников природы. Отдельных гидробиологических памятников природы не существует, так как возможность стабильного существования популяций уникальных видов позвоночных и беспозвоночных гидробионтов в пределах границ определенной водной экосистемы определяется целым комплексом абиотических, биотических и антропогенных факторов. Скорее всего, дополнительные гидробиологические характеристики могут помочь определить тип и статус природного объекта, нуждающегося в охране.

Стабильное существование гидробиологических компонентов должно подтверждаться в течение длительного периода наблюдений, так как данные биологические системы не являются стабильными и зависят от складывающегося комплекса факторов. Даже определять виды гидробионтов, особенно беспозвоночных, как особо охраняемые (объекты Красных книг) и относить их к определенной

категории охраны неоправданно, так как по причине природной цикличности развития водных экосистем и возможных сукцессионных изменений такие охраняемые виды по естественным причинам могут исчезать из экосистем на достаточно длительное время. Однако именно существование таких видов гидробионтов, представленных, например, в зоопланктоценозах малых озер, подчеркивают уникальность комплексного или ландшафтного памятника природы.

На территории Курганской области зарегистрировано 99 памятников природы, из которых 3 имеют ландшафтный профиль, не относящийся к водным экосистемам. Лимноэкосистемы (22 ПП регионального значения) относят к гидрологическим ПП, тогда как гелозекосистемы (18 ПП) к данному профилю относят редко, делая упор на их гидрогеологическую или ботаническую составляющие, хотя в них складывается определенная динамичная структура зоопланктоценозов. Расположенные в пределах небольшого участка одной древней долины озерные экосистемы (5,624 км², Курганская область, гидрологический ПП «Сетовские озера») часто диаметрально различаются между собой по геолого-морфологическим и гидрохимическим характеристикам, что определяет видовое разнообразие и уникальность их зоопланктоценозов. Этот структурный элемент дает возможность глубже обосновать комплексный (ландшафтный) профиль ПП, характерный для большинства лентических экосистем.

ПОПУЛЯЦИЯ СИБИРСКОГО ХАРИУСА THYMALLUS ARCTICUS РЕКИ СРЕДНЯЯ ТЕРСЬ

Н. А. Колесов^{1,2}, А. П. Кудюкин²

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

²Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Новосибирск,
koliesov-nikolai@mail.ru

В бассейне р. Томь Кемеровской области сибирский хариус *Thymallus Arcticus* (Pallas, 1776) распространен повсеместно, отсутствует лишь в пойменных водоемах и сильно загрязненных

водотоках. Основные места зимовки расположены в русле р. Томь. До наступления нерестовых температур, особенно при повышении уровня воды могут задерживаться в нижнем течении нерестовых рек, где активно питаются. При прогреве воды распределяются по нерестилищам, заходят в самые верховья рек и постоянных ручьев. Икра откладывается на галечных перекатах в верховьях рек. Максимальные размеры сибирского хариуса в р. Томь и ее притоках достигают 42 см, массой 900 г.

Исследования, проведенные с апреля по октябрь 2018 г., показали, что промысловое стадо сибирского хариуса р. Средняя Терсь состояло в основном из особей в возрасте от 2+ до 6+ лет. Размеры рыб в уловах были длиной от 14,5 до 38,4 см и массой от 40 до 560 г. Средняя промысловая длина тела составила 26,5 см, средняя масса – 231,2 г (табл.).

Размерно-возрастная характеристика хариуса
р. Средняя Терсь, 2018 г.

Возраст	Промысловая длина тела, см		Масса, г		Количество исследованных рыб	
	средняя	колебания	средняя	колебания	экз.	%
2+	17,4	14,5–21,4	71,7	40–135	20	9,6
3+	23,3	21,5–25,4	116,3	107–185	38	18,2
4+	25,6	22,5–30,4	200,6	153–312	56	26,8
5+	29,0	25,5–36,4	293,6	221–414	73	34,9
6+	34,7	28,5–38,4	445,7	280–560	22	10,5
Итого	26,5	14,5–38,4	231,2	40–560	209	100,0

Анализ полученных материалов показал, что основу стада (79,9%) составляли преимущественно особи в возрасте 3+ – 5+.

Половой зрелости сибирский хариус р. Томь и ее притоков, как и в реках Горного Алтая, достигает в возрасте 3+ года.

Средняя индивидуальная абсолютная плодовитость сибирского хариуса в р. Средняя Терсь в 2018 г. колебалась от 1,2 (3+) до 3,9 (6+) тыс. икринок. Вес ястыка самок составлял от 12 до 35 г, на 1 г икры приходилось от 62 до 105 икринок, при средних значениях 75 икринок.

По характеру питания сибирский хариус относится к мирным рыбам. Он довольно неприхотлив в питании, и в рационе всех возрастных групп хариуса большую часть года преобладают организмы зообентоса (личинки веснянок, поденок, ручейников и хирономид), а также воздушные насекомые, жуки, муравьи, лесные клопы, гусеницы, бокоплавы и т. д.

Таким образом, по исследованиям видно, что основу промыслового стада сибирского хариуса р. Средняя Терсь составили особи в возрасте 3+ – 5+. Средняя индивидуальная абсолютная плодовитость колебалась от 1,2 до 3,9 тыс. икринок.

ЭФФЕКТ ЗАТРАВКИ, ОКАЗЫВАЕМЫЙ МЕРТВЫМ ЗООПЛАНКТОНОМ НА ПРОЦЕСС ДЕГРАДАЦИИ ТРУДНОРАЗЛАГАЕМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

**О. В. Колмакова^{1,2}, Д. Нойбауэр³, М. И. Гладышев^{1,2},
Г. П. Гроссарт³**

¹Институт биофизики СО РАН, КНЦ СО РАН, г. Красноярск

²Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

*³Лейбниц-институт экологии пресных водоемов и внутреннего
рыболовства, г. Штехлин, Германия, kolmoles@ibp.krasn.ru*

Одним из важнейших глобальных экологических процессов, как известно, является круговорот углерода. Значительная часть органического углерода почв в конечном итоге стекает в водные экосистемы и захоранивается в донных отложениях. Однако в донных отложениях обнаруживается лишь около половины объема стока терригенного углерода, т. е. его значительная часть окисляется в толще воды. Большая часть терригенного органического углерода поступает в водные экосистемы в виде трудноокисляемого органического вещества (ТОВ), которое в чистом виде очень медленно потребляется водными микроорганизмами.

Согласно одной из гипотез, активизация процесса разложения ТОВ в воде происходит за счет автохтонного легкоокисляемого

органического вещества (ЛОВ), которое тем самым производит «эффект затравки», т. е. дает энергию бактериям и грибам для синтеза внеклеточных ферментов, участвующих в разложении ТОВ. Пул ЛОВ в водных экосистемах может возникать за счет прижизненных и посмертных выделений планктонных организмов. Отмершие организмы зоопланктона, которые раньше не принимали во внимание, являются «горячими точками» наивысшей активности пелагических микроорганизмов (бактериопланктона), потребляющих как ЛОВ, так и ТОВ. Основная задача данного исследования – экспериментальное изучение «эффекта затравки», т. е. предполагаемой стимулирующей роли ЛОВ, поступающего из мертвого зоопланктона, в разложении ТОВ в пелагиали.

Эксперименты проводили в экспериментальных микрокосмах, заполненных искусственной озерной водой с добавлением природного микробного сообщества. В качестве источника ЛОВ в микрокосмы были добавлены трупы *Daphnia magna*. В качестве источника ТОВ использовались гуминовые вещества или листья кукурузы. Эксперименты проводили в течение 15 дней в системах четырех типов: 1) *ТОВ+ЛОВ* – системы с одновременным добавлением ТОВ и ЛОВ; 2) *ТОВ*; 3) *ЛОВ*; 4) контроль – без добавления источников органического вещества. После окончания эксперимента оценили вклад источников углерода в выделенный в ходе их разложения углекислый газ, а также в растворенное и взвешенное органическое вещество. Состав сообщества деструкторов – бактерий и грибов – идентифицировали методом секвенирования нового поколения соответственно генов 16S рРНК и ITS-участков, с последующей биоинформатической и статистической обработкой данных. Методами газовой хроматографии был проанализирован состав жирных кислот фосфолипидов, которые являются маркерами бактериальной и эукариотической (в том числе грибной) биомассы.

Нами было получено подтверждение, что разложение ТОВ усиливалось в присутствии ЛОВ трупов дафний. Это первое свидетельство существования эффекта затравки, оказываемого мертвым зоопланктоном, на разложение устойчивого

органического вещества в водных экосистемах. Эффект затравки более интенсивен в присутствии цельного микробного сообщества, включающего бактерии, микроскопические грибы и простейшие, чем в случае, когда сообщество деструкторов представлено только бактериями.

НЕУЛОВИМЫЕ ВЕТВИСТОУСЫЕ (CRUSTACEA: CLADOCERA) ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В. А. Колозин

*СаратовНиро (Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО»)
Чернышевского, г. Саратов, zaolog@mail.ru*

В рамках данной работы наше внимание было сосредоточено на обобщении результатов комплексных исследований, проводимых на Ириклинском водохранилище в 2015–2018 гг., и сравнении их с имеющимися литературными данными. Отбор проб осуществлялся на 9 участках (4 плеса, 3 залива и 1 верховье), три раза в год, а также на нескольких нерегулярных станциях. Общее количество просмотренных проб – 282.

Гидрологические характеристики водохранилища существенно не различались по годам. Показатель средней температуры за полевой сезон изменялся от минимальных $15,0 \pm 0,7$ °С в 2016 г., до максимальных $15,5 \pm 0,8$ °С в 2015 и 2018 гг. Прозрачность воды практически не изменялась. С 2015 по 2017 гг. она составляла в среднем 1,8–1,9 м, а в 2018 г. – 1,5 м.

Согласно литературным данным, а также собственным натурным наблюдениям, обобщенный качественный список Cladocera Ириклинского водохранилища включает на данный момент 36 таксономических единиц (в зависимости от статуса определенного таксона). Наш список видов ветвистоусых ракообразных (32 вида) в целом шире такового известного по литературным данным (18 видов). К сожалению, литературные данные содержат не полные списки. Преимущественно это перечисление доминантных

видов. Наш список состоит из 20 новых видов (7 родов) и 14 повторно встреченных. При этом 4 вида *Bythotrephes longimanus*, *Daphnia cristata*, *D. longiremis*, *D. hyalina* отсутствовали в наших пробах. Встречаемость видов по годам и участкам была крайне неоднородной. Лишь 38,7% всех видов обнаруживаются в пробах ежегодно, 19,4% были редко встречаемыми, а 41,9% – единжды встреченные.

Acroperus angustatus определялся в пробах сетного зоопланктона на протяжении всех 4 лет, но численность его была невелика, изменяясь от 14,2 экз./м³ в 2016 г. до 353,9 экз./м³ в 2015 г. При этом с 2015 по 2017 гг. он отлавливался лишь в Таналык-Суундукском плесе, а в 2018 г. был встречен в Приплотинном плесе. Частота встречаемости по годам изменялась от 1,3 до 1,5%, составляя в среднем за 4 года 1,42%.

В следующую категорию с общей частотой встречаемости, равной 0,71%, входили *Alona guttata*, *Anchistropus emarginatus*, *Eurycercus lamellatus* и *Moina brachiata*. Самым редким представителем р. *Alona* на водоеме является *A. guttata*. Впервые этот вид определен в пробах 2018 г., при этом сразу из двух участков (Приплотинный плес и верховье Соленого залива). Паразит гидр *A. emarginatus* был впервые обнаружен в пробах Приплотинного плеса в 2018 г. В 2017 г. *E. lamellatus* был встречен в верховье Соленого залива, а в 2018 г. в Софинском плесе. *M. brachiata* встречен в осенних пробах 2016 г. Суундукского залива и в летних пробах 2018 г. Уртазымского плеса.

В группу с самой низкой частотой встречаемости равной 0,35% попадают виды *Ceriodaphnia pulchella*, *Disparolona rostrata*, *Graptoleberis testudinaria*, *Leydigia leydigi*, *Phreatalona protzi*, *Scapholeberis mucronata*, *Sida crystallina*, *Simocephalus vetulus*. Численность этих видов была крайне низкой, редко превышая 22,5 экз./м³. Самым любопытным фактом для дальнейших исследований является то, что 50% этой группы известны лишь из проб верховья Соленого залива. В нем же наблюдается минимальное число видов в пробе, а также самые низкие показатели численности и биомассы ветвистоусых ракообразных среди всех обследованных участков.

НОВЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЙ СООБЩЕСТВ ЗООБЕНТОСА ПРИБРЕЖНО-СОРОВОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Е. С. Колпакова¹, В. Н. Носкова¹, Д. В. Матафонов¹, Н. В. Базова²

¹Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Улан-Удэ

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ,
el.kolpackowa@yandex.ru

Вопросам изучения оз. Байкал уделялось и уделяется большое внимание. Экосистема уникального озера не может оставаться эталоном экологической стабильности в связи с активным и не всегда рациональным использованием его ресурсов. В современный период под влиянием ряда факторов природного и антропогенного характера, таких как глобальные изменения климата и связанное с этим уменьшение стока рек, поступление неочищенных сточных вод, неконтролируемая вырубка лесов в бассейне озера, пожары, браконьерство и т. д., происходит активная перестройка сложившихся устойчивых природных связей, наносится урон уникальной биоте, рыбохозяйственному фонду озера.

Прибрежно-соровая система Байкала – это локальные буферные зоны, которые из-за специфики своего расположения и морфометрии выполняют ряд важнейших функций: рыбохозяйственную, рыбопромысловую, аккумуляционную, индикаторную. Благодаря широкой зоне аккумулятивных мелководий прибрежно-соровая система отличается высоким уровнем развития донных сообществ и является высококормной областью озера.

В связи с изложенным, изучение прибрежно-соровой зоны Байкала и ее участков, наиболее подверженных хозяйственной нагрузке, является актуальной проблемой. Таковыми участками являются три важных в рыбохозяйственном и экологическом значении сора – залив Провал (Дубининский сор) (22 тыс. га), Посольский сор (3,5 тыс. га) и Исток-Истоминский сор (2,5 тыс. га), которые входят в Селенгинский рыбопромысловый район (145 тыс. га, первое место по величине в Байкале).

Наибольшим по площади, глубинам, своеобразным по истории своего происхождения и особенностям расположения является залив Провал. Характеристики экосистемы залива определяются влиянием вод р. Селенги и относительной изоляции от влияния вод Байкала, что создает уникальные неоднородные условия для развития донного населения. Посольский сор и Исток-Истоминский сор расположены южнее дельты Селенги и имеют уникальный статус приемного резервуара молоди посольской популяции байкальского омуля.

Видовой состав и количественные характеристики зообентоса озерно-соровой системы рассматривались в комплексных работах М. М. Кожова (1947, 1958, 1962), И. М. Леванидовой (1948), А. А. Линевиц (1961, 1964, 1969), А. Я. Базикаловой (1971), М. Ю. Бекман (1971) и многими другими. Подробные гидробиологические исследования в 1960–1970-х гг. проводились Иркутским государственным университетом, а с 1987 по 1990 гг. – Востсибрыбниипроектom (г. Улан-Удэ).

Большой временной разрыв со времени последних детальных исследований сообществ зообентоса вышеназванных соров, а также целый ряд рыбохозяйственных и экологических проблем, связанных с экосистемой уникального озера в настоящее время, увеличивают актуальность проведения исследований донного населения соров как индикатора трансформаций биосистемы водоема.

К настоящему времени заложены основы сетки мониторинговых станций, разработаны основные схемы исследования и выполнен сбор проб в заливах. Собранный в ходе исследования материал находится на стадии камеральной обработки.

ГЕНОТОКСИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКИ УРАЛ В РАЙОНЕ ГОРОДА НОВОТРОИЦКА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

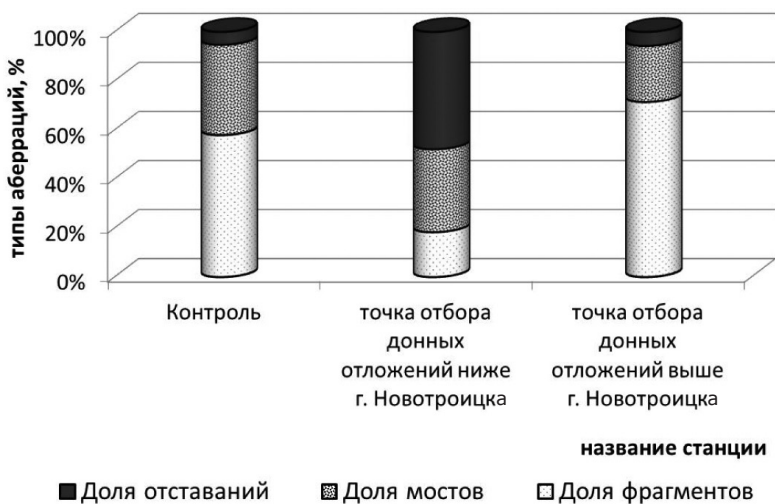
Г. Ф. Кольчугина

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Оренбург, kolchuginagf@mail.ru

Причинами загрязнения поверхностных вод р. Урал, а, следовательно, донных отложений могут быть сточные воды населенных пунктов, загрязнения поверхностного стока с водосборной территории, в том числе и с сельхозугодий, изменение условий формирования стока в результате образования на водосборе техногенно-нарушенных территорий (карьеры, отвалы, терриконы, селитебные территории с низкой фильтрационной способностью). Основными загрязнителями р. Урал в районе г. Новотроицка являются ООО «Управление коммунального хозяйства» Новотроицка и АО «Новотроицкий завод хромовых соединений», деятельность которого связана с изготовлением и выпуском продукции, приводящим к образованию и накоплению высокотоксичных отходов. Эти отходы хранятся в шламохранилище неподалеку от завода, которое представляет собой «мертвое озеро». Через подземные воды вредные вещества поступают в р. Урал.

Изучение генотоксической активности водной среды проводилось в районе влияния промышленного центра Оренбургской области – г. Новотроицка. Точки отбора проб находились на 6 км ниже города, вблизи с. Хабарного и на 3 км выше города в селе Ущелье. С помощью ана-телофазного метода были подсчитаны частота хромосомных aberrаций в клетках меристематической ткани *Al. сера* и доля мутаций определенного типа (фрагменты, мосты и отставания) от общего числа всех мутаций, регистрируемых в ана-телофазе. Водная вытяжка донных отложений, отобранных ниже г. Новотроицка, при действии на меристематическую ткань *Al. сера* вызвала достоверное превышение частоты хромосомных aberrаций относительно контроля на 4,98%. При

этом в спектре мутаций были выявлены «отставания» (рис.), что свидетельствует об аккумуляровании в грунтах веществ, повреждающих кинетохор и митотический аппарат. Преобладание «фрагментов» при действии грунтов, отобранных выше г. Новотроицка, возникало, вероятно, из-за аккумулярования в донных отложениях веществ, индуцирующих разрывы в ДНК и приводящих к нерцепрокным транслокациям и делециям (см. рис.). Однако общий уровень мутаций практически не превысил контроль и составил $4,03 \pm 0,64\%$ (при контроле $3,20 \pm 0,99\%$).



Типы мутаций *Allium cepa*, индуцированных водной вытяжкой донных отложений р. Урал в районе г. Новотроицка

Загрязнение донных отложений р. Урал вблизи с. Хабарного мутагенами, несомненно, вызвано непосредственным влиянием промышленного центра на водную экосистему. Это еще раз свидетельствует об увеличении факторов экологического риска здоровья населения, использующего водоемы в качестве источника питьевой воды и рекреационных зон.

ОПЕРАТИВНЫЙ (ОН-ЛАЙН) БИОМОНИТОРИНГ В СИСТЕМЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ БИОИНДИКАЦИИ

Е. П. Комарова¹, А. В. Гудимов², В. С. Свитина³

¹*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону*

²*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск*

³*Министерство рыбного и сельского хозяйства Мурманской области,
г. Мурманск, gudimov@mmbi.info*

Получение информации об изменениях экосистем осуществляется средствами мониторинга. Наблюдаемые изменения в популяциях и сообществах неизбежно следуют за изменениями среды, но всегда постепенно и *post factum*, – с определенным запаздыванием (инерцией), так как изменения в распространении и обилии видов требуют определенного времени. Для бентоса запаздывание столь значительно (до нескольких лет) (Фролова и др., 2007), что прикладное значение стандартного биомониторинга как средства обеспечения экологической безопасности окружающей среды утрачивается.

Установлено, что основные недостатки экологического биомониторинга устранимы при его сочетании с комплексной биоиндикацией, проводимой с разной дискретностью на нескольких уровнях организации биологических систем (организменном, популяционном и биоценотическом).

Концепция многоуровневой биоиндикации основывается на представлении о том, что скорости биологических процессов, происходящих в экосистеме/биоценозе на разных уровнях организации (от организма до сообщества), различны.

Применение биоиндикации, в первую очередь, актуально в отношении прибрежных экосистем, испытывающих наибольшую антропогенную нагрузку. Краткосрочная биоиндикация, работающая на уровне отдельных популяций, была успешно апробирована в Кольском заливе *Semibalanus balanoides* (Гудимов и др., 2017). В частности, впервые было установлено, что если локальная популяция находится в экстремальных условиях краевого

биотопа, под сильным давлением нескольких лимитирующих факторов, ее реакция на изменения внешней среды многократно сильнее и быстрее, чем у популяций в оптимальных условиях. В результате мониторинг отдельных «краевых» популяций позволяет проводить биоиндикацию как многолетних, так и краткосрочных (от 2–3 мес.) эффектов/последствий влияния среды.

Третьей составляющей многоуровневой биоиндикации является оперативная биоиндикация на основе непрерывного мониторинга реакций организмов в естественных природных условиях. Оперативная биоиндикация стала возможной только в последнее время благодаря появлению новейшей технологии – оперативного (он-лайн) мониторинга функциональной активности водных животных, в частности, двустворчатых моллюсков (например, Massabuau et al., 2015). Разработанная нами система он-лайн биомониторинга (Гудимов, 2005, 2009, 2016) работает в режиме реального времени с удаленным доступом получения данных (через Интернет) и управлением по каналам связи. Последний вариант системы – комплекс 4 поколения проходит сейчас технические испытания в Баренцевом море, выполняя оперативный биомониторинг (ОБМ) по поведенческим реакциям моллюсков.

В фундаментальном аспекте применения ОБМ мы впервые получаем «взгляд изнутри» – объективную информацию о состоянии самого организма и его текущих адаптациях, – новую экологическую реальность. В прикладном – это достоверная оценка экологического состояния среды от самих животных в технологии непрерывного экологического мониторинга. Таким образом, ОБМ и биоиндикация на его основе впервые позволяют осуществить полный контроль экологической безопасности водной среды.

ФИТОПЕРИФИТОН ПРИТОКОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА: СТРУКТУРА, ДИНАМИКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ МОНИТОРИНГЕ

С. Ф. Комулайн

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, komsf@mail.ru

Исследования фитоперифитона были выполнены в 12 реках бассейна Онежского оз. в 2009–2013 гг.: Шелтозерка, Лососинка, Суна, Лижма, Уница, Кумса, Немина, Пяльма, Туба, Падма, Яндома, Мегра.

Исследованные реки расположены в разных районах бассейна Онежского оз. Они отличаются по своим основным гидрографическим и гидрохимическим характеристикам, а также по размерам и ландшафтным особенностям их водосборов. Пробы фитоперифитона были отобраны в августе на участках верхнего, среднего и нижнего течения рек по отработанной методике.

В фитоперифитоне исследованных рек определено 224 таксона водорослей рангом ниже рода, относящихся к 79 родам, 48 семействам и 6 отделам: Cyanophyta – 32, Chrysophyta – 3, Dinophyta – 2, Bacillariophyta – 131, Chlorophyta – 50, Rhodophyta – 6.

Большая часть определенных видов (46%) – евперифитонные формы. Они формируют структуру группировок фитоперифитона во всех исследованных водотоках, составляя от 46 (Шелтозерка) до 91,9% (Яндома) от суммарной численности. Среди индикаторов галобности и рН преобладают индифференты – 76,7 и 55,5 соответственно.

Основа фитоперифитона в исследованных реках сформирована относительно небольшим количеством видов. Подавляющее большинство водорослей, определенных в перифитоне, – единичные формы с низкими показателями численности. При этом более 60% видов отмечено только на одной и 22% – на двух станциях.

Численность и биомасса водорослей в перифитоне заметно варьирует как между реками, так и отдельными участками. Максимальная биомасса наблюдалась на открытых хорошо освещенных участках на крупных валунах и скалах при доминировании нитчатых зеленых водорослей. Максимальная численность типична для участков,

расположенных ниже проточных озер, за счет аллохтонных, планктонных форм синезеленых и диатомовых водорослей.

Изменение структуры фитоперифитона от верховья к устью особенно четко выражено в реках, устья которых расположены в импактных зонах. Определение качества воды рек по индикаторным видам показало, что значения индексов Сладчека и Трофического Диатомового Индекса (TDI) изменяются от 0,58 до 1,58 и от 1,51 до 3,14, что соответствует II–III классам и объясняется доминированием в перифитоне b-, b-o и o-сапробных видов. Максимальные значения индексов отмечены для рек Шелтозерки и Мегры.

ИСТОРИЯ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

**С. Ф. Комулайн¹, Т. П. Куликова², А. Н. Круглова¹,
И. А. Барышев¹, А. В. Рябинкин², Е. В. Теканова²**

¹Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

*²Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
komsf@mail.ru*

Начало изучения сообществ водных организмов в пресноводных экосистемах Карелии относится ко второй половине XIX в. Этот период характеризовался исследованиями отдельных ученых-зоологов и ботаников, основная задача которых заключалась в выявлении видового состава сообщества. В этот период исследования альгофлоры были выполнены в Ладожском оз. (Ульский, 1864; Вейсе 1865; Гоби, 1879; Cleve, 1891), зоопланктона в озерах Пяозера и Топозера (Nordquist, 1887), в озерах северо-западной Карелии (Stenroos, 1898), в Онежском оз. и озерах Заонежья (Кесслер, 1868), а также в некоторых мелких водоемах в окрестностях г. Петрозаводска (Линко, 1898), речной жемчужницы в р. Кереть (Лепёхин, 1772). В этот период гидробиологические сборы проводились в случайно выбранных озерах и реках. Однако именно эти работы положили начало составлению таксономических списков водных организмов территории.

Второй этап гидробиологических исследований в Карелии связан с промышленным освоением территории и стремлением получить достоверные данные о рыбохозяйственных возможностях водоемов. Значительный материал был собран Олонецкой научной экспедицией под руководством Г. Ю. Верещагина (1919–1924 гг.). Гидробиологические исследования в эти годы активизировались также благодаря открытию Бородинской биологической станции (1926), Карельского научно-исследовательского института (1930), Карельской научно-исследовательской рыбохозяйственной станции (1931), Карело-Финского (затем Петрозаводского) университета (1940). Гидробиологические исследования в этот период носили отчетливо выраженный рыбохозяйственный характер и только сотрудниками Бородинской биологической станции проводились классические наблюдения, направленные изучение структуры планктонных и донных сообществ в водоемах и водотоках.

В послевоенный период изучение водоемов и водотоков Карелии существенно расширилось благодаря организации ряда комплексных экспедиций, охвативших значительную часть территории Карелии, а также участию в этих работах ведущих научных организаций не только республики (Карельский научный центр РАН, Карельское отделение ВНИОРХ, Петрозаводский государственный университет), но также Москвы (МГУ им. М. В. Ломоносова), Санкт-Петербурга (Зоологический институт РАН, Институт озероведения РАН, Ботанический институт РАН, Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности, Санкт-Петербургский государственный университет) и Борка (Институт биологии внутренних вод).

Одним из основных направлений гидробиологических исследований пресноводных экосистем Карелии стала инвентаризация биологического разнообразия, составление биологического кадастра на основе систематизации сведений по видовому составу флоры и фауны. Детально исследовалась биологическая продуктивность водоемов. Проводились комплексные исследования по оценке экологического состояния водоемов и водотоков. Внимание уделяется как водным объектам, для которых весьма остро стоят экологические проблемы, так и водным экосистемам, расположенным на уже

действующих и предлагаемых в качестве охраняемых территорий. Целый ряд водоемов изучался в качестве источников питьевого водоснабжения. В последние годы в связи с интенсификацией форелеводства в Карелии проводятся комплексные исследования с целью оценки последствий работы форелевых хозяйств.

**ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
LEPTOCLINUS MACULATUS – ПРЕДСТАВИТЕЛЯ
АРКТИЧЕСКО-БАРЕАЛЬНОЙ ИХТИОФАУНЫ
АКВАТОРИИ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН**

**Е. А. Кондакова¹, С. А. Мурзина², С. Н. Пеккоева²,
S. Falk-Petersen³, Н. Н. Немова²**

¹Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, katekondakova1989@gmail.com

²Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
murzina.svetlana@gmail.com

³Akvaplan-niva AS, Fram Centre, Tromsø, Norway,
stig.falk.petersen@akvaplan.niva.no

Арктическо-бореальная рыба люмпен пятнистый *Leptoclinus maculatus* (Fries, 1838) играет значительную роль в морских экосистемах, выступая промежуточным звеном в передаче и трансформации липидов и их жирных кислот от беспозвоночных к птицам и млекопитающим. Личинки и ранняя молодь обитают в пелагиали, в то время как молодь старших возрастных групп оседает на дно. В настоящем исследовании впервые охарактеризовано развитие некоторых структур и систем органов в развитии молоди *L. maculatus* на гистологическом уровне.

Молодь *L. maculatus* стадий развития L2 (n=4), L3 (n=2), L4 (n=2), L4* (n=2) и L5 (n=2) была поймана в акватории фьордов западного побережья о. Западный Шпицберген (Ис-фьорд, Билле-фьорд, Конгс-фьорд) и зафиксирована в 4% формалине. Материал был отмыт от фиксатора, обезвожен и залит в парапласт в соответствии

со стандартной процедурой. Серийные парасагиттальные и поперечные срезы толщиной 6–7 мкм были окрашены гематоксилином Карацци с докраской эозином.

Значительное количество эритроцитов появляется в крови только на стадии L4. В стенке *bulbus arteriosus* можно выделить 4 слоя: эндокард, субэндокард, срединный и наружный слои (термины Icardo et al., 1999). Внутренняя область образует гребни. Интересно, что организация *bulbus arteriosus* молодежи *L. maculatus* сходна с таковой у *Cionodraco hamatus*, антарктической рыбы с белой кровью (Icardo et al., 1999). По организации желудочка, сердце *L. maculatus* относится к I типу: компактный слой миокарда отсутствует.

Гонада представляет собой единую структуру, расположенную медиально или смещенную латерально в разных участках тела вдоль переднезадней оси. У молодежи L2 и L3 стадий имеются оогонии и ооциты периода превителлогенеза либо сперматогонии. Это наблюдение позволяет с осторожностью предположить, что *L. maculatus* свойственен прямой путь дифференциации гонад. Для L4, L4* и L5 установлены ооциты с кортикальными гранулами и липидными включениями, у самки в возрасте L5 – также атретические фолликулы с вакуолизированными клетками. У самца возраста L4* в семеннике отмечено несколько ооцитов периода превителлогенеза, что, скорее всего, является аномалией.

Фолликулы щитовидной железы расположены диффузно в жаберной области вблизи от брюшной аорты.

Липидный мешок, провизорная структура *L. maculatus* представляет собой совокупность полостей, наполненных липидами, основу которых составляют именно энергетические липиды в форме триацилглицеринов. Внутренний слой стенок этих полостей является симпластом с многочисленными ядрами, наружный – соединительной тканью. В ходе развития возрастают средние линейные размеры ядер в связи с интенсификацией липидного обмена.

Организация щитовидной железы и желудочка сердца *L. maculatus* характерны для большинства исследованных костистых рыб (Icardo, 2012; Chanet, Meunier, 2014). Необычным является позднее начало эритроцитарного кровообращения. Липидный мешок в настоящее время описан только у молодежи

этого вида рыб семейства Стихеевые, населяющего высокоширотные морские экосистемы

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 17-04-00466. Авторы благодарят РЦ РМиКТ СПбГУ.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ОСЕТРОВЫХ РЫБ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАНИРОВАНИЯ

М. А. Корентович, М. Н. Бронников

ФГБОУ ВПО ГАУ СЗ, г. Тюмень, marinacher@yandex.ru

В современных условиях практически полного истощения природных ресурсов осетровых рыб в Обь-Иртышском бассейне создание научной основы рациональной биотехнологии их выращивания имеет серьезное значение. В первую очередь это относится к оптимизации способов формирования ремонтно-маточных стад при использовании прижизненного экспресс-метода ранней функциональной ультразвуковой диагностики внутренних органов осетровых (Чебанов и др., 2004).

Разработка и внедрение ускоренной биотехники создания маточных стад осетра на индустриальных тепловодных хозяйствах Западной Сибири особенно актуальна, поскольку она позволяет сократить сроки созревания производителей и получать зрелых самцов в возрасте 3–4 лет, самок – в 5–6 лет вместо 15–20 лет в природных условиях. Динамика генеративных процессов, возраст и размер анатомической и цитологической дифференцировки пола видоспецифичны у рыб, зависят от абиотических факторов, в первую очередь, от температурного режима выращивания и содержания, качества кормов, условий нагула и др. С учетом этих показателей на индустриальных рыбоводных хозяйствах региона (научно-производственный осетровый участок Тюменского филиала ВНИРО, АО «Югорский рыбоводный завод», АО «Собский рыбоводный завод», рыбоводный комплекс ООО «Пышма-96» и др.) ежегодно проводится бонитировка осетровых при использовании УЗИ-сканирования. Исследования выполняют не менее двух раз в год с помощью

портативного сканера модели Mindray 6900 производства Китая. С помощью метода функциональной ультразвуковой диагностики для формирования высоко продукционных маточных стад осетра и стерляди определяют следующий биотехнологический режим:

- в возрасте двух-трехлеток при круглогодичном выращивании и сокращении половых циклов рыбы при минимальной массе сибирского осетра обской популяции 2 кг, сибирской стерляди – 0,2 кг идентифицируют пол и стадии зрелости гонад; основное количество самцов используют для товарного выращивания;
- при выявлении с помощью эхограмм II стадии гонадогенеза у основного количества особей проводят первую искусственную «зимовку» (не менее 2,5–3 месяцев с понижением температуры воды с 17–18 °С до 3–5 °С); далее содержание рыбы без кормления при низких температурах осуществляют ежегодно;
- при достижении осетровых определенной массы и возраста сортируют особей с не развитой генеративной тканью (гонады не занимают всю брюшную полость тела рыбы, имеются лишь небольшие участки семенников или яичников) или с отклонениями в развитии («дольчатость» семенников на мелкие доли по сравнению с нормой, поликистоз яичников, высокое содержание жира в гонадах);
- проводят неинвазивное раннее выявление типичных аномалий в развитии печеночной железы, сердца, желчного пузыря и других жизненно важных внутренних органов рыбы; определяют методы лечения;
- при визуализации у самок и самцов II, II–III стадии зрелости генеративной ткани с помощью УЗИ-сканирования составляют прогноз созревания производителей;
- при просмотре эхограмм самок IV стадии зрелости яичников проводят расчеты волюметрических гонадо-соматических индексов, плодовитости самок, размеров зрелых ооцитов, времени овуляции, начала резорбции ооцитов.

Итак, применение метода функциональной УЗИ-диагностики открывает новые возможности при ускоренном формировании РМС, что способствует сохранению генофонда осетровых рыб и восстановлению их запасов.

ДИНАМИКА РАЗНООБРАЗИЯ И СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ

Л. Г. Корнева

*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, korneva@ibiw.yaroslavl.ru*

Главная водная артерия России и крупнейшая река Европы – Волга в начале 1980-х гг. после завершения строительства последнего Чебоксарского водохранилища окончательно превратилась в цепочку водохранилищ. В начале XX в. до строительства водохранилищ в фитопланктоне Верхней Волги насчитывалось 153 таксона рангом ниже рода, в Средней Волги – 259, Нижней Волги – 200, в дельте – 264. После регулирования стока произошло значительное обогащение флоры планктона Волги, что было связано с увеличением биотопического разнообразия и улучшением условий минерального питания водорослей. В конце 1960-х – начале 1970-х гг. в планктоне зарегулированной Волги насчитывалось 1501 вид, разновидностей и форм водорослей, а в 1953–2004 гг. – 2350. Наибольшее флористическое богатство обнаружено в планктоне Куйбышевского (1405) и Рыбинского (1172) водохранилищ, обладающих наибольшими площадями акваторий и мелководий, сложной морфометрией, и принимающих воды крупных притоков: Мологи, Камы и Шексны. Сток двух последних также зарегулирован. Анализ фитопланктона зарегулированной Волги, выполненный по данным маршрутных экспедиций в 1989–1991 и 2015 гг., показал, что его удельное и ценотическое разнообразие снижалось в направлении от Верхней к Нижней Волге по мере снижения степени развитости гидрографической сети. Континуальность в распределении фитопланктона по продольному профилю водохранилищ прослеживалась по составу флор, доминирующих комплексов и соотношению биомасс всех встреченных видов. Влияние географической зональности на распределение фитопланктона выражалось также в снижении относительного богатства зеленых водорослей, биомассы зеленых

и фитофлагеллят, в увеличении относительного богатства диатомовых, числа галофилов и мезогалобов в направлении от Верхней к Нижней Волге. Сравнение результатов с полученными в маршрутных экспедициях в 1969–1975 гг. показало, что во втором десятилетии XXI в. наблюдалось снижение средней по водоемам суммарной биомассы фитопланктона и увеличение пропорции миксотрофных фитофлагеллят. Изменения в фитопланктоне коснулись прежде всего состава и динамики доминирующих видов. Наблюдалось поэтапное внедрение аллохтонных галофильных диатомей, адаптированных к высокой трофии вод. Отмечено увеличение сроков доминирования летних форм диатомовых и миксотрофных фитофлагеллят в Рыбинском водохранилище. В Чебоксарском среди доминантов обнаружены солоноватоводные диатомей (*Thalassiosira lacustris*, *T. incerta*). Результаты многолетнего мониторинга фитопланктона (1953–2016 гг.) второго по размерам в каскаде Рыбинского водохранилища показали, что в первые десятилетия XXI в. прослеживалось дальнейшее упрощение структуры альгофлоры планктона, увеличение численности фитопланктона за счет цианобактерий, повышение их пропорции в биомассе, увеличение обилия и разнообразия миксотрофных фитофлагеллят, что можно рассматривать как признак начального этапа гетеротрофной фазы планктонной сукцессии водохранилища, увеличение обилия мелкоразмерных видов, преобладание летнего пика цианобактерий в сезонной динамике биомассы, снижение соотношения минимальной и максимальной биомассы и индекса (Шеннона) ценотического разнообразия, как мер устойчивости экосистемы. Увеличение продолжительности безледного периода в Рыбинском водохранилище во втором десятилетии XXI в. способствовало увеличению обилия цианобактерий и миксотрофных фитофлагеллят в подледный период.

Работа выполнена в рамках государственного задания № АААА-А18-118012690096-1 и при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 18-04-01069.

О РОЛИ ЗООЛОГИИ В ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Н. М. Коровчинский, А. А. Котов

*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
nmkor@yandex.ru*

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

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

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

Из примерно 1,5 миллионов известных видов животных около 430 тыс. (~ 30 %) составляют представители водной фауны, из которых примерно 130 тыс. обитают во внутренних водоемах. Однако очень многие виды остаются неизвестными науке. Несмотря на определенную интенсификацию зоолого-гидробиологических исследований, имеется немало примеров недостаточной изученности большинства групп гидрофауны, в частности, в континентальных водоемах особенно слабо изученными остаются *Nematoda*, *Gastrothricha* и *Turbellaria* (Ballian et al., 2008). Для *Isopoda* внутренних вод описано лишь около трети от ожидаемого числа видов (Wilson, 2008). Более половины из примерно 200 видов *Cladocera*, известных в России, имеют достаточно неопределенный таксономический статус.

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

РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СИГОВ СУБАРКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМОВ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ИМАНДРА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

И. М. Королева, П. М. Терентьев

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ «Кольский НЦ»
РАН, г. Анапты, koririn@yandex.ru, p_terentjev@inep.ksc.ru*

Исследование динамики созревания и плодовитости у рыб как адаптивного процесса необходимо для контроля динамики стада в целях рационального хозяйственного использования рыбных ресурсов. Воспроизводительную способность популяции или вида оценивают по таким показателям, как соотношение полов, время наступления половозрелости, кратность нереста, абсолютная плодовитость и другие.

По материалам экспедиций 2011–2018 гг. установлено, что возрастной состав нерестового стада малотычинковых озерно-речных и озерных сигов в целом по оз. Имандра представлен семью группами от 3+ до 9+, по половому составу доминируют самцы 1,5: 1. Единичные самцы ($\approx 10\%$) созревают в возрасте 3+. Минимальный размер сига с гонадами на III–IV стадии зрелости составил 246 мм в длину при массе 155 г. У пяти- и шестилетних самцов доля нерестящихся особей возрастает до 20–30%. Среди четырехлетних самок готовые к икрометанию особи отсутствовали. В возрастной группе 4+ присутствовали готовые к нересту самки, но их доля не превышала 10%. Самый мелкий экземпляр нерестовой самки весил 150 г при длине 250 мм. Основу нерестового стада у самок составляли шести-, восьмилетние особи. Среди не участвующих в нересте сигов на нерестилищах (от 40 до 50% от общей численности) отмечены не только четырех- и пятилетки, но и особи старших возрастных групп, нерестовавшие ранее. Это говорит о неежегодности нереста у имандровских сигов.

Коэффициент зрелости (КЗ) рассчитывался как отношение веса половых продуктов к массе рыбы без внутренностей (порке), выраженное в %. Переход из II стадии зрелости в III у впервые созревающих сигов происходит в июне–июле, КЗ у самок возрастает с 0,4 (июль) до 14,5 (сентябрь), наибольший КЗ отмечен у шестилетней

самки весом 170 г и длиной 245 мм – 28,3. У самцов в процессе созревания КЗ возрастает от 0,1 до 4 (1,4–11,6).

Абсолютную плодовитость (АП) определяли весовым методом: в навеске (2 г) просчитывались все икринки, их количество в 1 г умножалось на вес всей гонады. Средняя абсолютная плодовитость разных возрастных групп колебалась от 3180 до 24104 икринок.

В Имандре бóльшую абсолютную плодовитость по данным 1997 и 2011–2017 гг. имели озерные сиги, обитающие в северной части озера – Большой Имандре – 16,1 тыс. икр. В южной части в среднем этот показатель в 1,5 раза ниже – 10,6 тыс. в Йокостровской и 10,5 тыс. в Бабинской Имандре.

Отмечен рост АП при сопоставлении ее межгодовой динамики на одних и тех же нерестилищах. В Йокостровской Имандре в 2012 г. величина АП была почти в 3 раза больше, чем в 1997 г. 18,4 тыс. и 6,4 тыс. икр соответственно. В Бабинской Имандре мы имеем ту же трехкратную разницу между 1997 и 2011 гг. – 6,6 тыс. и 19 тыс. икринок.

Адаптивной реакцией на условия обитания в водоемах Крайнего Севера является не ежегодное икрометание и пропуски одного- двух нерестовых периодов.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗРАСТА И РОСТА КЛЮВОРЫЛОЙ АНТИМОРЫ ANTIMORA ROSTRATA В ВОДАХ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ

Н. Б. Коростелев¹, Е. В. Ведищева², А. М. Орлов^{1,2,3,4*}

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
г. Москва*

²*Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва*

³*Дагестанский государственный университет, г. Махачкала*

⁴*Томский государственный университет, г. Томск, *orlov@vniro.ru*

Клюворылая антимопа *Antimora rostrata* (Moridae, Gadiformes) – один из двух представителей рода, встречающийся практически во всех районах Мирового океана, за исключением

Северной Пацифики. В разных частях ареала клюворылая антимора имеет различные возрастной состав и темпы роста (Horn, Sutton, 2015). В настоящей работе впервые представлены данные о возрасте и росте клюворылой антиморы из вод островов Крозе и Кергелен (французская исключительная экономическая зона в южной части Индийского океана) и проведено сравнение темпов ее роста в различных частях ареала в Южном полушарии.

Материал из вод островов Крозе и Кергелен собран во время ярусного промысла клыкача в конвенционном районе АНТКОМ (Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики). Всего проанализировано 148 особей, выловленных с глубин 515–1745 м. Общая длина тела рыб в уловах составляла от 39 до 70 см при среднем значении 57,0 см. Средняя масса рыб в уловах составила 1434 г при минимальных и максимальных значениях 400–3310 г.

Возраст определяли путем подсчета колец на фотографии обожженного сломы отолита. Минимальный возраст 16 лет отмечен у особи длиной 39 см, максимальный 41 год – у особи длиной 70,0 см. Средний возраст рыб в улове составил 31 год, наиболее многочисленны были особи в возрасте 37 лет (11,5%). Рассчитанные по фактическим данным коэффициенты уравнения роста Бергаланффи по нашим и опубликованным данным из других частей ареала *A. rostrata* представлены в таблице.

Параметр	Море Росса (Horn, Sutton, 2015)	Новая Зеландия (Horn, Sutton, 2015)	Моря Лазарева и Уэдделла (Vedishcheva et al., in press)	Острова Крозе и Кергелен (наши данные)
$L_{\infty} (TL)$	82,2	50,8	82,3	77,5
K	0,047	0,056	0,050	0,053
t_0	-0,6	-3,2	1,1	1,3

Клюворылая антимора из вод островов Крозе и Кергелен демонстрирует сходные темпы роста с таковыми особей из морей Росса, Лазарева и Уэдделла, что может свидетельствовать о популяционном единстве рассматриваемого вида в пределах вод Антарктики и Субантарктики.

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ
И СОДЕРЖАНИЯ В НЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ ИОНОВ
НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ
БИЛАТЕРАЛЬНЫХ СЧЕТНЫХ ПРИЗНАКОВ
СЕЙСМОСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ ГОЛОВЫ
У ПЛОТВЫ И РЕЧНОГО ОКУНЯ**

Б. Г. Котегов

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, rutilus@yandex.ru

В 15 небольших прудах, расположенных в центрально-восточной части Удмуртской Республики, производились замеры величин общей минерализации воды в течение вегетационных сезонов разных лет и оценивалось содержание в ней некоторых ионов в конце весны. Диапазоны варьирования значений гидрохимических параметров в исследованных водоемах составили для минерализации – 90–830 мг/л, содержания Ca^{2+} – 32–99 мг/л, Mg^{2+} – 3–38 мг/л, Cu^{2+} – 0–0,005 мг/л, Cd^{2+} – 0–0,002 мг/л, NH_4^+ – 0,08–1,14 мг/л, NO_2^- – 0–0,18 мг/л, NO_3^- – 0,3–11,3 мг/л. Параллельно в этих же водоемах отлавливались представители двух массовых видов рыб – плотвы *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) и речного окуня *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758, у которых подсчитывалось число отверстий на разных участках краниальных каналов боковой линии с левой и правой сторон головы. По результатам подсчета вычислялись два показателя – средняя доля асимметричных проявлений отдельных билатеральных сейсмосенсорных признаков (FA) и дисперсия флуктуирующей асимметрии суммарных значений этих же признаков (SA). Ранговый корреляционный анализ выявил увеличение FA окуня и SA плотвы, статистически значимо связанное с повышением общей минерализации исследованных прудов. Такие же положительные значимые связи отмечены у SA речного окуня с содержанием в воде Mg^{2+} , у SA плотвы – с содержанием Ca^{2+} . С майским содержанием в прудовой воде других ионов показатели флуктуирующей асимметрии у двух видов рыб не имели.

В мае 2018 г. были заложены эксперименты по лабораторному выращиванию сеголетков речного окуня и плотвы из оплодотворенной икры в аквариумах с водой разного химического состава. Контрольные условия выращивания характеризовались общей минерализацией воды около 200 мг/л, измененные условия задавались в сроки перехода ранних личинок на экзогенное питание тремя способами – добавлением хлоридных солей кальция, магния или натрия с двукратным повышением минерализации контрольной воды. По окончании экспериментов у сформированных мальков оценены величины FA и SA краниальных каналов сейсмодатчика системы. У окуня в контрольной группе SA были в 1,3–2,8 раза меньше, чем в трех опытных группах; у плотвы аналогично – в 2,2–3,4 раза со статистически значимыми различиями результатов контроля и опыта. Наибольшие значения SA у окуня отмечены в группе сеголетков, развивавшихся в гидрохимических условиях с добавлением Mg^{2+} , у плотвы – в группе с добавлением Na^+ . Для показателя FA подобной тенденции не выявлено.

Таким образом, результаты натуральных наблюдений и лабораторных экспериментов показали, что повышение минерализации воды в пределах диапазона, характерного для гидрохимических условий пресных водоемов, приводит к росту величины дисперсии флуктуирующей асимметрии суммарных значений билатеральных счетных признаков сейсмодатчика системы головы у двух массовых пресноводных видов рыб. Предполагается, что определенную биохимическую роль в реализации выявленного эффекта могут играть главные катионы пресных вод, такие как кальций, магний и, возможно, натрий. Механизмы подобного влияния химических факторов на проявление мелких, ненаправленных и нелетальных отклонений от билатерально-симметричного строения в организмах рыб, по-видимому, связаны с дисбалансом эпигенетической регуляции их морфогенеза в период раннего индивидуального развития.

**ФИЛОГЕОГРАФИЯ НЕЙСТОННЫХ ВЕТВИСТОУСЫХ
РАКООБРАЗНЫХ ПОДСЕМЕЙСТВА
SCAPHOLEBERINAE (CLADOCERA: DAPHNIIIDAE)**

А. А. Котов, Д. Дж. Тэйлор

*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
г. Москва*

*Department of Biological Sciences, The State University of New York at
Buffalo, New York, USA, alexey-a-kotov@yandex.ru*

В последнее время становится все более очевидным, что паттерны распространения обитателей континентальных водоемов значительно отличаются от таковых наземных позвоночных, цветковых растений, продвинутых насекомых – т. е. тех групп, на которых создавалась как наука современная биогеография. Одним из важных направлений работ, лежащих в русле исторической биогеографии, является филогеография, подход, объединяющий «генные генеалогии (филогенетические деревья) и пространственные паттерны» (Абрамсон, 2007). Очевидно, подобными работами невозможно охватить все группы пресноводных организмов. В самое последнее время важнейшей модельной группой для филогеографических работ различного масштаба (от глобальных до региональных) стали ветвистоусые ракообразные (Cladocera). При этом большинство работ проводится на представителях единственного, преимущественно планктонного рода *Daphnia* O. F. Mueller (Daphniidae), в то время как ветвистоусые ракообразные включают в себя еще более 90 родов с различным, преимущественно непланктонным образом жизни. Можно предположить, что существенные различия в образе жизни между разными родами Cladocera могут найти отражение и в существенных различиях в географических паттернах разных родов.

Целью данного исследования было изучить филогенетические взаимоотношения между видами и филогеографические паттерны в пределах подсемейства Scapholeberinae семейства Daphniidae на основании анализа последовательностей митохондриальных генов 12S и 16S. Для всех представителей данного подсемейства

характерен нейстонный образ жизни. Выделение внутри подсемейства двух родов – *Scapholeberis* Schoedler и *Megafenestra* Dumont et Pensaert – подтверждается генетическими методами. Внутри последнего рода выявлено три вида с различными паттернами распространения. В пределах рода *Scapholeberis* выявлено восемь основных клад, шесть из которых являются хорошо отграниченными видами, а две представляют собой крупные и широко распространенные группы видов – *S. mucronata* и *S. rammneri*. Внутри каждой группы имеются таксоны с различными паттернами распространения по Палеарктике. Крайне примечателен тот факт, что не выявлено ни одного таксона, обитающего одновременно в берингийской зоне Северной Америки, и на основном протяжении этого континента. В то же самое время, четыре таксона, обитающие в берингийской зоне Северной Америки, выявлены в Евразии, как минимум, в ее восточной части. Для групп видов *S. mucronata* и *S. rammneri* показана хорошо видимая долготная дифференциация филогрупп с выраженной переходной зоной между «западным» и «восточным» фаунистическими надкомплексами («типами фаун» по Штегману (1938)) в Восточной Сибири.

В целом полученные данные согласуются с таковыми, ранее полученными для других таксонов ветвистоусых ракообразных (Bekker et al., 2012, 2016, 2018; Kotov et al., 2016).

Исследование палеарктических кладоцер выполнено за счет гранта Российского научного фонда (грант 18-14-00325).

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА В ВЕРХНЕЙ ОБИ

А. В. Котовщиков

Институт водных и экологических проблем, г. Барнаул, kotovschik@iwep.ru

Первичную продукцию фитопланктона (*A*) в р. Оби в створе г. Барнаула измеряли скляночным методом в кислородной модификации. Эксперименты с суточной экспозицией ставили непосредственно в реке. Склянки подвешивали, как правило,

на горизонте, равном одной глубине прозрачности по белому диску. Измерения проводили в период открытой воды: на середине реки ежемесячно с мая по октябрь 2015 г.; на середине реки в июне и июле 2016 г.; у обоих берегов каждые 2 недели с апреля по начало августа 2017 г. Параллельно в этих же пробах анализировали содержание хлорофилла *a*. Значения максимального фотосинтеза (A_{opt}) за эти годы были использованы для расчета средних месячных значений удельного фотосинтеза с апреля по октябрь. Суточные ассимиляционные числа ($\text{мгO}_2/\text{мгХл}\cdot\text{сут.}$) составили: в апреле – 32; в мае (первая половина) – 78; в мае (вторая половина) – 140; в июне – 190; в июле – 184; в августе – 153; в сентябре – 81; в октябре – 90.

Для расчета A_{opt} за другие годы использованы результаты многолетнего мониторинга содержания хлорофилла *a*, который проводили в период открытой воды в 2001 и 2002 гг. (ежедекадно) и с 2012 по 2018 гг. (еженедельно). $\sum A$ под 1 м² рассчитывали умножением A_{opt} на величину прозрачности, используя уравнение В. В. Бульона. Средние месячные значения прозрачности в Оби варьировали от 0,2 м (в апреле) до 0,7 м (в октябре).

В результате удалось выявить сезонную динамику $\sum A$ в Оби с 1 апреля по 15 ноября за 9 лет. Минимальные за год значения $\sum A$ составили от 1 до 9 $\text{мгС}/\text{м}^2\cdot\text{сут.}$, максимальные – от 290 до 980 $\text{мгС}/\text{м}^2\cdot\text{сут.}$ Сезонные максимумы ежегодно наблюдаются в июле–августе, нарушаемые снижением прозрачности в результате дождевых паводков. Более значительные по величине пики $\sum A$ могут отмечаться в июне и в начале сентября. Июньские максимумы наблюдали в маловодный или в средний по водности год, когда отсутствовало характерное для этого периода высокое стояние уровня весенне-летнего половодья. Максимумы в сентябре чаще отмечали в последние годы. Они были обусловлены более теплыми, чем в другие годы, погодными условиями при общем снижении уровня и увеличении прозрачности воды к осени.

Максимальные суточные значения $\sum A$, полученные нами для крупной р. Оби со сравнительно высокими скоростями течения (в среднем 0,8–1,0 м/с), практически совпадают с максимальным фотосинтезом, измеренным в озерах (Бульон, 1994).

Для расчета годовой первичной продукции под 1 м² поверхности реки были восстановлены ежедневные значения $\sum A$ методом линейной интерполяции между сроками наблюдений. После суммирования этих значений получены годовые величины:

Год	2001	2002	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
$\sum A$, ккал/м ² ·год	382	273	528	249	385	433	552	560	451

Таким образом, годовая продукция фитопланктона в Верхней Оби может отличаться в разные годы примерно в 2 раза и в среднем за 9 лет составляет 424 ккал/м²·год. Это значение в 2 раза меньше, чем спрогнозированное для Богучанского водохранилища (Бульон, Сиротский, 2015), что можно объяснить более коротким периодом вегетации фитопланктона в Верхней Оби за счет длительного половодья, а также низкой толщиной фотического слоя большую часть периода открытой воды.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук: проект 0383-2016-0003.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ПОЛИХЕТ В УСЛОВИЯХ СОЛОНОВОЙ ЭВТРОФНОЙ ЛАГУНЫ (ВИСЛИНСКОЙ ЗАЛИВ, БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)

О. В. Кочешкова

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова, РАН, г. Москва,
okocheshkova@gmail.com*

Вислинский залив расположен в восточной части южного побережья Балтийского моря. Средняя глубина – 2,7 м (Соловьев, 1971). Залив – опресненный морской водоем с преобладающим влиянием морских факторов. Характерно пространственное и сезонное изменение солености от 1,0 до 7,7‰, средняя величина солености 3,8‰ (Чубаренко, 2007).

В настоящее время в заливе обитает семь видов полихет. Наиболее крупные, активные, имеющие наибольшую площадь распространения и вносящие до 95–99 % от общей биомассы полихет – *Hediste diversicolor* и *Marenzelleria neglecta*. Олигогалинный залив с выраженным сезонно изменяющимся соленостным градиентом – не типичная среда обитания полихет, однако, выявленные репродуктивные адаптации обусловили формирование самовоспроизводящихся популяций этих видов в заливе.

Репродуктивная биология *H. diversicolor* и *M. neglecta* была изучена на основе данных о сезонной динамике численности и биомассы, частоте встречаемости и численности планктонных личинок, размерно-весовой структуры популяций, а также по наблюдениям за червями в естественных биотопах. Возможность оплодотворения у *H. diversicolor* и *M. neglecta* в условиях залива оценена в экспериментах по соленостной резистентности половых клеток.

Показано, что для *H. diversicolor* в Вислинском заливе характерен длительный весенне-летний (март–июнь) период размножения; приуроченность района, где происходит размножение к небольшому участку залива с придонной соленостью не ниже 4,5‰ круглогодично; лецитотрофный демирсальный тип личиночного развития, а также соленостный оптимум для процесса оплодотворения, обусловленный показателями соленостной резистентности гамет (диапазон 8,8–10,5‰), ниже, чем у видов, обитающих в мезогалинных частях ареала.

Показано, что для *M. neglecta* в Вислинском заливе характерен длительный осенний (сентябрь–декабрь) период размножения с планктотрофным типом личиночного развития. Соленостный оптимум для половых клеток у *M. neglecta* – 1,8–10,5‰. Осенний сезон размножения обусловлен осенним осолонением Вислинского залива и низкими температурами воды в это время, что является оптимальным для оплодотворения и дальнейшего личиночного развития *M. neglecta*. Одной из преадаптаций, способствующих успешному вселению в залив, была способность личинок переносить зимние температуры и «пережидать» ее повышения для дальнейшего развития, что привело к длительной

(до 5–6 месяцев) планктонной фазе в жизненном цикле, а также оседании личинок при достижении ими стадии 15–19 сегментов, что больше, чем характерно для нативного ареала и мезогалинных вод южной Балтики.

Работа выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0149-2019-0008), анализ поддержан грантом РФФИ № 17-05-00782/17.

ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ИНКУБАЦИИ ПРИ 40 °С НА СПЕКТР БЕЛКОВ ПЛЕРОЦЕРКОИДОВ *SCHISTOCEPHALUS SOLIDUS*

А. А. Кочнева¹, Е. В. Борвинская^{1,2}, Д. С. Бедулина², П. Б. Дроздова²

¹Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

²НИИ биологии Иркутского государственного университета,
г. Иркутск, kochnevaalbina@gmail.com

Для представителей класса Ленточные черви характерна облигатная форма паразитизма и сложный жизненный цикл. В ходе онтогенеза, начиная от свободноплавающей в воде личинки до зрелой особи, паразитирующей в полости или внутренних органах дефинитивного хозяина, условия окружающей среды гельминта сильно меняются, что делает их крайне интересными объектами изучения приспособлений организмов к среде обитания. Так, представители отряда Лентецы – *Schistocephalus solidus* (Müller, 1776) – сменяют хозяина трижды. Промежуточными хозяевами являются пойкилотермные животные: первый – представители циклопидных копепод, второй – трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* L. Окончательными хозяевами *S. solidus* являются гомойтермные животные – рыбаодные птицы. При переходе от второго промежуточного хозяина к дефинитивному, температура среды обитания паразита существенно меняется (разница до 30 °С). Также в теле колюшки за 48–72 часа происходит половое созревание *S. solidus*, которое сопровождается морфо-физиологическими изменениями организма. Целью данного исследования было выяснить молекулярные механизмы,

участвующие в перестройке метаболизма и в половом созревании гельминта при повышении температуры во время заражения теплокровного хозяина.

В данной работе нами было впервые изучено влияние кратковременной инкубации при 40 °С на состав водорастворимых белков плероцеркоидов *S. solidus*. Для этого зараженных особей колюшки перемещали из воды с температурой 20–22 °С в воду с температурой 40 °С на 1 час (рыб предварительно умерщвляли). В качестве контроля использовали гельминтов из рыб, не подверженных нагреванию. Анализ экстрактов белков *S. solidus* был проведен на масс-спектрометре типа Orbitrap Q-Exactive HF-X, сопряженном с нанопотоковой системой ВЭЖХ UltiMate 3000 RSLC Nano. В результате сравнительного анализа белковых спектров опытной и контрольной групп паразита были выявлены различия по содержанию 107 белков. В образцах только опытной группы были обнаружены 23 белка (эндоплазмин, тропомодулин, белок HSP20 и др.), а только контрольной – 18 белков (белок Rab-10 семейства малых ГТФаз, ДНК-поли (АДФ-рибоза)-полимераза, аминоксипептидаза и др.). Для выявления белковых молекул, участвующих в ответных реакциях на изменение условий среды, был проведен анализ обогащения метаболических путей на основе базы данных Reactome. У плероцеркоидов *S. solidus* после нагревания преимущественно изменилось количество белков, участвующих в иммунном ответе, регуляции и передаче сигнала, общем метаболизме, росте и развитии, везикулярном транспорте и т. д. Таким образом, в результате исследования были выявлены индуцибельные белки и биологические пути, вовлеченные в адаптационные реакции метаболизма паразита *S. solidus* в условиях резкого повышения температуры среды.

Финансовое обеспечение исследования осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (№ 0218-2019-0076), при поддержке гранта РФФИ (проект № 17-04-01700) с использованием научного оборудования ЦКП КарНЦ РАН.

МАКРОЗООБЕНТОС В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ВОИ (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Т. И. Кочурова

МБУ «Кировский городской зоологический музей», г. Киров,
kochurovati@mail.ru

Воя – типичная равнинная река, левый приток р. Вятки (бассейн Волги). Протекает по трем административным районам Кировской области, имеет длину 174 км, площадь водосборного бассейна 2910 км². В настоящее время, когда на протяжении двух десятков лет хозяйственная деятельность в водосборном бассейне реки сведена к минимуму, представляет интерес сбор гидробиологических данных с целью получения информации о фоновом состоянии речных экосистем.

Изучали макрозообентос, отобранный в сентябре 2018 г. на четырех станциях в среднем и нижнем течении реки. Определение организмов в зависимости от таксономической группы проводили до уровня вида, рода, семейства, отряда, класса. Идентификацию поденок, стрекоз, ручейников выполняли до вида. Состояние донных биоценозов оценивали по количеству таксонов, общей численности и биомассе. Применяли индексы Вудивисса (*BI*, баллы), олигохетный Гуднайта и Уитлея (*No/N, %*), Балушкиной (*Kch*), ЕТО-индекс, индекс сапробности Пантле-Букка. Таксономическое разнообразие оценивали по индексу Шеннона (*H*, бит/экз.).

В составе макрозообентоса р. Вои обнаружено 122 таксона видового и надвидового рангов, относящиеся к 10 классам и 6 типам (Porifera, Cnidaria, Nematelminthes, Annelida, Mollusca, Arthropoda). Таксономическое богатство на отдельных станциях насчитывало от 51 до 72 таксонов. Зафиксировано незначительное снижение данного показателя ниже г. Нолинска (районный центр), вероятно, под действием выпуска сточных вод с городских очистных сооружений. Плотность кормового зообентоса в среднем для реки составляла 18,3 тыс. экз./м² и 19,5 г/м², достигая максимума (67,5 тыс. экз./м² и 28,7 г/м²) в черте г. Нолинска.

Общая биомасса нарастала в нижнем течении до 459,13 г/м² (при общей численности 9 тыс. экз./м²) за счет появления крупных двустворчатых моллюсков (*Tumidiana tumida* (Philipsson, 1788) и *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758).

Биоиндикационные показатели характеризовали р. Вою как чистый водоток. Среднее значение *BI* составило 8,9 балла, *No/N* – 25,4%. В антропогенно нагруженных местах олигохетный индекс достигал 37–50%, указывая на наличие очагов умеренного органического загрязнения. *Kch* тоже характеризовал реку как умеренно загрязненную (среднее значение 1,96). *H* изменялся от 1,07 до 3,21 (среднее 2,31). Таксономическое богатство чувствительных к загрязнению организмов ЕТО-комплекса (Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata) насчитывало соответственно 20, 24 и 5 видов. ЕТО-индекс изменялся от 32 на фоновом участке до 14–16 на территориях, прилегающих к райцентру. Индекс сапробности на всем протяжении реки соответствовал Я-мезосапробной зоне, изменяясь от 1,70 до 2,10 бит/экз. (среднее 1,84 бит/экз.).

Сравнение результатов с данными исследования р. Пижмы (участок среднего и нижнего течения Пижмы длиной 208 км располагается в Кировской области, входит в состав Государственного природного заказника «Пижемский») показало, что таксономическое богатство р. Вои существенно превысило аналогичные показатели р. Пижмы. Большинство биоиндикационных показателей указывали на лучшее качество воды в р. Вое.

Таким образом, экологическое состояние р. Вои характеризуется высоким разнообразием и плотностью донных беспозвоночных, соответствует естественному состоянию равнинных рек с высоким уровнем самоочистительной способности.

ОТ МОРСКОГО ЗАЛИВА К ПРЕСНОМУ ОЗЕРУ: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СУКЦЕССИЯ В БЕЛОМОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ ВОДОЕМАХ ПРИ ПОДНЯТИИ БЕРЕГА

Е. Д. Краснова

Беломорская биологическая станция им. Н. А. Перцова биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, e_d_krasnova@mail.ru

На побережье Белого моря в результате быстрого постгляциального поднятия берега от моря отделилось множество меромиктических озер, в разной степени изолированных от моря. В ходе исследований, которые проводятся на базе Беломорской биостанции, выявлено более двух десятков таких водоемов. Рассматривая их как последовательные стадии изоляции, можно реконструировать ход гидрологической и экологической эволюции водоема. Превращение морского залива в пресное озеро занимает несколько столетий. Порог, отгораживающий лагуну от моря, постепенно поднимается, приливно-отливные колебания ослабевают, становятся асимметричными. Когда порог поднимется выше среднего уровня полной воды, забросы морской воды могут происходить в сизигию, при дальнейшем подъеме – только при осенних высоких приливах и штормовых нагонах, потом с многолетними интервалами. Водоем становится ловушкой для пресного стока и органики. Опресненный верхний и соленый нижний слой воды разделены галоклином, который в изучаемых водоемах не совпадает с хемоклином – границей аэробной и анаэробной зон. Галоклин находится выше хемоклина, между ними есть слой соленой воды, который обеспечивает зону обитания морского планктона и бентоса. Под пикноклином в теплое время года возникает парниковый эффект: появляется погруженный максимум температуры и накапливается кислород, выработанный фитопланктоном, вплоть до 300% пересыщения. Фитопланктон здесь обильный и иной по составу, чем в поверхностном слое.

Застой воды в донном углублении водоема благоприятствует накоплению органики и бактериальным процессам, которые, по мере изоляции, играют все большую роль в экосистеме водоема. Один из определяющих бактериальных процессов – восстановление

серы из сульфатов морской воды до сульфида, в результате чего накапливается сероводород.

Хемоклин нередко маркирован цветным слоем, главный компонент которого – аноксигенные фототрофные бактерии (АФБ) с доминированием зеленых серных бактерий *Chlorobium phaeovibrioides*. Первичная продукция аноксигенного фотосинтеза в таких водоемах превышает таковую от оксигенного, выполняемого фитопланктоном в аэробной зоне. Выше редокс-интерфейса в микроаэробной части хемоклина в массе развиваются миксотрофные эукариотные микроорганизмы: криптофитовые или эвгленовые жгутиконосцы, а также инфузории с фотосинтезирующими эндосимбионтами внутри. Они могут использовать первичную продукцию АФБ и передавать ее вверх по трофической цепи к зоопланктону вышележащего аэробного сообщества.

Зеленые серные бактерии не пропускают сероводород вверх и защищают от него вышележащее сообщество, делают более резким окислительно-восстановительный градиент, а кроме того, бактериальная суспензия не пропускает вниз свет, что препятствует прогреву нижележащей водной массы и делает стратификацию более устойчивой.

Работа поддержана РФФИ (грант № 19-05-00377).

ИЗМЕНЕНИЯ СЕЗОННОГО ЦИКЛА РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА ПЛАНКТОННЫХ ИНФУЗОРИЙ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА И АЗОВСКОГО МОРЯ В 2018 г.

К. В. Кренёва

ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, kreneva@ssc-ras.ru

Сезонная динамика микрозоопланктона Таганрогского залива имеет циклический характер с двумя максимумами развития: менее выраженным весенним и более выраженным в конце лета – начале осени. Общие тенденции динамики количественных характеристик цилиатоценоза сохраняются, но уровень развития в различные годы отличается высокой вариабельностью.

Обычно в весенний период наблюдается постепенное повышение количественных характеристик сообщества микрозоопланктона на всех участках моря, в первую очередь, за счет увеличения плотности и количества видов тинтиннид и мелких олиготрихид. Наибольшей плотности инфузории в весенний период достигают к маю, в годы с «холодной» весной – к июню. В 2018 г., из-за сильного паводка, продлившегося с апреля по конец июня, сообщество инфузорий в весенний и ранне-летний период находилось на низком уровне развития. Численность инфузорий с апреля по июнь составляла в среднем 1,3 тыс. экз./л. В апреле на исследованной акватории встречалось 20 видов инфузорий, 10 из которых относится к классу спиротрихид: 7 видов тинтиннид и 3 вида олиготрихид. Доминировали *Strombidium vestitum* (Leegaard, 1915) Kahl, 1932 и *Tintinnopsis minuta* Wailes, 1925. К концу мая – началу июня количество видов, встречающихся в планктоне на акватории Таганрогского залива, снизилось до 12.

В июле начался тренд возрастания численности. Плотность инфузорий в среднем в июле составила 4,5 тыс. экз./л. На большинстве станций доминировал *Tintinnopsis lobiancoi* Daday, 1886. Также на всей акватории Таганрогского залива активно развивались представители класса олигогименофорей: *Vorticella anabaena* Still, 1940 и *Vorticella sp.*, которые используют в качестве субстрата крупные колонии водорослей. В августе тенденция к повышению численности сохранилась. Численность планктонных инфузорий составила в среднем 6,7 тыс. экз./л., на выходе из залива достигая 10–11 тыс. экз./л. Большой диапазон колебаний плотности цилиатопланктона в этот период объясняется неравномерностью распределения мезозоопланктона в период интенсивного выедания гребневиком и воздействием неблагоприятного кислородного режима и пятен «цветения» фитопланктона. Одновременно с повышением численности больше чем в два раза повысилось видовое богатство – 27 видов. Обычно увеличение числа и встречаемости видов по акватории начинается позже, в осенний период.

Таким образом, мы можем наблюдать ситуацию, когда длительный паводок изменяет динамику сезонного цикла развития сообщества планктонных инфузорий. Вместо весеннего пика численности, в конце мая – начале июня 2018 г. наблюдалось снижение количественных характеристик сообщества инфузорий Таганрогского залива

и собственно Азовского моря в сравнении со средними значениями количественных показателей, характерных для этого сезона. А затем можно было наблюдать постепенный рост численности, переходящий в осенний максимум развития сообщества планктонных инфузорий.

АКТИВНОСТЬ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ПРОТЕИНАЗ У МОЛОДИ КОЛЮШКИ (*GASTEROSTEUS ACULEATUS LINNAEUS*) БЕЛОГО МОРЯ

М. Ю. Крупнова, Н. Н. Немова

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
mukrupnova@rambler.ru*

Колюшка трехиглая (*Gasterosteus aculeatus Linnaeus*, 1758) является важнейшим и доминирующим видом промежуточного уровня трофической цепи. На примере данного вида сделана попытка выяснения механизмов развития приспособительных реакций к изменяющимся условиям среды в различных биотопах Белого моря, которое является уникальным в связи с его значительной расчлененностью, наличием заливов, губ, протоков с разными глубинами, температурой и соленостью воды. Нарастание количественного значения какого-либо абиотического фактора до определенной критической точки благоприятно для организма, а затем становится отрицательным, что ведет к включению компенсаторных механизмов, снижающих стрессовое воздействие факторов. Включение адаптационных механизмов затрагивает также и лизосомальную систему клетки, участвующую во внутриклеточном переваривании биополимеров; внеклеточном гидролизе биополимеров и других процессах. Важнейшая роль в них отводится катепсинам В и D, так как они являются биохимическими индикаторами изменения протеолитической функции лизосом в развитии биохимических адаптаций у водных организмов на всех стадиях развития организма. Катепсин D относится к группе «аспартильных» протеиназ, гидролизующий только белковые субстраты и поэтому определяется, главным образом, по измерению продуктов деградации белков. Катепсин В является представителем цистеинза-

висимых протеиназ, которому отводится приоритетное участие в регуляторных процессинговых реакциях, а не в белковой деградации. Различия в активности катепсина D в гомогенатах молоди колюшки из разных мест обитания, различающихся по некоторым экологическим характеристикам, сразу после нереста и через 20 дней нахождения колюшки в данном биотопе (даты сбора материала – 30 июля, 18 августа) незначительные. Наибольшая активность катепсина B отмечена в гомогенатах колюшки из лагуны Колюшковая (с наиболее низкой соленостью среды обитания, но более высокой температурой воды). Активация лизосомальных протеиназ, вероятно, является следствием лабилизации мембран лизосом, пропорциональной силе стресса. Можно полагать, что среди всей совокупности факторов среды обитания, влияющей на протеолитические процессы в лизосомах исследуемых рыб, основными действующими факторами являются опреснение и повышенная температура (лагуна Колюшковая), различный водообмен и спектр питания.

Работа выполнялась в рамках бюджетной темы № 0218-2019-0076 «Биохимические механизмы, определяющие сходство и различия в развитии адаптаций у гидробионтов морских и пресноводных экосистем»

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА СЕВАН (АРМЕНИЯ) НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЙ ИХТИОМАССЫ

**А. В. Крылов¹, А. О. Айрапетян², Е. Г. Сахарова¹,
Р. З. Сабитова¹, С. Э. Болотов¹, Ю. В. Герасимов¹,
А. С. Мамян², Л. Р. Гамбарян², Б. К. Габриелян²**

¹*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, krylov@ibiw.yaroslavl.ru*

²*Институт гидроэкологии и ихтиологии НАН РА, г. Ереван, Армения*

Озеро Севан – высокогорный (~ 1900 м н. у. м.) и самый крупный (площадь ~1262 км²) водоем Кавказа. С первой половины XX в. испытывает значительную нагрузку со стороны человека:

снижение уровня на 19,2 м, эвтрофирование, а с 2002 г. плановое повышение уровня, происходящее на фоне колебаний ихтиомассы, основу которой составляют сиг (*Coregonus lavaretus* L.) и карась (*Carassius auratus gibelio* (Bloch)) (Озеро Севан..., 2016). В период повышения уровня воды в озере значительно увеличилось видовое богатство зоопланктона, его численность и биомасса за счет ветвистоусых ракообразных, среди которых массово представлены два вида-вселенца – *Diaphanosoma lacustris* Kořinek (с 2005 г.) и *Daphnia (Ctenodaphnia) magna* Straus (с 2011 г.), а также нативный вид – *D. longispina* O. F. Mueller. Ранее показано, что изменения зоопланктона и, в частности, Cladocera связаны с рядом факторов среды, среди которых ведущее значение имеет контроль «сверху». Постепенное и устойчивое увеличение биомассы основного планктофага – *Coregonus lavaretus*, наблюдающееся с 2013 г., в разряд основных ставит задачу исследований количественных характеристик и структуры зоопланктона и, в наибольшей степени Cladocera, которые оказывают существенное влияние на планктонных бактерий, водорослей, простейших, всего зоопланктона и экологическое состояние водоема в целом (Озеро Севан..., 2016).

Анализ межгодовых изменений планктонных беспозвоночных в периоды, характеризующиеся значительными вариациями ихтиомассы (от 945 до 3030 т), показал, что увеличение биомассы планктофагов (от 824 до 2948 т) приводит к сокращению общей численности и биомассы зоопланктона, включая основные кормовые объекты рыб – Cladocera (вплоть до полного исчезновения наиболее крупной и окрашенной *Daphnia magna*), способствует увеличению выравненности сообщества и обилия Rotifera. На фоне сокращения количественных характеристик Cladocera зарегистрировано снижение прозрачности воды и незначительное увеличение биомассы фитопланктона.

Одновременно, при стечении ряда факторов, могут наблюдаться нехарактерные изменения количественных характеристик Cladocera. В частности, при максимальном увеличении температуры воды выедание ветвистоусых может быть не выражено даже при наибольшей биомассе сегов. Это связано с тем, что сегогам выгоднее совершать миграции на глубины, где в массе представлены более энер-

гетически ценные группы гидробионтов (например, представители Amphipoda), сочетая таким образом наиболее оптимальные температурные и трофические условия. В результате этого численность и биомасса мелких и прозрачных *D. longispina* и *Diaphanosoma lacustris* достигает наибольших значений, превышающих величины, зарегистрированные даже в период минимальной биомассы сегов. Одновременно увеличивается количество экскретируемого Cladocera фосфора, что способствует увеличению биомассы фитопланктона, более чем компенсируя выедание этого важного компонента питания самих ракообразных. Кроме того, в этот период отмечается значительное снижение прозрачности воды.

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ г/р АААА-А18-118012690106-7) и при поддержке РФФИ (проект № 18-54-05003 Арм_а).

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ГЕОГРАФИЯ ОЛИГОХЕТ И ПИЯВОК БАССЕЙНА РЕКИ ОБИ

Е. Н. Крылова, Д. М. Безматерных

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул,
ken71@iwep.ru, bezmater@iwep.ru*

Анализ собственных (1996–2016 гг.) и литературных (1903–2018 гг.) данных об олигохетофауне бассейна р. Оби показал, что в исследованных водоемах и водотоках обитает не менее 76 видов малощетинковых червей, относящихся к семи семействам. Гирудофауна характеризовалась меньшим разнообразием – 14 видов пиявок из пяти семейств (табл.).

Выявленное для бассейна Оби видовое разнообразие олигохет и пиявок значительно меньше, чем в крупных бассейнах Европы (р. Волга) и Восточной Сибири (оз. Байкал) и сопоставимо с фаунами отдельных регионов Европы и Урала.

Наибольшее количество видов малощетинковых червей и пиявок отмечено в хорошо изученных бассейнах Верхней и Средней Оби (более 2/3 от их общего числа).

Количество таксонов олигохет и пиявок в бассейне р. Оби

Таксоны	Верхняя Обь	Средняя Обь	Нижняя Обь	р. Иртыш	Север Западной Сибири
OLIGOCHAETA					
Сем. Aeolosomatidae	–	1	–	–	–
Сем. Naididae	24	33	15	10	12
Сем. Tubificidae	15	13	13	8	9
Сем. Enchytraeidae	3	2	1	1	–
Сем. Lumbriculidae	2	3	4	1	1
Сем. Lumbricidae	2	1	–	–	–
Сем. Nilotaxidae	3	–	–	–	–
Всего олигохет – 76	49	53	33	20	22
HIRUDINEA					
Сем. Acanthobdellidae	–	–	1	1	1
Сем. Glossiphoniidae	6	6	5	4	2
Сем. Ichtyobdellidae	1	2	2	2	2
Сем. Erpobdellidae	3	3	3	2	1
Сем. Hirudinidae	2	1	–	1	–
Всего пиявок – 14	12	12	11	10	6

По отношению к температурному фактору выявленные виды червей и пиявок в основном эвритермные, реже холодноводные стенотермные; по преобладающему питанию – детрито- и фитофаги, реже хищники, а пиявки – хищники и паразиты; по преобладающему типу сообщества малощетинковые черви относятся к бентосу и планктону, реже являются амфибионтами.

По зоогеографическому распространению в фауне олигохет и пиявок бассейна Оби практически везде преобладают широко распространенные в Голарктике и Палеарктике виды, а также космополиты. Число эндемиков невелико. Основной фон олигохетофауны бассейна р. Оби составляют эврибионты *Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Spirosperma ferox*, *Lumbriculus variegatus*, *Stylaria lacustris*, *Nais variabilis*, *Chaetogaster diaphanus*, гирудофауны – *Glossiphonia complanata*, *Helobdella stagnalis*, *Erpobdella octoculata*, эти виды являются постоянными компонентами донных биоценозов водоемов и водотоков Обь-Иртышского междуречья.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00404-а

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОБИОНТОВ ДЛЯ ИНДИКАЦИИ ТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ СТЕРОИДНЫХ ГОРМОНОВ

Н. П. Кудикина¹, А. М. Ермаков², Э. А. Омельницкая¹,
И. А. Скоробогатых¹

¹Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград,
NKudikina@kantiana.ru

²Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
(ИТЭБ РАН), г. Пущино, ao_ermakov@rambler.ru

В настоящее время наличие в окружающей среде веществ, вызывающих нарушения в эндокринной системе животных, не вызывает сомнения. Под их воздействием нарушается репродуктивная функция и увеличивается частота гормонозависимых патологических процессов. Учитывая серьезность этой проблемы, они были выделены в отдельную группу химических веществ, нарушающих работу эндокринной системы (Endocrine-Disrupting Chemicals, EDC), включающую в себя стероидные гормоны и вещества гормономиметики. Установлено, что, по крайней мере, частично, они ответственны за нарушение воспроизводства и развития в популяциях водных животных. Наименее полно изучены эффекты EDC у беспозвоночных гидробионтов. Этим объясняется большой интерес к разработке биотестов с использованием водных беспозвоночных чувствительных к этим соединениям.

Нами изучены эффекты влияния экзогенных стероидных гормонов группы глюкокортикоидов (гидрокортизон и преднизолон) и половых стероидов (прогестерон, тестостерон и эстрадиол) на разных этапах онтогенеза пресноводного моллюска *Lymnaea stagnalis* (Mollusca, Gastropoda) и ветвистоусого рачка *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera). Для оценки морфогенетического эффекта гормонов использовали бесполоую расу регенерирующих планарий *Girardia tigrina* (Turbellaria, Tricladida).

Инъекция гидрокортизона взрослым половозрелым моллюскам привела к сокращению сроков и изменению динамики нереста. Одновременно снижалась плодовитость моллюсков. У 30%

особей введение гидрокортизона вызвало патологическое ослизнение содержимого кладок, сопровождающееся уменьшением размеров яиц. Гидрокортизон заметно сократил продолжительность эмбриогенеза. Особенно выраженное действие гормона отмечено на стадиях гастрюлы и великонха. Прогестерон также ускорял развитие эмбрионов, но включался в этот процесс только на самых поздних стадиях.

В ряду трех последовательных поколений рачка *Daphnia magna* наблюдалась тенденция увеличения токсического воздействия преднизолона (синтетического аналога гидрокортизона), связанная с нарушением соматического роста, изменением плодовитости, сроков эмбрионального развития и выхода молодых рачков. У планарий наибольшей морфогенетической активностью обладал тестостерон. Он заметно тормозил восстановление утраченных тканей. Преднизолон и эстрадиол оказывали слабый стимулирующий эффект на рост и дифференцировку клеток.

Высокая чувствительность и выраженная реакция на наличие в водной среде разных групп стероидных гормонов позволяет предложить использованные виды как индикаторы качества организмов – индикаторов для определения экологических рисков EDC.

ФОРМИРОВАНИЕ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ МАЛОЙ РЕКИ-ПРИТОКА ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И. А. Кудрин, В. С. Жихарев, Т. В. Золотарева, Г. В. Шурганова

*Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород, kudriniv@mail.ru*

В настоящее время нет четкого понимания того, как структурированы комплексы зоопланктона в малых реках, при этом динамика речного зоопланктона может контролироваться различными факторами (Davies et al., 2008; Wahl et al., 2008), выявить которые в связи с динамичностью данных систем достаточно сложно. В устьевых областях малых рек, в зоне смешения вод притока

и приемника возникают переходные сообщества, отличающиеся видовой структурой и увеличением разнообразия, определяемые как экотоны (Гидроэкология..., 2015).

Настоящая работа посвящена характеристике видовой структуры и пространственного распределения сообществ зоопланктона устьевой области малой р. Кудьмы (правый приток средней речной части Чебоксарского водохранилища), а также анализу зависимости их структурной организации от ряда факторов окружающей среды.

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, отобранные на акватории устьевой области р. Кудьмы в июле 2017 и 2018 гг. На каждой станции фиксировали температуру, прозрачность, электропроводность, рН, содержание O_2 , а также в лабораторных условиях определяли содержание гидрокарбонатов, сульфатов и хлорофилла-*a*. Для упорядочивания и классификации проб зоопланктона проводили кластерный анализ, в качестве меры расстояния использовался косинус угла между векторами (Yakimov et al., 2016). Для выявления зависимости видовой структуры зоопланктона от учитываемых факторов среды использовали анализ избыточности (Legendre, Legendre, 2012; Шитиков, Розенберг, 2013). Все расчеты проводились в среде *R* (RCoreTeam, 2015).

За период исследований в зоопланктоне устьевой области р. Кудьмы было идентифицировано 87 видов зоопланктона (Rotifera – 46; Cladocera – 31; Copepoda – 10). Видовой состав зоопланктона в основном был представлен типичными видами умеренных широт. На основе анализа видовой структуры зоопланктона на акватории устьевой области р. Кудьмы были выделены два основных сообщества зоопланктона: сообщество непосредственно р. Кудьмы и сообщество, по видовой структуре аналогичное сообществу окского потока речной части Чебоксарского водохранилища. В 2017 г. выделено также переходное сообщество с выраженным краевым эффектом, проявляющемся в увеличении численности и биомассы зоопланктона, а также его видового богатства. Это сообщество может быть определено как экотон.

Анализ зависимости видовой структуры от факторов среды показал, что наиболее важным фактором в формировании специфичности

видовой структуры выделенных сообществ зоопланктона устьевой области р. Кудьмы являлся высокий градиент изменения электропроводности воды, а, следовательно, и минерализации, которая снижалась вниз по течению. С градиентом электропроводности коррелировало в том числе содержание сульфатов и, в особенности, гидрокарбонатов, которые также значимо объясняли изменение видовой структуры зоопланктоценозов. В частности, выявлена отрицательная корреляция количественного развития и видового богатства коловраток, в том числе р. *Brachionus*, являющегося доминирующим в водоеме-приемнике р. Кудьмы – Чебоксарском водохранилище с концентрацией гидрокарбонатов и сульфатов.

Авторы выражают благодарность научным сотрудникам кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова О. Н. Ериной и М. А. Терешинной за проведение гидрохимических анализов.

РОЛЬ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ В ФОРМИРОВАНИИ ПОТОМСТВА ЧЕРНОМОРСКО- АЗОВСКОЙ ПРОХОДНОЙ СЕЛЬДИ

И. Д. Кузнецова

*ЮФУ, Институт наук о Земле, г. Ростов-на-Дону, ФГБНУ «АзНИИРХ»,
г. Ростов-на-Дону, kuznecovainna1811@yandex.ru*

Установлено, что для черноморско-азовской проходной сельди *Alosa immaculate* (Bennett, 1836), обладающей высокой восстановительной способностью и широким ареалом нагула, вопрос численности поколения решается на ранних этапах онтогенеза, когда организм еще малоактивен и отличается более узкой, по сравнению с последующими периодами развития, приспособленностью к условиям окружающей среды.

Многочисленные исследования, проведенные в этом направлении, свидетельствуют о том, что величина пополнения промыслового стада сельди определяется условиями жизни на первом году, и в частности, в периоды эмбрионального и личиночного развития.

Сопоставление многолетних данных по учету урожайности молоди сельди и величине их вылова в возрасте трехгодовиков свидетельствует о том, что их промысловый возврат колеблется в соответствии с относительной численностью сеголетков. Чем выше показатели урожайности молоди, тем больше уловы в будущем обеспечивает это поколение; в период вступления в промысел малоурожайных поколений уловы снижаются.

Поскольку массовый нерест сельди происходит в мае, очевидно, водность р. Дон именно в этот период оказывает наиболее существенное влияние на эффективность нереста и величину приплода. Анализ материалов многолетних наблюдений, включая годы до зарегулирования стока р. Дон и после него, позволил выявить между величиной водного стока в мае и урожайностью поколений сельди чуткую связь (коэффициент корреляции равен 0,84).

Кроме того, на урожайность сельди оказывают большое влияние скорости течения и температура воды в период нереста, которые зависят от водного стока р. Дон. Высокий весенний паводок определяет и большие скорости течения, и более стабильный температурный режим реки. Однако и в такие годы иногда происходит прекращение икротетания сельди из-за резких перепадов температур. Значительные колебания температуры воды отрицательно сказываются также на выживаемости икры и ранних личинок сельди, погибающих при понижении температуры воды до 9,5 °С.

Низкие скорости течения, наблюдавшиеся в маловодные годы в Дону, уже с середины мая вызывают сначала замедление развития, затем резорбцию очередных порций икры, вымет деформированных нежизнеспособных икринок, обреченных на гибель. В июне-июле отрицательное воздействие слабых течений усугубляется сильным прогревом воды, температура которой в середине июля поднимается до 24–26 °С (благоприятная температура для выклева икринок составляет 18–19 °С, для личинок – 21 °С).

Исключительно важными факторами, определяющими условия среды обитания молоди сельди в Азовском море и Таганрогском заливе, являются размеры и положение зон с различной соленостью, которые, в свою очередь, также зависят от водного стока Дона.

Несмотря на эвригалинность взрослой сельди, изменение солености оказывает существенное влияние на молодь (сеголетков) данного вида, обитающих в районах моря с соленостью, не превышающей 9–10‰ (для молоди наиболее благоприятна соленость 6‰). При увеличении солености до 12‰ плотность распределения сеголетков сельди снижается в 7 раз, при солености выше 12‰ они встречаются в уловах трала крайне редко.

Площадь зоны с наиболее благоприятной для молоди рыб соленостью менее 7‰ в среднем за последние 50 лет составила 2,8 тыс. км².

При обеспечении необходимого сброса воды в Дону в весенний период создаются благоприятные условия для своевременного созревания и вымета половых продуктов, развития и ската икры и личинок, нагула и миграции молоди сельди, т. е. для всех последовательных биологических этапов воспроизводства, ответственных за формирование численности будущего поколения.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И НАСЕЛЕНИЕ ЛИЧИНОК СТРЕКОЗ (ODONATA) ВОДОЕМОВ ЮЖНОГО ТИМАНА

О. И. Кулакова, А. Г. Татарин

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар,
iduna@rambler.ru*

Личинки стрекоз являются одним из важнейших компонентов водных экосистем как активные энтомофаги и пища для многих видов позвоночных животных. Исследования структуры доминирования видов и динамики населения личинок Odonata в водоемах актуальны не только в научном плане, но и для получения сведений об уровне загрязненности вод, в экологическом мониторинге. Сведения о видовом составе и структуре населения личинок стрекоз в водоемах Республики Коми крайне скудны, поэтому данная тема гидробиологических исследований здесь очень актуальна.

Авторы исследовали население личинок стрекоз в нижнем течении р. Чуть и трех стоячих водоемах различного происхождения – карстовом и старичном озерах, искусственном пруду, расположенных в южной части Тиманского кряжа на границе подзон средней и северной тайги (территория МОГО «Ухта»).

В 2018 г. в четырех изучаемых водоемах были обнаружены личинки 30 видов стрекоз из семи семейств. Основу таксономического разнообразия одонатофауны формируют три семейства: Coenagrionidae и Libellulidae (по 8 видов), Aeschnidae (6). В их состав входят и самые насыщенные видами роды: *Aeschna* (6) и *Coenagrion* (4), *Sympetrum* (4).

Наименьший уровень видового разнообразия Odonata зафиксирован в р. Чуть, русло которой заселяют личинки четырех видов: красотка *Calopteryx virgo* (относительное обилие в пробах 59%) и дедки *Ophiogomphus cecilia* (27%), *Gomphus vulgatissimus* (12%), *Onychogomphus forcipatus* (2%). В озере карстового происхождения обнаружены личинки семи видов, среди которых преобладали стрелки *Coenagrion johanssони* (33%), *C. hastulatum* (23%) и коромысло *Aeschna juncea* (19%).

В искусственном пруду обитали личинки также семи видов стрекоз, но безусловным лидером по обилию здесь являлась бабка *Somatochlora metallica*, ее доля в пробах составила 77%. Самый высокий уровень видового разнообразия личинок стрекоз характеризует старичное озеро в пойме р. Ижмы. Здесь были собраны личинки 22 видов стрекоз. По численности доминировали представители семейства Libellulidae – *Libellula quadrimaculata* (22%), *Sympetrum flaveolum* (17%), *S. vulgatum* (14%), *S. danae* (11%).

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Животный мир европейского Северо-Востока России в условиях хозяйственного освоения и изменения окружающей среды», № гос. регистрации АААА-А17-117112850235-2.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МАКРОЗООБЕНТОСА МЕЛКОВОДНОЙ ЧАСТИ СВИРСКОЙ ГУБЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

А. Ю. Куличенко

*ФГБУ «Нижне-Свирский государственный природный заповедник»,
г. Лодейное Поле, au_kulichenko@mail.ru*

В период открытой воды в 2017–2018 гг. исследован таксономический состав макрозообентоса мелководной части Свирской губы Ладожского оз. (глубина до 5 м), входящей в состав Нижне-Свирского государственного природного заповедника – водно-болотного угодья международного значения. Особое внимание уделено исследованию донных сообществ акватории, подверженной влиянию высокогумифицированных вод притока – р. Зубец.

По данным цифровой батиметрической модели ИНОЗ РАН Свирская губа относится к мелководному лимническому району Ладожского оз. Дно сложено крупно-алевритовыми песками, уплотненными вследствие постоянной волновой активности, которая препятствует интенсивному развитию макрофитов на литорали. По результатам многолетних исследований ИНОЗ РАН (2000–2012 гг.) и ГосНИОРХ им. Л. С. Берга (2000–2016 гг.) отмечено, что «глубоководная» часть Свирской губы (глубина 5–8 м) отличается низким видовым разнообразием и невысокими значениями показателей количественного развития макрозообентоса, возникающими, вероятнее всего, вследствие влияния неблагоприятных лимнологических факторов.

По нашему предположению, к факторам, ограничивающим развитие донных сообществ в открытой мелководной части Свирской губы, следует отнести интенсивное поступление с речным стоком значительного количества органических веществ. Так, в губу впадает 5 малых лесных рек, поверхностные воды которых характеризуются высоким содержанием гуминовых соединений и низкими значениями рН.

Влияние высокогумифицированных вод притоков на донные сообщество было исследовано методом трансект, заложенных в створе устья р. Зубец. Изучение макрозообентоса выполнялось

стандартными гидробиологическими методами с использованием дночерпателя Экмана-Берджа (площадь облова 1/40 м²).

Бентос мелководной части Свирской губы Ладожского оз. характеризуется низким видовым разнообразием и упрощенной таксономической структурой. Выявлено 24 таксона водных беспозвоночных, принадлежащих 5 систематическим группам. Наибольшее число видов (14 видов) отмечено для малощетинковых червей, по 4 и 3 вида для *Chironomidae* и *Bivalvia* соответственно. Равнопредставлены в составе олигохетофауны были семейства *Naididae* и *Tubificidae* (по 7 видов). Представители типа *Nematoda* встречались на всех станциях отбора проб. На открытом мелководном участке Свирской губы к югу от устья р. Зубец неоднократно наблюдался вид-вселенец – байкальская амфипода *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.), биомасса которого, однако, не достигала значительных величин (0,25–0,46 г/м²).

На открытых участках литорали с глубинами 2,0–2,5 м, не подверженных влиянию вод притоков, наблюдалось наибольшее таксономическое разнообразие бентоса, обнаружено 6–8 видов беспозвоночных. Максимальным числом видов также отличались малощетинковые черви (5 видов).

Участки литорали Свирской губы, подверженные влиянию вод малых лесных рек, отличались крайне низким таксономическим разнообразием макрозообентоса, наблюдалось 2–4 вида беспозвоночных (*Chironomidae*, *Oligochaeta*). При этом практически отсутствовали двустворчатые моллюски и малощетинковые черви семейства *Naididae*, исчезновение из донной фауны которых отмечалось В. А. Яковлевым при ацидификации крупных озер Фенноскандии (Яковлев, 2000).

Исключение составил эврибионтный вид *Uncinails uncinata* (Orsted, 1842), регулярно встречающийся на участках литорали, испытывающих различную степень влияния речного стока.

Оценка сходства видовых списков макрозообентоса участков литорали Свирской губы, испытывающих и не испытывающих влияние вод притоков, по коэффициенту Жаккара показал значительное отличие таксономического состава ($K_j = 0,33–0,09$), связанное, вероятно, с развитием группы видов *Naididae* и *Bivalvia*.

НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ МЕТАБОЛОМ ВОДНЫХ МАКРОФИТОВ: РОЛЬ МЕТАБОЛИТОВ И ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ

Е. А. Курашов^{1,2}, Ю. В. Крылова²

¹Институт озераедения РАН, г. Санкт-Петербург,
evgeny_kurashov@mail.ru

²Государственный НИИ озерного и речного рыбного хозяйства
им. Л. С. Берга, г. Санкт-Петербург, juliakrylova@mail.ru

Низкомолекулярный метаболом (НМ) водных макрофитов представляет собой сложную и крайне подвижную регуляторную систему, при помощи которой растения реализуют эколого-физиологическую адаптацию к условиям конкретного водоема и гидробиологического окружения. К настоящему времени в наших исследованиях выявлено свыше 1200 низкомолекулярных органических соединений (НОС) – метаболитов водных макрофитов. Данные НОС характеризуются множественностью биологических эффектов и функций и являются специфическим биохимическим языком взаимодействия растений с окружающим миром. Разнообразные функции НОС могут быть сведены к следующим основным функциональным реализациям: 1) аллелопатическая роль; 2) защитная роль; 3) информационная роль; 4) аттрактивная роль; 5) стимулирующая роль; 6) антимикробиальная активность и подавление патогенных организмов. Из данных функций, по-видимому, наибольший интерес с научной и практической точек зрения представляют собой аллелопатические взаимодействия водных макрофитов, осуществляемые через синтез специфических НОС (в том числе летучих) – аллелохимиков. В частности, ряд видов макрофитов – активных продуцентами аллелохимиков (например, *Myriophyllum spicatum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Elodea canadensis* Michx., а также представители рода *Potamogeton* и сем. Characeae) способны эффективно подавлять развитие фитопланктона. Наличие у метаболитов макрофитов выраженных биоактивностей в отношении

супрессии различных функций развития цианобактерий подтверждает перспективность разработки конвергентной технологии ограничения развития цианобактерий в водных экосистемах на основе природного механизма аллелопатии. В этой связи открывается реальный путь создания альгицидов нового поколения на основе природных аллелохимиков для недопущения и подавления такого явления как «цветение» водоемов. Применение подобных альгицидов может проходить без ущерба для других компонентов водной экосистемы в отличие от других известных методов подавления развития цианобактерий. В настоящее время нами разработан первый подобный композит альгицида на основе метаболитов водных макрофитов для подавления развития цианобактерий. Исследования НМ могут проводиться также в рамках такого направления, как метабономика с целью количественной оценки многопараметрического отклика НМ макрофитов на патофизиологические воздействия со стороны окружающей среды (включая антропогенные воздействия). Поскольку низкомолекулярные метаболические профили являются непосредственным отражением уровня гомеостатических и патологических ответов организмов на вмешательства или стрессоры окружающей среды, то закономерности изменения НМ макрофитов могут быть использованы для оценки экологического состояния и изменения среды водоемов. Многие НОС водных растений могут быть востребованы для разнопланового хозяйственного использования (экологическая инженерия, медицина, фармакология, пищевая промышленность, косметология и т. д.). К сожалению, рассматриваемое научное направление, а именно изучение НМ водных растений (и в целом гидробионтов), в настоящее время практически неразвито в РФ и не получает должного внимания со стороны исследовательских коллективов. Без изменения текущего положения дел бессмысленно серьезно говорить о создании теории функционирования водных экосистем.

**ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ
ГЛУТАТИОН-S-ТРАНСФЕРАЗЫ
В ТКАНЯХ ПРЭСНОВОДНОГО ДВУСТВОРЧАТОГО
МОЛЛЮСКА ANODONTA CYGNEA L
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНОВ Cd²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺**

С. Р. Курпе¹, И. В. Суховская², А. А. Кочнева², Н. Н. Фокина²

¹ФГБОУ ВО ПетрГУ, г. Петрозаводск, mvteam7@gmail.com

²Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
sukhovskaya@inbox.ru

Металлы являются основными неорганическими загрязнителями водных экосистем. Оказывая непосредственное действие на обитателей бентоса, тяжелые металлы (ТМ) способствуют образованию свободных радикалов в тканях животных, ингибируют активность многих ферментов и др. Перспективными для использования в качестве биомаркеров загрязнения ТМ являются ферменты, вовлеченные в процесс биологического обезвреживания ксенобиотиков. Одним из таких биомаркеров является глутатион S-трансфераза (GST), фермент второй фазы системы биотрансформации ксенобиотиков, основная функция которого заключается в обезвреживании всевозможных токсичных электрофильных соединений, в том числе образующихся в ходе окислительного стресса. В связи с этим, целью нашей работы является изучение динамики активности GST в жабрах и гепатопанкреасе пресноводного двустворчатого моллюска *Anodonta cygnea* L. в ответ на действие различных концентраций солей кадмия, никеля и меди. В ходе эксперимента двустворчатые моллюски были подвергнуты действию растворимых солей хлоридов кадмия, никеля и меди в концентрациях 10, 50 и 100 мкг/л в течение 24, 72 и 168 ч.

Воздействие ионов Cd²⁺ в течение одних суток не привело к изменению активности GST в гепатопанкреасе, снижение активности фермента было зафиксировано на третьи сутки от начала воздействия при 10 и 50 мкг/л Cd²⁺. При действии 100 мкг/л Cd²⁺ достоверных отличий от контроля в активности GST не выявлено.

В жабрах уже через 24 часа после начала экспозиции было зафиксировано повышение активности этого фермента при действии даже самых низких концентраций кадмия. В то же время, активность GST в жабрах снижалась при концентрации кадмия в воде 100 мкг/л Cd^{2+} спустя 3 суток по сравнению с данными, полученными при 24-часовом воздействии. В отличие от ионов Cd^{2+} , добавление ионов Ni^{2+} не привело к значимым изменениям активности GST в жабрах. В пищеварительной железе активность GST снижалась на третьи сутки при концентрации Ni^{2+} в воде 10 мкг/л и оставалась на том же уровне до конца эксперимента. Добавление 50 мкг/л Ni^{2+} привело к повышению активности GST на 7 сутки воздействия. Подобное действие наблюдается при добавлении в воду ионов меди. Отмечено увеличение активности GST в пищеварительной железе при действии 100 мкг/л Cu^{2+} на 7 сутки. В жабрах влияние различных концентраций никеля и меди не привело к значимым изменениям активности GST. Результаты исследования показали, что жабры моллюска первыми реагируют на токсическое воздействие ионов ТМ, выполняя барьерную функцию. Влияние ионов металлов на организм моллюска различно. Кадмий проявляет наибольшую токсичность, по сравнению с никелем и медью, вызывая изменения активности GST на более ранних этапах воздействия и при более низких концентрациях. К наименьшим изменениям приводит добавление в воду ионов меди.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось за счет средств РФФИ (№ 17-04-01431_a) и частично из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН № 0221-2017-0050 (№ г. р. АААА-А17-117031710039-3). Исследования выполнены на научном оборудовании ЦКП Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА И МАКРОЗООБЕНТОСА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Я. А. Кучко, Е. С. Савосин

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
y-kuchko@mail.ru*

В настоящее время в связи со значительным сокращением запасов ценных промысловых рыб в естественных водоемах происходит интенсификация работ, направленных на их искусственное выращивание и воспроизводство. Товарным выращиванием радужной форели в садках в Карелии занимаются с 1980-х гг. и за более чем за 40-летний период объемы ее производства значительно выросли (23000 т в 2017 г.). Интенсификация производства вызывает усиленное воздействие на водные экосистемы, основными источниками загрязнения которых являются соединения азота и фосфора, определяющие величину первичной продукции и трофический статус водоема.

Целью исследования явилась предварительная оценка состояния сообществ зоопланктона и макрозообентоса на 3-х недавно построенных форелевых хозяйствах на озерах Маслозеро, Сяргозеро и Елмозеро (Медвежьегорский район РК). Водоемы отличаются по гидрологическим характеристикам, однако, по гидрохимическим показателям все они относятся к олиготрофному типу гидрокарбонатного класса, группе кальция с высоким качеством воды.

Общий список организмов зоопланктона, отмеченных в водоемах, насчитывает 38 видов и форм, из них Rotifera – 14, Cladocera – 16, Copepoda – 8. Все они являются типичным для водоемов Карелии, преобладающее число встреченных коловраток и ракообразных относится к видам с широким географическим распространением, а также к видам, свойственным умеренным широтам. Состав доминирующего комплекса сообщества типичен для водоемов бореальной зоны: *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Daphnia cristata*, *Bosmina longirostris*,

B. coregoni, *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops leuckarti*. Основу биомассы в течение вегетационного периода создают мирные фильтраторы, показатель *Вмирн./Вхищ.* колеблется в пределах 1,8–3,5, что свидетельствует о ненарушенности зоопланктонного сообщества в целом. Среди видов-индикаторов качества воды преобладают 0-и 0β-мезосапробы. По средней величине биомассы за вегетационный период озер Маслозеро и Сяргозеро можно охарактеризовать как α-мезотрофные (1,0–2,0 г/м³), оз. Елмозеро – олиготрофное (0,80 г/м³). По величине индекса сапробности Пантле-Букк (1,41–1,48) озера относятся к олигосапробному типу (2-й класс качества по шкале Роскомгидромета, чистые природные воды), по индексу видового разнообразия (2,6–2,8) – к олиго-, мезотрофному типу. Достоверных отличий в показателях зоопланктона на станциях с разным удалением от садковых линий обнаружено не было.

В макрозообентосе всех трех озер ведущая роль принадлежит хирономидам и олигохетам. По уровню количественного развития зообентоса озера Сяргозеро и Елмозеро со средней биомассой за вегетационный период 1,3 г/м², соответствуют олиготрофным водоемам, Маслозеро – α-мезотрофным (4,3 г/м²). В профундальной зоне оз. Маслозера обнаружены реликтовые ракообразные *Monoporeia affinis* и *Pallasea quadrispinosa*, которые очень чувствительны к снижению содержания растворенного в воде кислорода и являются индикаторами олиготрофии.

Для более полного представления о текущем состоянии водоемов целесообразно рекомендовать проведение мониторинговых исследований один раз в 5 лет. Полученные результаты можно считать реперными при проведении в будущем экспертных гидроэкологических работ.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218-2019-0081.

ТРЕХИГЛАЯ КОЛЮШКА – УСПЕШНЫЙ ВИД В ЭПОХУ АНТРОПОЦЕНА?

Д. Л. Лайус¹, А. А. Махров², Т. С. Иванова¹, М. В. Иванов¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург

²Институт проблем экологии и эволюции им А. Н. Северцова РАН,
г. Москва, dlajus@gmail.com

Антропоцен – геологическая эпоха, во время которой человеческая активность становится важным фактором развития биосферы. Важнейшими антропогенными факторами, меняющими водные экосистемы, являются рыбный промысел, химическое загрязнение, разрушение местообитаний, внедрение инвазивных видов, изменения климата. Изменения становятся все менее предсказуемыми. Все эти причины приводят к появлению свободных экологических ниш. В такой ситуации некоторые виды получают определенные преимущества.

Одним из таких видов является трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus*. В последние десятилетия отмечается быстрый рост численности колюшки в пределах ее ареала и расширение самого ареала. Колюшка многократно повысила свою численность в Балтийском и Белом морях, отмечена на Шпицбергене, Северной Земле, в Печере, вселилась в Великие озера, Боденское озеро.

Считается, что в Балтийском море рост численности колюшки связан с эвтрофикацией. Этот процесс приводит к снижению прозрачности воды, что подавляет рост макрофитов, являющихся субстратом для нереста рыб, активно питающихся колюшкой (окунь, щука). При этом колюшка активно потребляет икру хищников, и, кроме того, питается беспозвоночными, которые питаются нитчатками водорослями, живущими на макрофитах. Более интенсивный рост нитчатки подавляет рост макрофитов, усугубляя воздействие пониженной прозрачности воды, что вызывает дальнейший рост численности колюшки. В Белом море рост популяций колюшки связан, в первую очередь, с потеплением климата. Резкое повышение численности колюшки было

отмечено в Белом море в период потепления в 1930-е гг., и затем, после спада в холодный период 1970–1980-х гг., новый резкий рост популяции колюшки отмечен в конце 1990-х гг. Для последнего десятилетия отмечено повышение численности колюшки в условиях более мягких зим. Таким образом, разные внешние факторы, вызывающие изменения в существенно отличающихся друг от друга морских экосистемах Белого и Балтийского морей, приводят к повышению численности одного и того же вида – трехиглой колюшки.

Колюшка обладает рядом особенностей, позволяющих ей быстро осваивать новые экологические ниши. Это (i) малый размер и быстрое наступление половозрелости; (ii) эвригалинность, позволяющая виду не только успешно жить, но и размножаться как в пресной, так и в морской воде; (iii) высокая пластичность в отношении объектов питания и местообитаний (прибрежные морские биотопы, открытое море, реки, озера); (iv) способность к быстрым генетическим адаптациям; (v) высокая защищенность тела от хищников (костные пластинки, колючки); (vi) сложное поведение, в частности, охрана потомства самцами и развитый каннибализм.

Способность к быстрому росту популяции колюшки в условиях антропогенного пресса говорит о том, что в условиях прогрессирующих изменений, как в морских, так и пресноводных экосистемах вероятность роста популяций трехиглой колюшки будет увеличиваться. В силу того, что колюшка во многих случаях является массовым видом, изменения ее численности приводят к изменениям во всей экосистеме. Для того, чтобы прогнозировать и предупреждать такие изменения, необходимы детальные исследования биологии этого вида, которые долгое время практически не проводились в России в связи с тем, что колюшка не является промысловым видом.

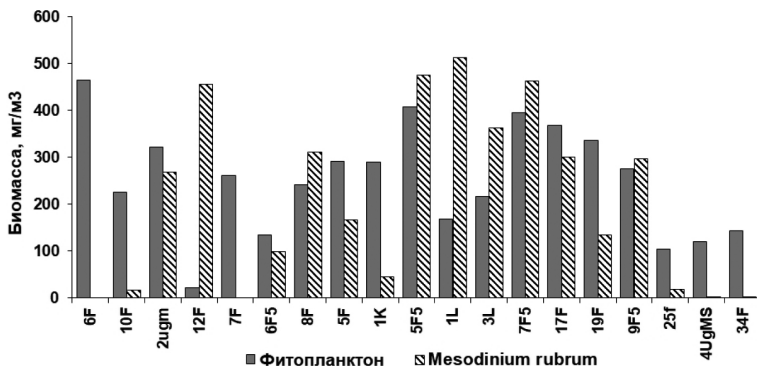
РОЛЬ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩЕЙ ИНФУЗОРИИ MESODINIUM RUBRUM В ФИТОПЛАНКТОНЕ ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Е. К. Ланге

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва,
evlange@gmail.com

Mesodinium rubrum Lohmann 1908 (= *Myrionecta rubra* Jankowski 1976) – широко распространенная, эвритермная и эвригалинная инфузория, способная к фотосинтезу за счет эндосимбиоза с криптофитами и являющаяся важным продуцентом первичного органического вещества в морской среде. *M. rubrum* часто образует нетоксичные красные приливы в фьордах, прибрежных заливах и районах океанического апвеллинга. В Балтийском море наибольшего количественного развития *M. rubrum* достигает вслед за весенним цветением диатомовых и динофлагеллят. Цель работы – определить роль инфузории *M. rubrum* в позднелетнем фитопланктоне восточной части Финского залива.

В июле–августе 2006–2016 гг. изучение фитопланктона восточной части Финского залива проводилось на 14–29 станциях по программе ежегодных комплексных исследований РГГУ в рамках ФЦП «Мировой океан» и международного проекта МОК/ЮНЕСКО «Балтийский Плавающий Университет». Анализ многолетних данных выявил пространственно-временную неоднородность в распределении биомассы *M. rubrum* в исследованной акватории Финского залива. Наибольшего развития инфузория достигала в глубоководном районе в 2009, 2012 и 2016 гг., когда медиана биомассы *M. rubrum* варьировала от 218 до 309 мг/м³, максимум биомассы составил 1770 мг/м³ (2012 г.). Часто продуктивность инфузории превосходила таковую альгофлоры, так в июле 2009 г. в глубоководной части на 58 % станциях величина биомассы *M. rubrum* была сравнима или была выше таковой фитопланктона (рис.).



Варьирование биомассы фитопланктона и фотосинтезирующей инфузории *M. rubrum* в глубоководном районе восточной части Финского залива, июль 2009 г.

Полученные результаты свидетельствуют о большом значении фотосинтезирующей инфузории *M. rubrum* в создании первичного органического вещества в Финском заливе в позднелетний период, что важно учитывать при оценке продуктивности данного района Балтики.

Материал по содержанию инфузории M. rubrum проанализирован в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0149-2019-0008).

ОСОБЕННОСТИ ГОДОВОЙ ДИНАМИКИ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ ФИТОПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ

В. В. Ларионов

ММБИ КНЦ РАН, г. Мурманск, evlange@gmail.com

Важнейшей характеристикой морских пелагических экосистем, отражающей режим их функционирования и уровень продуктивности, служит структура годового сукцессионного цикла фитопланктона. Анализ всех имеющихся материалов по изучению данной структуры в северных морях выявил два ее типа, характерных для субарктической (незамерзающей) и арктической

(замерзающей) областей бассейна. Различия касаются как абиотических параметров среды – динамики термности и солёности вод, сроков образования и таяния льда, режима стока пресной воды, концентрации биогенов, – так и биотических показателей: таксономического состава, фитогеографических и экологических характеристик доминирующих видов, но главное – общего хода сезонной изменчивости численности и биомассы сообществ.

На акватории, круглый год свободной ото льда, началом биологической весны является март, в течение которого происходит быстрое стабильное нарастание количественных характеристик альгоценоза и формирование в апреле–мае первого весеннего максимума цветения фитопланктона. Затем происходит снижение продукционной активности; истощение запасов биогенов и трофическая активность зоопланктона приводят к спаду количественных показателей и формированию летней фазы сбалансированного развития. Далее по году биомасса микроводорослей продолжает убывать, достигая к началу ноября минимальных зимних значений.

На участках полярного бассейна, в течение длительного периода покрытых льдом, активная вегетация фитопланктона начинается в то же время, что и на открытой акватории, но протекает под сплошным ледяным покровом задолго до его разрушения – за счет подледного цветения и развития криофлоры. Однако нарастание биомассы происходит медленнее, и вспышка собственно весеннего цветения (в данном случае преимущественно прикромочно-го) наступает позже и отличается более низкими ее значениями. Максимального же уровня развития, сравнимого с величиной весеннего пика в открытой части шельфа, альгоценозы замерзающих областей достигают летом (август), с увеличением объема стока крупных рек, после чего следует резкий спад.

Таким образом, кривые годовой динамики биомассы фитопланктона в пелагических экосистемах двух типов оказываются сходными, но при этом «зеркально симметричными» из-за различной локализации максимумов на временной шкале. Если, проведя «сглаживание», изобразить общий ход изменчивости данной характеристики, он будет выглядеть следующим образом: для субарктических сообществ – резкий подъем, сменяющийся постепенным снижением;

для арктических – медленное повышение, а затем быстрый спад. Такая картина позволяет допустить наличие некоего фактора, величина которого монотонно изменяется до пика развития сообщества, а затем «меняет знак»: в этом случае каждая из обеих кривых зависимости биомассы от его значений будет выглядеть как петля гистерезиса, хорошо известная физикам.

Но среди абиотических параметров не выявилось ни одного, сезонная динамика величин которого была бы хоть приблизительно похожа на описанную. Таковой обнаружился «внутри» альгоценоза – средний объем клеток микроводорослей: именно его значения неуклонно убывают до наступления пика биомассы, после чего начинают стабильно расти. Данный показатель отражает размерную структуру, которая, в свою очередь, является следствием изменения соотношения скоростей роста и размножения организмов. Вполне вероятно, что последний фактор может играть роль эндогенного регулятора протекания годового цикла развития морских фитопланктонных сообществ.

МИКРОВОДОРОСЛИ НА ГЛУБОКОВОДНОМ АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ: СТАДИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЛИ ОТЛОЖЕННАЯ СМЕРТЬ?

В. В. Ларионов, А. А. Олейник, Е. И. Дружкова, П. Р. Макаревич

ММБИ КНЦ РАН, г. Мурманск, evlange@gmail.com

Первично-продукционный потенциал арктических морей формируют четыре источника: фитопланктон, ледовые водоросли, макро- и микрофитобентос. Последний на прибрежных акваториях превосходит по продуктивности пелагические сообщества в 1,5 и более раз. Согласно сложившейся точке зрения устойчивое существование альгоценозов ограничивается компенсационной глубиной, которая для шельфовых морей составляет первые десятки метров, для океанических акваторий – до 100–130 м (Раймонт, 1983). Между тем, существует ряд исследований, косвенно указывающих на присутствие функционирующих микроводорослей

на глубинах до 2000 м, хотя прямое подтверждение этому было получено лишь единожды, когда живые диатомеи были обнаружены в донных альгоценозах на глубинах до 191 м.

Первые исследования, проведенные в Баренцевом море, показали наличие на глубинах до 300 м живых диатомей, имеющих нормально оформленное содержимое, включая и хлоропласты. Большая их часть – споры обычных видов весеннего планктона, присутствовавшие на момент исследований и в пелагиали. Наряду с этим были обнаружены три вида пеннатных диатомей: *Gyrosigma fasciola*, *Pleurosigma angulatum* и *Pleurosigma* sp. – широко распространенные представители литоральных донных сообществ, обычно характеризующиеся как типичные бентосные формы. К настоящему времени обследована значительная часть дна Баренцева моря (рис.), и только на 4-х из 28 станций не было найдено ни одной из отмеченных трех «литоральных» форм. По результатам этих исследований наметим основные черты развития этой группы видов в Баренцевом море.

Минимальное обилие в донных альгоценозах отмечено в начале апреля – на «старте» весеннего цветения фитопланктона, в период окончания зимнего гидрологического сезона (суммарно для трех видов $\sim 10^1$ кл./см²). В период весеннего цветения все три формы широко распространены на акватории Баренцева моря, их численность в пелагиали составляет порядка 10^2 – 10^3 кл./см². Рост их обилия в бентали и синхронное исчезновение из пелагиали приходится на июнь – период массового формирования и оседания гипноспор у типичных планктонных видов весеннего цветения (в основном виды рода *Chaetoceros* и *Thalassiosira*). К началу летнего гидрологического сезона в водной толще их клетки не обнаруживаются; их численность в бентали в июне–июле составляет порядка 10^2 – 10^3 кл./см². Таким образом, цикл развития этих «литоральных» видов, несомненно, представляющих собой только часть специфического сообщества, населяющего нижние участки баренцевоморского шельфа, аналогичен циклу развития типичных планктонных диатомей, также имеющих фазу покоя в бентали.

Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что наличие на арктическом шельфе, по крайней мере до глубин 300 м, живых диатомей – результат реализации их жизненного цикла. Не вызывает сомнения, что оба сравниваемых комплекса диатомей –

типичный планктонный и «литоральный» – в равной степени автохтонны для Баренцева моря, т. е. завершают полный цикл развития в любой его части и своим присутствием не обязаны притоку извне. Характеристика видов рр. *Gyrosigma* и *Pleurosigma* как бентосных, основанная на преимущественно умозрительных связях между морфологией и экологией, представляется ошибочной, что, в свою очередь, еще больше обостряет давний вопрос о механизме возвращения клеток диатомей из бентали в фотический слой пелагиали.



Положение станций, исследованных в 2015–2017 гг.
на наличие микроводорослей в грунте

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕМАТОД МОЛЛЮСКОВ КАРЕЛИИ

Д. И. Лебедева¹, Г. А. Яковлева¹, А. А. Зотин²

¹Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

²Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН, г. Москва,
daryal78@gmail.com

Трематоды (Trematoda) – паразитические плоские черви, обладающие уникальными по сложности жизненными циклами, связанными с чередованием поколений и сменой хозяев (как беспозвоночных, так и позвоночных животных). Первым промежуточным хозяином для трематод всегда служат моллюски разных видов, что делает их необходимым объектом исследования при инвентаризации паразитофауны любого водоема или региона.

В рамках изучения реализации жизненных циклов паразитов на территории Карелии с 2011 по 2015 гг. проводились исследования моллюсков на предмет инвазии паразитами из разных водоемов республики. В южной части Карелии собран материал из оз. Ладожского и оз. Пертозеро (бассейн Онежского оз.), в северной – из водоемов озерно-речной системы р. Кенти (оз. Каменное, Хвостохранилище, оз. Окунево). В этот период исследовано 285 экз. моллюсков 8 видов – *Stagnicola corvus*, *S. palustris*, *Lymnaea stagnalis*, *Radix auricularia*, *R. lagotis*, *Viviparus viviparus*, *Anodonta anatina*, *Unio crassus*. Изучение зараженности моллюсков проведено по общепринятой методике (Гинецинская, 1968; Судариков и др., 2002). Для выявления моллюсков, инвазированных личинками трематод, их рассаживали по одному в небольшие емкости с водой и наблюдали за выходом из них зрелых церкарий. Перед вскрытием моллюсков измеряли и фотографировали для последующего определения. Далее тело моллюска извлекали из раковины и просматривали компрессорным методом для обнаружения спороцист и метацеркарий.

В результате исследования выявлено 17 видов трематод 10 семейств: сем. Aspidogastridae: *Aspidogaster conchicola*; сем. Diplostomidae: *Diplostomum baeri*, *D. paracaudum*, *D. pseudopathaceum*, *Diplostomum* sp., *Tylodelphys clavata*; сем.

Strigeidae: *Cotylurus cornutus*; сем. Schistosomatidae: *Trichobilharzia szidati*; сем. Echinostomatidae: *Echinoparyphium aconiatum*, *Neoacanthoparyphium echinatoides*, *Echinostoma bolschewense*, *E. revolutum*; сем. Notocotylidae: *Notocotylus attenuatus*; сем. Plagiorchidae: *Plagiorchis elegans*; сем. Lecithodendriidae: *Paralecithodendrium chilostomum*; сем. Cyathocotylidae: *Linstowiella viviparae*; сем. Leucochloridiomorphidae: *Leucochloridiomorpha lutea*.

Трематоды найдены на разных стадиях развития – реди, церкарии, метацеркарии. Наиболее распространенными видами были представители семейств Diplostomidae, Strigeidae, Echinostomatidae, Plagiorchidae. Самую специфичную фауну паразитов имели моллюски *Viviparus viviparus*. Паразитофауна моллюсков разных видов, также как из различных водоемов отличалась.

Почти все найденные виды трематод заканчивают свое развитие в рыбоядных птицах, за исключением *Paralecithodendrium chilostomum*. Для последнего окончательными хозяевами служат летучие мыши.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (№ 0221-2017-0042) и гранта Президента РФ (МК-1212.2019.4).

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ И РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ НЕРКОВОГО НЕРЕСТОВО-НАГУЛЬНОГО ОЗЕРА КУРИЛЬСКОГО (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

Е. В. Лепская

*Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО),
г. Петропавловск-Камчатский, lepskaya.e.v@kamniro.ru*

Растущее человечество требует все больше пищи, что, соответственно, предполагает освоение все новых биоресурсов планеты и усиление антропогенной нагрузки на уже освоенные. В связи с этим все острее стоит вопрос о поиске способов «оптимальной эксплуатации водных экосистем, которые обеспечивали бы их

неистошительное развитие» (Алимов, 2000). В этом контексте значение самовоспроизводящихся водных биологических ресурсов, таких, например, как тихоокеаские лососи, невозможно переоценить.

Стратегия воспроизводства отдельных видов рода *Oncorhynchus* предполагает разные способы поддержания стабильной численности популяций. Так для нерки (*Oncorhynchus nerka*) численность отдельно взятого стада формируется во время длительного пресноводного нагула в крупных озерных экосистемах, тогда как биомасса – в море. Камчатские нерковые нерестово-выростные озера представляют собой уникальные средообразующие системы. Их продуктивность формируется, с одной стороны, фосфорным притоком, который обеспечивают погибшие после нереста в водоеме рыбы, с другой – фосфорным рециклингом, благодаря которому создается значительный объем первичной продукции в течение безледного периода. В большей или меньшей степени на продуктивность таких водных экосистем влияют вулканические пеплопады.

В оз. Курильском, расположенном в бассейне р. Озерной в Федеральном Южно-Камчатском заказнике им. Тихона Шпиленка, воспроизводится крупнейшее на сегодня стадо нерки в Азии. Молодь озерновской нерки перед миграцией в море проводит 1–3 года в озере. В зависимости от сезона по величине первичной продукции фитопланктона (ППФ) озеро относится к олиготрофно-мезотрофному типу (Лепская, Масленникова, 2009). Неравномерно величина ППФ распределена по озерной акватории. Величина ППФ не всегда определяет уровень развития зоопланктона, так как температурный оптимум для комплекса диатомовых, доминирующих в озере, значительно шире, чем для планктонных ракообразных, формирующих кормовую базу для молоди нерки, основной нагул и рост которой происходит в пелагиали.

Важным и в настоящий момент далеким от решения вопросом является выбор параметров для оценки рыбопродуктивности нерковых нерестово-нагульных озер. Прямая оценка численности и биомассы нагуливающейся и скатившейся молоди крайне затруднительна технически. Могут ли оценочными параметрами выступать качественные характеристики покатников, индекс ската, величина приростов в первый и последующие годы пресноводного

нагула, количество молодежи, скатившейся в море, расчисленной по поколениям в возврате, или что-то еще?

Задача настоящего исследования – выявить связи ППФ с различными трофическими уровнями экосистемы оз. Курильского, и в первую очередь, с параметрами, характеризующими рыбопродуктивность, по крайней мере, в периоды с незначительной неопределенностью.

РОЛЬ ГИДРОБИОНТОВ (ПЛАНКТОН, МАКРОФИТЫ) В ВЫЯВЛЕНИИ ИСТОЧНИКОВ И ГЕНЕЗИСА ЗАХОРОНЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОЗЕРНЫХ САПРОПЕЛЕЙ

Г. А. Леонова¹, В. Н. Меленевский², Т. А. Копотева³, А. Е. Мальцев¹

*¹Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН,
г. Новосибирск, leonova@igm.nsc.ru*

*²Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск*

³Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

Выявление источников поступления и генезиса захороненного (фоссилизированного) органического вещества (ОВ) по глубине стратифицированных разрезов озерных сапропелей – задача исключительно сложная, которая требует комплексного подхода с привлечением специальных методов анализа и органо-геохимических индикаторов, косвенно подтверждающих генетическую связь захороненного ОВ с исходным органическим материалом (автохтонным – водными организмами или аллохтонным – наземной растительностью) (Ветров, Романкевич, 2008; Романкевич и др., 2009; Leonova et al., 2018).

По приоритетности при решении этой задачи авторы отдают предпочтение прямому методу послойного количественного подсчета сохранившихся остатков организмов в голоценовых разрезах озерных сапропелей (биостратификации), согласно методическому подходу (Кордэ, 1960, 1968). Полученные результаты биологического анализа свидетельствуют о формировании в исследованных

озерах юга Западной Сибири и Восточного Прибайкалья трех биологических типов сапропелей (планктоногенного, макрофитогенного и торфянистого) (Leonova et al., 2013). Это подтверждают и данные сканирующего электронного микроскопа по вещественному составу озерных сапропелей (Мальцев и др., 2014, 2017).

Второй по приоритетности органо-геохимический индикатор – биомаркеры, которые в одной из ключевых зарубежных работ, обобщающих многолетние исследования биомаркеров (Peters et al., 2008), определяются как сложные молекулярные «отпечатки» живших ранее организмов, образованные из биохимических компонентов. Наиболее широко используемыми молекулярными биомаркерами, отражающими источники, генезис и трансформацию ОВ в процессе диагенеза, являются молекулярный состав нормальных алифатических углеводородов (n-алканов) и их молекулярные отношения. Для их определения авторы использовали метод пиролиза в варианте Рок Эвал (RE-pyrolysis), т. е. метод термического разложения образцов биопродуцентов и сапропеля на макромолекулы. После чего методом пиролиз-хромато-масс-спектрометрии (ПИР-ХМС) (Меленевский и др., 2009), выделенные макромолекулы органического вещества в пиролизатах были идентифицированы с использованием библиотечных баз данных NIST до конкретных биомаркеров (Меленевский и др., 2011, 2015).

Третий по приоритетности органо-геохимический индикатор – отношение органического углерода к органическому азоту (C/N), который служит приближенным индикатором автохтонного и аллохтонного ОВ из-за неопределенности степени диагенетической трансформации ОВ сапропелей вследствие различной устойчивости ОВ к разложению, теряющего часть лабильных соединений (Леонова и др., 2018).

Таким образом, исследуя вопрос об источниках и генезисе захороненного ОВ, целесообразно применять предложенную формулу совместного использования комплекса органо-геохимических индикаторов для более надежных выводов.

Работа выполнена в рамках государственного задания – проект № 0330-2016-0011, при финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-05-00403_а, 18-35-00072 мол_а.

БИОГЕННЫЕ ВКЛАДЫ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО СОВРЕМЕННЫХ ОЗЕРНЫХ САПРОПЕЛЕЙ

Г. А. Леонова, В. А. Бобров, А. Е. Мальцев

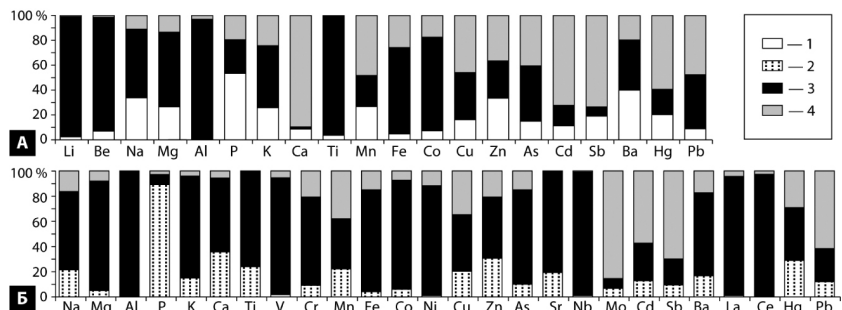
*Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН,
г. Новосибирск, leonova@igm.nsc.ru*

В основу расчетов биогенных вкладов микроэлементов в современные озерные отложения принята «модель прямого унаследования» микроэлементного состава планктона органическим веществом донных отложений, предложенная Я. Э. Юдовичем и М. П. Кетрис (1990) в отношении черных сланцев. Эта модель хорошо подходит для озер с небольшими глубинами, где планктонный детрит достигает дна за короткое время, не успевая существенно изменить свой микроэлементный состав.

Принимая допущение о геохимической тождественности тонкодисперсной озерной минеральной взвеси и глинистых сланцев (Li, 1991), был оценен терригенный вклад микроэлементов в донные отложения. В группу терригенных элементов включены Sc, Zr, Nb, лантаноиды, Hf и Th, доля которых в озерных отложениях близка к 100%, что означает, что другие источники их поставки не существенны.

Дана приближенная оценка биогенных и терригенных вкладов микроэлементов в сапропели продукционно-макрофитных озер (классификация Покровской и др., 1983) юга Западной Сибири (Кирек, Минзелинское, Большие Тороки) и продукционно-фитопланктонных озер (Покровская и др., 1983) Восточного Прибайкалья (Котокель, Духовое, Очки). Согласно методическому подходу (Леонова, Бобров, 2012) оценка биогенных вкладов микроэлементов через планктонный и макрофитный «каналы» в сапропели 6 озер Сибирского региона проведена для группы элементов, у которых коэффициенты обогащения (EF – Enrichment Factor) > 2. По нашим расчетам высокие значения планктонного и макрофитного вкладов микроэлементов в сапропели исследованных озер имеет только фосфор (44–90%). Для Hg биогенный вклад оценивается в 21–48%, для Zn – в 13–22%, для Ba – в 4–40%. Несколько ниже (5–20%) биогенные вклады для Pb, Sr,

Ca, Cr, Cd, Cu, As и U. На низком уровне (не более 5%) – для Mo, Co, Fe, Ni, Li, Y. На рисунке в качестве примера представлены значения биогенных и терригенных вкладов микроэлементов в сапропели двух типовых озер – продукционно-макрофитного (Минзелинское) и продукционно-фитопланктонного (Котокель).



Долевое участие биогенного и терригенного вкладов микроэлементов (%) в сапропели оз. Минзелинского (юг Западной Сибири – А) и оз. Котокель, (Восточное Прибайкалье – Б).
Источники микроэлементов:

1 – макрофиты, 2 – планктон, 3 – терригенная взвесь, 4 – другие источники

Работа выполнена в рамках государственного задания – проект № 0330-2016-0011, при финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-05-00403_a, 18-35-00072 мол_a.

УСТОЙЧИВОСТЬ РОТАНА (*PERCSCOTTUS GLENNI* DUBOWSKI, 1877) ПО ОТНОШЕНИЮ К СОЛЕННОСТИ ВОДЫ

Л. С. Лесковская

*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет
Северного Зауралья, г. Тюмень, LL-78@mail.ru*

В последние десятилетия резко возросли темпы интродукции чужеродных видов в водные экосистемы. Хорошим примером является расселение ротана, в том числе в бассейнах рек Оби

300

и Иртыша. В связи с особенностями биологии ему удалось освоить водоемы с различным гидрологическим и гидрохимическим режимом (пойменные водоемы, пруды, болота, озера, в том числе заморные и промерзающие). Ареал распространения ротана на юге Тюменской области не имеет четко обозначенных границ и постоянно расширяется. В связи с этим **целью** данной работы явилось изучение границ резистентности ротана к солёности как возможного фактора ограничения расширения его ареала.

Установление резистентности пятидневных личинок ротана (острый опыт – 96 ч) к действию NaCl определяли в концентрациях: 0,1; 1,0; 10; и 20 г/л. Контролем служила отстоянная водопроводная вода. Гибель 100% личинок была зафиксирована в концентрации 20 г/л через 45 мин. По окончании опыта живых личинок осталось: в контроле – 80%, в концентрации 0,1 г/л – 20%, в 10,0 г/л – 10%.

В аквариумы с разной начальной концентрацией NaCl в воде (2 и 5 г/л) помещали 2-х и 3-х годовиков ротана, акклимированных к лабораторному содержанию в течение 2 недель. Каждые трое суток увеличивали концентрацию (в первом аквариуме – от 2 до 4 и 6 г/л; во втором – от 5 до 8 и 10 г/л). Контрольные особи помещались в отстоянную водопроводную воду. Опыт длился 9 сут., рыбу кормили хирономидами. При увеличении концентрации от 2 до 6 г/л при 100% выживаемости у рыб наблюдалось повышение поедаемости корма и обильное выделение слизи. При повышении концентрации от 5 до 10 г/л 100% ротана выживали до концентрации 8 г/л. В концентрациях 8 и 10 г/л рыбы отказывались от корма, были малоподвижны, наблюдалось обильное выделение слизи. В максимальной концентрации рыбы не питались, а следовательно, не пополняли запас энергии, необходимой для активного выведения избытка соли, что и привело к смерти 57% особей.

Таким образом, к 4 сут в концентрации NaCl 10 г/л осталось 10% живых личинок и около 60% взрослых рыб, что свидетельствует об их более высокой устойчивости к NaCl. В конце эксперимента определили общую массу рыб, массу индексов внутренних органов по отношению к контролю. Установлено, что индекс кишечника (по массе) снижался при увеличении солёности с 4 до 10 г/л более чем в 2 раза. Вероятно, это связано с прекращением питания

рыбы. Индекс печени оставался практически неизменным. Индекс селезенки в сравнении с контролем не изменялся в максимальной концентрации (10 г/л), но в меньшей концентрации уменьшается на 50%. Вероятно, в концентрации на уровне критической солености у рыб произошел выброс форменных элементов крови, как ответ на солевой стресс. Индекс сердца уменьшался в обеих концентрациях, индекс селезенки – в концентрации 6 г/л, в сравнении с контролем. Изменения индексов сердца и селезенки связаны с регулированием осмотического давления. Вариабельность показателей резко снижается в максимальной концентрации NaCl, за счет подавления индивидуальной изменчивости.

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать следующие предварительные выводы:

1. Резистентность к солености увеличивается у ротана с возрастом: личинки погибают в течение 96 ч при концентрации 1 г/л, взрослые рыбы (2 и 3 годовики) – при 10 г/л.
2. Резистентность рыб возрастает при постепенном повышении солености.
3. В ответ на солевой стресс у ротана в большей степени реагирует гуморальная система.

МЕЗОЗООПЛАНКТОН В ВОДАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЭКОСИСТЕМЫ КАНАРСКОГО АПВЕЛЛИНГА

В. В. Лидванов, Т. Г. Королькова

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, slavalidvanov@mail.ru*

У побережья Сенегала (12°–16° с.ш.) над глубинами 20–1000 м в слое 0–100 м (0-дно) собрано 30 проб мезозoopланктона на съемке, выполненной на СТМ «АТЛАНТИДА» в декабре 2012 г. Гидрологические условия соответствовали переходному периоду между теплым и холодным гидрологическими сезонами, когда существенное влияние на термохалинную структуру вод оказывал Сенегало-Мавританский фронт (СМФ). Акватория исследований

была населена типичными для экосистемы Канарского апвеллинга меро- и голопланктонными организмами, относящимися к 23 крупным таксонам. Идентифицировано 3 вида ветвистоусых ракообразных Cladocera и 92 вида веслоногих ракообразных Copepoda. Фауна последних была представлена преимущественно океаническими поверхностными широкотропическими видами, но наибольшую встречаемость имели неритические и нерито-океанические широкотропические виды. Значения численности и биомассы ($15,5 \pm 2,6$ тыс. экз./м³ и 950 ± 210 мг/м³) соответствовали основному сезонному максимуму обилия мезозoopланктона, который приходился на период исследований. Основу численности формировали *Paracalanus indicus*, *Oncaea media*, *Oithona plumifera* и науплии представителей рода *Eucalanus*. Основу биомассы создавали *Penilia avirostris*, а также *P. indicus*, *Calanoides carinatus*, *Temora stylifera* и их науплии, Chaetognatha и десятиногие ракообразные сем. Luciferidae. Очаги интенсивного развития мезозoopланктона (численность и биомасса превышали 20 тыс. экз./м³ и 1 г/м³) зафиксированы на севере и на юге района исследований и развивались независимо тремя путями: под влиянием СМФ, прибрежного апвеллинга и стока крупных полноводных рек. Выявлены три сообщества – неритическое, дальненеритическое и сообщество вод СМФ. Неритическое сообщество биотопически было приурочено к водам шельфа, модифицированным прибрежным апвеллингом или материковым стоком. Оно характеризовалось высокой численностью и биомассой (19 тыс. экз./м³ и 1,5 г/м³), было сформировано преимущественно неритическими видами, в трофической структуре доминировали тонкие и грубые фильтраторы и мелкие хвататели. Индекс Шеннона сравнительно низкий (3,88 бит/экз.). Дальненеритическое сообщество распространялось с северной ветвью Межпассатного противотечения. Оно отличалось низкими численностью и биомассой (7,5 тыс. экз./м³ и 400 мг/м³). В его биотопической структуре преобладали океанические и нерито-океанические виды, в трофической структуре – мелкие хвататели. Сообщество имело высокий индекс Шеннона (4,19 бит/экз.). Сообщество вод СМФ биотопически было приурочено к водам СМФ. Оно, как и неритическое сообщество, характеризовалось

высоким обилием (19,5 тыс. экз./м³ и 970 мг/м³), было сформировано как неритическими, так и нерито-океаническими видами, в трофической структуре доминировали тонкие фильтраторы. Индекс Шеннона также был сравнительно низким (3,95 бит/экз.).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАБАРКОДИНГА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ

**Т. П. Липинская¹, Г. Юнэн², Е. С. Гайдученко¹, В. И. Головенчик¹,
В. П. Семенченко¹**

*¹ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»,
г. Минск*

*²Университет Отаго, г. Данидин, Новая Зеландия,
tatsiana.lipinskaya@gmail.com*

В настоящее время уменьшение биоразнообразия является одной из наиболее важных экологических проблем и причинами этого снижения является изменение мест обитания за счет хозяйственной деятельности человека и распространение инвазивных видов. Изучение распространения инвазий, их экологических и биологических особенностей, воздействия на нативные экосистемы стало актуальным, учитывая рассчитанные экономические ущербы от их вселения в странах Европы и Северной Америки. Для Беларуси, как страны с трансграничными реками, большинство из которых составляют Центральный Европейский инвазионный коридор, и, учитывая сооруженные каналы, связывающие реки бассейнов Черного и Балтийского морей, проблема распространения чужеродных видов водных беспозвоночных и рыб с территории Украины, с одной стороны, и видов водных беспозвоночных с территории Литвы и Латвии, с другой стороны, является актуальной и требует дополнительных исследований с использованием новых подходов и методов.

Активное исследование чужеродных видов в Беларуси началось с 2006–2007 гг., но до сих пор существует ряд проблем,

которые пока не удалось решить, используя классические методы мониторинга. К примеру, до сих пор не обнаружены несколько видов амфипод в р. Неман на территории Беларуси, хотя они широко распространены на территории Литвы вблизи пограничной зоны. Подобная ситуация с обнаружением американского полосатого и сигнального раков в р. Зап. Двина на территории Беларуси, которые широко распространены в водоемах и водотоках Латвии. Из чужеродных видов рыб, бычок-головач и бычок Книповича не были пока обнаружены в реках Днепр и Припять на территории Беларуси, хотя они отмечаются специалистами в Киевском водохранилище. В связи с этим были использованы новые молекулярные подходы для решения данной проблемы.

Отбор проб ДНК, находящейся в среде (environmental DNA, eDNA), был проведен на 12 участках восьми рек (Зап. Двина, Неман, Мухавец, Пина, Припять, Днепр, Сож, Березина) и Днепроовско-Бугского канала. На данных участках ведется многолетний мониторинг сообщества макрозообентоса и ихтиофауны. На каждом участке было отобрано девять проб, охватывающих три места обитания. Объем проб воды, отфильтрованных через фильтры Sterivex™, составлял от 250 до 750 мл в зависимости от мутности воды. Чтобы установить уровень биологического разнообразия рыб и ракообразных в изучаемых водотоках, был использован метод так называемого метабаркодинга с использованием в качестве ДНК-маркера фрагмента 16s РНК. Справочная база данных ДНК-баркодов чужеродных ракообразных и рыб Беларуси позволила обнаружить виды в большинстве случаев и сравнить полученные результаты с данными стандартных гидробиологических и ихтиологических исследований.

Это первая попытка проведения мониторинга чужеродных беспозвоночных и рыб в реках Беларуси с использованием современного молекулярного метода (метабаркодинга) и находящейся в водной среде ДНК, которая может стать основой для внедрения данного подхода в национальную программу мониторинга за инвазивными видами. Кроме того, результаты этого исследования будут использованы для обновления списка чужеродных видов водных беспозвоночных и рыб Беларуси.

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫСЛА ЦИСТ АРТЕМИИ НА ЛЕЧЕБНЫЕ ГРЯЗИ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР

Л. И. Литвиненко, А. И. Литвиненко, Е. Г. Бойко, К. В. Куцанов

*Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»),
г. Тюмень, ФГБОУ ВПО Государственный аграрный университет
Северного Зауралья, г. Тюмень, litvinenko_li@mail.ru*

В России основные запасы цист артемии и промысел сосредоточены в Западной Сибири. Согласно многолетней статистике, ежегодно добывается около 1100 т цист в сырой массе, из них в Курганской области – около 180 т, на оз. Медвежье – в среднем – 142 т. С 1925 г. на озере проводится организованное лечение сульфидно-иловыми гязями, запасы которых составляют около 12 млн м³ с ежегодной добычей 300–400 м³/год (Курочкин и др., 2014). Официальный промысел цист артемии ведется на оз. Медвежье с 1995 г. В период 1995–2018 гг. общие запасы цист в этом озере составили в среднем $102,2 \pm 12,1$ кг/га (св = 56%), рекомендованный вылов – $41,5 \pm 5,3$ кг/га (св = 59%), фактический вылов – $23,7 \pm 3,4$ кг/га (св = 60%). Рекомендованный вылов определялся, согласно принятой методике, в размере 40–50% от общих запасов цист в озере. Фактически – заготавливалось 23% от общих запасов. Таким образом, значительная часть цист остается в озере.

Расчет показал, что остаточная после промысла плотность цист, необходимая для воспроизводства популяции на следующий сезон, т. е. в период 1-й генерации, составляет 10 кг/га. Усредненные данные показывают, что в биоценозе оз. Медвежье после промысла остается 78,5 кг/га цист, т. е. в несколько раз больше указанной плотности.

Для определения влияния изъятия цист артемии на качество гязи и рапы нами были проанализированы главные компоненты, образующие лечебную гязь в водоеме. Это рапа, микроводоросли, рачки артемии, цисты артемии. На рапу и микроводоросли промысел цист, по всей вероятности, почти не влияет. Согласно нашим данным, фитопланктон в артемиевых озерах

характеризуется незначительной биомассой, но очень высокими продукционными характеристиками. Так, биомасса фитопланктона в оз. Медвежье в среднем за сезон в основном колеблется в пределах 0,05–16,1 мг/л или 0,4–128,8 кг/га. С учетом годовой продукции биомасса фитопланктона в артемиевых озерах в среднем составляет около 10 т/га (Литвиненко, Литвиненко, Бойко, 2009). Биомасса рачков, в среднем для оз. Медвежье составляет 23,6 мг/л (189 кг/га). С учетом трех генераций продукция рачков составит 567 кг/га. Таким образом, в целом по оз. Медвежье главные составляющие лечебной грязи: фитопланктон-биомасса рачков артемии – цисты артемии находятся в следующем соотношении – 10000:567:102 кг/га. В переводе в процентное соотношение эта пропорция будет выглядеть следующим образом: 93,7:5,3:1,0%. Из этого следует, что изъятие цист артемии из озера в количестве 0,23% от биомассы всех компонентов, участвующих в образовании лечебной грязи, не может отрицательно повлиять на ее образование, поскольку доля изъятия ничтожно мала по сравнению с остальными компонентами биоценоза оз. Медвежье.

Изъятие цист артемии может оказывать влияние на численность рачков 1-й генерации следующего сезона, поскольку эта генерация полностью формируется из науплиусов, вылупившихся из перезимовавших цист. Но поскольку изымается только четвертая часть от общего запаса цист, в озере остается достаточное для естественного воспроизводства количество цист. Ранее нами было показано (Литвиненко, Литвиненко, Бойко, 2009), что отсутствие промысла цист артемии может пагубно влиять на продуктивность биоценоза в целом, поскольку в весеннее время при вылуплении науплиусов из перезимовавших цист может образоваться критически высокая численность рачков (до 2–5 тыс. науплиусов в литре воды), что быстро приводит к гибели популяции из-за недостатка пищи.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА «А» В ГОРЬКОВСКОМ И ЧЕБОКСАРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

В. В. Логинов, Л. М. Минина, А. Е. Минин

*Нижегородский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Нижний Новгород,
gosniorh@list.ru*

В вегетационный период 2001–2018 гг. в поверхностных водах на Горьковском и Чебоксарском водохранилищах были проведены определения хлорофилла «а» (*Хл а*) (SCOR-UNESCO, 1966; ГОСТ 17.1.04.02.90. 1990; Руководство..., 1992). Определение уровня трофности проводилось по шкале трофности, приводимой С. П. Китаевым (2007) (табл. 1).

Таблица 1. Шкала для оценки трофности водоемов по содержанию *Хл а* (мг/м³)

Ультра-олиготрофный	Олиготрофный	α -мезотрофный	β -мезотрофный	α -евтрофный	β -евтрофный	Политрофные
< 1,5	1,5–3	3–6	6–12	12–24	24–48	> 48

Проанализировано пространственное распределение *Хл а* фитопланктона Горьковского и Чебоксарского водохранилищ в фотическом слое воды за период 2001–2018 гг. Распределение содержания *Хл а* фитопланктона в водохранилищах проведено по среднемноголетним значениям. В целом трофический статус обоих водохранилищ определяется пространственной гетерогенностью. Верхняя часть водохранилищ характеризовалась α -евтрофным трофическим статусом, а в среднем и приплотинных отделах трофический статус возрастает до β -евтрофного. Наиболее продуктивным по трофическому статусу оказался Окский отрог Чебоксарского водохранилища (табл. 2).

Таким образом, если рассматривать трофический статус водохранилищ по среднемноголетним значениям хлорофилла фитопланктона в пространстве, то он изменялся от α -евтрофного до β -евтрофного.

Таблица 2. Среднемноголетние значения концентрации хлорофилла *a* фитопланктона и трофности водоемов за 2001–2018 гг. на Горьковском и Чебоксарском водохранилищах

Водохранилища	Участок	<i>Хл a</i> , мг/м ³	Трофность
Горьковское	Верхнеречной	16,6	α -эвтрофный
	Среднеречной	15,1	α -эвтрофный
	Костромские разливы	21,1	α -эвтрофный
	Озерный	31,7	β -эвтрофный
	Приплотинный	26,7	β -эвтрофный
Чебоксарское	Верхнеречной	12,8	α -эвтрофный
	Среднеречной	26,5	β -эвтрофный
	Озерный	12,0	α -эвтрофный
	Приплотинный	26,9	β -эвтрофный
	Окский отрог	40,2	β -эвтрофный

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ЦЕРИЯ НА ГИДРОБИОНТОВ РАЗЛИЧНОЙ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Р. А. Ложкина¹, И. И. Томилина¹, А. С. Олькова²,
М. А. Сысолятина², Е. И. Головкина¹, Н. С. Шевченко¹, Г. М. Чуйко¹

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

²Вятский государственный университет, г. Киров,

Lozhkina.roza@yandex.ru

Интенсивное развитие новых технологий на основе использования церия привело в последнее время к заметному расширению областей его применения и масштабов производства. Соединения церия используются в различных областях производства. В связи с этим возросли масштабы его поступления в окружающую среду, в первую очередь в водоемы. Несмотря на широкое использование соединений церия информация об его токсичности для гидробионтов недостаточно.

Цель работы – оценить токсическое действие соединений церия на гидробионтов различной систематической принадлежности.

В токсикологических экспериментах использовали организмы различной систематической принадлежности, широко

распространенные в экотоксикологической практике: тест-система Эколюм, *Paramecium caudatum*, *Chlorella vulgaris*, *Ceriodaphnia affinis*, *Danio rerio*. Оценивали изменение тест-функции в соответствии со стандартными методиками для конкретных тест объектов.

В качестве токсикантов использовали различные соли церия $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{CeNO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, а также водные суспензии диоксида церия CeO_2 в макро-, микро- и наносостоянии.

Наиболее чувствительным тест-объектом для всех исследованных токсикантов оказалась *P. caudatum*, наименее чувствительным – *D. rerio*.

Для церия сернокислого в концентрации 100 мг/л наблюдали достоверное снижение количества молоди *C. affinis* на 1 самку, а для 10 мг/л – достоверное ее увеличение по сравнению с контролем. В высоких концентрациях наблюдали достоверное снижение линейных размеров взрослых особей, в то время как линейные размеры молоди рачков достоверно не отличались в ряду концентраций.

Численность клеток *Ch. vulgaris* достоверно снижалась с увеличением концентрации для растворов хлорида и сернокислого церия, для нитрата – наблюдали противоположный эффект. Т. е. токсичность водорастворимых солей церия зависит не только от катиона, но и от связанного с ним аниона.

Как правило, с уменьшением размера частиц их токсичность возрастает; это относится даже к химически инертным материалам и благородным металлам. Однако для диоксида церия литературные данные о зависимости токсичности от размера частиц весьма противоречивы. В наших исследованиях разноразмерные частицы диоксида церия при экспозиции 30 мин оказывали стимулирующий эффект на тест-систему Эколюм. Наибольший токсический эффект среди частиц оказывали наночастицы. Так при увеличении концентрации наночастиц диоксида церия наблюдали достоверное снижение численности клеток *Ch. vulgaris*: для концентраций 50 и 100 мг/л оно составило 40 и 80% соответственно.

Таким образом, токсичность водорастворимых соединений церия для гидробионтов зависит как от катиона, так и связанного с ним аниона, нерастворимого оксида – от размера частиц.

ЗАПАСЫ И ОСВОЕНИЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

А. Ю. Лукерин, Г. А. Романенко, И. В. Морузи, И. Ю. Теряева

Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»), г. Барнаул,
artemiaalt@mail.ru

Рыбохозяйственный водный фонд Алтайского края располагается в различных ландшафтно-географических зонах – от степной до предгорной и включает в себя верховья р. Оби, бессточные системы рек Бурла и Кулунда и материковые водоемы. В водных объектах региона ведется добыча (вылов) рыбы (лещ (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), плотвы (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)), серебряного карася (*Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)), речного окуня (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758), обыкновенной щуки (*Esox lucius* Linnaeus, 1758), обыкновенного судака (*Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758)), сазана (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)), язя (*Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758)), налима (*Lota lota* (Linnaeus, 1758)), ротана-головешки (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877).

В 2018 г. уловы рыбы в Алтайском крае составили 856,1 т, из них на долю промышленного лова приходится 835,3 т (97,6%), спортивно-любительского – 15,3 т (1,8%), в научно-исследовательских и контрольных целях – 5,0 т (0,6%) и в целях аквакультуры – 0,5 т (0,06%). В составе уловов преобладали: лещ – 299,0 т (35,8%), плотва – 198,4 т (23,7%), серебряный карась – 158,0 т (18,9%) и речной окунь – 65,7 т (7,9%). Доля в уловах остальных промысловых видов (обыкновенная щука, обыкновенный судак, сазан, язь, налим, ротан-головешка) составляет 13,7%.

На территории Алтайского края в 2018 г. вели хозяйственную деятельность четыре крупных предприятия-рыбозаготовителя, осуществлявшие лов на р. Оби в Каменском, Шелаболихинском, Павловском, Тальменском и Первомайском районах, Гилевском водохранилище в границах Локтевского и Третьяковского районов и оз. Мостовом Завьяловского района. Было добыто 710,6 т рыбы или 85,1% от общих промысловых уловов. Освоение рекомендованного

объема вылова (РОВ) на рыбопромысловых участках, закрепленных за этими пользователями, составило более 95,0%. Второстепенными рыбозаготовителями было освоено 124,7 т или 14,9% от уловов по Алтайскому краю.

Наиболее продуктивной среди материковых озер Алтайского края отмечена группа озер системы р. Бурлы. На ее долю ежегодно приходится около 70,0% объема промыслового запаса озерной рыбы региона. Тем не менее, данные официальной промысловой статистики говорят о непроведении лова в отдельные годы (2014 г.) и, в целом, крайне малом и нестабильном фактическом освоении всех промысловых видов рыб – в 2018 г. освоено лишь 12,0% от выделенных объемов, уловы были представлены преимущественно мелким частиком (карась, плотва).

В целом освоение РОВ по региону в 2018 г. составило 75,9% по рыбе и 59,2% по промысловым беспозвоночным. Самый низкий процент освоения отмечен по карасю (44,1%), однако подобная статистика не может служить показателем сокращения запасов этого вида, скорее, это свидетельствует о предпочтительности для освоения других видов рыб (леща, плотвы, обыкновенной щуки, обыкновенного судака и др.), которые более востребованы на рынке. Большая часть запасов карася находится в мелких, часто заморных водоемах, на которых ведение промысла нерентабельно.

РОЛЬ БЕЛКОВОЙ ДЕГРАДАЦИИ В ФИЗИОЛОГИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

Л. А. Лысенко, Н. П. Канцерова, Н. Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, lysenko@yandex.ru

Фундаментальные знания о механизмах роста рыб и способах их регуляции имеют первостепенное значение для инноваций в промышленном рыбоводстве. Темп роста рыб напрямую зависит от интенсивности прироста белых скелетных мышц, составляющих более половины массы рыбы. Формирование (миогенез) и рост мышечной массы (гипертрофия) включает накопление

миофибриллярных белков, среди которых доминирует тяжелая цепь миозина, и экспрессию транскрипционных факторов и регуляторов. Парадоксально, но положительным регулятором миогенеза также является деградация мышечных белков и регулирующие ее протеолитические системы, такие как убиквитин-протеасомная, лизосомно-аутофагическая и кальпаиновая. В мышцах интенсивно растущих рыб (до половой зрелости) наблюдается наиболее интенсивный обмен белка, включающий протеолиз скелетно-мышечных белков. Помимо рутинного обмена, протеолитические системы осуществляют контроль качества синтезируемых белков (убиквитин-протеасомная) и клеточных органелл (аутофагическая), элиминируя белки с ошибками биосинтеза, нефункциональные и избыточные. Кальпаины отвечают за инициацию процесса разборки миофибрилл, сложная архитектура которых снижает доступность белковых субстратов для других протеиназ. Помимо миофибриллярных, кальпаин-зависимой деградации подвергаются и белки цитоскелета, разрушение которых необходимо для его обширной реорганизации при формировании новых мышечных волокон.

Скелетные мышцы рыб осуществляют, помимо механической, еще и метаболическую функцию, связанную с использованием структурных (миофибриллярных) белков как резерва пластических и энергетических субстратов. В результате глубокого гидролиза белков, осуществляемого при скоординированном участии всех систем протеиназ, образуются свободные аминокислоты – структурные элементы для синтеза новых белков и субстраты для синтеза макроэргических соединений. Протеолитическая реакция протекает без затрат АТФ, но энергоемкими являются процессы мечения подлежащих удалению белков убиквитином, чрезмембранного транспорта субстратов внутрь лизосом, транспорта в полость протеасомы, поддержания градиентов рН и Ca^{2+} и другие. Потребность в белковой деградации возрастает в периоды голодания, нереста, миграции, формирования гонад, а также у рыб, обитающих в неблагоприятных условиях, включая условия искусственного выращивания. Стресс-индуцирующие воздействия провоцируют окислительное повреждение клеточных белков и органелл, повышают нагрузку на протеолитические защитные механизмы

и затраты энергии на деградацию и ресинтез белковых молекул в ущерб ростовым процессам. Влияние физиологических и экзогенных факторов на белковый обмен в скелетных мышцах напрямую сказываются на скорости роста рыб, структуре и свойствах их мышечной ткани. Пластичность белкового состава скелетных мышц рыб и возможность его экзогенной регуляции должны учитываться в практике товарного рыбоводства.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме 0218-2019-0076 и при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 14-24-00102.

ОБИЛИЕ И СТРУКТУРА ПЕРИФИТОНА НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ

Т. А. Макаревич, И. В. Савич

Белорусский государственный университет, г. Минск, makarta@tut.by

В работе анализируется связь обилия и структуры перифитона с глубиной. Обобщены результаты многолетних (1981–2018 гг.) исследований перифитона на естественных (макрофиты, раковины двустворчатого моллюска *Dreissena polymorpha* Pallas) и экспериментальных (тефлоновая и полиэтиленовая пленки, предметные стекла) субстратах в оз. Нарочь (Беларусь). Обилие перифитона оценивали по следующим параметрам: общая масса (абсолютно сухое и органическое вещество) перифитона как единого структурно-функционального комплекса, включающего водоросли, бактерии, грибы, беспозвоночные животные и детрит; биомасса автотрофной составляющей (водоросли и цианобактерии); содержание хлорофилла.

Основным фактором, определяющим вертикальный градиент плотности сообществ, в которых доминирует автотрофная составляющая, является освещенность. Исходя из этого, плотность автотрофно-гетеротрофных сообществ перифитона с увеличением глубины должна закономерно снижаться в соответствии с уменьшением освещенности. Результаты исследования вертикальной динамики перифитона на экспериментальных субстратах

подтверждают это положение: изменение плотности с глубиной имеет вид классической кривой с подповерхностным максимумом и закономерным снижением величин в соответствии с уменьшением освещенности.

Однако при исследовании перифитона на макрофитах не выявлено закономерное снижение показателей плотности с увеличением глубины. Более того, при оценке биомассы водорослей перифитона на листьях рдеста, снятых с растений от верхушки до прикорневой части (высота растений 2–2,5 м), получена обратная зависимость.

В чем причина незакономерного изменения показателей плотности перифитона на макрофитах с глубиной? Макрофиты представляют собой нестабильный субстрат. Растение растет, стареет, отмирает. Разные части растения, а, следовательно, и перифитон на них имеют разный возраст. По мере «старения» перифитона увеличивается плотность сообществ, существенно изменяются другие структурные и функциональные параметры (Макаревич, 1996). В случае с рдестами перифитон на молодом верхушечном листе находится на ранней стадии формирования, тогда как на старых листьях в придонной части сообщество находится в более поздней сукцессионной стадии. Вероятно, имеет значение и характер поверхности старых и молодых листьев (например, степень шероховатости), влияющая на колонизацию субстрата.

Исследования перифитона на раковинах дрейссены показали закономерное снижение плотности обрастания с увеличением глубины. Данную отрицательную связь мы объясняем двумя причинами – лимитированием автотрофной составляющей перифитона по свету и с возрастанием в популяции дрейссены доли особей с меньшими линейными размерами с глубиной. В наших исследованиях установлено, что плотность перифитона на моллюсках возрастает с увеличением их линейных размеров. Поскольку длина раковины является функцией возраста дрейссены, который, в свою очередь, определяет и возраст развивающегося на раковинах перифитона, то наблюдаемое увеличение плотности можно связать с большей продолжительностью развития перифитонных сообществ на крупных моллюсках. Так же как и на макрофитах, мы наблюдаем эффект «старения» перифитона.

Таким образом, вертикальный градиент плотности перифитона на живых субстратах определяется не только градиентом факторов, сопряженных с глубиной, но и особенностью изменения субстрата во времени и пространстве.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ В ТАЗОВСКОЙ ГУБЕ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

И. Ю. Макаренкова, В. И. Уварова

Тюменский филиал ФГБНУ ВНИРО, г. Тюмень, ecotoxic@gosrc.ru

В настоящее время, в связи с разведочным бурением и всевозрастающими темпами освоения нефтяных и газовых месторождений, возникает серьезная опасность загрязнения акватории Тазовской губы и утраты ее значения для обитания рыб.

Тазовская губа имеет огромное значение для существования популяций ценных видов рыб. В ней расположены основные места зимовки сиговых и многих других видов, обитающих в таких крупных реках, как Пур и Таз.

В 2009 г. Госрыбцентром выполнялись комплексные исследования в Тазовской губе с целью экологического мониторинга за бурением разведочных скважин на Семаковском участке.

В задачи исследований входила оценка изменений ряда показателей водной среды и анализ токсикологической ситуации.

Семаковский участок находится в центральной части Тазовской губы западнее устья р. Адерпаюты. Гидрологической особенностью территории является замедленный поверхностный сток и слабый дренаж грунтовых вод, что связано с плоским рельефом и наличием вечной мерзлоты.

Проведенные гидрохимические анализы показали, что по солевому составу вода в районе скважин очень маломинерализованная, гидрокарбонатного класса. Низкая минерализация характерна для Тазовской губы. По величине общей жесткости вода

очень мягкая. По величине рН имела нейтральную реакцию. Из минеральных форм азота в воде преобладали ионы аммония. Содержание железа общего превышало ПДК для рыбохозяйственных водоемов, что свойственно бассейну Оби и Таза. Количество органических веществ по величине перманганатной окисляемости имело средние значения.

Влияние буровых работ на солевой и биогенный режим малозаметно. Достоверных изменений в концентрациях гидрохимических показателей не выявлено. Некоторые изменения в солевом и биогенном составе воды в районе скважин, прежде всего, вызваны сезонными гидро- и метеоусловиями: волновое перемешивание воды, сгонно-нагонные явления. По химическим показателям отрицательное влияние выявлено лишь по содержанию нефтяных углеводородов в донных грунтах. Их концентрация после бурения возросла в 2–3 раза. Кроме того, в процессе бурения величина нефтепродуктов у буровой платформы была максимальной, выше, чем на фоновых станциях. По всей вероятности, под влиянием буровых работ происходит накопление нефтепродуктов в донных отложениях.

Результаты токсикологических исследований, проведенные посредством биотестирования, в районе бурения скважин, свидетельствуют о слабом загрязнении воды на участке в районе буровой установки и на удалении от нее на расстояние 250–500 м в исследуемых направлениях. Токсический эффект выявлен, как в период бурения, так и после окончания буровых работ. Донные отложения на большинстве станций обладали слабой степенью токсичности. При этом наибольший токсический эффект выявлен в донных отложениях на расстоянии 250 м от буровой платформы. Грунты этого участка характеризовались как «грязные».

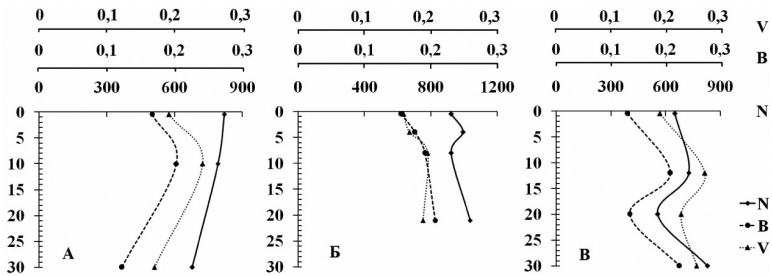
БАКТЕРИОПЛАНКТОН ОЗЕРА УРОЗЕРО

Е. М. Макарова

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
em777@bk.ru*

Озеро Урозеро отличается от типичных озер Карелии низким содержанием в воде органического вещества. Озеро относится к гидрологическим памятникам природы регионального значения, так как характеризуется высоким качеством воды.

Микробиологические пробы отбирали в 2018 г. в вегетационный период – в мае, июле и сентябре по вертикальному профилю температуры. Изучение бактериопланктона проводилось по общепринятым в водной микробиологии методикам. Исследования показали, что за изучаемый период общая численность бактерий варьировала от 0,56 до 1,04 млн кл/мл, а биомасса от 0,122 до 0,225 г/м³. Общая численность бактериопланктона достигла своего пика летом, наибольшая бактериальная биомасса наблюдалась в это же время. Величина средних объемов клеток бактерий достигли максимума осенью и находились в диапазоне от 0,16 до 0,27 мкм³ (рис.).



Распределение общей численности (N, млн кл/мл), биомассы (B, г/м³) и размерной структуры клеток (V, мкм³) бактериопланктона по вертикальному профилю в оз. Урозере в 2018 г. (А – май, Б – июль, В – сентябрь)

Органическое вещество из-за отсутствия притоков в озере имеет автохтонное происхождение, что влияет на активность функционирования биоты. Нехватка трофического ресурса подтверждается

слабой активностью бактерий. Так, бактериальная продукция варьировала в пределах от $-0,02$ до $0,38$ млн кл/мл. Р/В-коэффициент (сут^{-1}) находился в пределах $-0,02-0,4$, что соответствовало времени удвоения $-741,8-170,3$ часа.

Учет численности гетеротрофного бактериопланктона включал количественную оценку сапрофитных (СБ) и олигокарбофильных бактерий (ОКБ). За вегетационный период численность СБ в среднем достигала 108 КОЕ/мл, ОКБ – 253 КОЕ/мл. Наименьшая численность гетеротрофного бактериопланктона отмечена в июле, наибольшая – в сентябре.

По микробиологическим показателям оз. Урозера соответствует статусу олиготрофного водоема с высоким качеством воды. Впервые посчитанные Р/В-коэффициенты для оз. Урозера могут использоваться в будущем для расчета балансовой модели биопродуктивности озера.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРНОГО ОЗЕРА

**А. А. Максимов¹, Н. А. Березина¹, Л. Ф. Литвинчук¹,
О. Б. Максимова², А. Н. Шаров³**

¹*ФГБУН Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург*

²*ФГБНУ Государственный НИИ озерного*

и речного рыбного хозяйства, г. Санкт-Петербург

³*ФГБУН Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр*

экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург,

alexeymaximov@mail.ru

Озеро Кривое (площадь 50 га), расположенное в Северной Карелии (около $66^{\circ} 21''$ с. ш. и $33^{\circ} 38''$ в. д.) в непосредственной близости от биостанции Зоологического института РАН, уже долгие годы служит модельным водоемом при решении широкого круга научных задач. Впервые оно было изучено в $1968-1969$ гг. в рамках Международной Биологической программы. Практически полное отсутствие хозяйственной деятельности на водосборе оз. Кривого

делает его удобным объектом для изучения естественных динамических процессов в озерных экосистемах.

Мы проанализировали данные многолетних (2002–2017 гг.) исследований планктонных (содержание в воде фотосинтетических пигментов, фито- и зоопланктон) и донных (макрозообентос) сообществ оз. Кривого. Пробы отбирали на станциях, располагающихся в разных глубинных зонах озера: литораль (глубина 0,5–3 м), сублитораль (8 м) и профундаль (30 м). Ежегодно проводили 3–5 съемок в период открытой воды (конец мая – начало ноября). В отдельные годы осуществляли дополнительный зимний отбор проб из подо льда в конце марта – начале апреля.

Отмечены значительные межгодовые колебания всех исследованных показателей. Изменения в пелагиали имели практически синхронный характер. Среднегодовые концентрации хлорофилла «а» (0,6–1,8 мкг/л) и биомасса зоопланктона (46–156 мг/м³) уменьшались с 2003 по 2007 г., затем увеличивались, достигнув максимальных показателей к 2010–2012 гг. Межгодовая динамика макрозообентоса в целом следовала за ходом изменений планктонных сообществ. Наиболее тесная связь между развитием планктона и бентоса характерна для прибрежья. На литоральной станции среднегодовая биомасса макрозообентоса изменялась почти в шесть раз (2–12 г/м²). Максимальная биомасса отмечалась в 2005 и 2011 гг., что почти совпадало с периодами максимального развития планктона. В открытой части озера донные сообщества отличались меньшей амплитудой межгодовых колебаний. В сублиторали биомасса макрозообентоса варьировалась в пределах 0,8–3,0 г/м². В профундали отмечен еще более узкий диапазон изменений (1,3–2,9 г/м²). Сроки максимального развития бентоса в профундали были сдвинуты на более поздний период по сравнению с мелководными станциями. Более слабая и запоздалая реакция глубоководных донных сообществ на изменения в пелагиали, по-видимому, связана с преобладанием в их составе реликтовых амфипод *Monoporeia affinis* и *Gammaracanthus loricatus*, имеющих длительный жизненный цикл. В профундали заметную роль в формировании межгодовой динамики макрозообентоса, по-видимому, также играли гипоксические явления, формирующиеся в конце подледного периода. Имеющиеся в настоящее время данные

свидетельствуют о наличии связи между общим уровнем количественного развития биологических сообществ оз. Кривого и региональными колебаниями климата, по-видимому, определяющими поступление в озеро органических и биогенных веществ с водосбора.

О ХАРАКТЕРЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ БЕНТОСА ПЕЧОРСКОГО МОРЯ

**Н. В. Максимович¹, Н. А. Филиппова¹, О. А. Кийко²,
Д. В. Никишина¹, Н. Н. Шунатова¹, К. Н. Лисицина¹,
А. В. Герасимова¹**

¹*Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург*

²*Экологическое консалтинговое агентство «Экопроект»,
г. Санкт-Петербург, n.maximovich@spbu.ru*

Печорское море – арктический мелководный бассейн с выраженными соленосными градиентами и очень динамичной гидрологией. Это делает его биотопы весьма привлекательными для изучения организации прибрежных арктических экосистем. Количественные исследования бентоса Печорского моря имеют почти вековую историю и проводились неоднократно. В анализе их результатов, как и вообще при изучении Баренцева моря, ученые большое внимание уделяют вопросам климатически обусловленных долговременных трендов в организации экосистем бентоса. Однако насколько убедительны попытки интерпретировать фиксируемые изменения в составе и показателей обилия бентосных сообществ как отражение климатических изменений.

В последние десятилетия в связи с планами разработки нефтегазовых месторождений в восточной части Печорского моря был проведен ряд мониторинговых наблюдений бентоса, включая стандартный набор гидрологических характеристик. В основу настоящей работы легли результаты последнего цикла таких наблюдений, выполненных в юго-восточной части Печорского моря в июле–августе 2012–2013 гг. На 40 станциях на глубине от 6

до 72 м отобрано 110 проб макробентоса. Пробы промывал через сито с размером ячеек 0,7 мм. Организмов макробентоса в пробах определяли до вида, просчитывали и взвешивали с точностью до 0,001 г. На каждой бентосной станции у дна фиксировали температуру, соленость, концентрацию кислорода и pH воды, а также гранулометрический состав грунта. Объекты исследований – видовое богатство, плотность поселения и биомасса организмов макробентоса на станциях. Сравнение станций было проведено с помощью кластерного анализа и процедуры MDS с использованием абиотических (мера – расстояние Евклида) и биотических показателей (мера – индекс Чекановского-Сьеренсена).

Обнаружено 224 таксона беспозвоночных. Наиболее разнообразно представлены такие группы как: Polychaeta (67), Crustacea (61), Mollusca (49). Мозаичность в распределении макробентоса в целом соответствует неоднородности бентали по абиотическим показателям. Наиболее характерные для изученной акватории сообщества *Serripes groenlandicus* и *Serripes groenlandicus* + *Astarte montagui* приурочены к биотопам с наиболее высоким содержанием песка в грунте (86%), отсутствием алевритов и высокими температурами (8,7–10,7 °C). Отличительные черты биотопа сообщества *Ciliatocardium ciliaium* + *Astarte borealis* + *Serripes groenlandicus* – это низкое содержание в грунте алевритов (в среднем 15%), относительно низкая температура (1–6,1 °C) и высокая (33,1–34,5‰) соленость воды. К характеристике биотопа сообщества *Serripes groenlandicus* + *Macoma calcarea* можно отнести высокое разнообразие показателей состава грунта, температуры, солености, pH и содержания кислорода. Многие исследователи бентоса Печорского моря отмечают заметные многолетние сдвиги в составе его. Однако за более чем вековой период наблюдений здесь не отмечено ни изменения характера донных осадков, ни набора спорадически доминирующих видов. Обнаруженные многими авторами многолетние различия в организации сообществ бентоса Печорского моря логично связывать не с климатическими изменениями, а с эффектами мозаичности в распределении и с естественной многолетней цикличностью развития популяций доминирующих и фонообразующих видов крупных Bivalvia.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МАКРОФИТОБЕНТОС МУРМАНСКОГО БЕРЕГА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

С. В. Малавенда

ММБИ КНЦ РАН, г. Мурманск, malavenda@yandex.ru

Мурманское побережье Баренцева моря является наиболее изученным районом российской Арктики и в то же время наиболее подверженным чувствительности. Литоральные сообщества водорослей-макрофитов и особенно фукусовые, привлекали внимание большинства альгологов нашей страны. Факты изменения сообществ водорослей в Мировом океане в связи с глобальным потеплением постепенно накапливаются. Ведется оценка современного состояния и фитоценозов Мурмана. В данном докладе обобщены некоторые исследования, в которых было прослежено влияние температурных аномалий на состав и структуру сообществ макрофитобентоса Мурманского побережья.

В ходе рейса по Кольскому заливу 2013 г. и вдоль берега от губы Зеленецкой до Иоканьгского залива 2017 г. позволили получить материал по видовому составу литоральных сообществ и по биомассе фукусовых водорослей, для ряда губ впервые описать литоральную растительность. В некоторых районах (губы Зеленецкая, Териберская, Ярнышная, изучение видового состава ведется ежегодно, а в южной части Кольского залива ежесезонно. На основании литературных данных и собственных сборов была выполнена ревизия флоры макроводорослей Мурманского побережья Баренцева моря, которая частично опубликована при ревизии флоры Баренцева моря. Всего для Мурманского берега Баренцева моря было насчитано 158 видов, в том числе 67 видов красных водорослей, 62 бурых и 29 зеленых. При сравнении с литературными данными новых видов за период сборов (2009–2018 гг.) выявлено не было. Изучение структуры сублиторальных и литоральных фитоценозов экологически чистого района проводилось детально на литорали губ Ярнышная и Зеленецкая. Ежегодные исследования видового состава и биомассы отдельных видов не позволили выявить каких-либо долговременных изменений в распределении сообществ или изменения числа сообществ.

На протяжении нескольких лет (2009–2018) наблюдалось об-растание валунов макроводорослями на валунной литорали после переворачивания и передвижения в ходе штормов. Видовой состав и биомасса фитообрастания проявили зависимость от темпера-туры воды и воздуха, а также количества штормов и силы ветра в них. Максимальная биомасса была зафиксирована в 2016 г., когда и наибольшая температура.

Выявлено резкое увеличение встречаемости и биомассы зеле-ной водоросли *Ulva lactuca* L. в губах Зеленецкой и Териберской за последние 8 лет, особенно в 2017 г. Ранее данный вид, массовый в умеренных и тропических широтах Мирового океана, был отме-чен только трижды в первой половине XX в. Находки прикреплен-ных талломов в период с более высокой температурой воды, могут свидетельствовать о распространении вида на Мурмане именно в связи с глобальным потеплением.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в целом облик сообществ макрофитобентоса на Мурманском побережье сохраняется, но есть отдельные изменения видового со-става, которые определенно связаны с глобальным потеплением.

Работа выполнена в рамках Госзадания ММБИ ИКНЦ РАН.

ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ГИДРОБИОНТАХ МОРСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ КРЫМА

Л. В. Малахова, Т. В. Малахова

*Институт морских биологических исследований
им. А. О. Ковалевского РАН, г. Мурманск, malavenda@yandex.ru*

В докладе проанализированы данные по содержанию хлор-органических соединений (ХОС) в гидробионтах прибреж-ных акваторий Крыма, полученные в период с 2011 по 2017 гг. Показаны факторы, влияющие на уровень накопления ХОС, и отклик организмов различных трофических уровней на за-грязнение среды обитания.

Макрофиты оказывают влияние на цикл ХОС, накапливая их из морской воды и передавая более высоким звеньям трофической цепи. Коэффициенты накопления (Кн) Σ ПХБ₆ *Phyllophora* sp. на большом филофорном поле Зернова достигали $2 \cdot 10^3$ при их концентрации в воде $4 \text{ нг} \cdot \text{л}^{-1}$, Кн _{Σ ДДТ} – 19, при концентрации пестицида в воде $0,08 \text{ нг} \cdot \text{л}^{-1}$. Адаптационные механизмы реакции фотопигментов *Ulva rigida* на воздействие в экспериментальных условиях концентрации ПХБ в эквиваленте Ароклор 1254, равной 1–100 ПДК для рыбохозяйственных водоемов, соответствовали системе регулирования по отклонению с отрицательной обратной связью. Средняя концентрация Σ ПХБ₆ в биомассе цистозеры *Cystoseira* sp. в Севастопольских бухтах составила 8,1, у мыса Мартьян – 8,5, в Ялтинской акватории – $9,0 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$ сухой массы. Образцы водорослей были отобраны в районах, имеющих выраженные географические и хозяйственные отличия, но явных различий в накоплении цистозирой ПХБ обнаружено не было.

Значительные отличия в содержании ХОС были получены при мониторинге загрязненности бухт и открытых районов с использованием моллюсков и рыб. Накопление ХОС консументами зависело от уровня загрязненности среды обитания. Концентрация токсикантов положительно коррелировала с содержанием липидов в организмах. В Севастопольских бухтах концентрация Σ ПХБ₆ в жабрах, мантии, гепатопанкреасе *Mytilus galloprovincialis*, в гонадах и печени *Rapana venosa*, а также в печени *Scorpaena porcus*, была выше на порядок значений, чем в б. Ласпи. Соотношение между концентрацией ХОС и биохимическими маркерами в ерше свидетельствовали об ослаблении антиоксидантной защиты и развитии окислительного стресса у рыб в результате накопления ксенобиотиков (Малахова и др., 2018).

В 2017 г. получены новые данные по содержанию ХОС в подкожном жировом слое трех видов черноморских дельфинов: *Phocoena phocoena*, *Tursiops truncatus* и *Delphinus delphis*. Концентрация Σ ГХЦГ достигала 0,3, ГХБ – 8,1, Σ ПХБ₆ – 27,0 и Σ ДДТ – $163,2 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1}$ липидов. В пробах доминирующим загрязнителем был п, п'-ДДЭ, доля которого составляла более 65 % от суммы ХОС и достигала $147,1 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1}$ липидов.

Рассчитанные коэффициенты биомагнификации ХОС (Кб) для цепи планктонные ракообразные – мезозoopланктонофаги оказались немногим больше единицы, а максимальные Кб определены для звена рыбы – дельфины, достигающие 300 для Σ ДДТ. Видимо, в значительной мере ХОС из черноморской водной среды выводятся путем поглощения гидробионтами с передачей их по пищевым цепям.

Работа подготовлена по темам ФГБУН ИМБИ «Молисмодогические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ АААА-А18-118020890090-2) и НБС-ННЦ РАН «Проведение мониторинговых исследований и определение современного состояния биоты Государственного природного заповедника «Мыс Мартьян» (№ АААА-А18-118013190157-1).

ОЦЕНКА ТЕМПОВ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭКОСИСТЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

**Ю. А. Малинина, Е. А. Джаяни, Е. И. Филинова,
В. А. Колозин, В. А. Шашуловский**

Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Саратов, MJul@rambler.ru

Каскад созданных на р. Волге водохранилищ полностью трансформировал естественную экосистему реки. В каждом из водохранилищ сформировались собственные экосистемы, в развитии которых присутствуют как уникальные, так и общие для всего каскада черты. Анализ изменений количественных и качественных показателей состояния гидроценозов Волгоградского и Саратовского водохранилищ позволит получить материал для прогнозирования скорости и характера трансформации экосистем водохранилищ речного и долинного типов.

В качестве воздействующих факторов при оценке устойчивости экосистем Нижневолжских водохранилищ рассматривали ряд гидрохимических показателей (Шашуловская и др., 2012, 2016, 2018). Отклик системы оценивали по средневегетационным значениям

биомассы фитопланктона, зоопланктона, зообентоса и промыслового запаса рыб (Малинина и др., 2016; Шашуловский и др., 2018)

Проведенные ранее расчеты (Шашуловский, Мосияш, 2010) показали, что в ряду с показателями устойчивости, стабильности, относительной изменчивости, пластичность является комплексным, а потому наиболее достоверным.

Пластичности (упругости) системы соответствует ее способность сохранять свои внутренние взаимосвязи при возмущении состояния (Holling, 1969, 1973). Формализация взаимосвязей системы возможна путем построения корреляционной матрицы. По справедливому мнению Г. С. Розенберга (1986), пластичность (упругость) в понимании Холлинга соответствует средней силе корреляционных связей, которую под термином «надежность» предлагает использовать Г. Е. Михайловский (1978, 1982, 1988).

Таким образом, за величину надежности связи (ϕ) в системе принимается усредненный модуль $|r|$ коэффициентов корреляции ее параметров, который может быть интерпретирован как пластичность системы.

Проведенные расчеты с использованием корреляционных матриц как пирсоновских, так и непараметрических коэффициентов показали, что применение непараметрических коэффициентов ранговой корреляции Спирмена более предпочтительно по сравнению с коэффициентами корреляции Пирсона (Малинина и др., 2016).

В данном случае расчеты ϕ базировались на непараметрических коэффициентах корреляции Спирмена по 5-летней выборке, которая при каждой последующей оценке смещалась на один шаг наблюдений, т. е. на 1 год. На основании полученных значений был построен график совокупной зависимости параметров экосистемы от времени наблюдений.

Анализ графика свидетельствует, что сила взаимосвязей компонентов экосистемы сначала несколько снижается, затем снова повышается. Учитывая флуктуирующий характер данного показателя и достижение им высоких значений (более 0,6) (Шашуловский, Мосияш, 2010), есть основания полагать, что в настоящее время экосистема Нижневолжских водохранилищ находится в достаточно стабильном состоянии. Ее структура приближается к инвариантной.

**ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ
СЕГРЕГАЦИИ И ВИДООБРАЗОВАНИЯ
КРИПТИЧЕСКИХ ВИДОВ *CHIRONOMUS PLUMOSUM*
И *CHIRONOMUS BALATONICUS*
(DIPTERA: CHIRONOMIDAE)**

М. Ф. Маркиянова

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Калининград,
markiyanovamarina@gmail.com*

Криптические виды *Chironomus* группы *plumosus* кариологически и цитогенетически хорошо изучены, показана роль хромосомного видообразования в эволюции данной группы, проведены филогенетические реконструкции на основе анализа кариотипов. Значение физических и биотических факторов среды в эволюции данной группы изучено недостаточно.

Большинство близкородственных видов *Chironomus* группы *plumosus* симпатричны – их личинки совместно обитают в одном водоеме. Подобные виды могут непрерывно сосуществовать в природе, без замещения одного вида другим (Грант, 1991). Возможность их сосуществования обусловлена сегрегацией экологических ниш за счет пространственной и трофической дифференциации. Пространственная дифференциация популяций криптических видов хирономид происходит на основе межвидовых различий в экопреферендумах в отношении какого-либо фактора. Было показано, что в градиентных условиях среды, области распространения популяций *Ch. balatonicus* и *Ch. plumosus* в Куршском и Вислинском заливах расходятся и перекрываются лишь частично в небольшой зоне, что обусловлено различиями их преферендумов в отношении фактора солености. Установлено, что пищевой спектр *Ch. plumosus* и *Ch. balatonicus* в условиях Куршского и Вислинского заливов не различается – их главной пищей является детрит, содержание которого в осадках данных заливов высокое и благодаря этому здесь складываются благоприятные кормовые условия.

Шмальгаузен (1968) была предложена гипотеза о том, что организмы, занимающие низшие звенья в трофической цепи,

не имеют перспектив дивергентной эволюции в данном конкретном местообитании. В их микроэволюции основная роль принадлежит возникновению адаптации к новым физическим условиям и новым местам обитания. Успешность занятия новой ниши зависит от активности организма в добывании пищи, защиты от хищников, плодовитости и уровня индивидуальной приспособляемости, определяемого запасом изменчивости (Шмальгаузен, 1968). Имеющаяся совокупность данных (кариологических и эколого-физиологических) по близкородственным видам *Chironomus* вполне соответствуют основным посылкам этой гипотезы.

Предположительно трофический фактор не играл значительной роли в дифференциации эвригалинного *Ch. balatonicus* от анцестрального в группе *plumosus* стеногалинного пресноводного *Ch. plumosus*. Питаясь преимущественно детритом и занимая низшие звенья трофической цепи, их начальная дивергенция была обусловлена адаптацией личинок *Ch. balatonicus* к более соленым водам. Успешное занятие новой ниши обеспечила высокая плодовитость, наличие разнообразных способов добычи пищи (седиментация, собирание корма с поверхности дна), защиты от хищников (строительство норок), а также большого запаса хромосомной изменчивости.

Дифференциация *Ch. balatonicus* от *Ch. plumosus* произошла не только на хромосомном (Кикнадзе и др., 1996) и генетико-биохимическом уровне (Филиппова и др., 1990), но и на экологическом уровне, за счет адаптациогенеза к новым условиям среды – *Ch. balatonicus* освоил новую экологическую нишу. Отсутствие гибридов в местах их совместного обитания, вероятно, свидетельствует о том, что прекопуляционные репродуктивные изолирующие механизмы сформированы, и процесс видообразования находится на завершающей стадии дивергенции.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ МЕЛКОВОДНОГО ХАРОВОГО ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1 ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООБЕНТОСА

П. В. Матафонов

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,
г. Чита, benthos@yandex.ru*

Экосистемы мелководных озер способны показывать удивительную устойчивость к негативному антропогенному воздействию. Озеро Кенон – мелководное харовое озеро, имеющее важное хозяйственное значение для Забайкальского края как водоем-охладитель Читинской ТЭЦ-1 и являющееся в то же время популярным местом отдыха читинцев. Развивавшаяся преимущественно по природным законам до середины прошлого века его экосистема в настоящее время стала природно-антропогенной. Разнообразные источники загрязнения озера и непредсказуемость появления новых угроз вносят неопределенность в дальнейшее развитие экосистемы озера. Существующая система мониторинга оз. Кенон ориентирована преимущественно на компоненты экосистемы озера, производится локально и по ограниченному перечню показателей, поэтому дает лишь частичное представление о состоянии его экосистемы.

Эпизодические исследования многолетней динамики таксономического состава, количественного развития, структуры сообществ зообентоса оз. Кенон в различных его частях в период с 2010 по 2015 гг. в рамках фундаментальных исследований показывают в целом благоприятное его состояние. Видовое обилие зообентоса центральной части озера в конце подледного периода в марте 2013 и 2015 гг. составило в среднем 7–9 видов на площади 0,025 м², индекс Шеннона – 1,5–1,9 бит/экз. Биомасса зообентоса центральной части озера составила в среднем 35–36 г/м², в ее структуре в 2013 г. доминировали личинки рр. *Chironomus* (71%), в 2015 г. доминировала амфипода *Gmelinoides fasciatus* (51%). На локальных участках вблизи ТЭЦ в 2013 г. было отмечено пониженное разнообразие и обилие зообентоса. Сказанное наряду с появлением в озере ряда

чужеродных видов позволяет сделать вывод, что экосистема озера находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Помимо теплового воздействия экосистема оз. Кенон подвержена токсическому загрязнению. В организмах зообентоса близки ТЭЦ-1 нами отмечено повышенное содержание V, As, Mo, а также выявлены морфологические деформации субментума у личинок хирономид. Морфологические деформации у организмов зообентоса оз. Кенон ранее были отмечены на примере моллюсков, собранных вблизи ТЭЦ-1 (Клишко и др., 2007). В соответствии с этапами развития кризиса (Ильяшук и др., 2001) с учетом наличия морфологических деформаций у организмов зообентоса, пониженному видовому разнообразию зообентоса подогреваемой зоны состояние экосистемы озера на локальных участках в глубинной зоне можно отнести к фазе стресса на физиологическом уровне этапа прогрессирующего кризиса.

В связи с представлениями о функционировании мелководных озер (Scheffer, van Nes, 2007) и данной оценкой экосистемы мероприятия по сохранению и восстановлению экосистемы оз. Кенон должны быть направлены на сохранение сообществ харовых водорослей, снижение теплового и недопущение токсического и прочих загрязнений озера. В программы мониторинга состояния экосистемы оз. Кенон необходимо включить исследования морфологических деформаций у организмов зообентоса и содержания в них токсических химических элементов.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ УЛОВОВ ЧЕРЕЗ ПОКАЗАТЕЛЬ СЕЛЕКТИВНОСТИ

А. К. Матковский

Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Тюмень, shotway@mail.ru

Уловы на единицу усилия или индексы численности широко используются для построения продукционных моделей и настройки когортных моделей. Считается, что данная информация дает адекватное представление о динамике численности

промыслового запаса, что позволяет рассчитывать коэффициенты смертности рыб, анализировать воздействие различных факторов, определять тенденции и строить прогнозы.

Несомненно, индексы численности, если они получены по неселективным уловам и отражают единицу обловленного пространства, являются важными количественными показателями. Однако далеко не всегда их удается получить. Во-первых, любой промысел селективен, во-вторых, не по всем орудиям лова возможно получение оценок относительной численности. Поэтому наряду с обловленным пространством важно учитывать и показатель селективности.

Стандартизация с учетом селективности достигается достаточно простыми действиями, если известны две вещи – вылов на усилие и истинное соотношение размерных групп анализируемого вида в водном объекте. Последовательность вычислений сводится к следующему:

1. На основе неселективного ряда значений размерных групп рыб определяется переводной коэффициент k_j , характеризующий отношение числа особей j размерного класса к числу особей условно выбранного эталонного размерного класса генерации.

$$k_j = \frac{n_j}{n_{эт}}, \quad (1)$$

где k_j – переводной коэффициент для j размерного класса генерации; $n_{эт}$ – количество рыб выбранного эталонного размерного класса генерации в неселективном ряду значений, экз.;

n_j – количество рыб j размерного класса генерации в неселективном ряду значений, экз.

Следует отметить, что эталонный размерный класс выбирается произвольно, т. е. имеет любое значение селективности. Роль стандартизации – исключить влияние фактора селективности.

2. Рассчитывается стандартизированный неселективный ряд численности.

$$C_{st j} = Y_{e \text{ эт}} * k_j, \quad (2)$$

где $C_{st j}$ – стандартизированное неселективное значение численности j размерной группы генерации, экз.;

$Y_{e \text{ эт}}$ – селективный вылов на усилие эталонной размерной группы генерации, экз.

Поскольку расчетами достигается полная пропорциональность значениям численности как по размерному, так и возрастному составу, то условно выбранный эталонный размерный класс должен быть одним и тем же для всех преобразуемых данных внутри генерации.

Аналогичный расчет можно выполнить и для величин селективного вылова с единицы водного объема. Такой расчет актуален для орудий лова, улов которых при переводе на орудие и время лова не дает оценок, пропорциональных численности.

Несмотря на очевидную простоту вычислений, стандартизированные ряды численности позволяют не только более точно определять коэффициенты общей смертности рыб, но и естественной. Расчет последней осуществляется, используя данные обратного расчисления роста рыб (Матковский, 2019).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИЙ: ВЫХОД ЗА ПРЕДЕЛЫ РЕДУКЦИОНИЗМА

А. Б. Медвинский¹, Б. В. Адамович², Н. И. Нуриева¹, А. В. Русаков¹

*¹Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
г. Пущино*

*²Белорусский государственный университет, г. Минск,
belaqualab@gmail.com*

Предлагается подход к моделированию динамики популяций гидробионтов, который предполагает непосредственное включение в математическую модель данных мониторинга озерных экосистем и последующий анализ сопряженности полученных в ходе моделирования временных рядов, характеризующих пополнение популяций, с полученными в ходе мониторинга временными рядами, характеризующими колебания во времени факторов окружающей среды: прежде всего температуры и концентрации биогенов, – с целью выявления влияния этих факторов на динамику популяций.

Работа поддержана грантом РФФИ 17-04-00048.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ТИПОЛОГИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ (КАВКАЗ)

**Н. М. Мингазова¹, О. В. Палагушкина¹, О. Ю. Деревенская¹,
Э. Г. Набеева¹, Р. С. Дбар², Д. Ю. Мингазова³, В. М. Иванова¹,
И. С. Шигапов¹, Н. Г. Назаров¹, А. А. Нуриева¹, Р. И. Ахмадуллина¹,
А. А. Галиуллина¹, Р. Р. Мингалиев¹**

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

²Институт экологии АН Абхазии, г. Сухум, Абхазия

*³Королевский Мельбурнский технологический университет, г. Мельбурн,
Австралия, ntingas@mail.ru*

Республика Абхазия (РА) характеризуется хорошо развитой речной сетью, включающей большое количество водотоков, относящихся к бассейну Черного моря. При инвентаризации водных объектов с использованием программ GoogleEarth, SAS. Planet и QGIS выявлено, что общее количество всех водотоков РА составляет 4977 объектов, включая временные водотоки, общей длиной около 10 тыс. км. 61 река и 6 ручьев непосредственно впадают в Черное море, общей длиной более 1100 км. Многие реки обладают хорошо развитой речной сетью с сотнями притоков. По космоснимкам выявлено 350 водоемов (281 озеро и 69 прудов). Типологически по местоположению делятся на горные, предгорные и равнинные; по происхождению – на каровые, карстовые, тектонические, пойменные, по составу вод – на пресные или солоноватые.

В ходе российско-абхазских экспедиций 2007–2018 гг. было обследовано более 120 водных объектов РА (20 озер, 80 рек, ручьи, водопады и пещерные озера). По химическому составу встречаются ультрапресные воды с очень малой минерализацией, пресные с повышенной минерализацией, солоноватоводные и соленые.

Разнообразие типов вызывает разнообразие условий обитания. В фитопланктоне водных объектов РА определено 256 видов из 8 отделов, с преобладанием диатомовых водорослей. Больше видов отмечается в озерах, в реках и пещерах видов меньше.

Зоопланктон водных объектов Абхазии представлен 46 видами (22 – коловратки, 24 – ракообразные). Наибольшее число видов встречено в озерах, реки и пещерные озера отличаются чрезвычайно низким видовым составом. 27 видов было определено в пресных озерах, в соленых – 22. Количественные показатели зоопланктона низкие. Наиболее высокая биомасса зоопланктона отмечалась в пресноводных озерах.

В составе зообентоса водных объектов Абхазии выявлено 287 видов, относящихся к 3 типам, 6 классам, 25 отрядам, 103 семействам и 187 родам. Наибольшее количество видов отмечается в литорали озер и рек со спокойным течением. Разнообразие типов водных объектов приводит к высокому биоразнообразию, встречаются редкие виды и виды-эндемики. В пещерных водах встречаются ракообразные *Diacyclopsbicuspidatus* (Copepoda), эндемичный гаммарус *Niphargusalasonius*, эндемичная пресноводная креветка *Troglocarisanophthalmus*.

Ихтиофауна водных объектов Абхазии представлена 23 видами рыб для устьевых участков рек и 26 видами для озер. Преобладающим отрядом является отряд карпообразные. Фоновыми видами являются южная быстрянка и гамбузия, часто встречаются уклейка кавказская, верховка кавказская и голянь обыкновенный.

На основании исследований типологически повторяющихся объектов выявлено высокое биологическое и таксономическое разнообразие рек и озер Абхазии: 256 видов микроскопических водорослей, 46 видов зоопланктона, 287 видов зообентоса и 26 видов ихтиофауны. Много видов относится к категории редких.

В послевоенных условиях в РА усилилось воздействие на устьевые участки рек. Необходимо принятие мер по сохранению благополучного состояния рек Абхазии.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПИГМЕНТОВ В ВОДЕ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Н. М. Минеева

*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, п. Борок,
mineeva@ibiw.yaroslavl.ru*

Сведения о растительных пигментах используют для получения оперативной информации о развитии и состоянии альгocenозов, а также – о состоянии водной среды. Исследования пигментов волжского фитопланктона были начаты в середине XX в. И. Л. Пыриной. К настоящему времени накоплены обширные материалы по отдельным водохранилищам, при этом данные, относящиеся ко всему каскаду и представляющие интерес для сравнительного экосистемного анализа, немногочисленны (Минеева, 2004; Mineeva, 2018). Они собраны в летний период 1989–1991 и 2015–2018 гг. при максимальном прогреве водной толщи на 70–100 русловых станциях восьми водохранилищ и нижнего незарегулированного участка Волги. Настоящая работа посвящена анализу этих данных.

За весь период исследований содержание хлорофилла *a* (Хл *a*) в воде волжских водохранилищ изменялось в широких пределах от < 10 до > 100 мкг/л. Во второй половине XX в. в водохранилищах Верхней и Средней Волги в равных пропорциях (~45 % общей выборки) были представлены концентрации Хл *a* < 10 мкг/л, характерные для олиготрофных и мезотрофных вод, а также концентрации 10–30 мкг/л – признак умеренно эвтрофных и эвтрофных вод. Около 10 % составляли величины > 30 мкг/л (признак политрофных и гипертрофных условий), характерные для летнего «цветения» воды. В водохранилищах Нижней Волги преобладали концентрации < 10 мкг/л (69%), вторую позицию (27%) занимал диапазон 10–30 мкг/л, доля максимальных величин была незначительной. Современные наблюдения выявили существенный рост содержания Хл *a* в водохранилищах Верхней Волги: относительное количество величин

< 10 мкг/л снизилось до 11%, диапазон 10–30 мкг/л составил 66%, а доля максимальных величин выросла до 23%. Соотношение рангов Хл *a* в водохранилищах Средней Волги осталось неизменным, а в водохранилищах Нижней Волги поменялось несущественно за счет небольшого (до 63%) снижения низких значений и роста до 37% верхнего диапазона, ограниченного пределом 30 мкг/л (более высокие концентрации Хл *a* не обнаружены). Несмотря на выявленные различия, в волжском каскаде на протяжении всего периода наблюдений сохраняется тенденция к снижению содержания Хл *a* от верхних водохранилищ к нижним. Объяснением служит изменение водного режима Волги, связанное с увеличением проточности и объема водного стока вниз по течению, а также сокращением боковой приточности в нижней части бассейна. Во всех водохранилищах отмечаются межгодовые изменения Хл *a*, которые носят циклический характер и зависят от гидроклиматических условий. В последние годы эти флуктуации не выходят за рамки одной трофической категории в эвтрофных Ивановском, Угличском и Чебоксарском водохранилищах, мезотрофных Саратовском и Волгоградском. Трофический статус Рыбинского, Горьковского и Куйбышевского водохранилищ с их неустойчивым гидрологическим режимом и сложной морфометрией, в годы с разными температурными условиями меняется от мезотрофного до умеренно эвтрофного и эвтрофного. На фоне глобального потепления более обильной и продолжительной становится вегетация синезеленых водорослей, что подтверждают данные по составу фитопланктона (Корнева, 2015), а также данные по содержанию хлорофилла *a*, полученные спектрофотометрическим и флуоресцентным методами.

Исследование выполнено в рамках госзадания АААА-А18-118012690096-1.

ОПЫТ РЕГИОНАЛЬНОГО НОРМИРОВАНИЯ НЕФТИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА (ХМАО-ЮГРЫ)

Л. В. Михайлова, А. А. Кудрявцев

*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного
Зауралья, г. Тюмень,*

*ФГБНУ Тюменский филиал ВНИРО (Госрыбцентр), г. Тюмень,
ecotoxic@gosrc.ru*

Многолетние исследования, проведенные нами на территории ХМАО, показали, что оценка содержания нефтепродуктов (НП) в воде не является объективным показателем нефтяного загрязнения водных объектов и его опасности. Нефть, представляя собой в основном сложную смесь углеводородов (УВ) разных классов (алканы, нафтены, арены и др.), плохо растворимых в воде, через короткое время после попадания в водоем достигает фоновой (для нефтедобывающих регионов) концентрации – 0,1–0,15 мг/дм³, а тяжелые фракции нефти накапливаются в донных отложениях (ДО). В связи с этим нами разработано «Временное методическое руководство по нормированию уровней содержания химических веществ в донных отложениях поверхностных водных объектов (на примере нефти)» (2002) и установлен региональный эколого-рыбохозяйственный норматив ПДУ нефти в ДО – 0,02 г/кг (Постановление Правительства ХМАО № 441, 2004).

В настоящее время перед нефтяными компаниями остро встала задача ликвидации накопленного экологического вреда, в том числе очистка и восстановление нефтезагрязненных озер (Пост. Правительства ХМАО № 409-п «Обеспечение экологической безопасности ХМАО на 2016–2020 гг.»). Для его реализации разработан дифференцированный норматив ДОСН_{ДО} (допустимое остаточное содержание нефти в ДО) после проведения восстановительных работ, который утвержден как региональный (Пост. Правительства ХМАО № 432-п,

2018). ДОСН_{до} установлен на основе модельных экспериментов и полевых исследований на фоновых и загрязненных нефтью озерах на территории ХМАО-Югры, содержащих в ДО разное количество органических веществ: до 10 % – минеральные, от 10 до 60 % – смешанные, свыше 60 % – органогенные. Были исследованы: гидрохимический режим и содержание НП в воде и ДО, их токсичность, качественные и количественные показатели бактерио-, фито-, зоопланктона и макрозообентоса, проанализирована коррелятивная связь между биологическими и химическими показателями.

Результаты исследования показали, что:

1. Концентрация суммарного содержания НП в воде не коррелирует с их содержанием в ДО и лимитируется низкой растворимостью УВ.
2. Суммарное содержание УВ в ДО включает эндогенные (природные) УВ, количество которых на уровне фоновых концентраций для органогенных ДО, может достигать 80 %.
3. На таксономический состав и количественные показатели планктона влияет содержание биогенов (N, P) и ОВ, независимо от типа ДО и содержания в них НП. Объективным показателем экологического состояния водоема является таксономический состав макрозообентоса, который коррелирует с содержанием НП в ДО и суммарным индексом токсичности.
4. Установленная величина ДОСН для минеральных ДО составляет **0,2 г/кг**, для органогенных и смешанных ДО она зависит от присутствия в них эндогенных УВ, определяемых совместно с НП разными аналитическими методами, и составляет **4,0 г/кг** (ИК-фотометрия) и **1,0 г/кг** (флуориметрия).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДУШНО-ПУЗЫРЬКОВОЙ ЗАВЕСЫ В КАЧЕСТВЕ РЫБОЗАЩИТЫ

А. В. Мишакин, Е. Н. Ядренкина

Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения
РАН (ИСиЭЖ СО РАН), г. Новосибирск, pir1993@bk.ru

Несмотря на широкое применение воздушно-пузырьковой завесы в качестве рыбозащитного устройства (РЗУ) в системах водозаборов (ВЗ) предприятий и водоканалов населенных пунктов, научные публикации, посвященные изучению эффективности этих систем, крайне редки.

В 2017–2018 гг. проведено изучение прохождения рыб через воздушно-пузырьковую завесу РЗУ водозабора ковшевого типа, создаваемую перед рыбозащитной сетью с ячейей 10 × 10 мм. Сеть перегораживает водоприемный ковш водозаборной насосной станции со стороны русла р. Бердь (бассейн Верхней Оби, Новосибирская область).

Отловы рыб проводили ежемесячно с внешней и внутренней стороны РЗУ. Верхние горизонты воды облавливали разноячейными ставными сетями и экранами, для отлова донных рыб использовали мальковый невод и ставные ловушки по типу «морда» и «раколовка». За весь период исследования в зоне водозабора зарегистрированы 10 видов рыб: лещ *Abramis brama*, уклейка *Alburnus alburnus*, китайский карась *Carassius auratus*, язь *Leuciscus idus*, елец *Leuciscus leuciscus*, плотва *Rutilus rutilus*, обыкновенная щука *Esox lucius*, обыкновенный ёрш *Gymnocephalus cernuus*, речной окунь *Perca fluviatilis*, обыкновенный судак *Sander lucioperca*. По численности и биомассе в составе уловов доминировали уклейка, плотва, елец и окунь.

Выявлено, что эффективность РЗУ по отношению к разным видам рыб существенно различается: наиболее высока для относительно крупных промысловых видов рыб – язя и окуня средних и старших возрастных групп (100%), для младших возрастных групп леща и щуки (0–1 лет) варьирует в пределах 91–93%, для ельца и плотвы составляет 82–84%. При этом воздушно-пузырьковая завеса создает благоприятный газовый режим в зоне высокой

турбулентности воды, тем самым привлекает мелких рыб-реофилов, чувствительных к концентрации растворенного в воде кислорода, она не препятствует прохождению в водоприемный ковш водозабора сеголеток разных видов, а также уклейки, ерша и мелкого окуня в возрасте 1–3 лет. Следовательно, воздушно-пузырьковая завеса не препятствует свободному прохождению мелких рыб в канал водозабора. А рыбы с относительно крупными размерами тела не могут преодолеть рыбозащитную сеть.

Важно отметить, что в водоприемном ковше водозабора личинки рыб не регистрировались. С одной стороны, прохождение половозрелых рыб в период размножения в водоприемный ковш, где они могли бы осуществлять нерест ограничено рыбозащитной сетью, с другой, – плавательные возможности личинок не позволяют им со стороны русловой части реки самостоятельно преодолеть зону турбулентности.

Таким образом, воздушно-пузырьковая завеса проявляет эффективность только в отношении личинок рыб.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ИХТИОКОМПЛЕКСА В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ БЕРДЬ (БАССЕЙН ВЕРХНЕЙ ОБИ)

А. В. Мишакин, Е. Н. Ядренкина

*Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения
РАН (ИСиЭЖ СО РАН), г. Новосибирск, pir1993@bk.ru*

С целью выявления закономерностей пространственной организации рыбного населения в бассейне Верхней Оби проведено изучение динамики видового состава и плотности распределения рыб в предгорном притоке – р. Бердь. Исследование связано с оценкой внутригодовой миграционной активности разных видов на одной и той же площади речного русла (в 37 км выше устья). Река Бердь – правобережный приток Новосибирского водохранилища.

Рыб младших возрастных групп (1–2 года) отлавливали в прибрежной зоне реки с использованием малькового невода (размер

ячей 4Ч4 мм, размах крыльев 10 м), для поимки донных рыб устанавливали ставные ловушки типа «краколовка» и «морда», для отлова рыб средних и старших возрастных групп (> 2 лет) – ставные жаберные разноячейные сети и экраны (площадью 1.2Ч0.8 м).

Результатами проведенных ежемесячных контрольных обловов тестируемого участка, осуществляемых с июля 2017 по июль 2018 гг., зарегистрированы 10 видов рыб: лещ *Abramis brama*, уклейка *Alburnus alburnus*, китайский карась *Carassius auratus*, язь *Leuciscus idus*, елец *Leuciscus leuciscus*, плотва *Rutilus rutilus*, обыкновенная щука *Esox lucius*, обыкновенный ёрш *Gymnocephalus cernuus*, речной окунь *Perca fluviatilis*, обыкновенный судак *Sander lucioperca*. Основу видового состава по численности и биомассе составили карповые: уклейка (45 % от общей численности), плотва (18 %), елец (6 %), лещ (2 %). Доля окуневых была несколько ниже: 16 % окуня и 7 % ерша, а щуки – 6 %. Язь, китайский карась и судак регистрировались единично. В целом выявлена высокая доля чужеродных видов рыб в составе рыбного населения реки: численность уклейки, леща, китайского карася и судака в настоящее время превышает 45 % при общей биомассе около 40 %.

Сравнительный анализ показал, что видовой состав рыб в разные сезоны года не одинаков: доля карповых в зимний и весенний периоды превышает 90 % общей численности рыб и составляет от 66 до 96 % общей биомассы, а в летний и осенний периоды их численность варьирует от 71 до 73 % при биомассе 62 %.

О плавательной (миграционной) активности рыб в разные сезоны года можно судить опосредованно, по активности питания. Вскрытие желудочно-кишечных трактов уклейки, плотвы и ельца в зимний и весенний (март) периоды выявило отсутствие гидробионтов. Поэтому их приуроченность к одному и тому же экотопу русла реки [при условии благоприятного газового режима] связана с сохранением энергетических ресурсов, а следовательно, – наименьшей плавательной активностью. Желудки окуня и ерша были наполнены бентосными организмами круглый год. Снижение доли окуневых в зоне проведения исследования [в период ледостава] отражает их активное перемещение по речному руслу в поиске кормовых объектов в течение всего года.

ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ПАНЦИРНОЙ БОЛЕЗНИ СРЕДИ ПРОМЫСЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

С. В. Мишопита, Т. А. Карасева, Л. Н. Голикова

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Мурманск, mishopita@pinro.ru

Камчатский краб и краб-стригун опилио – ценные объекты промысла Баренцева моря. В связи с увеличением общей численности и биомассы данных интродуцированных видов в Баренцевом море возникает необходимость изучения их эпизоотического состояния. Цель работы – оценка встречаемости панцирной болезни (ПБ) в популяциях камчатского краба и краба-стригуна опилио Баренцева моря. Исследования проводились в 2018 г. в ходе траловых съемок на НИС «Профессор Бойко» в Баренцевом море. Для получения данных о распространении панцирной болезни одновременно с полным биологическим анализом особей осматривали и регистрировали ракообразных с внешними признаками заболевания. От особей с характерной клинической картиной отбирали материал для дальнейших лабораторных исследований.

Панцирная болезнь – одно из наиболее распространенных заболеваний ракообразных, характеризующееся язвенным поражением экзоскелета. В Баренцевом море у камчатского краба зарегистрирована панцирная болезнь, возбудителями которой считаются бактерии родов *Cytophaga* и *Flavobacterium* (Сердюк, 1999).

За период наблюдения количество краба-стригуна с эрозивными и язвенными поражениями экзоскелета, а также с деструктивными изменениями внутренних органов составило 6,1%, количество камчатского краба – 9,2% от числа проанализированных особей. При этом у большего количества пораженных особей (5,1–5,3%) болезнь находилась на начальной стадии развития (табл.). Встречаемость панцирной болезни у краба стригуна опилио варьирует от 0,7% (Колгуевский район) до 10,3% (район Вайгача). Для камчатского краба встречаемость заболевания составляет от 0,5% (Канино-Колгуевское мелководье) до 15,3% (Канинская банка).

Количество крабов с ПБ разной степени развития
в Баренцевом море

Виды краба	Количество особей по стадиям развития болезни, %			Всего
	начальная	средняя	сильная	
Краб-стригун опилио	5,1	0,6	0,4	6,1
Камчатский краб	5,3	2,5	1,4	9,2

Подавляющее большинство ракообразных с характерной клинической картиной ПБ имели «старый» панцирь (72,7% пораженных крабов находились в 3-й поздней или 4-й межлиночной категории). Результаты исследования показали, что с увеличением межлиночной категории происходит постепенное прогрессирование панцирной болезни с вовлечением в процесс язвенного поражения все более обширных участков экзоскелета. Вследствие этого доля пораженных крабов выше в районах с преобладанием особей с покровами 3-й поздней и 4-й межлиночных категорий.

В целом, учитывая невысокий уровень встречаемости панцирной болезни с сильной степенью развития, эпизоотическую ситуацию по данному заболеванию в исследуемых районах можно считать удовлетворительной. Однако возможные негативные эффекты ПБ требуют постоянного наблюдения за эпизоотическим состоянием промысловых популяций крабов Баренцева моря.

ВОДНАЯ ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД И «ЗДОРОВЬЯ» ЭКОСИСТЕМ

Т. И. Моисеенко

*Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН,
г. Москва, moiseenko@geokhi.ru*

Впервые экотоксикология, как одно из направлений токсикологии, была выделена в 1969 г. R. Thruhaut, который сформулировал ее основные задачи: «изучение влияния природных или синтезированных токсичных веществ на экосистемы, животных

(включая и человека), растения и микробные сообщества». С 1970-х гг. проведены серии совещаний и создан ряд международных объединений, таких как Международное объединение экотоксикологии и безопасности окружающей среды (International Society of Ecotoxicology and Environmental Safety, SECOTOX) и другие. В России основы водной токсикологии были заложены Н. С. Строгановым в период 1960–1970-х гг., когда появились негативные последствия токсичных сбросов от промышленных объектов. Он дает следующее определение водной токсикологии как науке, «изучающей закономерности токсического влияния водной среды на водные организмы и на биологические процессы, протекающие в водоеме», что было созвучно с задачами водной экотоксикологии.

В приложении к водам суши методология оценки качества вод и нормирования антропогенных воздействий основывается на трех основных позициях.

- Обоснование информативных биологических критериев «здоровья» экосистемы, отражающие негативные эффекты загрязнения вод в численных значениях.
- Сжатие многоплановой гидрохимической информации к единому показателю состояния абиотической среды, адекватно отражающие дозу воздействия.
- Определение доза-эффектных зависимостей и критических уровней загрязнения вод.

Степень точности определения интегральной дозы и информативность критериев диагностики «здоровья» экосистемы определяется разработанностью сложных в теоретическом плане задач в области наук о Земле и жизни, таких как: 1) закономерности миграции, трансформации, седиментации и поведения антропогенно-привнесенных элементов, их взаимодействие с природными факторами; 2) закономерности антропогенной изменчивости экосистем, устойчивость и пределы адаптации, «норма и патология» или пограничные состояния биологических систем и т. д. Рассчитанные доза-эффектные зависимости дают информацию о наиболее значимом в практическом плане вопросе – насколько сформированные под влиянием загрязнения новые свойства вод опасны для водного населения и насколько

необходимо снизить уровень загрязнения вод, чтобы качество вод соответствовало благоприятным условиям существования и размножения водных обитателей.

Проведенные исследования в рамках экотоксикологического подхода на примере ряда водных объектов России и зарубежья (субарктическое оз. Имандра, водохранилища Волжского бассейна, Субтропическое водохранилище Тайваня) показали эффективность выявления основного повреждающего фактора для экосистем и практическую значимость решения задач нормирования загрязнения. На основе доза-эффектных зависимостей, полученных путем натуральных исследований на водных объектах различных природно-климатических зон, раскрыты причинно-следственные связи между качеством вод (токсичными элементами и веществами) и заболеваемостью рыб. На их основе показаны уровни необходимого снижения загрязнения вод токсичными веществами.

Приведенные примеры оценок качества вод в рамках экотоксикологической парадигмы наглядно продемонстрировали, что водная экотоксикология формирует знания, которые необходимы для разработки превентивных мер качественного истощения водных ресурсов и сохранения здоровья человека.

ПОКАЗАТЕЛИ ЗАРАЖЕННОСТИ ОКУНЯ PERCA FLUVIATILIS (L.) ТРЕМАТОДОЙ ICHTHYOCOTYLURUS VARIEGATUS (CREPLIN, 1825) НА РАЗНЫХ УЧАСТКАХ ВЕРХНЕЙ ОБИ

А. В. Морозко, А. М. Визер, М. А. Дорогин

*Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЗанСибНИРО»),
г. Новосибирск, sibribniiproekt@mail.ru*

Верхнее течение р. Оби можно разделить на три участка: участок р. Оби выше Новосибирского водохранилища, Новосибирское водохранилище и участок ниже плотины ГЭС. Каждый участок характеризуется специфическими гидрологическими и термичес-

кими режимами. Участок выше Новосибирского водохранилища имеет естественные показатели уровня воды, и термический режим его зависит от сезонности, что позволяет считать его экологически наиболее стабильным. Участки Новосибирского водохранилища и р. Оби ниже гидроузла зависят от режима работы ГЭС и в течение года не имеют постоянных показателей уровня и температуры воды. Фаунистически данные участки также достаточно различимы. За счет появления Новосибирского водохранилища произошли заметные изменения в экосистеме. На его акватории значительно доминируют акклиматизанты (судак, лещ, сазан). Р. Обь ниже плотины отделена створами ГЭС, затрудняющими миграции рыб. Тем не менее, существуют виды рыб, которые обитают на всех трех участках верхнего течения р. Оби.

В настоящее время окунь – один из массовых аборигенных видов, обитающих на акватории трех участков. Наиболее часто этот вид рыб, независимо от экологической принадлежности к тому или участку Верхней Оби, заражен трематодами семейства Strigeidae (*I. variegatus* (Streplin, 1825)).

Ранее нами была выявлена взаимосвязь между уровнем водности и показателями зараженности окуня Новосибирского водохранилища данным паразитом.

Целью работы являлось сравнение показателей зараженности окуня трематодой *I. variegatus* на разных участках Верхней Оби.

Отбор материала для изучения проводился в 2018 г. на трех участках Верхней Оби. Критериями отбора исследуемых экземпляров служил возраст (2+ – 3+), чтобы минимизировать возможный накопительный эффект инвазии. Оценивая зараженность рыб, использовались показатели экстенсивности инвазии, интенсивности заражения, индекс обилия.

Наиболее высокая зараженность по всем показателям наблюдалась у окуня из Новосибирского водохранилища. У окуня, отобранного на верхнем участке, показатели были ниже, чем у окуня из водохранилища, но в целом достаточно высокие. Это можно объяснить усилением инвазии за счет сезонных миграций окуня из водохранилища. Самая низкая зараженность по всем показателям была у окуня, отловленного ниже плотины ГЭС, так как

на этом участке нестабильный уровень воды не позволяет развиваться моллюскам (первым промежуточным хозяевам *I. variegatus*) и мала вероятность ската зараженных особей через створы ГЭС из Новосибирского водохранилища.

Таким образом, выявлены различия между показателями зараженности трематодой *I. variegatus* у окуня из разных участков Верхней Оби, связанные с особенностями гидрологических и термических режимов всех трех участков, а также сезонными перемещениями рыб.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДНОЧЕРПАТЕЛЬНОГО МАКРОЗООБЕНТОСА В АВАЧИНСКОЙ ГУБЕ (ЮГО-ВОСТОК КАМЧАТКИ) С АПРЕЛЯ ПО ОКТЯБРЬ 2018 г.

Т. Б. Морозов, И. А. Блохин

*Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский, tmorozov@kamniro.ru*

Исследования проводили на 2-х прибрежных станциях (ТМ1 и ТМ2 (контрольная)) ежемесячно с апреля по октябрь 2018 г. в рамках мониторинга при проведении дноуглубительных работ. Пробы грунта отбирали дночерпателем «Океан-50» в двукратной повторности, после чего промывали на промывочной установке с ситами с ячейей 25, 10, 5 и 1 мм. Фиксировали 4% раствором формалина на морской воде. Промытые пробы разбирали под стереомикроскопом МБС-10, после чего отобранных животных определяли до вида, подсчитывали количество особей каждого вида, взвешивали, после просушки на фильтровальной бумаге, с точностью до 0,001 г и пересчитывали количество и биомассу на 1 м². Всего за период исследований идентифицирован 61 вид беспозвоночных, отнесенных к 5 типам и 7 классам.

На обеих станциях ведущими по биомассе группами макрозообентоса являлись Crustacea, Polychaeta и Mollusca.

Биомасса Polychaeta складывалась в основном за счет *Asabellides sibirica*. В апреле на ТМ1 биомасса полихет составила 19,530 г/м². С течением времени биомасса этой группы изменялась от максимума в 741,908 г/м² в мае, до осеннего минимума (53,050 г/м²) в октябре, с пиковым показателем 434 г/м² в августе. В июне биомасса этой группы животных составила 188,390 г/м², в июле – 86 г/м² в сентябре – 211,938 г/м². На контрольной станции ТМ 2 максимум биомассы отмечен в мае – 586,268 г/м², в июне она снизилась до 529,792 г/м², а в июле, в отличие от ст. ТМ 1, выросла до 708,968 г/м². С августа по октябрь ее значения относительно стабильны 218,066 г/м², 263,608 г/м², 203,819 г/м² соответственно.

Ведущим видом второй группы – двустворчатые моллюски (*Bivalvia*) – была *Macoma calcarea*. Биомасса этой группы изменялась от 1062,000 г/м² в апреле до 123,800 г/м² в октябре, при максимуме биомассы в августе – 1186,496 г/м². На ТМ2 максимум биомассы также отмечен в августе – 871,860 г/м².

Третья ведущая группа – ракообразные, среди которых до вида идентифицировано 27 таксонов. Максимум биомассы ракообразных на ТМ1 отмечен в сентябре (15,604 г/м²), а на ТМ2 – в июле (5,460 г/м²). Ведущий вид – *Ischiroceros krascheninnikovi* (1,084 г/м²).

Общая биомасса дночерпательного макрозообентоса за период исследований на ТМ1 изменялась от 1086,000 г/м² в апреле до минимума (176,885 г/м²) в октябре с самым высоким показателем в августе – 1644,435 г/м².

Биомасса общего макрозообентоса на ТМ2 показала изменение от 844,1 г/м² в апреле до 543,890 г/м² в октябре. Самые высокие показатели биомассы макрозообентоса на этой станции были в мае – 1908,904 г/м² и августе – 1094,466 г/м².

Плотность поселения макрозообентоса на ТМ1 изменялась от 4956 экз./м² в апреле до минимума (340 экз./м²) в октябре, в мае этот показатель составил 5064 экз./м², в августе – 2072 экз./м².

На ТМ2 плотность поселения организмов морского макрозообентоса составила в апреле 1028 экз./м², в октябре – 859 экз./м². В мае и августе этот показатель достигал максимальных значений, 7556 экз./м² и 7484 экз./м² соответственно.

ИХТИОФАУНА ЛИТОРАЛИ ОСТРОВА МАТУА (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

М. Ю. Мурашева

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, rossiasvaslubit@gmail.com

До настоящего времени сведения об ихтиофауне литорали Курильских островов довольно немногочисленны, поскольку многие из островов труднодоступны и необитаемы. К их числу относится небольшой о. Матуа, расположенный в северной части группы средних Курильских островов. Летом 2017 г. автором выполнены сборы рыб в его приливно-отливной зоне. Цель данной работы – дать представление об ихтиофауне литорали о. Матуа, а также краткую информацию о размерах и составе пищи ее представителей, наиболее массовых в уловах.

Материал собран в период с 29.07 по 25.08.2017 г. в рамках XXI Камчатско – Курильской экспедиции Русского географического общества, при содействии Министерства обороны Российской Федерации на двух участках литорали о. Матуа у мыса Юрлова и в бухте Двойной. Облов производили руками под камнями в приливно-отливных лужах и мелкочаеистым сачком во время максимальных отливов. Выловленных рыб фиксировали в 6%-ном формалине, последующую камеральную обработку проводили в лабораторных условиях. Состав пищи наиболее массовых в уловах видов исследовали в соответствии с «Методическим пособием» (1974).

На литорали о. Матуа были обнаружены 13 видов рыб из 6 семейств: золотистый морской петушок *Alectridium aurantiacum* (Stichaeidae), командорелла *Comandorella popovi* (Zoarcidae), зайцеголовый терпуг *Hexagrammos lagocephalus* (Hexagrammidae), липарис *Liparis* sp. (Liparidae), расписной *Pholis picta* и длиннобрюхий *Rhodymenichthys dolichogaster* маслюки (Pholidae), бычок-бабочка *Melletes papilio*, матуанский бычок *Microcottus matuaensis*, черный *Myoxocephalus niger* и мраморный *M. stelleri* керчаки, камчатский *Porocottus*

camtschaticus и белопятнистый *P. mednius* бахромчатые бычки, остроносый триглопс *Triglops pingelii* (Cottidae). Наибольшее разнообразие было характерно для рогатковых, представленными 7 видами (около 54% от всех зарегистрированных рыб). Самым многочисленным среди них оказался камчатский бахромчатый бычок – около 40% от общего числа пойманных рыб, вторым по численности в уловах был черный керчак (29%). Поскольку сведения о биологии этих двух видов рогатковых в литературе немногочисленны, ниже приводится краткая информация об их размерах и составе пищи.

Среди 53 пойманных экз. камчатского бахромчатого бычка 22 оказались самцами, 20 – самки и еще 11 – ювенильными особями. Самцы этого вида крупнее самок, их максимальная длина достигала 94 мм, а масса тела – 7,5 г, у самок – 70 мм и 4,2 г. В бухте Двойная в летние месяцы камчатский бахромчатый бычок имел сравнительно широкий спектр питания, но доминировали бокоплавы, составляющие 42,7% по массе. На втором месте идут различные моллюски – брюхоногие (*Littorina* sp., 18,9%), двустворчатые (*Modiolus modiolus*, 12,1%) и хитоны (Polyplacophora, 4,3%). У бычков с литорали вблизи м. Юрлова состав пищевых компонентов оказался беднее: основным объектом питания были многощетинковые черви (*Nereis vexillosa*) – 68,2%, доля бокоплавов составила 32,8%.

Черного керчака поймано 20 экз., которые в июле–августе на обследованном участке литорали бухты Двойная были представлены особями размером 54–125 мм с массой тела 2,6–39,5 г. Однако чаще всего встречались бычки длиной 50–70 мм с массой тела от 2 до 4 г. Основной пищей этому керчаку в бухте Двойная служили бокоплавы Amphipoda (от 14 до 50%) и хитоны Polyplacophora (от 8 до 65%).

О НЕСОВПАДЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ОПТИМУМОВ ОБИТАНИЯ ПСИХРОФИЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИХ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ СИСТЕМ

**В. А. Мухин, В. Ю. Новиков, А. В. Барышников, К. С. Рысакова,
О. Р. Узбекова, Н. В. Шумская**

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича),
г. Мурманск, vmukhin@pinro.ru*

В последние десятилетия многие ученые посвящают свои исследования поиску новых ферментов, источником выделения которых являются морские организмы – обитатели холодных морей. Скринингу подвергаются различные живые существа от микроорганизмов и грибов до позвоночных. Сформировалось целое направление исследований под общим брендом «Морской Арктический биопроектинг».

Среди морских биохимиков весьма популярна идея существования ферментов, адаптированных к холодным условиям среды обитания. Основное направление поиска состоит в обнаружении ферментов с уникальными психрофильными свойствами и базируется она на факте существования организмов-психрофилов, которые более комфортно функционируют при низких температурах. Некоторые исследователи даже допускают возможность существования «холодолюбивых» протеиназ со сверхвозможностями, способных проявлять более высокую активность при более низких температурах. Термин «психрофильный» по отношению к ферментам стал активно применяться и подменять собой термины «холодоадаптированный» и «холодоустойчивый». Однако, по-нашему мнению, между этими понятиями существует принципиальная разница.

Нами были экспериментально определены температурные различия в проявлении протеолитической активности комплекса ферментов, полученных из пищеварительных органов гомо- и пойкилотермных животных. На примере этих ферментов нами было показано, что не существует абсолютной оптимальной температуры для проявления максимума ферментативной активности. Начальная скорость ферментативной реакции всегда будет

максимальной при максимальной температуре, согласно законам термодинамики. Определяемый экспериментально «кажущийся температурный оптимум» зависит от продолжительности инкубации и может колебаться в значительных пределах.

Существуют количественные различия в структуре белков-ферментов обитателей холодных морей и наземных теплокровных существ, которые обеспечивают возможность существования в качественно различных природных средах. Эти биохимические отличия, на наш взгляд, обеспечивают некоторые сдвиги в «кажущемся температурном оптимуме» работы ферментов обитателей холодных морей, однако эти сдвиги весьма ограничены. Возможно, химическая эволюция, взявшая старт значительно раньше чем биологическая эволюция, привела к образованию практически совершенных ферментов с термодинамической точки зрения. Именно по этой причине, оптимальная температура для жизнедеятельности психрофильных организмов и оптимальная температура для работы их ферментных систем не совпадает по значению и по сути это разные понятия. Термин «психрофильный», принятый для описания организмов, предпочитающих холодные условия обитания, не должен автоматически распространяться на ферменты, выделенные из этого организма. Мы предлагаем для таких ферментов использовать термины «криорезистентный», холодоадаптированный» или «холодоустойчивый», подчеркивая тем самым существенную разницу между оптимальной температурой для существования организма и «кажущимся температурным оптимумом» для работы его ферментных систем.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ СИДЯЧИХ ИНFUЗОРИЙ НА ОДНОРОДНЫХ СУБСТРАТАХ

И. А. Мухин, Ю. Н. Синельщиков

Вологодский государственный университет, г. Вологда, ivmukhin@mail.ru

Сообщества перифитона представляют собой специфическую группу организмов, населяющих погруженные в воду субстраты. Среди них особую роль играет группа прикрепленных инфузорий,

которые широко представлены в разнотипных экосистемах и являются ключевым компонентом микроперифитона. Несмотря на важность данной группы для регуляции потока вещества и энергии, особенности формирования сообществ прикрепленных форм и механизмы взаимодействия водных микроорганизмов на субстрате остаются малоизученными. Исследование этих взаимодействий может стать основой разработки новых стратегий безопасного для экосистем контроля цианобактериального цветения водоемов за счет манипулирования бактериальным сообществом. Кроме того, знание закономерностей формирования сообществ микроперифитона необходимо для повышения эффективности функционирования очистных сооружений с помощью экибиотехнологий.

Поскольку прикрепленным организмам необходимо распространяться, осваивая новые субстраты, их жизненный цикл включает чередование подвижных и неподвижных стадий, что не может не отразиться на динамике популяций и сообществ перифитона. В свою очередь, это связано с характером освоения и распределения прикрепленных инфузорий на субстратах. В наших исследованиях пространственная структура популяций сидячих инфузорий изучалась на экспериментальных субстратах – стеклах обрастания, закладываемых в естественных и искусственных условиях. Сообщества инфузорий формировались в воде, насыщенной органическими веществами. Для этого использовались пробы из систем очистки бытовых вод, а в естественных условиях субстраты были заложены в непосредственной близости от впадения стоков в водоток. Условия экспозиции субстратов отличались по динамике водной среды.

Выявлено, что в условиях стоячей воды в микроперифитоне преобладали подвижные и временно прикрепляющиеся формы. Это отражает меньшую эффективность освоения субстрата сидячими инфузориями по сравнению с организмами, которые способны мобилизовываться с его поверхности. Можно сделать вывод, что у прикрепленных организмов скорость освоения новых пространств замедляется из-за чередования подвижной и неподвижной стадии. Емкость среды для сидячих организмов ограничивается скоростью притока пищевых частиц. Поэтому прикрепленные формы получают преимущество на более обтекаемых поверхностях. Отмечено, что пространственная

структура популяций прикрепленных инфузорий характеризуется мозаичностью. На вертикально ориентированном стекле обрастания они формируют агрегации, и картина распределения зависит от места прикрепления. В части стекла, близкой к поверхности воды, пространственная структура характеризуется высокой мозаичностью и высокой плотностью инфузорий. В прилегающей ко дну части стекла размер агрегаций сокращается и распределение инфузорий становится более равномерным при снижении популяционной плотности.

ИЗМЕНЕНИЕ СООБЩЕСТВ ГИДРОБИОНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОЗЕРЕ МАРЬИНО

**Э. Г. Набеева, Н. М. Мингазова, И. С. Шигапов,
О. Ю. Деревенская, О. В. Палагушкина, Р. Р. Мингалиев,
Н. Г. Назаров, Н. Р. Зарипова, Л. Р. Павлова**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Казань, levira_nn@mail.ru*

Озеро Марьино расположено в Ново-Савиновском районе г. Казани в сквере между улицами Бондаренко, Короленко, Волгоградской. Относится к типу малых, мелководных озер, расположенных в пойме р. Казанки. Озерная экосистема сильно трансформировано строительством. Засыпка южного залива озера проводилась в 2005 г., что привело к эвтрофированию озера. В 2013 г. началось проведение мероприятий по экореабилитации озера (посадка биоплато из макрофитов, удаление погруженной водной растительности, берегоукрепление, залужение).

Изучение озера проводилось в период с 2004 по 2018 гг. Анализировались Гидрологические характеристики (фитопланктон, зоопланктон, зообентос). Длина водоема в 2004–2005 гг. составляла около 180 м, ширина от 50 м в западном конце до 100 м в восточном конце (с включением южного залива). Общая площадь водоема составляла на май 2005 г. около 1,3 га, в 2018 г. – 0,8 га. Минерализация вод – «повышенная», воды – «умеренно жесткие». Качество воды стабильно,

с улучшением в 2018 г. – вода озера оставалась слабо загрязненной; индекс загрязнения воды соответствовал III-му классу качества (умеренно загрязненная вода).

При исследовании флоры оз. Марьино и побережья в 2018 г. выявлено 80 видов из 31 семейства. В воде доминируют роголистник погруженный и рдест блестящий. В фитопланктоне озера по данным исследований 2007–2018 гг. было отмечено 30 таксонов рангом ниже рода. Большая часть видов относилась к зеленым водорослям.

Численность колебалась от 822 до 2060,8 тыс. кл./л, биомасса – 0,37–0,79 мг/л. Индекс трофности менялся от 34,8 до 42,5, трофический статус озера характеризуется как олиготрофно-мезотрофное. Класс качества воды определен как «чистая», разряд качества – «очень чистая».

В зоопланктоне оз. Марьино было выявлено 23 вида: коловраток – 9 (39%), ветвистоусых – 10 (43%), веслоногих – 4 (17%). Численность зоопланктона в 2005 г. составляла 125,5 тыс. экз/м³, биомасса – 0,11 г/м³. В 2012 г., в период после засыпки численность снизилась до 2,3 тыс. экз./м³, биомасса – 0,0007 г/м³; в 2018 г. восстановилась до 275,6 тыс. экз/м³ при биомассе 10,6 г/м³. Значения индекса сапробности соответствовали β-мезосапробной зоне, умеренно загрязненной воде, III класса качества вод. Значение индекса Шеннона в 2018 г. составляло 1,16–2,47, индекса Симпсона 0,33–0,78. Качество воды по показателям зоопланктона улучшилось. В составе зообентоса выявлено 6 видов из 6 групп. Количественные показатели зообентоса изменялись от 112,5 экз./м², биомасса – 0,81 г/м² в 2012 г. до 42 экз./м² и 0,82 г/м² в 2018 г., соответственно. Индекс Симпсона принимает значения 0,6–0,7, что показывает на большую выровненность и устойчивость сообщества по сравнению с 2012 г. Индекс Шеннона соответствует загрязненным водам, но выше таковых значений в 2012 г., соответствует категории загрязненных вод.

В целом во временном аспекте наблюдается увеличение биоразнообразия. Качество воды по гидробиологическим показателям в условиях урботерритории соответствует загрязненным водам, с тенденцией к улучшению после применения профилактических мероприятий (создания биоплато, очистки дна, изъятия биомассы водорослей, аэрации и берегоукрепления).

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИИ ХИЩНОГО
ВСЕЛЕНЦА *CERCOPAGIS PENGOI* (OSTROUMOV, 1891)
(CRUSTACEA, CLADOCERA) И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ
НА СТРУКТУРУ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ
ЗООПЛАНКТОНА В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ
БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

Е. Н. Науменко¹, И. В. Телеш²

¹ФГБНУ «Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии»
(ВНИРО) Атлантическое отделение (АтлантНИРО), г. Калининград,
elenan.naumenko@gmail.com

²ФГБУН «Зоологический институт РАН», г. Санкт-Петербург,
Irena.Telesh@zin.ru

Расселение *Cercopagis pengoi* по акватории Балтийского моря происходило с балластными водами судов. Однако появление этого вида в Вислинском заливе было связано с заносом рачков из Балтийского моря с нагонными морскими течениями. В период вселения и натурализации в динамике численности популяции *C. pengoi* наблюдались резкие колебания, которые определялись гидрологическими условиями. Кроме того, особи *C. pengoi* в Вислинском заливе имели большие размеры и плодовитость, чем в нативном водоеме и других водоемах-реципиентах (Науменко, 2018).

Под воздействием *C. pengoi* отмечена трансформация структуры сообщества зоопланктона за счет усложнения трофической цепи, которая стала замыкаться двумя планктонными хищниками. В многолетнем аспекте сложность структуры сообщества в целом увеличилась, а величина пресса *C. pengoi* на зоопланктон, рассчитанная по Импакт-индексу (Телеш и др., 2001), снизилась.

В то же время, несмотря на снижение величин Импакт-индекса, отражающего трофический пресс вселенца на зоопланктон, отмечено достоверное снижение численности и продукции доминирующих видов Rotifera, Cladocera и Copepoda, в особенности *Eurytemora affinis*. Подобная тенденция изменений в планктоне под воздействием *C. pengoi* характерна и для других эстуариев Балтийского моря.

Нами впервые рассчитано уравнение зависимости величины пресса *C. pengoi* на сообщество зоопланктона от средней численности этого хищного вселенца, имеющее прогностическое значение для оценки успешности инвазионного процесса в эстуариях. Кроме того, установлено, что после вселения в донное сообщество Вислинского залива мощного фильтратора – моллюска *Rangia cuneata*, планктонный хищник *C. pengoi* стал достоверно снижать свою численность вследствие ухудшения трофических условий в пелагиали. В ближайшей перспективе эти процессы неизбежно приведут к трансформации трофической цепи в экосистеме Вислинского залива и сопутствующим изменениям в биологической продуктивности этого водоема.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-04-00217).

ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В РЕКАХ БАСЕЙНА БЕЛОГО МОРЯ

**Н. Н. Немева, С. А. Мурзина, Л. А. Лысенко, О. В. Мещерякова,
М. В. Чурова, Н. П. Канцера, З. А. Нефедова,
М. Ю. Крупнова, С. Н. Пеккоева, Т. А. Руоколайнен,
А. Е. Веселов, Д. А. Ефремов, М. А. Ручьев**

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
nppetova@gmail.com*

Раннее развитие лососевых включает процессы дифференциации эмбрионов, личинок и мальков одной генерации, что в конечном счете приводит к образованию сложной возрастной и субпопуляционной структуры, поддерживающей внутривидовое биоразнообразие и устойчивость воспроизводства популяций (Казаков и др., 1992; Казаков, Веселов, 1998; Христофоров, Мурза, 1998; Pavlov et al., 2010). Изучен эколого-биохимический статус лососевых рыб сем. Salmonidae (атлантического лосося *Salmo salar* L. и кумжи *Salmo trutta* L.) в периоды эмбриогенеза и раннего развития разновозрастной молоди в речной

период на разных этапах жизненного цикла (сеголетки, пестрятки, смолты), обитающей в разных по экологическим и гидрологическим факторам биотопах (реках) Северо-Западного региона России (Кольский п-ов, Республика Карелия, Архангельская обл.). Результаты получены с использованием ихтиологических наблюдений и биохимических методов исследований содержания общих липидов, запасных (триацилглицеридов и эфиров холестерина), структурных (фосфолипидов и их фракций, холестерина), жирных кислот, активности ферментов углеводного и энергетического метаболизма и внутриклеточного протеолиза, а также некоторых молекулярно-генетических показателей роста мышечной ткани (уровня экспрессии генов факторов регуляции миогенеза, миостатина, тяжелой цепи миозина). В период эмбриогенеза проявляются индивидуальные биохимические особенности, выражающиеся в различном уровне энергообеспечения процесса развития зародыша и создающие метаболические предпосылки для формирования разнокачественности в эмбриональном периоде, которая определяет специфику взаимодействия личинок и мальков со средой обитания, в результате чего при распределении из нерестовых гнезд часть выклюнувшихся личинок может иметь определенные метаболические преимущества, позволяющие им активно заселять лучшие выростные участки. Показано, что среди всех изученных возрастных групп выделяются «младшие» возрастные группы (0+, 1+) как по уровню показателей биохимического метаболизма, так и по степени различий между фенотипическими группировками, обитающими в микробиотопах с различными экологическими, трофическими и гидрологическими условиями. Результаты исследований свидетельствуют о том, что существуют как общие, сформировавшиеся в процессе эволюции и универсальные для процессов развития всех организмов черты, так и специфические особенности, характерные для раннего развития исследуемых лососевых рыб на Европейском Севере, которые могут быть обусловлены видовой принадлежностью, фенотипической, генетически обусловленной разнокачественностью, условиями обитания молодил лососевых рыб в биотопах, различающихся гидрологическими

и трофо-экологическими условиями, а также особенностями возрастной динамики биохимических превращений исследуемых макромолекул и метаболических путей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда по проекту № 14-24-00102.

АССОЦИАТИВНОСТЬ И ГЕТЕРОГЕННОСТЬ, КАК ФУНКЦИИ СИМБИОЗА ГИДРОБИОНТОВ

Н. В. Немцева

*Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза, г. Оренбург,
nvnemtseva@gmail.com*

Одной из проблем современной биологии является изучение симбиоза, как формы существования неродственных организмов, представляющего собой фундаментальную основу состояния живой природы. В природных водоемах популяции про- и эукариот, как любые сложные системы, характеризуются не только динамикой, структурой, но и системными свойствами: гетерогенностью, а также коллективным поведением. Известно, что запуск специализированных программ распределения клеток популяции по фенотипам «предвосхищает» неблагоприятное действие среды.

Факты о ведущей роли водорослей и простейших в организации ассоциаций в пресных и соленых местообитаниях, матах, обрастаниях, биопленках позволили утверждать, что в сообществе гидробионтов имеет место феномен ассоциативного симбиоза, особенности которого рассмотрены О. В. Бухариным с соавт., 2007. Используя терминологию ассоциативного симбиоза, в гидробиоценозах в качестве хозяина чаще всего выступают протисты или водоросли, вступающие в различного рода взаимодействия, как с постоянными, так и временными партнерами.

Наибольший интерес с точки зрения феномена выживания представляют защитные связи, сопряженные с персистенцией симбионтов в клетках организма хозяина или на его поверхности.

Необходимым условием при этом является их устойчивость к кислородозависимым и кислородонезависимым эффекторным механизмам проявления резистентности организма хозяина. Это обеспечивается универсальной способностью микроорганизмов к инактивации факторов естественной защиты хозяина, например, лизоцима.

Оценивая роль подобных механизмов в симбиотических моделях «гетеротрофные протисты-бактерии», «автотрофные протисты – бактерии», была выявлена функциональная связь продуцирующих и деградирующих лизоцим организмов, обеспечивающая регуляцию выраженности признака антилизоцимной активности в популяции. С использованием симбиотического подхода в природных водных сообществах в рамках функциональной системы «лизоцим-антилизоцим» установлены простые и сложные сетевые связи, обеспечивающие как дистантные, так и более тесные, внутриклеточные взаимоотношения.

С использованием экспериментального моделирования показано, что степень проявления антилизоцимной активности имеет значение для обеспечения векторной направленности симбиотических связей доминантных и ассоциативных партнеров.

В результате дальнейших исследований установлено, что антилизоцимная активность симбионтов может рассматриваться в качестве одного из системообразующих факторов формирования биоценоза. В итоге формирования регуляторных сетей, популяция микроорганизмов воспринимает сигналы среды и реагирует на них, включая механизмы физиологической адаптации. Это приводит к запуску одной из стратегий выживания, нацеленной на фенотипическую или генотипическую гетерогенность, обеспечивая существование системы в целом.

В плане практической реализации полученных данных антилизоцимный признак микроорганизмов предложен в качестве информативной компоненты, способной быстро реагировать на смену экологических условий. Это позволило разработать новые подходы для санитарной и экологической оценки качества природных и питьевых вод, пригодные для мониторинговых исследований.

ВНУТРИВИДОВАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НЕКТОННЫХ КАЛЬМАРОВ СЕМЕЙСТВА OMMASTREPHIDAE МИРОВОГО ОКЕАНА И ЕЕ БИОТОПИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ

Ч. М. Нигматуллин

Атлантический филиал ВНИРО (АтлантНИРО), г. Калининград,
squid@atlantniro.ru

Кальмары семейства Ommastrephidae (11 родов, 20 видов, длина мантии взрослых от 10 до 120 см, жизненный цикл от 0,5 до 2 лет, в основном 1 год) – одни из наиболее многочисленных, широко распространенных и экологически активных нектонов. Они распространены в Мировом океане от Субарктики до Субантарктики. Выделяются три жизненные формы – склоново-шельфовая, нерито-океаническая и океаническая. Внутривидовые группировки (ВГ) выделялись по сезонам нереста и прохождения разных стадий жизненного цикла, локализации мест нереста и нагула, путям и протяженности онтогенетических миграций, скорости роста и размерам взрослых особей.

По особенностям внутривидовой дифференцировки среди прибрежных видов выделяются две группы, приуроченные к специфическим системам западных (ЗПТ) и восточных (ВПТ) пограничных течений. Виды ЗПТ (*Illex illecebrosus* Северо-Западная Атлантика, *Illex argentines* Юго-Западная Атлантика, *Todarodes pacificus* Северо-Западная Пацифика) имеют высокую численность и две (*I. illecebrosus*) или четыре (последние два вида) сезонно размножающиеся ВГ. У летне-нерестящихся ВГ обилие низкое и они оседлые. Зимне-нерестящиеся ВГ имеют очень высокое обилие, обширные ареалы со сложной функциональной структурой (репродуктивные области в низких субтропических широтах и нагульные – в высокопродуктивных зонах умеренных широт) и дальние онтогенетические миграции. Весенне- и осенне-нерестящиеся ВГ имеют промежуточные характеристики. У видов ВПТ (*Illex coindettii*, *Todaropsis eblanae* и два вида *Todarodes* Восточной Атлантики)

обилие невысокое. У них хорошо выражена широтная внутривидовая дифференцировка – наличие серий местных ВГ, последовательно сменяющих друг друга, приуроченных к локальным циркуляционным системам. Функциональные части ареалов этих ВГ разобщены батически: репродуктивные области расположены на материковом склоне и нагульные – на шельфе. У атлантического и индоокеанского видов *Ornithoteuthis* выделяются по две ВГ, различающиеся биотопически – среднеразмерная склоновая и мелкая океаническая. У нерито-океанического *Dosidicus gigas* Восточной Пацифики население северного и южного полушарий – обособленные суперпопуляции, каждая из них включает две ВГ – среднеразмерных и крупных кальмаров, которые являются дискретными адаптивными нормами (ДАН), т. е. фенотипическими формами в пределах одного генетического пула. У океанического *Ommastrephes bartramii* Северной Пацифики выявлена пространственная дифференцировка на восточную и западную ВГ, в свою очередь каждая из них подразделяется на две ВГ – осенне- и зимне-весенне-нерестящиеся. Их нерест происходит в субтропической зоне и нагул в умеренной с протяженными онтогенетическими миграциями. У океанического *Sthenoteuthis pteropus* Тропической Атлантики население северного и южного полушарий – обособленные суперпопуляции с пиками нереста в зимние периоды соответствующего полушария. В каждой из них выделяются ВГ мелких и крупных самок, последние мигрируют на нагул в субтропическую зону.

У изученных кальмаров разнообразие типов внутривидовой дифференцировки, функциональной структуры ареалов ВГ и онтогенетических миграционных циклов обусловлены характером структурной организации их биотопов, в первую очередь – особенностями циркуляции приповерхностных водных масс и связанными с ними пространственно-временным распределением биопродуктивных зон.

**СЕМИЛЕТНЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ ДИНАМИКИ
ПОПУЛЯЦИИ АРГЕНТИНСКОГО КАЛЬМАРА
ILLEX ARGENTINUS ЮГО-ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКИ
И ЕЕ МОДИФИКАЦИИ, ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНО
ВЫЗВАННЫЕ ПРЕССОМ ПРОМЫСЛА**

Ч. М. Нигматуллин

*Атлантический филиал ВНИРО (АтлантНИРО), г. Калининград,
squid@atlantniro.ru*

С 1940–1950-х гг. многолетние циклические колебания численности популяций животных (популяционные волны или циклы) – одна из центральных проблем экологии. Популяционные циклы (ПЦ) – «колебания во времени численности или плотности популяции, которые имеет явный регулярный период в три года и более» (Веггман, 2002). Выявленные характерные черты ПЦ – основа для корректной разработки работоспособных подходов и моделей экологического и промыслового прогнозирования. ПЦ у головоногих не описаны. ПЦ выявлены у аргентинского кальмара (АК) *Illex argentinus*. Этот ключевой вид с одногодичным жизненным циклом населяет шельф, материковый склон и прилежащие к нему воды открытого океана Юго-Западной Атлантики между 20° и 55° ю.ш. Мониторинг промысла и состояния запаса ведется с 1982 г. По данным промысловой статистики рассчитаны индексы обилия, включающие 5 баллов, и описана динамика обилия зимне-нерестовой популяции АК (70–90% годового улова) в 1982–2018 гг. В фазе очень низкого обилия уровень мгновенной биомассы не превышает 1 млн т (~2,5–3,4 млрд экз.) при общем суточном рационе ~30–50 тыс. т и среднем годовом вылове 200 тыс. т. В годы максимально высокого обилия эти величины соответственно оцениваются в 10 млн т (~25–35 млрд экз.) при суточном рационе ~350–500 тыс. т и среднем вылове 1 млн т. В этих крайних состояниях ПЦ качественная и количественная роль АК в биотических процессах экосистемы весьма различается и они ведут себя как разные «экологические виды», а функциональная структура экосистемы разительно отличается.

В 1982–1993 гг. наблюдались выраженные 7-летние циклические колебания обилия запаса. С 1994 г. рост общего промыслового усилия достиг предела (до 400–550 судов) при охвате всего потенциального промыслового ареала. В последние 25 лет использование промыслом запаса АК полное или близко к нему. Вследствие этого начались нарушения хода ПЦ. Они выражались в изменении структуры цикла с последовательным увеличением продолжительности периодов низкой численности с 1 до 4 лет и сокращением периодов высокой численности с 4 до 2 лет. При визуальной оценке характера ПЦ 7-летняя цикличность стала сменяться на 5-летнюю. Однако при верификации данных методом фазового портрета весь ряд ПЦ в 1982–2018 гг. характеризуется явной 7-летней цикличностью при модификации ее выраженности в последние 25 лет. Предложена рабочая гипотеза, объясняющая изменения нормального 7-летнего цикла с середины 1990-х гг.: основным модифицирующим фактором является повышенное давление масштабного индустриального промысла, которое особенно чувствительно в фазе низкой численности запасов. В результате каждый последующий спад численности запасов был более глубоким и продолжительным. Возможно, что 7-летняя периодичность характерна для экосистемных процессов в Юго-Западной Атлантике: она была также обнаружена в чередовании теплых и холодных периодов над Аргентиной (Rusticucci et al., 2003), и в изменчивости значений ТПО в проливе Дрейка и уровня зараженности южной путассу микроспоридиями на Фолклендском шельфе (Agnew et al., 2003).

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ГИДРОБИОНТОВ РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ УРОВНЕЙ

С. М. Никитина, Ю. Ю. Полунина

*Балтийский федеральный университет им. И. Канта, АО ИО РАН,
г. Калининград, swetmih@gmail.com*

У беспозвоночных гидробионтов разных филогенетических уровней установлено наличие комплекса биологически активных стероидных соединений (БАСС). Показана количественная неоднородность распределения гидрокортизона, кортикостерона, прогестерона, тестостерона и эстрогенов в организме беспозвоночных, отражающая фило- и онтогенетическую способность тканей реагировать на гормоны. Выявлен функциональный спектр основных БАСС в онтогенезе у беспозвоночных животных разного структурного уровня, возникновение распределительного аппарата у которых сузило диапазон естественных концентраций у них стероидов.

Полифункциональность БАСС у беспозвоночных подтверждается их участием: в регуляции поведения, в реализации репродуктивной стратегии, регенерации и адаптивных процессов, сопровождаемых полной перестройкой содержания и распределения стероидов в организме беспозвоночных.

Эволюционно древним механизмом регуляции высших животных является совокупность эндокринной деятельности эпителия кишечника, эпидермиса, нервного аппарата, биома. Подтверждением его существования являются «дремлющие гены» и гормонзависимость ранних стадий онтогенеза не только губок, кишечноротовых, плоских червей, но и моллюсков, членистоногих, хордовых, позвоночных.

Идентичность молекулярной структуры БАСС и ферментов стероидогенеза у бактерий, беспозвоночных и позвоночных животных, у которых они обеспечивают регуляцию таких жизненно важных процессов как адаптации (гидрокортизон и кортикостерон) и репродукция (половые стероиды), позволяет

предположить существование единого эволюционного пути стероидогенеза у прокариот и эукариот (как одноклеточных, так и многоклеточных).

Относительная реальность этого предположения подтверждается методами геномики. Последний универсальный общий предок был способен «в одиночку» составлять целую экосистему с замкнутыми геохимическими циклами, в его наборе уже были гены множества разных метаболических путей, ныне не встречающиеся вместе в одной клетке. Реализацией одного из этого множества путей являлся стероидогенез. Так, у общего предка позвоночных был только один белок семейства стероидных рецепторов. Этот исходный белок дублировался, одна из копий, сохраняя прежнюю специфичность, дала начало эстрогеновым рецепторам современных позвоночных. Другая копия, после приобретения 11 «разрешающих» и 3 ключевых мутаций в ДНК-связывающем участке, дала начало прогестагеновым, андрогеновым, глюкокортикоидным и минералкортикоидным рецепторам, последние у беспозвоночных пока не описаны. Однако считаем, что нет основания исключать возможность наличия и у них как самих минералкортикоидов, так и их биологической (полифункциональной) активности. Реальна и гипотетическая аналогия последовательности становления стероидов в истории позвоночных и в их онтогенезе.

Беспозвоночные гидробионты любого филогенетического и структурного уровня обладают единой общеорганизменной регуляторной системой, в которой полифункциональные БАСС, безусловно, являются гормонами. Функционирование этой системы у гидробионтов – один из естественных регуляторов благополучия водоемов.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ
НА ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ОДНОГО ИЗ МАССОВЫХ ВИДОВ ДВУСТВОРЧАТЫХ
МОЛЛЮСКОВ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ
MACOMA CALCAREA**

А. Э. Носкович

*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск,
alyona.nosckovitch@yandex.ru; noskovich@mmbi.info*

Macoma calcarea – бореально-арктический вид двустворчатых моллюсков, широко распространенный во всех морях Арктики и Атлантического океана. В некоторых частях своего ареала макома играет роль биоценозообразующего вида. Некоторые аспекты биологии данного вида изучены в более изменчивых условиях обитания (Белое, Балтийское моря и южная часть Баренцева моря), а информация для более суровых и стабильных условий отсутствует. Целью нашей работы было установить особенности биологии *M. calcarea* в зоне влияния охлажденных новоземельских прибрежных вод в районе архипелага Новая Земля (Баренцева моря) и оценить влияние условий обитания на различные популяционные и биологические показатели данного вида. Юго-западное побережье архипелага Новая Земля в придонном слое омывается охлажденными новоземельскими прибрежными водами с низкими температурами и достаточно высокими показателями солености воды. В задачи исследования входило установление размерной, возрастной и половой структуры моллюсков, размер и возраст наступления половой зрелости, соотношение половозрелых и неполовозрелых особей, а также проанализировать влияние глубины на данные показатели.

Материал для исследования был собран в восточной части Баренцева моря у побережья архипелага Новая Земля в августе–сентябре в 2006 и 2007 гг. сотрудниками Мурманского морского биологического института КНЦ РАН. Всего было изучено 256 моллюсков. Гидрологические факторы у побережья архипелага

Новая Земля более стабильны: здесь наблюдаются минимальные колебания гидрологических условий в течение года по сравнению с другими районами исследования. Размерные классы моллюсков в районе исследования представлены наиболее полно, по сравнению с южной частью Баренцева моря. В районе исследования особенно многочисленны особи с длиной раковины от 12,4 до 18,5 мм. Макомы в данном районе достигают более крупных размеров (максимальный размер раковины – 39,2 мм), чем в более южных частях ареала. Доля сеголеток значительно меньше (в среднем 17% от численности выборки), чем мы наблюдали в южной части Баренцева моря.

В исследуемом районе максимальная продолжительность жизни составила 26 лет. На больших глубинах макомы растут более равномерно чем на мелководье. На малых глубинах прирост длины раковины в первые годы жизни был больше 2,5 мм/год, на больших глубинах не превышал 1,8 мм/год. После 9 лет годовые приросты на разных глубинах становились примерно одинаковыми. У берегов Новой Земли соотношение полов в поселениях макомы оказалось неустойчивым и менялось в зависимости от возраста и местообитания. Здесь численно преобладают половозрелые моллюски, половой зрелости достигают в возрасте 3-х лет при длине раковины от 7,5 мм у самцов и 7,8 мм у самок.

В целом в районе арх. Новая Земля при минимальных колебаниях гидрологических условий состояние поселений *M. calcarea* более стабильно чем, например, в южной части Баренцева моря. В восточной части Баренцева моря, в отличие от южной, при достаточно суровом температурном режиме, формируются благоприятные условия, прежде всего для выживаемости взрослых особей.

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЛИЗОЦИМНОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ТКАНЕЙ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ *U. PICTORUM* И *A. CYGNEA* СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ УРАЛ

Т. В. Осинкина, Г. Н. Соловых, Г. М. Тихомирова, Е. А. Кануникова

ФГБОУ ВО Оренбургский государственный медицинский университет,
г. Оренбург, osinkina12@mail.ru

Согласно литературным данным к настоящему времени известны некоторые устойчивые стресс-редуцирующие факторы специфической адаптации гидробионтов к токсическому загрязнению среды их обитания. Особое значение токсические воздействия факторов среды имеют для прикрепленных литоральных организмов-фильтраторов, к которым относятся пресноводные двустворчатые моллюски. Для данных организмов характерен ряд адаптивных метаболических стратегий выживания в условиях недостатка кислорода и повышенного содержания поллютантов различной природы.

К биохимическим механизмам адаптации двустворчатых моллюсков относится изменение активности ряда ферментов, участвующих в различных процессах обмена веществ. Среди которых следует выделить кислую РНК-азу пищеварительной железы моллюсков и лизоцим – первый и главный бактериолитический фермент данной группы фильтраторов. Факт обнаружения лизоцима у представителей пресноводных двустворчатых моллюсков семейства *Unionidae* был подтвержден более ранними исследованиями.

В связи с динамическими изменениями климатических факторов, отразившихся на экологическом состоянии гидробиоценозов и усилением антропогенной нагрузки на водоемы и водотоки Оренбургской области был определен фоновый уровень лизоцимной активности в жабрах, мантии, гепатопанкреасе и дорсальной мускулатуре ноги двустворчатых моллюсков *U. pictorum* и *A. cygnea* в отношении суспензии клеток *M. lysodeikticus*.

Установлено, что уровень лизоцимной активности у *U. pictorum* (0,7401 ед/мг белка) и *A. cygnea* (0,3857 ед/мг белка) в разных участках р. Урал и разных тканях моллюсков был неодинаков: повышенный уровень лизоцимной активности зафиксирован в жабрах (1,1247 ед/мг белка) и гепатопанкреасе (1,329 ед/мг белка) моллюсков. В сравнении с 2005 г. исследования активность фермента в жабрах *U. pictorum* возросла в 15,4 раза и в гепатопанкреасе в 2,17 раза. Выраженная динамика активности фермента в жабрах и гепатопанкреасе фильтраторов указывает на ключевую роль этих органов в обезвреживании поллютантов и бактерий. Жабры двустворчатых моллюсков имеют сложную структурную организацию, которая позволяет выполнять данным органам как дыхательную, так и трофическую функцию. Они интенсивно и непрерывно омываются гемолимфой, которая представлена гемоцитами 4-х типов, среди которых совершенно особую роль играют аморфные клетки размером 7,93 мкм, проявляющие выраженную фагоцитарную активность в отношении инородных объектов и в том числе бактерий.

Следующим по значимости барьерным органом моллюсков является гепатопанкреас, который содержит большое количество пищеварительных желез и систему канальцев, обеспечивающих приток гемолимфы, содержащей лизоцим. Поскольку процессы пищеварения практически любого организма сопряжены с некоторым закислением среды, то повышение активности лизоцима в гепатопанкреасе может быть обусловлено также и данным фактом.

В ходе исследования выявлены и межвидовые различия в уровне лизоцимной активности моллюсков: уровень лизоцимной активности жабр *A. cygnea* был в 2,8 раза ниже, чем у *U. pictorum*, а для гепатопанкреаса в 1,8 раза. Причиной неодинаковых величин активности исследуемого фермента могут быть видовые отличия интенсивности протекания обмена веществ у *A. cygnea*, как организма, относящегося к реофильным (чувствительным к недостатку кислорода) видам.

ВЛИЯНИЕ КАМЧАТСКОГО КРАБА *PARALITHODES CAMTSCHATICUS* НА ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛЕННОСТИ ВСЕЛЕНЦА

Л. В. Павлова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, sea1234@mail.ru

С момента интродукции тихоокеанского камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* Tilesius, 1815 в Баренцево море прошло более 50 лет. За это время вселенец сформировал в новом месте обитания самовоспроизводящуюся многочисленную популяцию. Его поселения сконцентрированы преимущественно в южной части моря, в зоне влияния теплых атлантических вод. В донных сообществах Баренцева моря камчатский краб выступает как активный бентофаг и пищевой конкурент местным донным рыбам и беспозвоночным. Определение экологических последствий его вселения – одно из актуальных направлений исследований в рамках изучения влияния чужеродных видов на морские экосистемы. Цель данной работы – оценка влияния камчатских крабов в зависимости от их численности на бентос.

Многолетние наблюдения за численностью и питанием камчатского краба, особенно – за постоянно обитающей на мелководье молодью, проводили в прибрежье Кольского залива. Колебания численности крабов – естественное явление, и для Кольского залива с начала XXI в. было отмечено 2 ярко выраженных периода высокой численности его молоди – с 2003 по 2007 гг. и с 2013–2017 гг. В это время плотность распределения неполовозрелых крабов могла местами достигать 20–50 экз./1000 м², а в период спада численности фоновое распределение обычно не превышало 0,1–1,0 экз./1000 м²).

При высокой численности камчатского краба трофическая емкость донных сообществ мягких грунтов снижается особенно быстро. Структура бентоса демонстрирует наличие стресса с изменением пропорции г – и к-стратегов, значения биомассы низкие,

соотношение таксономических групп бентоса изменяется в сторону снижения доли, прежде всего, моллюсков. Поскольку массовые кормовые объекты предпочитаемых крабами размеров быстро избирательно выедаются, в пищевом спектре начинают преобладать слишком большие или реже – маленькие беспозвоночные, которые ранее крабами избегались. В донных сообществах твердых грунтов скоплениями камчатских крабов активно выедаются массовые виды беспозвоночных (двустворчатые и брюхоногие моллюски, усоногие раки) определенного размера, при истощении этого ресурса крабы переходят на более крупные объекты. Наблюдалось также активное использование (особенно молодью краба) в прилив ресурсов литорали (мидиевые банки, поселения литорин и полихет *Alitta virens*). При низкой численности камчатских крабов основу их питания составляет более разнообразный набор кормовых объектов предпочитаемого размера, а состояние бентоса не демонстрирует явных нарушений. Исследования также показали, что оценить состояние бентоса в местах откорма камчатских крабов можно и по их пищевому спектру. В одних и тех же донных сообществах в годы высокой численности он более узкий (примерно в 2 раза) по сравнению со спектром крабов в годы низкой численности. Изменение размерного состава съеденных беспозвоночных, появление в питании массовых литоральных видов – признак недостатка предпочитаемой пищи и, следовательно, истощения кормовых ресурсов.

СТРУКТУРА РЕЧНОГО МАКРОЗООБЕНТОСА В ИМПАКТНЫХ УСЛОВИЯХ ГОРНОРУДНЫХ РАЗРАБОТОК

Т. Е. Павлюк

ФГБУ РосНИИВХ, г. Екатеринбург, t.pavluk@mail.ru

Факт и степень деградации гидробиоценозов от поступления подотвальных кислых вод рассматривался на примере Северного медно-цинкового рудника.

Макрозообентос горных рек Банной, Тальтии и Ивделя (Средний Урал) изучался по пробам, отобранным в августе 2018 г. Отбор выполняется ручным сачком с рамкой 25 × 25 см на площади около 2 м² (трехминутный облов взмучиваемого грунта).

Всего было обнаружено 43 вида макрозообентоса, с сильным колебанием по станциям, от 22 видов на ст. 1, до 2 на ст. 2 (табл.).

Трофическая структура макрозообентоса речных станций, август 2018 г.

Светло-серый – чистые Темно-серый – грязные	1-Тальтия, фон	2-Банная	3-Тальтия, после Банной	4-Ивдель, фон	5-Тальтия, устье	6-Ивдель, замк. ств.
Число видов	22	2	8	21	5	19
Биомасса г/пробу	2,71	0,002	0,176	1,161	0,108	0,455
Индекс ИТК	10,15	5,96	8,99	13,28	5,96	12,79
Индекс ББИ	9	0	8	10	0	9
BMWP'	75	5	38	90	17	65
EPT	12	0	7	13	0	10

Для оценки состояния экосистем использовались 4 хорошо зарекомендовавших себя метода биоиндикации: индекс трофической комплектности (ИТК), Бельгийский биотический индекс (ББИ), метод BMWP' и индекс EPT.

По оси р. Тальтии (3 створа) наблюдается процесс экологической деградации от вполне благополучного створа на ст. 1, до устья реки на ст. 5.

По оси р. Ивдель (2 створа) наблюдается процесс слабого отклика экосистемы на поступление загрязненной воды р. Тальтии. Этот отклик настолько слабый, что не приводит к качественному изменению в структуре сообщества макрозообентоса. Экосистема р. Ивдель справляется с загрязнением, лишь некоторые характеристики сообщества макрозообентоса демонстрируют признаки ухудшения.

Биомассы макрозообентоса, по мере загрязнения воды тяжелыми металлами, понижается. Фоновые станции демонстрировали максимальную биомассу макрозообентоса, обеспечивая хорошую кормовую базу для рыб. Загрязненные станции р. Тальтии имеют предельно

низкую величину биомассы макрозообентоса, которая не может обеспечить достаточного корма для рыб, заходящих в р. Тальтию в периоды относительного благополучия качества воды (зимняя межень).

Анализ макрозообентоса по индексу видового сходства Сёренсена продемонстрировал разделение станций наблюдения на две группы: станции 1, 4, 6 обладают высоким (0,45–0,51), а станции 2, 3, 5 низким видовым сходством (0–0,29). Именно вторая группа речных станций испытывает высокий уровень загрязнения воды, где среди немногочисленных встреченных видов остались только самые толерантные.

Замена видов на трофические группы макрозообентоса (индекс Сёренсена) выявила полное совпадение трофической структуры на ст. 2 и 5 (1,0). Данный факт указывает, на то, что макрозообентос р. Тальтии в районе устья функционально не восстанавливается, несмотря на значительное улучшение химического состава воды.

Очень высокое сходство трофической структуры макрозообентоса наблюдается для трех створов: ст. 1, 4 и 6 (0,91). Это речные створы с благоприятным экологическим состоянием, характерным для данного экорегиона.

Кроме того, возвращение ихтиофауны в р. Тальтию на участке русла от ст. 3 до ст. 5 будет возможным, помимо улучшения химического качества воды, только после восстановления кормовой базы, выраженной в росте биомассы макрозообентоса до 0,5 г/м² и более.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У САДКОВОЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ, ONCORHYNCHUS MYKISS (WALBAUM) ПРИ РАЗВИВАЮЩЕМСЯ ИНФЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

А. Н. Паршуков, Н. Н. Фокина, И. В. Суховская, Н. П. Канцерова

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
aleksey.nik.parshukov@gmail.com*

Садковое форелеводство в Республике Карелия относится к приоритетному направлению рыбохозяйственной деятельности, ввиду стабильного роста объемов и темпов выращивания

товарной рыбопродукции. Между тем, интенсивное развитие аквакультуры, применяющей садковую технологию с высокими плотностями посадок, негативно отражается на инфекционном благополучии форели.

Патогены способны оказывать комплексное воздействие на иммунный статус организма, одним из компонентов неспецифической защиты которого является микрофлора его пищеварительной системы. Представления о видовом составе и доминантных группах бактерий, а также ряда биохимических параметров, служат индикатором здоровья рыб.

Исследования микробиоты ЖКТ и липидного состава тканей внутренних органов провели в период с июня по сентябрь 2017 г. на примере двухгодовиков (1+) садковой радужной форели *Oncorhynchus mykiss* с разным инфекционным статусом на одном из садковых хозяйств Карелии. Для анализа микробного сообщества использована выборка, представленная образцами слизистой и содержимого кишечника и желудков, из которых была выделена тотальная ДНК. Секвенирование гипервариабельных участков V3, V4 гена 16S рРНК проведено на платформе «Illumina» MiSeq. Экстракция липидов производилась согласно общепринятым методам (Folch et al., 1957).

Исходя из полученных микробиологических и биохимических данных, рыбы были инфицированы в начале эксперимента (июнь 2017), а внешние признаки заболевания проявились позднее (август 2017). Скрытое течение инфекции определялось в ранние сроки благодаря использованию специфичных маркеров (присутствие жирных кислот бактериального происхождения), а также на основе изменений в составе кишечной микрофлоры (исчезновению лактобацилл, появлению и дальнейшему превалированию бактерий семейства *Mycoplasmataceae*, достоверному различию микробиома здоровых рыб от больных). Данные показатели, использованные в эксперименте, могут быть отнесены к биомаркерным для оценки бактериального заражения у рыб и определения возможных сценариев течения болезни.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств РНФ (проект № 17-74-20098).

ИЗМЕНЕНИЕ ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА РЕКИ СУРЫ В ЧЕРТЕ ГОРОДА ПЕНЗЫ СПУСТЯ 20 ЛЕТ

Ю. А. Пастухова

*Пензенский государственный университет, г. Пенза,
Yuliya.pastukhova.98@mail.ru*

Одним из водотоков Пензенской обл. является р. Сура, на берегах которой раскинулся г. Пенза. Выше по течению, за пределами города находится Пензенское водохранилище, которое используется для обеспечения питьевой водой населения города и промышленного водоснабжения. Степень антропогенной нагрузки на водоток с каждым годом значительно возрастает. Одним из индикаторов состояния водных экосистем служит сообщество зоопланктона. Поэтому необходимы постоянные наблюдения за происходящими изменениями в реке, в том числе и за состоянием зоопланктоценоза, которые позволят оценить качество воды и своевременно решить возникающие экологические проблемы.

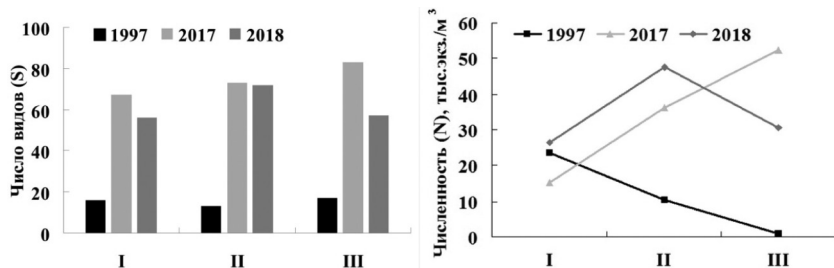
Цель настоящей работы – изучить изменения видового состава и структурных параметров сообщества зоопланктона р. Суры в городской среде за 20 лет.

Пробы отбирали в июле–августе 1997 г. и мае–октябре 2017–2018 гг. на трех участках реки: выше (I), в черте (II) и ниже (III) города. Полученный материал обрабатывали по общепринятым в гидробиологии методам.

В 1997 г. в р. Суре было обнаружено 24 вида и формы зоопланктона, а в 2017–2018 гг. – 121. Состав часто встречаемых видов за 20 лет изменился незначительно, в оба периода в водотоке постоянно обитала кладоцера *Chydorus sphaericus*, добывающая пищу путем вторичной фильтрации, а из коловраток в 1997 г. – *Euchlanis dilatata*, в 2017–2018 гг. – *Keratella cochlearis*, питающиеся путем вертикации.

На исследуемых станциях видовой состав изменялся не одинаково (рис.). В 1997 г. биоразнообразие снижалось на станции II,

а в настоящее время оно повышалось по сравнению с выявленным на станции I. В 1997 г. численность сообщества снижалась закономерно от станции I к III, что можно было интерпретировать, как усиление антропогенного влияния города на реку. В настоящее время численность сообщества, наоборот, на II и III станциях по-разному, но повышается.



Динамика числа видов и численности сообщества зоопланктона р. Суры

Согласно полученным данным за 20 лет сообщество сильно поменялось, хотя часто встречаемые виды остались практически теми же. За этот период снизился уровень воды вследствие сильной засухи 2010 г. В связи с чем мелководные прибрежные участки начали зарастать водной растительностью. Видимо поэтому в реке увеличилось число видов, численность и доля организмов, добывающих пищу с поверхности субстрата. В 2018 г. на сообщество зоопланктона могли повлиять ремонтные работы плотины ТЭЦ-1, вызвавшие увеличение скорости течения.

ЛИПИДНЫЙ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СПЕКТР ДВУХ ВИДОВ АМФИПОД-НЕКРОФАГОВ *OMMATOGAMMARUS ALBINUS* И *OMMATOGAMMARUS FLAVUS*, ОБИТАЮЩИХ В ГРАДИЕНТЕ ГЛУБИН ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

С. Н. Пеккоева¹, В. П. Воронин¹, Ж. М. Шатилина^{2,3},
Е. В. Мадьярова^{2,3}, Д. В. Аксенов-Грибанов^{2,3}, Ю. А. Широкова²,
Н. Н. Немова¹, М. А. Тимофеев^{2,3}, С. А. Мурзина¹

¹Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

²НИИ биологии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск

³АНО «Байкальский исследовательский центр», г. Иркутск,
pek-svetlana@mail.ru

Амфиподы рода *Ommatogammarus* являются представителями уникальной глубоководной фауны оз. Байкал. При этом они обладают высоким уровнем двигательной активности и способны к миграциям в градиенте глубин. Амфиподы играют важную роль в потоках вещества и энергии этой пресноводной экосистемы, выступая одним из основных источников питания для многих гидробионтов и участвуя как некрофаги в системе самоочистки озера. В данной работе исследован липидный и жирнокислотный (ЖК) состав двух доминирующих видов амфипод *Ommatogammarus flavus* и *O. albinus*, выловленных в оз. Байкал в весенний период (март, после зимовки), на разных глубинах 50–500 м и 750–1000 м соответственно. Установлено, что у амфипод *Ommatogammarus* высокий уровень общих липидов (до 46% сухой массы) по сравнению с отдельными видами как пресноводных, так и морских амфипод. Наблюдаются разнонаправленные изменения количества отдельных классов липидов у *Ommatogammarus flavus* с переходом на глубину 500 м: уровень фосфолипидов снижается (от 17,9 до 6,9%), а триацилглицеринов повышается (от 13,7 до 27,7%) в 2 раза. *O. albinus* на глубине 750 м не имеет достоверных отличий от *O. flavus* по содержанию этих классов липидов, тогда как липидный состав у животных, обитающий на глубине 1000 м существенно отличается, что может быть обусловлено как

адаптацией к обитанию в этой зоне, так и спецификой жизненного цикла. В ЖК спектре *Ommatogammarus* spp. доминируют мононенасыщенные ЖК, в основном за счет 18:1n-9 в комплексе с другими 18:1 ЖК. Доминирование этих кислот является адаптивной особенностью глубоководных организмов. Уровень 18:1n-9 ЖК выше (до 38,7% суммы ЖК) у *O. flavus*, чем у *O. albinus* (до 31,1%). Высокий показатель соотношения 18:1n-9/18:1n-7 ЖК (4,8–5,6) и довольно низкие – 16:1n-7/16:0 (0,6–0,9) и 20:5n-3/22:6n-3 (0,8–1,1) подтверждают, что эти животные являются некрофагами. Полученные результаты отражают прежде всего высокую устойчивость и адаптивные возможности амфипод к жизни в градиенте глубин и, как следствие, специфику их питания. Данные липидного статуса байкальских амфипод могут указывать на определенную общность биохимических паттернов с участием липидов у гидробионтов, обитающих на глубинах в морских и пресноводных экосистемах, что рассматривается также как яркий пример конвергентной эволюции. Биохимический анализ выполнен на базе лаборатории экологической биохимии с использованием оборудования Центра коллективного пользования ФИЦ «КарНЦ РАН».

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ КарНЦ РАН № 0218-2019-0076 и Госзадания Министерства науки и высшего образования № 6.1387.2017/4.6, при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области, проект № 17-44-388067 p_a, а также РНФ № 17-14-01063.

СОДЕРЖАНИЕ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В РАЙОНЕ ОСТРОВА БОЛЬШОГО СОЛОВЕЦКОГО

И. В. Петракова

Полярный филиал ФГБНУ ВНИРО, г. Архангельск, bazhenova@pinro.ru

В последние годы на территории о. Большого Соловецкого наблюдается резкое увеличение хозяйственно-туристической деятельности, что в свою очередь приводит к увеличению как ант-

380

ропогенной нагрузки, так и к химическому загрязнению не только самих островов, но и прилегающей к ним акватории. Этот факт влечет за собой необходимость более подробного изучения влияния загрязняющих веществ на окружающую среду.

Целью данной работы является определение содержания бенз(а)пирена в донных отложениях в районе о. Большого Соловецкого Онежского залива Белого моря. Данный поллютант обладает канцерогенной активностью. Своим происхождением он в первую очередь обязан продуктам сгорания органических соединений. Низкие концентрации бенз(а)пирена способны блокировать метаболические взаимодействия организмов и таким образом нарушать систему биокommunikаций в сообществах, их структурные и продуктивные характеристики. То же самое справедливо и в отношении сенсорных связей гидробионотов, их поведенческих реакций, хемореакций и других явлений, механизм которых может быть нарушен в присутствии малых количеств техногенных примесей.

В настоящей работе представлены результаты исследования загрязнения донных отложений полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) на примере бенз(а)пирена. Полевые работы проводились в весенний период 2017–2018 гг. Пробы отбирались в литоральной зоне с юго-западной стороны о. Большого Соловецкого Онежского залива. Донные отложения по своему составу представлены в виде илистого песка и песка, при этом илистые пески в основном наблюдались в районе гавани Благополучия. Результаты исследований показали, что содержание бенз(а)пирена в донных отложениях варьировало от аналитического нуля до 54 нг/г в 2017 г. и от аналитического нуля до 70 нг/г в 2018 г. При сравнительно-временном анализе видно, что происходит некоторое увеличение концентрации бенз(а)пирена в межгодовом периоде. Максимальные концентрации зафиксированы в районе Сухого дока гавани Благополучия, в месте стоянки маломерных судов и сброса канализационных стоков без предварительной очистки.

Следует отметить, что в настоящее время в нашей стране содержание бенз(а)пирена в донных отложениях не регламентируется, но существует возможность оценить степень загрязнения

донных отложений по нормативным показателям, предложенным Норвежским государственным агентством по контролю загрязнений окружающей среды. Согласно данной классификации полученные нами концентрации соответствуют II классу загрязнения (< 420 нг/г) и являются незначительными.

Уровень загрязнения донных отложений в районе о. Большого Соловецкого остается сравнительно низким. Повышенные концентрации бенз(а)пирена в некоторых точках отбора не отражают уровень загрязнения для данного района в целом.

МОРФОЛОГИЯ ЛЕЩА ОБИ И ИРТЫША В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТНОМНОМ ОКРУГЕ

Е. С. Петрачук¹, Н. В. Смолина²

¹Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (Госрыбцентр), г. Тюмень
²ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного
Зауралья», г. Тюмень, natan11@mail.ru

Обширный ареал и история акклиматизации леща создают предпосылки его генетической и фенотипической неоднородности в Обь-Иртышском бассейне, где формирование популяции *Abramis brama* (L., 1758) исчисляется с начала XX в. Проникновение в бассейн шло двумя путями: из Свердловской области – в бассейн Иртыша по р. Исеть, из Новосибирского водохранилища – в бассейн Оби. В итоге, лещ успешно распространился по всему бассейну, достигнув на севере Обь-Тазовской эстуарной зоны. Анализ статистики показывает, что в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) его роль в ихтиоценозе и уловы возрастают, поэтому актуально получить сведения по морфологии и стабильности морфогенеза интродуцента.

Меристические признаки устойчивы и генетически закреплены. В исследованных нами выборках значения варьировали, но крайние варианты и средние величины оставались в пределах изменчивости вида. Выборки леща, выловленного на территории ХМАО в Иртыше (2016 г., 50 экз.) и Оби (2009 г., 100 экз.),

достоверно различались по критерию Стьюдента на 3-м уровне значимости по числу лучей в грудных плавниках, количеству ветвистых лучей в спинном плавнике и количеству ветвистых лучей в анальном плавнике. На 2-м уровне различия наблюдались по количеству чешуй в боковой линии. Не имели достоверных различий такие признаки, как количество тычинок на первой жаберной дуге и число лучей в брюшных плавниках. Количество коллюцих лучей в спинном и анальном плавниках в обеих выборках было равным трем.

Оценку стабильности морфогенеза провели по следующим интегральным показателям флуктуирующей асимметрии меристических признаков: средней частоте асимметричного проявления на признак (СЧФА), среднему числу случаев асимметрии на особь (СЧСА), доле асимметричных особей по шести исследуемым признакам (ДОБЩ). Анализ проводили по 6 меристическим признакам: числу чешуй в боковой линии, числу прободенных чешуй, числу рядов чешуй над и под боковой линией, количеству лучей в грудном и брюшном плавниках. Полученные данные показали близкие значения интегральных показателей, однако чуть выше они у леща р. Иртыш (таб.).

Интегральные показатели флуктуирующей асимметрии леща в реках ХМАО

Водный объект, реки	СЧФА ($X \pm m_x$)	СЧСА	ДОБЩ
Иртыш	0,11 ± 0,02	0,62	40,0
Обь	0,09 ± 0,02	0,55	32,0

По разработанной для рыб пятибалльной шкале оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития, выборки имеют минимальный балл по СЧФА (< 0,30), что говорит о том, что для леща здесь нормальные условия среды.

В целом стабильность развития меристических признаков леща в том и другом водном объекте в пределах ХМАО высокая, что указывает на успех акклиматизации вида в Обь-Иртышском бассейне.

ВЛИЯНИЕ ЦИРКАДНЫХ РИТМОВ НА БИОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У ДИНОФЛАГЕЛЛЯТ *PROROCENTRUM MINIMUM* В УСЛОВИЯХ СОЛЕННОСТНОГО СТРЕССА

С. А. Печковская, Н. А. Князев, Н. А. Филатова

*Институт Цитологии РАН, г. Санкт-Петербург,
sapechkovskaya@gmail.com*

Фотопериодичность играет центральную роль в регулировании физиологических и поведенческих реакций фотосинтетического и миксотрофного фитопланктона. Известно, что многие из этих процессов контролируются циркадными ритмами. В настоящей работе был исследован потенциально токсичный миксотрофный планктонный вид динофлагеллят *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller, вселившийся в Балтийское море более трех десятилетий назад и вызывающий обширные цветения воды в том числе в олигогалинных водах Финского залива. Интенсивные исследования этих динофлагеллят, предпринятые в последнее время, пока не привели к окончательному пониманию биохимических и физиологических механизмов столь успешного распространения этих микроорганизмов. У динофлагеллят циркадные ритмы, как было показано ранее, в значительной степени зависят от посттранскрипционной регуляции. Однако степень, в которой они модулируют транскрипционный и трансляционный ответ для регуляции экспрессии генов в ответ на смену дня и ночи, практически не изучена.

Цель исследования состояла в определении влияния циркадных ритмов на клеточный цикл и синтез РНК и ДНК в условиях соленостного стресса. При анализе клеточного цикла методом проточной цитометрии было показано, что днем большинство клеток определялось в фазе G_0G_1 (95,9%), в то время как в S-фазе только 1,7%, а в фазе G_2M – 2,5%. Ночью количество клеток в S и G_2M фазах увеличивалось до 12,6 и 4,3% соответственно за счет сокращения их количества до 83,1% в фазе G_0G_1 . Уровень синтеза РНК и ДНК в дневных и ночных культурах клеток определяли по включению 3H -уридина или 3H -тимидина соответственно. Клетки культивировали при 17‰ (кон-

троль), при этом уровень синтеза РНК не изменялся в течение суток, в то время как уровень синтеза ДНК ночью увеличивался в 2,8 раза. Клетки подвергали соленостному стрессу в дневных или ночных культурах, изменяя соленость до 4, 8 или 35‰. Самое значительное увеличение синтеза РНК наблюдалось при 8‰ (в 2 раза для дневной культуры и в 2,5 раза для ночной). Увеличение солености до 35‰ приводило к незначительному снижению синтеза РНК в дневных и ночных культурах. Самое большое повышение уровня синтеза ДНК наблюдали также при 8‰ в дневных культурах (в 2,7 раза) и несколько меньше в ночных (в 1,6 раза). Увеличение солености до 35‰ не приводило к изменениям синтеза ДНК.

Полученные данные свидетельствуют о том, что цикл клеточно-го деления у динофлагеллят *P. minimum* находился под циркадным контролем, а значительное увеличение синтеза ДНК днем, а РНК ночью могло служить своеобразным биомаркером, сигнализирующим о воздействии соленостного стресса, обусловленного вселением вида в олигогалинные воды Финского залива.

ЭКОЛОГИЯ: РАЗНООБРАЗИЕ ВМЕСТО ЕДИНСТВА? (С ПРИМЕРАМИ ИЗ ВОДНОЙ ЭКОЛОГИИ)

Л. В. Полищук

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
биологический факультет, кафедра общей экологии, г. Москва,
leonard_polishchuk@hotmail.com*

Экологию определяют как науку, изучающую системы надорганизменного уровня, образующие определенную иерархию: популяции, сообщества и экосистемы, причем, если популяции всегда локальны, то сообщества и экосистемы могут быть упорядочены по степени пространственной протяженности – от локальных до глобальных, охватывающих большие ландшафтно-климатические зоны (биомы) и всю Землю (биосфера). Может показаться, что такое определение исчерпывающе охватывает все разделы экологии, однако на самом деле это не так. Более того, нам представляется, что впечатление о единстве

экологии, которое оставляет это определение, на самом деле является ложным. Во-первых, в состав экологии входит макроэкология (термин возник в 1989 г.), которая нацелена на выявление универсальных количественных зависимостей, охватывающих большие совокупности видов в глобальном пространственном масштабе (сравнимом по размерам с размерами континентов и океанических акваторий). Эти совокупности не обязательно принадлежат к одной, пусть и большой, экосистеме и поэтому не вписываются в стандартное (приведенное выше) определение экологии. Примерами макроэкологических зависимостей являются разнообразные зависимости от массы тела: обмен–масса; плотность популяции–масса и базирующееся на этой зависимости и зависимости обмен–масса правило энергетической эквивалентности; плотность населения размерных групп–масса, или размерный спектр, и вытекающее из этой зависимости правило эквивалентности биомассы, или принцип М. С. Гилярова. Многие из этих зависимостей применимы к водным организмам. Нацеленность на поиск универсальных зависимостей сближает макроэкологию с трофодинамическим (балансовым) подходом, который в Советском Союзе и России возник и развивается школой Г. Г. Винберга (А. Ф. Алимов, их последователи и ученики). Во-вторых, поиск универсальных количественных зависимостей и устойчивых характеристик экосистем – не единственная исследовательская программа в экологии. Популяционная экология не может похвастаться такими зависимостями и константами (скорее всего, потому, что в локальном пространственном масштабе, с которым имеет дело популяционная экология, их просто не существует). Современной исследовательской программой популяционной экологии является поиск универсальных инструментов, пригодных для изучения популяций разных организмов, в том числе водных, а не поиск универсальных зависимостей и констант. Таким образом, экология является весьма разнородной наукой, разные разделы которой опираются (как правило, неявно) на разные исследовательские программы. Под стать своей главной задаче – изучению биологического разнообразия – экология сама является весьма разнообразной наукой, далекой от внутреннего единства.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-01143.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕРМОХАЛИННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОД БАЛТИКИ

Ю. Ю. Полунина, В. А. Кречик

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва,
jul_polunina@mail.ru*

Цель нашей работы – выявить закономерности встречаемости видов, распределения и количественного развития зоопланктона под влиянием особенностей термохалинных показателей вод разных районов моря по материалам, отобраным в 32 рейсе НИС «Академик Н. Страхов» и 43 рейсе НИС «Академик Б. Петров» ИОРАН в Южной, Центральной Балтике и в Финском заливе летом 2016 и 2018 гг. Зоопланктон отбирали сетью WP-2 по слоям (тотально; слой от сезонного термоклина до поверхности; от галоклина до поверхности). Летом 2016 г. граница верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) с температурой воды 17,1–19,7 °С была отмечена на глубинах 12–22 м. Галоклин повсеместно наблюдался на глубинах 57–62 м, и только в Борнхольмской впадине – на 38 м. Слой воды под галоклином имел соленость от 13,2 *enc* до 18,5 *enc* и температуру 5,9–7,2 °С. В 2018 г. в Юго-Восточной Балтике (ЮВБ) ВКС распространялся до глубин 10–15 м и имел температуру воды 21,7–23,4 °С и соленость около 7,5 *enc*; а в Финском заливе – до глубин 7–11 м с температурой 17,5–23,1 °С и соленостью 2,9–3,9 *enc*. Галоклин в ЮВБ залегал в диапазоне глубин 57–66 м, соленость придонного слоя варьировала 10,8–12,0 *enc*. В Финском заливе галоклин отмечен на глубине 16–20 м с соленостью придонного слоя 8,7–9,0 *enc*.

В зоопланктоне Южной (Борнхольмский, Гданьский бассейны, Слупский желоб) и Центральной Балтики (Готландский бассейн) летом 2016 г. число видов изменялось от 10 до 20. В Южной Балтике, при солености вод 7,2–7,6 *enc*, разнообразие животного планктона было ниже (16 видов), а количественные показатели

выше (31,5–43,3 тыс. экз./м³ и 418–536 мг/м³), чем в более опресненной Центральной Балтике. В Центральной Балтике, где поверхностная соленость была около 6,7 ‰, отмечено до 20 видов и групп: только здесь отмечены понто-каспийские вселенцы *Cercopagis pengoi* и *Evadne anonyx* и крупный вид калянид – *Limnocalanus grimaldii grimaldii*; количественные показатели зоопланктона были невысокие (в среднем 12,5 тыс. экз./м³ и 208 мг/м³). Вид-маркер североморских вод *Oithona similis* всегда отмечался ниже галоклина, он был наиболее многочислен в Борнхольмском бассейне и Слупском желобе. В Гданьском бассейне он присутствовал на нескольких станциях, а в Готланском бассейне только на одной глубоководной станции (220 м), что указывает на проникновение соленых вод до о. Готланд в 2016 г. Вертикальное распределение отдельных видов было обусловлено их экофизиологическими особенностями: тепловодные виды (клатоцеры, *Acartia tonsa*) преобладали в прогретом ВКС, в то время как холодноводные стеногалинные (*P. elongatus*; *O. similis*) – в слое ниже галоклина.

В ЮВБ летом 2018 г. отмечено 15 видов и групп голопланктона, а в Финском заливе – 19, где разнообразие возросло за счет эвригалинных видов клатоцер. Общая численность зоопланктона в ЮВБ и в Финском заливе была схожа и составляла около 30 тыс. экз./м³. Отмечено существенное снижение доли клатоцер в общей численности зоопланктона в сравнении с 2016 г.

Таким образом, было отмечено увеличение числа видов мезозоопланктона от о. Борнхольм к о. Готланд и о. Гогланд – разнообразие возрастало за счет появления эвригалинных видов клатоцер, в том числе вселенцев. Количественное развитие зоопланктона было выше в южной, чем в центральной и северной части Балтики. Отмечено снижение доли клатоцер в общей численности зоопланктона 2018, в сравнении с 2016 г.

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТООБИТАНИЙ ЛИЧИНОК РЕЧНОЙ МИНОГИ В МАЛЫХ РЕКАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. В. Полякова^{1,2}, А. В. Кучерявый², А. О. Звездин²

¹Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
г. Москва, nurnataly@yandex.ru

Малые равнинные реки – одни из наиболее многочисленных водных объектов на территории европейской части России. Несмотря на это, исследования на них носят чаще всего случайный, разовый характер. В рамках работ по изучению популяций речной миноги *Lampetra fluviatilis* в реках Ленинградской области были проведены исследования типичных биотопов личинок миног – пескороек. Дана общая характеристика зоопланктона, зообентоса, оценены некоторые гидрохимические характеристики, проведен анализ грунта.

Материал собран в апреле–октябре 2017 г. и июне–ноябре 2018 г. на трех реках Ленинградской области: Чёрной, Серебристой (Выборгский р-н) и Каменке (Лужский р-н). Сбор материала проводили по стандартным методикам.

В результате анализа химических показателей показано, что вода в исследованных водоемах в целом имеет низкую минерализацию, слабокислую реакцию. При этом разброс значений рН в одной реке может иметь значительную амплитуду в течение сезона. Содержание органического вещества в исследованных реках высокое. Максимальные значения отмечены весной (до 55 мгО²/л), что, возможно, связано с паводком, минимальные в период летней межени (до 8,2 мгО²/л).

Гранулометрический анализ показал, что преобладающей фракцией являются мелкие и тонкие пески, составляя в сумме более 90% от общего состава. Количество органического вещества в грунте среднем за сезон на исследованном участке колебалось от 1 до 3,5%.

Зоопланктон включал 23 таксона планктонных коловраток и ракообразных. Это массовые формы, типичные для водоемов северо-запада, в том числе для зоопланктона рек. Реки Каменка и Серебристая характеризуются крайне низким уровнем развития зоопланктона в силу небольших глубин и быстрого течения. Наибольший интерес представляет р. Чёрная, поскольку именно здесь в начале лета отмечено высокое количественное развитие планктонных коловраток. Всего в реке обнаружено 16 видов зоопланктона, из них 9 – Rotifera, 6 – Cladocera, 4 – Copepoda. Обилие зоопланктона в течение сезона сильно колебалось: в начале июня, за счет массового развития коловраток *Kellicotia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Polyartra sp.* численность достигала в отдельных пробах 69–900 тыс. экз./м³, к середине лета снижалась до сотен экз./м³, к осени – до единиц.

Зообентос исследованных рек представлен типичными представителями реофильной фауны. В Каменке зообентос представлен двустворчатыми моллюсками сем. Pisidiidae., малощетинковыми червями Olygochaeta, личинками насекомых (Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Diptera). Аналогичный состав организмов отмечен в Серебристой. Во всех трех реках в пробах макрозообентоса обнаружены личинки *Lampetra fluviatilis*, достигшие 90% от общей биомассы. Река Чёрная отличается более богатым составом зообентоса. Здесь также в массе отмечены все вышеперечисленные таксоны. Кроме того, здесь присутствуют губки, крупные двустворчатые моллюски сем. Unionidae, а также на исследованном участке обнаружены живые особи жемчужниц *Margaritifera margaritana*. В течение сезона численность и биомасса макрозообентоса колебались от 120 до 7100 экз/м² и 10–110 г/м² соответственно.

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОТОКОВ БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА ЦЕНТРАЛЬНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

Е. В. Потиха

*Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный
заповедник им. К. Г. Абрамова, г. Терней, potikha@mail.ru*

Биоиндикация малых водотоков, особенно в условиях интенсивного использования природных ресурсов, всегда была и остается одной из актуальных задач. В Приморском крае протекает 6000 рек, но только 1650 имеют длину более 10 км. Горный характер рельефа, большое количество выпадающих осадков и относительно малое испарение определило высокую густоту речной сети (0,7–0,9 км/км²). Значение малых рек для региона переоценить невозможно. Они формируют основные водные артерии, являются местом воспроизводства ценных пород лососевых рыб и служат источникам питьевой воды. Для оценки степени изменения речной экосистемы в результате антропогенной деятельности важно иметь представление об исходном состоянии экосистемы реки конкретного типа, где были бы отражены, помимо гидрологических характеристик, данные о качественном составе и структурной организации сообществ беспозвоночных. При этом необходимо учитывать, что разнообразие и неоднородность структуры бентоса зависят от типа водотока и природных условий. Для получения таких данных могли бы подойти водотоки-аналоги. Но в условиях нарушенного природного ландшафта найти ненарушенные водные экосистемы не представляется возможным.

Идеальным местом для проведения комплексного мониторинга можно рассматривать биосферные заповедники. Эти ООПТ, согласно Севильской стратегии, имеют зонированную территорию с разным режимом охраны и призваны проводить мониторинг не только в ядре заповедника, где природные комплексы развиваются в естественных условиях и не испытывают антропогенного влияния, но и в его буферной зоне и в зоне сотрудничества.

Материалом для доклада послужили данные, подученные автором в период с 1990 по 2017 гг. на водотоках, протекающих в разных зонах Сихотэ-Алинского биосферного заповедника, расположенного в центральной части одноименного горного хребта. При сборе и обработке материала применены методы и индексы, позволяющие определить динамику биомассы и структуры донных сообществ различных типов водных экосистем при разной степени антропогенной нагрузки. Для водотоков ядра заповедника, выполняющих роль эталонных экосистем, получены и проанализированы данные распределения бентоса и его основных групп в бассейне реки и по продольному профилю рек. Рассмотрены структурные изменения биомассы и плотности донных беспозвоночных в водотоках разного типа. Проанализированы сезонная и межгодовая динамика структуры бентоса. Для водотоков буферной зоны заповедника приведены результаты долговременного влияния на состав и динамику количественных показателей бентоса отработанного горнорудного предприятия. Показана ответная реакция бентоса на периодическую работу горнодобывающего предприятия и вторичную переработку шламов в водотоках зоны сотрудничества. В докладе представлена сравнительная характеристика индексов, основанных на динамике биомассы и структурной организации бентосных сообществ. Выявлено фоновое состояние и определены основные гидрохимические показатели водотоков всех зон заповедника. Показана специфика трендов динамики численности индикаторных групп при удалении от основного загрязнителя. Установлена степень накопления тяжелых металлов в абиотических и биотических компонентах водотоков подверженных разной степени антропогенного воздействия. Приведена оценка качества воды. Полученные данные могут быть использованы при оценке последствий техногенного воздействия на водные экосистемы.

ИЕРАРХИЯ ОБИТАЕМЫХ ПРОСТРАНСТВ МНОГОКЛЕТОЧНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

А. В. Празукин

*Институт морских биологических исследований
им. А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, prazukin@mail.ru*

Обитать – значит находиться в определенных границах пространства и осуществлять в нем множественность функций, свойственных живому (Празукин, 2015). По отношению к любым экологическим объектам обитание – это экологический процесс, организуемый организмом или их группой в обитаемом пространстве (Хайлов и др., 2014). Таким образом, обитаемое пространство (ОП) – это пространство с определенными границами, в пределах которых размещается и функционирует организм или их группа.

Будем различать три разных типа ОП: 1) пространства биологического ранга, сформированные самими растениями (клетки, органы, тела целых растений); 2) пространства экологического ранга (кроновые и субкроновые пространства, растительные пологи), основную часть которых занимает водная среда; 3) пространства географического ранга (водоемы, водотоки), которые заняли растения с их индивидуальными пространствами в процессе освоения биосферы.

Минимальным обитаемым пространством является пространство, занимаемое самим организмом. От окружающего пространства его отделяет поверхность оболочечного типа – зримая и осязаемая, и придающая живому телу узнаваемый индивидуальный облик. Общая совокупность ОП организмов в биосфере невелика. Значительная часть пространства биосферы занята ОП экологического ранга, которые оболочечных границ не имеют. Пространства географического ранга в общей своей совокупности охватывают всю гидросферу, а их граничные поверхности, в свою очередь, отличаются от поверхностей организмов, крон, пологов.

Таким образом, общее пространство биосферы и гидросферы представляет собой иерархию соподчиненных ОП разного уровня организации. В гидросфере выстраивается ряд: океаны, открытые моря, заливы (бухты, фиорды), внутренние моря, озера разного

размера, подпространства, занятые фотическими слоями, зарослями донных макрофитов (пологами), кроны слоевищ водорослей, отдельные части (органы, ткани, клетки) подводных растений. Во всех этих природных пространствах (V) имеется живое вещество в той или иной концентрации (C_w).

Поступление вещества и энергии в ОП и их распределение в нем, и, соответственно, распределение жизни и ее деятельность во многом предопределены геометрией пространства, соотношением «питающего» объема и «питаемой» поверхностью. Можно говорить о структурном подобии рассматриваемых объектов – всей иерархии жизнеобитаемых систем биосферы, гидросферы и, соответственно, сравнивать их в общем метрическом поле.

В координатах V и C_w объекты, организованные в отдельные пространства, располагаются дискретно. Для каждого типа объектов характерны определенные пределы изменений объемной концентрации сухого вещества. Величины диапазонов предельных концентраций расширяются с увеличением размеров ОП.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант 18-16-00001).

ЖИРНОКИСЛОТНЫЕ ЦЕПИ ФОСФОЛИПИДОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, ФУНКЦИИ (КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

А. Л. Рабинович

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
rabinov@krc.karelia.ru*

Основу биологических мембран образуют молекулы фосфолипидов; они различаются строением головных групп и/или углеводородных цепей. Одной из важнейших задач при изучении биомембран является установление взаимосвязи между химическим строением молекулярных компонентов, их физическими свойствами и функциональной ролью в мембране. Наиболее адекватное решение этой задачи может быть достигнуто лишь при сочетании

разных уровней ее рассмотрения. Экспериментальные данные по свойствам молекул фосфолипидов или углеводородных цепей разного строения немногочисленны. Восполнить пробелы можно расчетами; наиболее эффективный подход – компьютерное моделирование. В настоящей работе:

(I) Методами статистических испытаний и молекулярной динамики рассчитаны свойства цепей жирных кислот, – насыщенных и ненасыщенных, содержащих метиленпрерывающиеся двойные связи *cis*, а также свойства гидратированных бислоев, образованных молекулами фосфатидилхолинов, в состав которых входят такие цепи. Обнаружено, что в биомембране существуют молекулярные механизмы надлежащего изменения некоторых локальных свойств с сохранением свойств более общих. Увеличение количества двойных связей приводит к росту гибкости цепи, а перемещение одной или нескольких двойных связей в направлении от середины цепи к ее концам уменьшает гибкость. Изменением количества двойных связей и их местоположений в цепях биомембраны достигается должный диапазон значений гибкости цепей и регулируется степень ее жидкости. В ненасыщенных цепях в бислоях степень упорядочения простых связей C–C, которые примыкают к двойным, меньше, чем у двойных связей, и меньше, чем у простых связей с тем же номером в насыщенной цепи. В бислоях, которые образованы молекулами липидов с ненасыщенными цепями ацилов, сосуществуют протяженные участки с различным характером ориентационного упорядочения связей, – различными степенями анизотропии кривых распределения по ориентациям связей относительно оси, перпендикулярной к поверхности бислоя.

(II) С помощью представлений алгебраической геометрии проанализировано строение наиболее распространенных углеводородных цепей фосфолипидов биомембран (которое характеризуется рядом общих структурных особенностей). Выявлены фрагменты структуры, которые обладают максимально возможной некристаллографической симметрией; эти фрагменты могут априори определять структурные особенности углеводородных цепей фосфолипидов биомембран: наличие высокой симметрии таких фрагментов является необходимым, хотя и не достаточным условием их реализации.

Полученные данные углубляют имеющиеся представления о структурной организации, свойствах и функционировании биологических мембран.

Работа выполнена при поддержке средств федерального бюджета (гос. задание № 022-2017-0050, № гос. рег. АААА-А17-117031710039-3).

ИЗМЕНЕНИЕ ВЫЖИВАЕМОСТИ И ДИАМЕТРА ГИДРАТИРОВАННЫХ ЦИСТ АРТЕМИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Л. Ф. Разова, Л. И. Литвиненко, К. В. Куцанов, А. Г. Герасимов

*Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»)
ФГБОУ ВПО Государственный аграрный университет
Северного Зауралья, г. Тюмень, orb@gosrc.ru*

Жаброногий рачок артемия обладает уникальными адаптационными качествами к высокой солености и концентрации сероводорода, дефициту кислорода. Цисты артемии в высушенном состоянии выдерживают температуру абсолютного 0 °С и в кратковременной экспозиции – от 100 до 130 °С. Об удивительной сохранности цист в осадочных грунтах свидетельствует факт получения живых науплиусов из цист возрастом 10 тыс. лет.

Практическое использование цист артемии так же велико, как и научный интерес к этому организму. Цисты артемии уже на протяжении 50 лет считаются одним из самых лучших стартовых кормов для личинок рыб и ракообразных. В настоящее время заготавливается 6–9 тыс. т цист в сырой массе, в том числе в России – в среднем около 1,1 тыс. т в сырой массе (Litvinenko, Litvinenko, Voiko, 2015). 85 % от всех используемых цист идет на выращивание креветок. Стремительное развитие аквакультуры, особенно в странах Юго-Восточной Азии рано или поздно приведет к дефициту артемии. Поэтому уже сейчас ученые разрабатывают технологии культивирования артемии, в том числе с направленной селекцией

уменьшения диаметра цист, как следствие уменьшение размеров науплиусов. Кроме этого, практический интерес к размерам цист связан с разработкой методов популяционной идентификации источников происхождения цист для судебной экспертизы. Известно (Vanhaecke, Sorgeloos, 1980), что такие показатели, как размеры цист и эмбрионов, толщина хориона определяют вид и, за исключением небольших различий, эти признаки являются неизменными в новых условиях среды. Перед нами стояла задача выбрать наиболее надежный метод определения этих показателей.

Из литературы известно (Sorgeloos et al., 1986), что полностью гидратированные цисты не меняют своего размера. Для проверки этого утверждения были проведены исследования с неактивированными цистами сибирской популяции из оз. Медвежье Курганской области. Цисты перед экспериментом гидратировали (выдерживали в пресной воде около 1 ч), затем через 10 мин, 2 ч и 1 сут выдерживания их в воде измеряли диаметр цист, эмбрионов и толщину хориона. Оказалось, что размер цист в течение суток увеличивается; вылупление науплиусов из этих цист составило 32% (контроль). Чтобы полностью остановить метаболизм в цистах, приводящий к искажению их размеров, необходимо выбрать наиболее приемлемый метод. Были проведены опыты с воздействием 1%-ного раствора Люголя в течение 18 ч (в темноте), электромагнитного излучения микроволновой печи (700 ватт, 10 мин) и температуры воды 100 °С (цисты заливались кипятком), температуры воздуха 90 °С (цисты помещали во влагомер на 10 мин). Для определения процента живых цист, пробу инкубировали в чашках Петри и определяли процент выклева науплиусов. Далее проводили промеры после 10 мин, 2 ч и 1 сут выдерживания их в пресной воде комнатной температуры. Диаметр эмбриона измеряли после декапсуляции, толщину хориона определяли как разность между диаметром цист и эмбрионов, поделенную пополам.

После воздействия сухого горячего воздуха выклев цист составил 28,2%, горячей воды – 1,9%, электромагнитного излучения – 1,4% (цисты потрескались), раствора Люголя – 0%. Толщина хориона в погибших цистах была нестабильна при разных воздействиях, в живых цистах – увеличивалась в процессе метаболизма.

Наиболее оптимальными методами оказались выдерживание цист в растворе Люголя и в кипятке, в обоих случаях увеличение диаметра в течение суток минимальное (не более 2%).

**СРЕДНЕТЫЧИНКОВАЯ ФОРМА СИГА
COREGONUS LAVARETUS (LINNAEUS, 1758)
ИЗ БАССЕЙНА РЕКИ ПЕЧОРЫ**

Р. Р. Рафиков

*Институт биологии Коми НЦ Уральского отделения РАН,
г. Сыктывкар, rafikov@ib.komisc.ru*

Бассейн р. Печоры является одним из основных по добыче водных биоресурсов среди всех водотоков на территории европейского северо-востока России. За время его рыбохозяйственного изучения были описаны морфобиологические особенности всех представителей ихтиофауны, используемых в рыболовстве. Одним из наиболее массовых объектов промысла является сиг *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758). По общепринятым представлениям это сложнокомплексный вид с циркумпольярным распространением, включающий различные экологические формы. Основное отличие по морфологическим признакам, используемое для их диагностики – количество жаберных тычинок, в соответствии с которым принято выделять малотычинковые (15–30), среднетычинковые (30–40) и многотычинковые (40 и более) формы сегов.

Основной рыбопромысловый район расположен в нижнем течении р. Печоры и включает не только магистральное русло, но и наиболее крупные притоки – Сула, Цильма, Ижма, Уса. Средние значения наиболее переменчивых признаков популяций сига указанных рек по данным Н. К. Протопопова (1983), свидетельствуют о том, что в указанном бассейне обитает его малотычинковая форма (табл.). Среди группировок, различающихся по местам нагула и нереста (озерные, озерно-речные и речные), иных форм также не регистрировалось (Сидоров, Решетников, 2014).

В 2018 г. нами обнаружена форма сига, обитающая в русле р. Космы (приток р. Цильмы) в районе Косминских озер. Ее морфологическое описание соответствует среднетычинковой форме, ранее не отмеченной для бассейна р. Печоры. Для территории европейского северо-востока России уже известны популяции подобного сига (32–40 тычинок с модальным значением – 36) в реках и озерах Зимнего берега Белого моря, вселившегося сюда из Балтики. Не исключено, что в межледниковые периоды данный вид мог проникнуть в различные озерно-речные системы бассейна Баренцева моря и сформировать там изолированные популяции.

Средние значения наиболее переменных признаков популяций сига из притоков нижнего течения р. Печоры

Водотоки, реки	Жаберные тычинки	Чешуй в боковой линии
Сула	22,49 ± 0,21	87,73 ± 0,65
Печора, магистральное русло	22,35 ± 0,25	87,07 ± 0,42
Ижма, 5 км от устья	21,81 ± 0,22	86,29 ± 0,46
Уса	22,20 ± 0,27	87,50 ± 0,48
Косма, 200 км от устья	35,92 ± 0,58	91,87 ± 1,25
Муксун (нижнее течение р. Лены)	34,53 ± 0,35	92,83 ± 0,53

Необходимо отметить некоторое сходство обнаруженной формы сига в бассейне р. Печоры с малотычинковой формой муксуна, известной для нижнего течения р. Лены (Александрова, Кузнецов, 1970). По опубликованным данным ареал данного вида ограничен р. Карой и далее на запад не распространяется. Существование муксуна в р. Косме представляется сомнительным, поскольку его малотычинковая форма является солонотолерантной и заходит для нереста лишь в магистральное русло и протоки дельтовых участков рек.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Распространение, систематика и пространственная организация фауны и населения животных таежных и тундровых ландшафтов и экосистем европейского северо-востока России» № АААА-А17-117112850235-2.

ДИНАМИКА УРОВНЯ КОРТИЗОЛА И АКТИВНОСТИ Na^+/K^+ -АТФАЗЫ У МОЛОДИ ЛЮМПЕНА ПЯТНИСТОГО

Н. Л. Рендаков, Е. И. Кяйвярйянен, С. Н. Пеккоева,
С. А. Мурзина, Н. Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, nltrend@mail.ru

Люмпен пятнистый, *Leptoclinus maculatus* (Fries, 1838), представитель семейства Стихеевые (отряд Окунеобразные), широко распространен в морских экосистемах Арктики и Северной Атлантики и хорошо адаптирован к жизни в арктико-бореальной зоне. У этого вида сложный и длительный метаморфоз: молодь рыбы ведет пелагический образ жизни в течение 3 лет, а затем, проходя стадию метаморфоза, развивается во взрослую придонную особь. Раннее развитие люмпена представлено последовательно сменяющимися друг друга стадиями от L1 до L5. При этом типично пелагическими считаются стадии L1, L2 и L3, тогда как мальки стадии L5 – преимущественно придонные, но могут встречаться и в пелагиали.

В данной работе исследовали динамику двух показателей, связанных с ионным гомеостазом, – уровня кортизола и активности Na^+/K^+ -АТФазы, в скелетных мышцах люмпена пятнистого в постэмбриональном развитии от пелагических личинок (L2–L4) до ювенильных особей (L5). Концентрацию кортизола определяли масс-спектрометрически, активность Na^+/K^+ -АТФазы – спектрофотометрически.

Выявленное изменение активности Na^+/K^+ -АТФазы в мышцах личинок люмпена пятнистого связано обратной зависимостью со скоростью их роста. Данные литературы свидетельствуют о том, что низкая активность Na^+/K^+ -АТФазы у молоди рыб может приводить к сокращению энергетических расходов на процессы осморегуляции, и, в свою очередь, способствовать увеличению темпов роста. Можно предположить, что обнаруженное в данной работе снижение активности Na^+/K^+ -АТФазы у личинок от стадии L2 до L5 может влиять на увеличение темпов роста люмпена пятнистого в процессе раннего развития.

Максимальная активность Na^+/K^+ -АТФазы, как и уровень кортизола, обнаружены у личинок на стадии L2. Последующее снижение активности Na^+/K^+ -АТФазы сопровождается уменьшением

содержания кортизола в мышцах вплоть до стадии L5, что свидетельствует о корреляции возрастных динамик изучаемых показателей. Известно, что высокие дозы глюкокортикоидов стимулируют синтез Na^+/K^+ -АТФазы в скелетных мышцах, что может быть связано с гомеостазом калия и мышечной сократимостью у наземных позвоночных и, возможно, у рыб.

Таким образом, сходная динамика изменения уровня глюкокортикоидного гормона кортизола и активности Na^+/K^+ -АТФазы позволяет предположить, что кортизол оказывает регулирующее влияние на активность Na^+/K^+ -АТФазы в скелетных мышцах личинок люмпена пятнистого. Это необходимо для метаморфоза молоди люмпена, а также для адаптации к придонному образу жизни в арктических условиях среды обитания со специфической соленостью, температурой, фотопериодом и трофикой.

Исследования выполнены на оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук». Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 0221-2017-0050 и поддержана грантом РФФИ № 17-04-00466.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИПЕРОКСИИ НА БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ И ГОЛАРКТИЧЕСКИХ АМФИПОД

**Я. А. Ржечицкий¹, А. Н. Гурков^{1,2}, Ж. М. Шатилина^{1,2},
В. А. Емшанова¹, В. А. Бобкова¹, О. А. Ларина¹, М. А. Тимофеев^{1,2}**

¹ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск

²Автономная некоммерческая организация «Байкальский исследовательский центр», г. Иркутск, rzhechitskiy.yar@gmail.com

Одним из параметров, по которым оз. Байкал выделяется в общем ряду континентальных водоемов, является высокое содержание кислорода, достигающее во время зимнего максимума до 100% насыщаемости и выше. Подобные условия известны и для других озер, однако, судя по всему, Байкал является единственным древним водоемом, для которого постоянно высокое содержание

кислорода оставалось характерным в течение эволюционно значимых периодов времени. Соответственно, эндемичные обитатели Байкала, такие как амфиподы, эволюционировавшие при воздействии данного фактора, могут обладать специфическими реакциями на гипероксические условия.

Целью исследования являлось сравнение влияния повышенной концентрации кислорода в воде на дыхательную активность и биохимические показатели окислительного стресса у байкальских эндемичных амфипод *Eulimnogammarus cyaneus* (Dybowsky, 1874) и голарктического вида амфипод *Gammarus lacustris* Sars 1863.

После предварительной акклимации к лабораторным условиям параллельную контрольную группу амфипод содержали в нормоксических условиях (~12 мг/л), а две экспериментальные группы амфипод содержали при средней (~20 мг/л) и максимальной (~40 мг/л) концентрации кислорода в воде в течение 10 дней. Оценку частоты дыхательных движений амфипод производили через 1, 5 ч, 1, 5 и 10 суток после начала гипероксических экспозиций. Для биохимических анализов контрольную группу животных фиксировали в жидком азоте перед началом эксперимента, а также через 1, 5 и 10 суток. Две экспериментальные группы амфипод фиксировали через 1, 5 ч, 1 сутки, 5 и 10 суток после начала гипероксических экспозиций. Измеряли стандартные маркеры развития окислительного стресса: содержание продуктов перекисного окисления липидов и активность антиоксидантных ферментов (пероксидазы, каталазы и глутатион-S-трансферазы).

В результате исследования у *G. lacustris* обнаружены статистически значимые снижения частоты колебания дыхательных плеопод в гипероксических условиях, что обычно характерно для ракообразных. Напротив, у *E. cyaneus* не было выявлено каких-либо изменений в активностях ферментов антиоксидантной системы, содержании продуктов перекисного окисления липидов и частоте дыхательных движений, что свидетельствует в пользу наличия у байкальских эндемиков специфических реакций на повышенное содержание кислорода.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда (№ 17-14-01063).

МИНЕРАЛЬНЫЙ АЗОТ КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР ЭВТРОФИРОВАНИЯ МАЛЫХ МЕЛКОВОДНЫХ ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДА

А. Л. Рижинашвили

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

Традиционно принято считать, что ведущим биогенным элементом, лимитирующим трофность пресноводных (и морских) экосистем, является фосфор. Потери азота же в водной экосистеме, как представляется, всегда могут быть компенсированы азотфиксацией. Однако в последнее десятилетие появляется все больше работ, результаты которых указывают если не на прямое лимитирование продукции азотом, то, по крайней мере, на зависимость фотосинтетических показателей от содержания именно его соединений в воде. Показано, что вид лимитирования (по фосфору или по азоту) находится в связи с зональными особенностями водоемов, характером угодий их водосборов, климатическими и сезонными гидрологическими условиями, типом миктичности озера. Следует также принять во внимание, что в представлении автора концепции региональной лимнологии Э. Науманна фосфор и азот учитывались в равной степени в отношении классификации водоемов по уровню трофии. Разработка вопроса о лимитирующем первичную продукцию элементе имеет первостепенное значение не только для разработки теории функционирования водных экосистем, но и для составления прогнозов их динамики. Целью серии исследований, проведенных нами, было установление связи между продукционными показателями экосистемы малых мелководных озер и уровнем содержания в воде минеральных форм азота (нитратного и аммонийного).

На первом этапе работы был разработан подход к оценке обеспеченности первичной продукции фитопланктона неорганическим азотом в малых озерах. Для этого на примере ряда модельных водоемов проведена оценка соотношения первичной

продукции, определенной традиционным скляночным методом в кислородной модификации («скляночная продукция»), и условной продукции, полученной пересчетом содержания нитрата и аммония в воде по стехиометрии Рэдфилда («нитратная продукция», «аммонийная продукция»). Для контроля также с учетом стехиометрии Рэдфилда осуществлялся пересчет концентрации фосфора в воде в условную продукцию. Выявлено, что значения «нитратной» продукции гораздо ближе к реально наблюдаемым «скляночным», чем «аммонийная» и «фосфорная» продукция. В целом обеспеченность нитратом и аммонием растет по мере снижения трофического статуса озера. Обнаружено, что соотношение «нитратной» и «скляночной» продукции достоверно увеличивается с возрастанием глубины прозрачности озер. На данном этапе было показано, что нитрат является ключевым ионом в оценке продукционного потенциала водоема. На втором этапе исследования на примере одного водоема проанализирована взаимосвязь концентрации пигментов фитопланктона (хлорофилла α и каротиноидов) и содержания нитрата в воде литорали. Обнаружено, что из всех пигментов именно каротиноиды проявляют четкую доказанную взаимосвязь с уровнем содержания нитратного аниона в воде. Это взаимосвязь достаточна по силе, так что ее можно использовать как основу для прогностических расчетов.

Таким образом, в результате работы было показано, что азот во многих случаях может лимитировать жизнедеятельность фитопланктона и являться фактором эвтрофирования малых озер. Причем именно нитратный азот, по всей видимости, имеет ведущее значение для оценки трофического статуса и трофического потенциала водоемов.

КАРОТИНОИДЫ ФОТОТРОФНЫХ СЕРНЫХ БАКТЕРИЙ В СОЛЕНОМ ОЗЕРЕ ШИРА (ЮГ СИБИРИ, ХАКАСИЯ) КАК ПАЛЕО-ИНДИКАТОР УРОВНЯ ВОДЫ И ВЛАЖНОСТИ КЛИМАТА

Д. Ю. Рогозин

Институт биофизики ФИЦ КНЦ, СО РАН, г. Красноярск, rogozin@ibp.ru

Уровень воды бессточных озер чутко реагирует на изменения баланса осадков и испарения, поэтому донные отложения таких озер служат ценными источниками информации об изменениях влажности палео-климата. Однако надежные и простые методы реконструкции уровня воды по донным отложениям до сих пор отсутствуют, поэтому их разработка представляет собой актуальную задачу. В соленых озерах при значительных повышении уровня, вызванных поступлением пресных вод на поверхность, может возникать перманентная стратификация водной толщи – меромиксия, сопровождающаяся развитием фототрофных анаэробных бактерий в водной толще. Поэтому присутствие пигментов фототрофных анаэробных бактерий в соответствующих слоях донных отложений таких озер может указывать на усиление стратификации, а следовательно – на повышение уровня, обусловленное увлажнением климата. Для проверки высказанных выше предположений нами были проведены многолетние наблюдения, которые показали:

- 1) Стабильность стратификации водной толщи оз. Ширы усиливалась в период повышения уровня воды (2003–2007 гг.), и наоборот – ослабевала вплоть до голомиктического состояния – в период постоянного уровня (2008–2017 гг.).
- 2) Численность пурпурных серных бактерий в анаэробной зоне оз. Ширы положительно коррелировала со стабильностью стратификации и количеством сероводорода.
- 3) Содержание окенона – специфического каротиноида пурпурных серных бактерий – в седиментационных ловушках отражало динамику численности этих бактерий.
- 4) В верхних годичных слоях донных отложений, отобранных в соответствующие годы с помощью *in situ* наможивания,

содержание оkenона коррелировало с численностью пурпурных серных бактерий и его содержанием в ловушках.

Анализ кернов донных отложений показал: распределение оkenона в керне отражает документированную динамику уровня воды в озере за весь период инструментальных наблюдений (с начала XX в. по настоящее время): максимальные количества оkenона присутствуют в слоях, соответствующих периодам резкого подъема уровня воды, а минимальные – в периоды постоянного уровня. Тем самым подтверждена гипотеза о том, что оkenон может использоваться в качестве палео-индикатора стабильности стратификации оз. Шира, а следовательно – динамики его уровня. Следовательно, выявленные нами локальные пики содержания оkenона в более древних донных отложениях возрастом до 4500 лет, вероятнее всего, могут быть интерпретированы как индикаторы резких повышений уровня озера, что значительно усиливает точность реконструкции климата, в дополнение к известным палеонтологическим, биохимическим и геохимическим индикаторам.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-05-00428

О ВСТРЕЧАЕМОСТИ ЯЗВЕННОГО ПОРАЖЕНИЯ КОЖИ РЕЧНОЙ КАМБАЛЫ (*PLATICHTHYS FLESUS* L.) В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Г. Н. Родюк, Т. А. Васюкевич, Л. С. Нитиевская, С. В. Иванов

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, rodjuk@atlantniro.ru*

Среди заболеваний, ассоциированных с антропогенным загрязнением, у рыб Балтийского моря наиболее часто встречается язвенное поражение кожи. Болезнь зарегистрирована у балтийской сельди, шпрота, трески, бельдюги, четырехрогого бычка, корюшки, тюрбо и речной камбалы. Контроль встречаемости заболевания у промысловых видов рыб, анализ концентраций различных загрязняющих веществ в воде и гидробионтах

и изучение их воздействия на организмы проводится во многих балтийских странах.

Цель работы – изучить динамику встречаемости язвенного поражения кожи речной камбалы в юго-восточной части Балтийского моря в зависимости от биологических параметров рыбы и содержания техногенных радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr) в морской воде.

Материалом исследования послужили данные о встречаемости язв на коже речной камбалы и содержании ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах воды, отобранных сотрудниками лаборатории Балтийского моря в научных экспедициях на исследовательских судах Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»). Заболевание диагностировано стандартными методами по характерным внешним признакам при обследовании 6291 экз. рыб, длиной 10,0–47,0 см, возрастом 1–11 лет, весом 20–1310 г в феврале–марте 2005–2018 гг. (Bucke et al., 1996; Kosior et al., 1997). Исследования морской воды (68 проб) проведены по методикам радиохимического определения и с использованием селективного сорбента. Определение ^{137}Cs в образцах воды проводили на спектрометрических комплексах «Прогресс». Активность препаратов, выделенных при радиохимических анализах ^{90}Sr в воде, измеряли на радиометрических установках УМФ-1500Д и УМФ-2000. Допустимые уровни содержания радионуклидов для морской воды не установлены.

Язвенное поражение кожи было обнаружено у рыб длиной 22–39 см, возрастом 3–9 лет. Установлена достоверная положительная зависимость средних значений встречаемости заболевания от длины рыб и их возраста. Максимальные средние значения заболеваемости отмечены у рыб размерной группы 30–40 см (1,7%) и у рыб возрастных групп 6 и 9 лет (1,7 и 7,1%, соответственно). Показатели встречаемости заболевания изменялись в разные годы от 5,0% в 2005 г. до 0,0% в 2010 и 2013 гг. Выявлена достоверная тенденция снижения язвенного поражения кожи рыб в 2005–2018 гг.

Аварийное выпадение радионуклидов в воды Балтики произошло в апреле–мае 1986 г. Доминирующим в этом загрязнении оказался ^{137}Cs , объемная активность которого в юго-восточной Балтике в 1996–2018 гг. изменялась от 125 Бк/м³ в 1996 г. до 20,1 Бк/м³ в 2018 г. Содержание ^{90}Sr в этот период изменялось в диапазоне

от 13,2 до 4,6 Бк/м³. Изучены зависимости между среднегодовыми показателями встречаемости язвенного поражения кожи и объемной активностью ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в воде. Обнаружена заметная взаимосвязь между встречаемостью язвенного поражения кожи речной камбалы и содержанием в морской воде ¹³⁷Cs ($R_{sp} = 0,63$; $p = 0,05$).

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ТИПИРОВАНИЕ ИЗОЛЯТОВ ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОГО НЕКРОЗА ГЕМОПОЭТИЧЕСКОЙ ТКАНИ, ВЫДЕЛЕННЫХ В ПОПУЛЯЦИИ НЕРКИ ОЗЕРА КУРИЛЬСКОГО (КАМЧАТКА)

С. Л. Рудакова¹, Е. В. Бочкова¹, Б. Батгс², Г. Кюраф²

¹*Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский*

²*U.S.G.S. Western Fisheries Research Center, Ситл, США,
rudakova@kamniro.ru*

Вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHNV) – это РНК-содержащий вирус, относящийся к семейству *Rhabdoviridae*, роду *Novirhabdovirus*, вызывает острое заболевание лососевых рыб, сопровождающееся высокой гибелью молоди в аквакультуре. Болезнь широко распространена в Северной Америке, Европе, Азии и в России. В 2001 г. носительство вируса было впервые зарегистрировано на Камчатке у производителей нерки, используемых для заводского воспроизводства.

В результате многолетних (2004–2018 гг.) вирусологических исследований установлено, что бассейн оз. Курильского является естественным резервуаром IHNV. Всего обследовали 635 экз. сеголеток и 1084 половозрелых особей нерки, провели филогенетическое типирование IHNV от 26 рыб.

Изоляты вируса, выделенные в разные годы от нерки в озере, показали их генетическую однородность по сравнению с изолятами из других водоемов Камчатки (рис.). Основной тип нуклеотидной последовательности IHNV представлен mG223 (выделяли 10

из 12 лет), второй по встречаемости является mG227 и 4 других последовательности выделены единично только в 2009 и 2014 гг.

Russian Sequence Types by Collection Site - 223 lineage															
	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
MH	143	143	144	144									320		271
MH		002													
GV		003													
GV		144													
LN			003	003	225	225	225	225	221	224	050	265	265		
LN			144	144	144								271	271	271
LN					222										
OH	003		222	222		003	223			050	223	002	223	271	271
OH				224											
LK			223	223	223	223	223	227	223	223	223	223	223	321	223
LK					227				263						271
LK									264						
LL						224		226			226				
LD						144		221		221	271	221			
LA				144	220	044	144		144	002	002	223	265	265	265
LA										271	050				271

Временная шкала (2001–20015 гг.) расположения разных генетических типов камчатских изолятов IHNV в соответствии с местом отбора проб (MH – Малкинский ЛРЗ; GV – р. Ганальский Вахтанг; LN – оз. Начикинское; OH – ЛРЗ Озерки; LK – оз. Курильское; LD – оз. Дальнее; LA – оз. Азабачье)

Филогенетическое типирование показало, что IHNV-изоляты Камчатки и Северной Америки идентичны или очень близки генетически и находятся в U-геногруппе (Rudakova et al., 2007). Однако основные генетические последовательности IHNV (mG223; mG227), обнаруженные у нерки из оз. Курильского, являются уникальными и нигде больше в мире не выявлены.

В оз. Курильском воспроизводится самое большое стадо азиатской нерки. Удаленность района, его нахождение на территории государственного природного заказника федерального значения «Южно-Камчатский» помогло уберечь озеро от интродукции в него нерки из других бассейнов и создания рыбоводных заводов (ЛРЗ), что, вероятно, и повлияло на генетическую однородность и уникальность популяции IHNV.

ВЛИЯНИЕ МАССОВЫХ ИНВАЗИЙ ПОЛИХЕТ MARENZELLERIA NEGLECTA И ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА RANGIA CUNEATA НА СТРУКТУРУ БЕНТОСНОГО СООБЩЕСТВА ВАСИЛИНСКОГО ЗАЛИВА (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)

Л. В. Рудинская, А. А. Гусев

Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, rud.liliya24@gmail.com, andgus@rambler.ru

Калининградский (Вислинский) залив – солоноватоводная лагуна в юго-восточной части Балтийского моря. Высокопродуктивный водоем (40 кг/га без учета балтийской сельди), имеет большое рыбохозяйственное и рекреационное значение, подвержен значительному антропогенному воздействию. Мелководность залива, колебания солености 1–5‰ (средняя по заливу 3,6‰), быстрый прогрев толщи воды, обилие биогенных элементов и т. д., а также присутствие в составе флоры и фауны пресноводных, солоноватоводных и морских форм животных, определяют большое биологическое разнообразие и высокую продуктивность водоема.

Зообентос в Калининградском (Вислинском) заливе в настоящее время насчитывает 249 таксонов донных беспозвоночных, из которых 18 видов-вселенцев. В открытой части водоема, являющейся основным местом нагула рыб, число видов ниже – 45. Наибольшее значение в качестве кормовых объектов рыб имеют хирономиды, олигохеты, полихеты, брюхоногие и двустворчатые моллюски. Биомасса кормового бентоса в заливе высокая и составляет 20–40 г/м².

В связи с масштабными вселениями чужеродных видов в последние тридцать лет особо сильное влияние на зообентос залива оказали два вида североамериканского происхождения полихета *Marenzelleria neglecta* (Sikorski and Bick, 2004) и двустворчатый моллюск *Rangia cuneata* (Sowerby I., 1832), которые проникли в залив, по-видимому, с балластными водами. Вселение и натурализация этих видов привели к струк-

турно-функциональной перестройке биоты залива. *M. neglecta* впервые обнаружен в Балтийском море в 1985 г., в Вислинском заливе – в 1988 г. В настоящее время он является субдоминантным видом в донной фауне залива. Двустворчатый моллюск *R. cuneata* впервые был обнаружен в Вислинском заливе в сентябре 2010 г. и в настоящее время стал доминирующим видом в бентосном сообществе. Биомасса рангии в некоторые годы достигала до 1,5 кг/м². Однако из-за толстой твердой раковины, высокого темпа роста (быстрое достижение крупных размеров, недоступных для потребления их рыбами) и незначительного числа рыб, использующих в пищу моллюсков в заливе, моллюски не представляют значимой кормовой ценности для рыб-бентофагов.

В результате появления новых для залива видов отмечено увеличение биомассы многощетинковых червей. В 1980-е гг. биомасса аборигенного вида полихет *Hediste diversicolor* (O. F. Müller, 1776) составляла около 2,2 г/м², в настоящее время средняя биомасса полихет – около 6,5 г/м², из которых 75% приходится *M. neglecta*. До вселения *R. cuneata* биомасса моллюсков в заливе в среднем была около 3,7 г/м², после вселения рангии их биомасса значительно увеличилась и колеблется от 600 до 1600 г/м², в среднем – около 730 г/м².

Распределение донных беспозвоночных в заливе определяется как характером грунта, так и соленостью. С 2017 г. в заливе наблюдается устойчивое повышение солености воды, которая осенью 2018 г. достигла 5‰ и выше. Данный процесс негативно сказывается на пресноводных видах зообентоса (хириномидах и олигохетах). Поэтому в 2019 г. возможно уменьшение доли кормового бентоса, как это было ранее отмечено в 1990-х гг., когда средняя соленость воды в заливе составляла 4,5–5‰.

СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ИКРЕ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ ИЗ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПРИРОДНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ

А. Е. Рудченко

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск,
rudchenko.a.e@gmail.com

Осетровые виды рыб являются одними из самых ценных представителей ихтиофауны. Однако численность популяций осетровых рыб в бассейнах российских рек неуклонно снижалась с середины прошлого века из-за перелома и ухудшения состояния окружающей среды. Восстановление популяций осетровых рыб затрудняется значительным браконьерским выловом для добычи ценной икры этих видов. Для усиления контроля при незаконной добыче и реализации икры осетровых рыб необходимо развить методы идентификации аквакультурного и дикого происхождения рыбной продукции. Одним из таких методов может быть анализ состава и содержания жирных кислот (ЖК) в рыбной продукции. В основе данного подхода лежит отличие жирнокислотного состава коммерческих кормов, используемых в аквакультуре, от естественной пищи рыб, обитающих в природных экосистемах.

Целью данного исследования являлось сравнение состава и содержания жирных кислот в икре осетровых видов рыб из аквакультуры и природных местообитаний.

Для биохимических анализов отбирали икру (0,5–1 г) диких популяций сибирского осетра (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) и стерляди (*Acipenser ruthenus*, Linnaeus, 1758) из р. Енисей, а также икру данных видов рыб, выращенных на рыбоводных предприятиях Красноярского края. Часть икры засаливали для проверки влияния консервации на содержание ЖК в икре. Для экстракции липидов использовали метод Фолча в модификации. Анализ содержания ЖК проводили на газовом хроматографе, оснащённом масс-спектрометрическим детектором (модель 6890/5975С, «Agilent Technologies», США).

В икре стерляди и осетра из р. Енисей было отмечено достоверно более высокое содержание биомаркерных ЖК, источниками которых были диатомовые водоросли (16:1n-7, 20:5n-3), цианобактерии и зеленые водоросли (18:3n-3, 16:3n-3), а также гетеротрофные бактерии (С15–17 разветвленные ЖК, 18:1n-7), присутствующие в цепях питания данных видов рыб. В ЖК составе икры осетровых, выращенных в условиях аквакультуры, обнаружены достоверно более высокие уровни 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-6, источниками которых являются растительные масла, содержащиеся в кормах в большом количестве. В ЖК профилях икры данных видов рыб из аквакультуры также были отмечены высокие уровни ЖК биомаркеров морских копепод (20:1 и 22:1). Изучение состава и содержания ЖК в соленой икре стерляди и осетра показало сходную динамику ЖК состава. Стоит отметить, что указанные отличия были выявлены как для относительного (% от суммы ЖК), так и для абсолютного (мг/г) содержания ЖК.

Таким образом, для идентификации аквакультурного происхождения икры осетровых видов рыб можно использовать ЖК биомаркеры растительных масел. Для икры пресноводных видов рыб маркерами аквакультурного происхождения могут быть ЖК морских копепод, содержащиеся в аквакультурных кормах в большом количестве, но отсутствующие в организмах пресных водоемов. Свидетельством происхождения рыбной продукции из природных экосистем являются высокое содержание ЖК биомаркеров диатомовых водорослей и бактериопланктона. При этом консервация икры (посол) не влияет на возможность использования указанных ЖК как маркеров аквакультурного и дикого происхождения икры.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ГРУНТОВ НЕКОТОРЫХ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ОЗЕР ПОСЛЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Г. Е. Рыбина

ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья», Тюменский филиал ФГБНУ
«ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень, ecotoxic@gosrc.ru

Загрязнение территории нефтедобывающих районов ХМАО-Югры нефтью, минерализованными водами и химическими реагентами в такой степени оказало отрицательное воздействие на все компоненты природной среды, что вполне правомерно предложения об отнесении Нижневартовского, Сургутского, Нефтеюганского районов к числу территорий экологического бедствия. Рекультивацией нефтезагрязненных ландшафтов до конца восьмидесятых годов не занимался практически никто. И лишь с начала девяностых годов под давлением комитетов по охране окружающей среды начались массовые работы по ликвидации нефтяного загрязнения земель. Очистка донных отложений (ДО) водных объектов от нефти является главной проблемой округа, до сих пор не реализованной на территории всей РФ.

В работе представлена оценка токсичности ДО рекультивируемых озер № 1–3, расположенных на территории лицензионного участка Нижневартовского района. Метод очистки нефтезагрязненных озер был основан на тотальной выемке ДО на глубину 0,5–1,0 м (июнь 2014 г.). ДО отбирали и исследовали в 2014–2016 гг. Эффективность очистки оценивали методами биотестирования. Подготовка проб ДО и процедуру биотестирования выполняли согласно утвержденных методик. В качестве тест-объектов использовали: водоросли, ряску малую, низших и высших ракообразных. Полученные в экспериментах результаты были подвергнуты стандартной статистической обработке.

До очистки в ДО оз. № 1 100 % гибель *Daphnia magna* отмечали на 1 сут опыта. В ДО оз. № 2, 3 выживаемость рачков к концу опыта (30 сут) снизилась на 40–52,5 %, количество

молоди рачков было достоверно ниже контроля на 70,6–97,6%. Наименее устойчивыми оказались бентосные ракообразные *Hyalella azteca*, чья гибель в ДО рекультивируемых озер составила 100% уже к 7 сут опыта. Изъятие нефтезагрязненного грунта из озер № 1, 2 улучшило экологическое состояние водоемов, содержание нефтепродуктов в грунтах снизилось в 3,0–43,2 раза, в результате данные грунты стали менее токсичными, не оказывали ни острого, ни хронического летального действия на *Daphnia magna*, стимулировали ростовые и репродуктивные процессы рачков. Выживаемость *Hyalella azteca* была снижена только в ДО оз. № 1 (на 35,0%), однако, исследуемые ДО замедляли период полового созревания *Hyalella azteca*, первые пары (2–4) появились на 25 сут опыта (в контроле на 14 сут, 10 пар). Данные грунты оказывали хроническое токсическое действие и на *Ceriodaphnia affinis*, вызывая гибель, стимулируя процессы репродукции. Грунты озер 2015–2016 гг. не оказывали острого токсического действия, но обладали хроническим летальным действием, вызывая гибель ракообразных *Daphnia magna* и *Hyalella azteca* (75–100%), нарушали процессы роста, репродукции, отмечали стимуляцию, замедление или отсутствие полового созревания. При хроническом воздействии ДО значительное угнетение испытывала корневая система ряски *Lemna minor*. Была нарушена фотосинтетическая активность *Scenedesmus quadricauda*, в ДО рекультивируемого оз. № 1 процессы валовой и чистой продукцией были ниже контроля в 3,5–4,7 раза. Вероятно, в связи с многоводностью 2015–2016 гг. и смывом большого количества нефтепродуктов с водосборной площади их содержание в ДО исследуемых озер возрастало. Грунты озер, особенно 2016 г. по степени токсичности не уступали грунтам, отобраным в июне 2014 г. (до очистки озер).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ-МАКРОФИТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

И. В. Рыжик

ФГБУН Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН,
г. Мурманск
ФГБОУ ВО «Мурманский арктический государственный университет»,
г. Мурманск, alaria@yandex.ru

В настоящее время широкий интерес вызывает возможность использования ферментов антиоксидантной системы (АОС) как маркеров состояния живых организмов в условиях антропогенной нагрузки. Предполагается, что по уровню активности ферментов можно оценить не только индивидуальное состояние организма, но и прогнозировать развитие экосистемы в целом. Особенно актуальным это является для оценки воздействия различных токсикантов на водные организмы и, в частности, на водоросли-макрофиты. Наиболее популярными и доступными для измерения у растений являются ферменты АОС: супероксиддисмутаза (СОД), каталаза, глутатионпероксидаза и аскорбатпероксидаза, также часто используется как маркер наличия стресса – перекисное окисление липидов (ПОЛ), концентрация перекиси водорода. По уровню активности ферментов АОС можно прогнозировать устойчивость вида и развитие прибрежных биоценозов при аварийном или хроническом загрязнении.

Нами была проанализирована возможность использования комплекса показателей окислительного стресса – ПОЛ, каталазы и СОД у водорослей-макрофитов Баренцева моря. Было проведено сравнение природного уровня активности каталазы у водорослей, принадлежащих различным систематическим группам и произрастающих в литоральной зоне: бурые – *Fucusvesiculosus*, *Asc. nodosum*, *F. distichus*, *F. serratus*; красным – *Palmariapalmata*, *Porphyraumbilicalis*; зеленым – *Ulvariaobscura*. Так как существует значительная динамика активности фермента в течение года, то представлены результаты измерения, выполненные в августе. Было показано, что активность

каталазы изменяется в ряду: *Asc. nodosum* < *F. vesiculosus* ≤ *F. distichus* ≤ *F. serratus* < *P. umbilicalis* < *U. obscura* < *P. palmata*. Различия могут быть связаны как с систематическими особенностями, так и с особенностями строения таллома. Также определяли активность ферментов у *F. vesiculosus*, прирастающего в местах с различным уровнем загрязнения нефтепродуктов (0,023 и 0,057 мг/дм³). Сравнение активности ферментов показало, что при этом уровне загрязнения ПОЛ и каталазы не отличается, СОД у растений из более грязных мест выше. Проведенные также экспериментальные исследования изменения активности каталазы под воздействием нефтепродуктов подтверждают, что каталаза у фукоидов менее чувствительна к воздействию токсиканта, чем другие ферменты, например, СОД. Это связано с особенностями строения водорослей и наличием на их поверхности толстого кутикулярного слоя, который будет замедлять проникновение нефтепродуктов к нижележащим клеткам, что подтверждается рядом работ зарубежных коллег. Таким образом, данную группу ферментов эффективнее применять в комплексе, так как они дополняют друг друга и дают более полное представление о состоянии организма.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ «Опасные явления» 18-05-80058 Новые технологии биоремедиации и роль фитоценозов в очистке прибрежных акваторий арктических морей при чрезвычайных ситуациях, связанных с хранением и транспортировкой углеводорода.

РАЗНООБРАЗИЕ СИГОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Д. С. Савосин¹, Н. В. Ильмаст¹, Д. С. Сендек², Н. А. Бочкарев³,
Е. И. Зуйкова³, Н. П. Милянчук¹

¹Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, ilmast@mail.ru

²ГосНИОРХ, г. Санкт-Петербург, sendek@mail.ru

³ИСиЭЖ СО РАН, г. Новосибирск, ih@eco.nsc.ru

В водоемах Фенноскандии обыкновенный сиг *Coregonus lavaretus* L. представлен многочисленными морфологическими и экологическими формами, которые в крупных озерах нередко обитают

симпатрично. Внутривидовая систематика сига водоемов Северо-Запада России была достаточно подробно проработана Л. С. Бергом (1948) и И. Ф. Правдиным (1954). Ю. С. Решетников (1980) считает наблюдаемое разнообразие морф сига продуктом адаптивной радиации одного вида к гетерогенным условиям водоемов с ограниченным числом выделяемых подвидов. Вместе с тем результаты генетических исследований, опирающиеся на данные палеолимнологических реконструкций, показали, что происхождение современных популяций сига на Северо-Западе России связано с реколонизацией водоемов независимыми филогенетическими линиями вида из нескольких приледниковых убежищ (Sendek, 2004; Сендек и др., 2005).

Онежское озеро – крупнейший водоем Европы, ихтиофауна которого включает в себя 36 видов, относящихся к 15 семействам (Биоресурсы..., 2008). Сиговые рыбы в водоеме представлены сигом обыкновенным *Coregonus lavaretus* и европейской ряпушкой *C. albula*.

По И. Ф. Правдину (1954) в озере сиг *C. lavaretus* представлен 5 подвидами сига: *C. lavaretus pallasi* – многотычинковый сиг (*Sp.br* = 39–47), *C. lavaretus lavaretoides* – среднетычинковый сиг (*Sp.br* = 26–38), *C. lavaretus ludoga* – онежская лудога (*Sp.b* = 23–33), *C. lavaretus widegreni* – ямный онежский сиг (*Sp.br* = 23–32) и *C. lavaretus poljakowi* – малотычинковый сиг (*Sp.br* = 21–31). Всех сигов в данном водоеме Ю. С. Решетников и А. А. Лукин (2006) разделяют на 3 группы: малотычинковые сики (*Sp.br* = 21–32), среднетычинковые сики (*Sp.br* = 26–38) и многотычинковые сики (*Sp.br* = 40–55).

В 2018 г. в уловах сики Онежского оз. были представлены двумя формами (мало- и среднетычинковой). К малотычинковой форме относятся пыжьяновидные сики – онежский и верхосвирка. Это некрупные сики с преобладанием бентосного питания. Эти формы часто встречаются во многих водоемах Карелии, Мурманской области, Норвегии. В Онежском оз. к этой же группе относятся ямный сиг и онежская лудога, которые придерживаются в водоеме больших глубин, питаются в основном ракообразными. К среднетычинковым сигам относятся четыре популяции – озерный среднетычинковый, шальский, сунский и шуйский.

Медианные сети, построенные на основе гена ND1 мтДНК (гаплотипы сигов Онежского и Ладожского озер), выявили две звездообразные структуры, связанные между собой 2 мутациями и одним гаплотипом. Кроме того, обнаружен один удаленный на 7 мутаций гаплотип. Гаплотипы сигов из различных водоемов сильно перемешаны. Минорных гаплотипов немного. Популяции Онежских сигов на основе 15 гаплотипов имеют средние по величине $Hd-0,638$, $Pi-0,00241$, $k-2,343$ основные генетические характеристики. Тест на нейтральность эволюции Tajima's D: $-1,18505$ имеет отрицательное не достоверное значение, что указывает на демографическую экспансию. Данное состояние суперпопуляции вернее всего возникло в результате встречного расселения и гибридизации нескольких морфологически и генетически дистантных форм/видов сигов. А многочисленные «экологические формы» современных сигов есть результат недавней гибридизации.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218-2019-0081, проекта РФФИ № 18-04-00163а.

РЫБНАЯ ЧАСТЬ СООБЩЕСТВА ОЗЕРА ГИМОЛЬСКОГО (ЗАПАДНАЯ КАРЕЛИЯ)

Д. С. Савосин, Н. П. Милянчук

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, sadenser@inbox.ru

В настоящее время в водоемах республики отмечается значительное сокращение запасов ценных видов рыб (судак, сиг, ряпушка и др.). Мониторинг изменений в рыбном населении в условиях усиливающейся трансформации водоемов под влиянием различных форм хозяйственной деятельности позволяет оценить продукционный потенциал водоема, спрогнозировать нарушения структуры и функционирования водных объектов (Решетников и др., 1982; Алимов и др., 2005; Ильмаст, Стерлигова, 2012).

Цель данной работы – оценить современное состояние ихтиофауны Гимольского оз. в условиях снижения уровня промысловой эксплуатации водоема.

Гимольское оз. (63°00' с. ш., 32°19' в. д.) расположено в западной части Карелии и относится к бассейну Балтийского моря. Водоем имеет удлинненную форму, площадь водного зеркала составляет 80,5 км², наибольшая длина – 25,3 км, наибольшая ширина – 5,6 км, максимальная глубина озера – 30 м, средняя глубина 3,3 м, с преобладанием глубин до 3–5 м. Преобладающим типом донных отложений являются каменистые с примесью песка и илы желтовато-коричневых оттенков. Водоем мелководный, прозрачность воды не превышает 2 м, водообмен повышенный. В Гимольское оз. впадают реки: Торосозерка, Вотто, Чеба и др., вытекает р. Суна (Озера Карелии, 1959, 2013).

Гидрохимические показатели водоема обеспечивают благоприятные условия для обитания рыб, незначительные концентрации биогенов не влияют на качество вод (Лозовик, Ефременко, 2017). По шкале трофности Гимольское оз. представляет собой мезотрофный водоем с повышенным уровнем развития планктона и бентоса в заливах (Озера Карелии, 2013; Ильмаст и др., 2015; Савосин и др., 2019). Мелководность водоема обуславливает хороший прогрев воды и создает оптимальные условия для развития кормовой базы рыб. Биомасса зоопланктона в Гимольском оз. в среднем составляет 0,5 г/м³, бентоса – 4,3 г/м² (Рябинкин, Полякова, 2013; Кучко, 2016).

В Гимольском оз. рыбное население представлено 16 видами, принадлежащими к 7 семействам (окунь, плотва, уклейка, густера, голянь, язь, елец, щука, корюшка, лещ, ряпушка, сиг, налим, ерш, обыкновенный подкаменщик, судак).

Одной из многочисленных рыб озера была и остается ряпушка, численность ее находится на высоком уровне, что обеспечивает хороший уровень освоения планктона в водоеме. Численность сига в водоеме, как ранее, так и в настоящее время, по сравнению с ряпушкой остается незначительной. В уловах численно преобладают также щука, лещ, плотва и окунь (Савосин и др., 2018, 2019). Единичными экземплярами залавливаются голянь, бычок-подкаменщик, очень редко отмечается вселенный вид – судак.

В настоящее время Гимольское оз. используется децентрализованно, для нужд местного населения, промышленный лов отсутствует, рыбопродуктивность оценивается на уровне 5 кг/га. В отношении ряпушки, запасы которой недоиспользуются, целесообразно возобновление промышленного лова.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218-2019-0081, Программы Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» проекта № 0221-2018-0002, проекта РФФИ № 18-04-00163а.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ И КАЧЕСТВА ОЗЕРНЫХ ВОД

Н. В. Савченко

*Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, savchenkonv52@mail.ru*

Сущность метода заключается в том, что определяется абсолютное содержание химических элементов в воде озер, биоте, верхнем слое органосодержащих озерных илов и в подстилающих породах. Затем абсолютные показатели (мг/л, мг-экв., % и т. п.) переводятся в относительные – ландшафтно-геохимические коэффициенты: $K_{БА}$ – коэффициент озерно-биогенной аккумуляции (отношение средневзвешенного содержания элемента в золе биоты (макрофитах, планктоне, бентосе, в верхнем органосодержащем слое озерных илов [%], к содержанию этого элемента в дренируемых породах [%]), и $K_{ЛМ}$ – коэффициент водно-озерной миграции (отношение содержания элемента в минеральном остатке озерной воды [%], к его содержанию в дренируемых породах [%]). В последующем, на основе рассчитанных значений этих коэффициентов составляли формулы геоэкологической устойчивости (ФГУ). Перед дробной чертой каждой

из формул указывался класс водной миграции рассматриваемой озерной экосистемы, что соответствует ландшафтно-геохимическим формулам А. И. Перельмана. С классами миграции обычно хорошо ассоциируются типы природных ландшафтов: тундровые, болотные, лесные, лесостепные и т. д. В числителе проставляли самые активные элементы озерно-биогенной аккумуляции ($K_{БА}$ элемента ≥ 1 , при $K_{ЛМ}$ этого же элемента < 1), а в знаменателе, наоборот – элементы активной водно-озерной миграции ($K_{ЛМ} \geq 1$, при $K_{БА}$ этого же элемента < 1). Элементы располагались по мере уменьшения величин их коэффициентов. Рядом с дробью в конце формулы указывались лишь те элементы, которые проявляли себя активно как в том, так и в другом процессах ($K_{БА}$ и $K_{ЛМ}$ элемента ≥ 1). Чем больше элементов активно участвует в обоих процессах, тем динамичнее данная экосистема, а значит и выше степень ее устойчивости к антропогенным воздействиям. Важная заключительная часть ФГУ – их количественные показатели, которые учитывают всю исходную ландшафтно-биогеохимическую информацию, в том числе и об элементах, которые не вошли в формулу из-за низких значений коэффициентов ($K_{БА}$ и $K_{ЛМ} > 0$, но < 1). Цифра в числителе после дробной черты – суммарная величина коэффициентов озерно-биогенной аккумуляции, в знаменателе – водно-озерной миграции. Отношение этих чисел названо коэффициентом динамической напряженности ($K_{ДН}$). Если его значение равно единице, то экосистема сбалансирована по круговороту вещества и энергии, не испытывает антропогенной нагрузки и является устойчивой. При $K_{ДН} > 1$ вещественно-энергетический баланс нарушен, т. е. процесс накопления вещества доминирует над выносом и водоем подвержен нарастающей эвтрофикации. Чем больше значение этого коэффициента, тем выше ее степень эвтрофикации. Напротив, если $K_{ДН} < 1$, то в экосистеме преобладает вынос вещества и энергии: чем меньше значение коэффициента, тем выше степень олиготрофии водоема. Кратные изменения величин $K_{ДН}$ прямо пропорционально соответствуют соответствующим изменениям величин антропогенной нагрузки: чем она выше, тем больше соответствующих элементов поступает в озерные компоненты, и, тем меньше они соответствуют нормам ПДК.

ЭВОЛЮЦИЯ СЛУХА У РАЗНЫХ ГРУПП ЭНДЕМИЧНЫХ РЫБ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Ю. П. Сапожникова, П. В. Гасаров, В. М. Яхненко,
О. Ю. Глызина, М. Л. Тягун, Л. В. Суханова

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, jsap@mail.ru

Изучение адаптаций слуха и акустического поведения рыб имеет не только фундаментальное, но и практическое значение в связи с увеличением в последние годы звукового антропогенного загрязнения в естественной водной среде, а также в условиях аквакультуры при интенсивном производстве, которое предполагает использование оборудования, повышающего уровень шума (Бибиков, 2014; Sapozhnikova et al., 2018; Popper and Hawkins, 2019). Воздействие интенсивного шума может отрицательно повлиять на культивируемые виды. Возможные последствия включают ухудшение сенсорной чувствительности, усиление стресса и снижение темпов роста, однако, предполагают появление некоторых адаптаций (Wysocki et al., 2007). После выпуска в дикую природу молодь рыб использует сенсорные органы, чтобы определить направление движения, выбрать подходящую среду, обосноваться в местах с достаточным укрытием и избежать внимания хищников, что определяет ее дальнейшее выживание.

Нами описано уникальное разнообразие морфофункциональных особенностей акустического аппарата у разных видов рогатковидных (Cottoidei) и сиговых (Coregonidae) рыб, далеких с филогенетической точки зрения и по-разному адаптированных к условиям различных экологических ниш оз. Байкал. Сиговые рыбы являются одними из наиболее важных промысловых видов в оз. Байкал (Смирнов и др., 2009). Знание сенсорной экологии рогатковидных рыб также имеет практическую ценность, поскольку они составляют до 70–80% рыбопродукции озера (Талиев, 1955; Sideleva, 2003). Обе группы характеризуются высоким эндемизмом, значительным разнообразием морфологического строения сенсорных систем и образа жизни, что позволило им заселить различные экологические ниши озера (Sideleva, 2003; Смирнов и др., 2009). Мы идентифицировали

и изучили различные типы сенсорных волосковых клеток, их распределение в эпителии, диапазоны максимальной акустической чувствительности этих рыб, а также пороги их слуховой чувствительности. Наличие морфофункциональных особенностей критически важно для поведенческой реакции и активности. Сравнительные исследования демонстрируют некоторое экологическое сходство в адаптациях слуховой системы рогатковидных и сиговых рыб. В частности, существуют корреляции между ультраструктурой сенсорного эпителия, акустическим поведением этих рыб и окружающей средой, что подразумевает высокую экологическую и морфологическую пластичность и, по-видимому, способствует появлению адаптаций на ультраструктурном уровне при разных условиях акустической среды. Байкальские рыбы, характеризующиеся адаптивной внутриозерной радиацией и быстрым видообразованием, являются уникальной моделью для исследования сенсорных систем.

Работы выполнялись на базе ЦКП «Ультрамикроанализ» ЛИИ СО РАН и Уникальной научной установки «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» (ПАК) при поддержке Правительства Иркутской области и РФФИ, № 17-44-388081 р_а, 17-44-388106 р_а, а также в рамках государственной темы № 0345-2019-0002.

ОЦЕНКА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ НА ОСНОВЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ДИАГНОСТИКИ

И. В. Семадени¹, Н. М. Минеева²

*¹Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,
пос. Борок*

*²Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, semadeni14@mail.ru*

Одним из показателей продукционных возможностей водорослей служит коэффициент фотосинтетической активности (КФА), характеризующий эффективность преобразования световой энергии

в ФС2 или квантовый выход фотосинтеза. КФА рассчитывают как разницу между максимальным уровнем флуоресценции хлорофилла *a* (Хл *a*) и стационарной флуоресценцией, отнесенной к ее максимальной величине. Цель нашей работы – сравнительная оценка фотосинтетической активности фитопланктона водохранилищ Верхней Волги по величинам КФА. Материал собран на 27 станциях Иваньковского, Угличского и Рыбинского водохранилищ в августе 2015–2018 гг. Интенсивность флуоресценции измеряли с помощью флуориметра ПФЛ-3004 при возбуждении водорослей в пробе воды, отобранной из фотического слоя (0–2 м), белым светом (400–620 нм) различной интенсивности до и после добавления ингибитора ФС2.

В периоды исследования при максимальном прогреве водной толщи содержание Хл *a* было типичным для летнего пика фитопланктона. Оно изменялось в среднем от 17,4 до 31,5 мкг/л и только в Рыбинском водохранилище снижалось до 11,3 мкг/л прохладным летом 2017 г. При смешанном составе фитопланктона в фонде Хл *a* преобладал хлорофилл цианопрокариот, составлявший в среднем 62–92 %, а в 2017 г. во всех трех водохранилищах до 54–68 % увеличилась доля Хл *a* диатомовых водорослей.

Величины КФА изменялись в диапазоне от 0,8 до 0,84 (стандартная ошибка < 0,005). Значения КФА ниже 0,30, свойственные деградации фотосинтетического аппарата, были получены единично в 2017 г., в том числе – в Мошковичском заливе Иваньковского водохранилища, принимающем подогретые воды ГРЭС. Средние величины КФА в Иваньковском, Угличском и Рыбинском водохранилищах составили соответственно $0,50 \pm 0,003$, $0,52 \pm 0,002$ и $0,52 \pm 0,004$. В межгодовой динамике КФА во всех водоемах отмечены повышенные значения в 2015 и 2018 гг. (в среднем 0,54) и пониженные в 2016 и 2017 гг. (0,48–0,50). Во всех трех водохранилищах КФА снижается с ростом концентрации Хл *a* ($r = -0,30$ – $-0,56$). Такая же тенденция прослеживается для широко распространенных показателей фотосинтетической активности водорослей – ассимиляционных чисел и П/Б-коэффициентов. Различия КФА при доминировании цианопрокариот и диатомовых не существенны (средние значения ~0,50 в обоих случаях). Тесная связь КФА с температурой воды ($r = -0,65$) отмечена только для фитопланктона

Рыбинского водохранилища при значительных различиях термического режима в периоды наблюдения.

Полученные данные свидетельствуют о высокой фотосинтетической активности фитопланктона водохранилищ Верней Волги, дополняют и расширяют представления о продукционных возможностях водорослей и состоянии их фотосинтетического аппарата.

Исследование выполнено в рамках госзадания АААА-А18-118012690096-1.

СТРУКТУРА И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ СЕЗОН

А. С. Семенова, О. А. Дмитриева, К. А. Подгорный

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, a.s.semenowa@gmail.com*

В последние десятилетия на фоне климатических изменений и процесса эвтрофирования происходят изменения в планктонных сообществах Балтийского моря. Цель работы – изучение состава, структуры и функционирования планктонных сообществ юго-восточной части Балтийского моря в летний период.

Материалом для исследований послужили пробы фито- и зоопланктона, отобранные в юго-восточной части Балтийского моря на 16 стандартных станциях в июле 2012–2018 гг. Пробы собирали и обрабатывали по стандартным методикам, продукцию зоопланктона рассчитывали физиологическим методом.

Структура и уровень количественного развития фитопланктона в исследуемом районе характеризовались пространственной неоднородностью. В районе прибрежных станций биомасса фитопланктона изменялась от 0,29 г/м³ до 2,48 г/м³. На этих станциях в среднем за период исследования она была выше (1,28 г/м³), чем на станциях, расположенных в глубоководном районе (0,75 г/м³). На глубоководных станциях биомасса варьировала от 0,18 г/м³ до 1,34 г/м³. Наибольшие величины биомассы отмечались в 2012

и 2013 гг. Самые низкие значения биомассы зарегистрированы в 2017–2018 гг. На прибрежных станциях развивались преимущественно синезеленые водоросли *Aphanizomenon* sp., *Woronichinia compacta*, *Nodularia spumigena*. В глубоководном районе наряду с синезелеными доминировали динофитовые *Heterocapsa triquetra*, *Dinophysis acuminata*, *Peridiniella catenata*, *Prorocentrum minimum*.

Зоопланктон района исследований также характеризовался неоднородностью пространственного распределения. В глубоководной части моря массового развития достигали *Pseudocalanus elongatus*, *Centropages hamatus*, *Temora longicornis*, *Eubosmina maritima*, *Cercopagis pengoi* и *Podon leuckartii*. В прибрежной зоне доминировали *Acartia bifilosa*, *Acartia longiremis*, *Eubosmina maritima*, *Cercopagis pengoi*, *Keratella quadrata* и науплии *Cirripedia*. В зоопланктоне были отмечены виды-вселенцы *Cercopagis pengoi*, *Evadne anonyx* и *Acartia tonsa*. На прибрежных станциях вдоль Куршской и Вислинской кос были встречены личинки двустворчатого моллюска *Rungia cuneata*, что может быть связано с возможным вселением *Rungia cuneata* в бентосное сообщество Балтийского моря. Максимальное развитие видов-вселенцев *Cercopagis pengoi* и *Evadne anonyx* отмечалось на прибрежных станциях в наиболее теплые годы: 2013, 2016 и 2018. При этом ими могла выедаться значительная часть продукции мирного зоопланктона. Вид-индикатор затока вод из Северного моря *Oithona similis* был встречен на ряде глубоководных станций в 2014 и 2017 гг. По численности и биомассе в летний период доминировали веслоногие ракообразные, которые составляли соответственно 71% и 66% суммарной численности и биомассы зоопланктона. На прибрежных станциях возрастала доля коловраток, вествистоусых и усоногих ракообразных. В 2017–2018 гг. в зоопланктоне увеличивалась доля медуз, особенно на прибрежных станциях. Средняя для района исследований численность зоопланктона колебалась по годам от 50,7 до 113,6 тыс. экз./м³ (в среднем $85,9 \pm 8,9$ тыс. экз./м³), а биомасса без учета медуз – от 424 до 1027 мг/м³ (в среднем 720 ± 67 мг/м³).

Показано, что в годы максимального развития зоопланктона (2013 и 2017–2018 гг.) им могла выедаться значительная доля фитопланктона, что создавало напряженные трофические взаимоотношения в планктонном сообществе.

ОЦЕНКА РИСКА ПУТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

В. П. Семенченко, Т. П. Липинская

*ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск,
semenchenko57@mail.ru*

Оценка риска путей распространения чужеродных видов является частью интегрированной системы раннего предупреждения, основой для прогнозирования пространственно-временных изменений в популяциях чужеродных видов, а также для разработки превентивных мер с целью уменьшить их негативное влияние на аборигенные экосистемы.

Выделение путей распространения чужеродных видов водных беспозвоночных было сделано согласно приложению к Конвенции о биоразнообразии (CBD, 2014) и включает в себя следующие пути: преднамеренное вселение, естественное распространение, распространение с судами (обрастания), рыболовство, рекреационная активность, инвазионные коридоры, аквакультура и аквариумистика.

Были проанализированы различные подходы к оценке рисков путей распространения и на основании этого выбраны два из них: UK non-indigenous organism risk assessment scheme (2005) и NOBANIS pathway risk assessment (2015). Оба этих подхода оценивают величины рисков в количественных показателях (баллах), что позволяет провести их ранжирование по степени значимости. Для оценки рисков использованы данные по биологии, инвазивной опасности и распространению 22 чужеродных видов водных беспозвоночных, отмеченных в водных объектах Беларуси.

Анализ путей распространения чужеродных видов водных беспозвоночных показал, что максимальное количество баллов и, соответственно, максимальный риск получены для следующих путей: естественное распространение, обрастания судов и рыболовство. Отметим, что результаты ранжирования оказались практически одинаковыми обеими тестируемыми методами.

Показано, что пути распространения для какого-либо вида могут быть комплексными, т. е. вид распространяется не одним, а несколькими путями. В некоторых случаях трудно разделить естественное распространение вида после начальной интродукции и его дальнейшее распространение в результате человеческой деятельности.

Пути распространения могут изменяться по своей значимости во времени, типа и интенсивности человеческой деятельности, глобального изменения климата. В этом случае, мониторинг является наилучшим инструментом при прогнозе рисков путей распространения чужеродных видов.

ТЕРМОТОЛЕРАНТНОСТЬ И ТЕРМОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ СИГОВЫХ РЫБ COREGONIDAE В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ

С. М. Семенченко, Н. В. Смешливая

Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (Госрыбцентр), г. Тюмень,
SemSM07@yandex.ru

Цель исследования – определение температурных границ эмбриогенеза сиговых рыб. Материалом служила икра озерной формы пеляди *Coregonus peled*, муксуна *C. muksun*, чира *C. nasus*, тугуна *C. tugun*, пыжьяна *C. pidschian* из популяций Обь-Иртышского бассейна на разных стадиях развития с гастрюляции до завершения эмбриогенеза. Исследования проводили в лаборатории ФГБНУ «Госрыбцентр» (г. Тюмень). До опытного значения температуру изменяли в течение 1,5 ч от 1,5 °С. Экспериментальная инкубационная установка (Семенченко, Смешливая, 2017) обеспечивала необходимый температурный режим с отклонением до 0,2 °С. Опыты проводили сериями. Каждая серия включала до шести опытов и контроль. Шаг изменения опытных температур в серии составлял 1,0–1,5 °С. Количество икринок в опыте составляло 100 шт. Контролем служила икра каждого из исследованных видов, развивающаяся одновременно с опытами серии при верхнем значении диапазона нерестовых температур для сиговых рыб – 5 °С. Прочие условия

содержания икры в опытах и контроле не отличались. После завершения опытов температуру в течение 1,5 ч снижали до 4 °С и последующие 10 сут наблюдали за ее развитием. О результатах судили по разнице количества погибших зародышей в опыте и контроле. Икринки, погибшие как в опыте, так и в течение последующей декады, суммировали. Кроме того, учитывали количество зародышей с выявленными нарушениями развития. Всего проведено 19 серий по определению границ термотолерантности, включающих 105 опытов; оценка границ терморезистентности выполнена в 20 сериях из 66 опытов.

При анализе результатов использовали следующие понятия:

- *зона термотолерантности* – температурный диапазон, в котором возможно нормальное развитие организма; условно за *границу зоны термотолерантности* принимали крайнее значение температуры в опытах, обеспечивающее выживаемость зародышей в течение 10 суток на уровне контроля;
- *зона терморезистентности* – температурный диапазон, существование в котором ограниченное время не вызывает гибель организма и аномалий в его последующем развитии; условно за *границу зоны терморезистентности* принимали крайнее значение температуры в опытах вне зоны терморезистентности, обеспечивающее выживаемость зародышей и дальнейшее их нормальное развитие на уровне контроля после двухчасовой экспозиции.

По результатам исследований, устойчивость сиговых к негативному воздействию относительно высоких температур возрастает в эмбриогенезе. Этот процесс видоспецифичен. Верхняя граница зоны термотолерантности за период эмбриогенеза чира последовательно поднимается с 5 до 14 °С; пыжьяна – с 6 до 14 °С; муксуна и пеляди – с 7 до 15 °С; тугуна – с 7 до 16 °С. Причем зависимость данного показателя от биологического возраста зародышей, выраженного в сумме безразмерной характеристики продолжительности развития τ_n/τ_0 (Детлаф, 1960), близка к линейной. Верхняя граница терморезистентности увеличивалась в эмбриогенезе чира с 13 до 20 °С; муксуна – с 14 до 20 °С; пеляди – с 18 до 22 °С; тугуна – с 18 до 23 °С. Среди

сиговых, зародыши чира наименее «термоустойчивы», наиболее термолабильны зародыши тугуна. Нижний порог зоны термотолерантности равен 0,1 °С в течение всего эмбриогенеза сиговых. Нижний порог терморезистентности также не меняется по мере развития зародышей и равен – 0,2 °С. Более низкие температуры приводят к промораживанию тканей зародыша. Температурный диапазон, обеспечивающий нормальное развитие сиговых, расширяется в эмбриогенезе от 0–5 °С до 0–14 °С.

ПОЛОВАЯ СТРАТЕГИЯ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *MIZUHOPECTEN YESSOENSIS*

А. В. Силина

*Национальный научный центр морской биологии
им. А. В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, allasilina@mail.ru*

Половая структура очень лабильна между популяциями и специфична для каждой популяции моллюсков, поскольку является результатом генетического, онтогенетического и биоценотического воздействия на популяцию. Известно, что в онтогенезе у морских гребешков возможно изменение пола. Направление изменения пола (от самки к самцу или наоборот) объясняется «моделью преимущества размера», но вариации во времени изменения пола и факторы, влияющие на изменение, остались нерешенными. Изучение половой структуры популяций морских моллюсков, соотношения полов для каждого возраста в популяции, проводится редко из-за невозможности определения индивидуального возраста для большинства видов. Для мобильного долгоживущего приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay) это исследование возможно, так как ранее для него был разработан метод определения возраста по слоям роста, выявленным в микроскультуре поверхности его верхней створки. В работе исследованы половозрастные структуры его пятнадцати популяций, обитающих в сублиторали северо-западной части Японского моря.

Соотношение полов варьировало от 0,83:1 до 1,52:1 (самцы: самки) между популяциями, в среднем $1,03 \pm 0,05:1$. В популяции соотношение самцов и самок различается между возрастными классами. В младших классах самцов было больше, чем самок, а в старших – самки преобладали над самцами. В разных популяциях смена пола происходила в разном возрасте. В популяциях, в основном состоящих из молодых особей (2–4 года), самцы преобладали над самками в 2 года, равное соотношение самцов и самок было в 3-летнем возрасте, а в старших возрастных классах преобладали самки. Другая картина наблюдалась в популяциях, состоящих в основном из особей среднего возраста (5–6 лет). Здесь соотношение равно для возраста 4–6 лет. В старых популяциях (главным образом в возрасте 6–12 лет) равное соотношение наблюдалось в возрасте 8–10 лет. Таким образом, возраст изменения пола не одинаков для популяций гребешка. Он зависит от возрастной структуры популяции и, таким образом, находится под социальным контролем. Большое число самок в старших возрастных классах предполагает протандрическое изменение пола. Протандрия – широко распространенная половая стратегия, встречающаяся, когда увеличение репродуктивной продуктивности с возрастом – большое у самок, небольшое у самцов, и способность самцов оплодотворять яйца мало зависящая от возраста.

Анализ показал значимое превышение массы гонад самок над гонадами самцов того же возраста (перед нерестом) для всех возрастов, за исключением впервые нерестящихся особей. «Гипотеза о преимуществе плодовитости» (the fecundity advantage hypothesis) для гребешка, для которого характерно групповое спаривание и внешнее оплодотворение, по крайней мере, частично реализуется физиологическими механизмами: более крупными гонадами у возрастных самок, чем у возрастных самцов в популяции, с тем, чтобы произвести большее потомство. Агрегированное поселение гребешка способствует репродуктивному успеху популяции, так что энергетически дорогостоящие яйца могут быть оплодотворены. Протандрия, половой размерный диморфизм и агрегированное поселение – успешные стратегии увеличения репродуктивной продуктивности исследованного вида двустворчатых моллюсков.

ТРАНСЛЯЦИОННАЯ ВОДНАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ

С. О. Скарлато

*ФГБУН Институт цитологии РАН, г. Санкт-Петербург,
sergei.skarlato@mail.ru*

Трансляционная водная экология подразумевает оперативный перенос результатов фундаментальных исследований, выполненных с помощью широкого набора новейших методов клеточной биологии, молекулярной экологии, биогеохимии и биоинформатики, в практику традиционных гидробиологических исследований, связанных с рыбохозяйственной и природоохранной деятельностью, рациональным природопользованием, прогнозированием вредоносных «красных приливов» и многих других важных явлений в морских, солоноватых и пресных водах.

Ярким примером успешного сочетания подходов трансляционной водной экологии и классической гидробиологии служат новейшие результаты изучения токсичных и потенциально токсичных видов динофлагеллят на молекулярном, клеточном и популяционном уровнях. В рамках этих исследований удалось существенно приблизиться к пониманию причин возникновения массовых цветений этих планктонных микроорганизмов, точнее прогнозировать сроки наступления и интенсивность «красных приливов», связанные с ними изменения в водных экосистемах и негативные последствия для природных сообществ, аквакультуры и здоровья человека в эстуариях рек и прибрежных водах морей. Обнаружена недооцененная ранее исключительная адаптабельность этих протистов на молекулярном и клеточном уровнях, которая создает им конкурентные преимущества над аборигенными микроорганизмами в условиях усиливающегося эвтрофирования водных экосистем. Установлено, что мочевины и аминокислоты (прежде всего глицин) как источники органического азота имеют приоритетное значение для этих организмов по сравнению с неорганическим азотом в виде растворенных в воде нитратов. Выявлены гены, играющие ключевую роль в транспорте и метаболизме нитрат-ионов,

глицина и мочевины у динофлагеллят. Получены новые данные о смертности этих жгутиконосцев, клеточном цикле, синтезе ДНК и РНК, структуре хромосом и спектрах белков стресса.

Установлено, что миксотрофия – одна из важнейших адаптационных стратегий динофлагеллят, которая обеспечивает им возможность процветания в эвтрофированных прибрежных регионах. Исследования, выполненные с помощью метода масс-спектрометрии вторичных ионов в наномасштабе, впервые позволили количественно оценить вклад органических и неорганических субстратов в миксотрофный рост динофлагеллят на уровне единичных клеток. Экспериментально исследована реакция этих жгутиконосцев на изменение солености водной среды. С помощью методов биоинформатики у динофлагеллят обнаружено большое разнообразие ионных каналов, относящихся к суперсемейству потенциал-управляемых катионных каналов; выявлены структурные особенности этих каналов. Разработан алгоритм для моделирования роста популяции потенциально токсичных динофлагеллят с учетом их внутрипопуляционной гетерогенности. Эти и другие результаты, полученные в рамках трансляционной водной экологии, важны для решения многих острых социально-значимых вопросов, связанных с охраной окружающей среды и здоровьем человека.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 19-14-00109).

ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ ВОДЫ НА ОПЛОДОТВОРЯЕМОСТЬ ЯИЦ И ПОДВИЖНОСТЬ СПЕРМИЕВ СИГОВЫХ РЫБ COREGONIDAE

Н. В. Смешливая, С. М. Семенченко

*Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (Госрыбцентр), г. Тюмень,
nvsmeshlivaya@gmail.com, SemSM07@yandex.ru*

Цель работы – изучить влияние солености воды на продолжительность движения спермиев и способность к оплодотворению яиц сиговых рыб Обского бассейна.

Материалом служили половые продукты речной формы пеляди *Coregonus peled*, сига-пыжьяна *C. pidschian* и чира *C. nasus*. Исследования проводили в октябре 2016 г. на р. Ляпине в бассейне р. Северной Сосьвы (ХМАО). Зрелые половые продукты получали способом прижизненного отцеживания. Влияние хлоридно-натриевой солености воды на продолжительность двигательной активности спермиев для каждого вида оценивали с помощью микроскопа по стандартной методике (Казаков, 1978). Оценивали продолжительность движения спермиев исследованных видов при различной солености: 0,05; 0,5; 1; 5; 8; 10; 13; 14; 15; 16; 20 и 21 ‰. Каждая из соленостей соответствовала отдельной серии из трех опытов. Каждый опыт серии проводили со спермой одного из трех самцов отдельно. Было проведено 12 серий, включающих 102 опыта. При определении влияния солености на способность к оплодотворению смесь яиц от трех самок одного из исследуемых видов помещали в воду с заданной соленостью, затем добавляли порцию спермы и перемешивали. Объем воды составлял 25 мл, объем порции спермы – 50 мкл. Соленость воды составляла 0,05; 1; 5; 10; 15; 20; 25 и 30 ‰. Через 5 мин икру промывали пресной водой. Дальнейшее развитие до стадии средноклеточной морулы происходило в пресной воде. Оплодотворяемость яиц определяли на стадии средноклеточной морулы методом бокового микроскопирования (Черняев, 1968). Было проведено 8 серий, включающих 48 опытов. Температура воды во всех опытах составляла 2,0–3,0 °С. Измерение солености проводили портативным солемером Ohaus ST20S.

Видовой специфики продолжительности движения спермиев при одинаковой солености у исследованных видов не выявлено. В диапазоне солёности от 0,05 до 5 ‰ наблюдалось статистически достоверное повышение продолжительности общего и поступательного движения спермиев в среднем с 300 ± 30 до 342 ± 44 с и с 101 ± 7 до 118 ± 13 с соответственно. При солености свыше 5 ‰ продолжительность движения спермиев статистически достоверно линейно сокращалась. Среднее значение продолжительности общего движения спермиев уменьшалось до 9 ± 4 с при 20 ‰, средняя продолжительность поступательного

движения – до 24 ± 13 с при 14‰. При солености 15‰ у спермиев отсутствует период поступательного движения. При солености 21‰ и выше двигательная активность спермиев не проявлялась. В диапазоне от 0,05 до 8‰ соленость не оказывала влияния на долю подвижных спермиев, которая составляла 95–99%. При солености свыше 10‰ доля подвижных спермиев линейно уменьшалась. При солености 20‰ колебательное движение спермиев отмечали единично.

Способность яиц к оплодотворению при различной солености не имеет видовой специфики. Изменение солености в диапазоне от 0,05 до 5‰ не оказывало влияния на способность яиц к оплодотворению, и оплодотворяемость была близка к максимальной – 93–100%. При увеличении солености свыше 5‰ доля оплодотворенных яиц статистически достоверно снижалась с 84% при 10‰ до 15% при 20‰. Несмотря на отсутствие двигательной активности спермиев в воде с соленостью свыше 20‰ наблюдалось оплодотворение яиц даже при солености 25‰ – 2–3%. При солености 30‰ оплодотворение яиц не происходило.

СИСТЕМА БИОТРАНСФОРМАЦИИ КСЕНОБИОТИКОВ У ЖИВОТНЫХ. ФАЗОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Л. П. Смирнов

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, levps@rambler.ru

Традиционно процесс биотрансформации ксенобиотиков рассматривается как двухфазный, потому что именно в фазах I и II осуществляется химическое превращение различных соединений экзо- и эндогенного происхождения. Тем не менее, необходимо понимать, что сначала ксенобиотик импортируется в клетку, а затем после модификации должен быть выведен из нее. Импорт ксенобиотиков можно назвать фазой 0, поскольку эти белки непосредственно не участвуют в реакциях, осуществляемых в фазах I и II.

Импорт ксенобиотиков в фазе 0 осуществляет многочисленная группа белков-импортеров семейства *SLC22* – транспортеры органических анионов (ОАТ, 10 белков), переносчики органических катионов и цвиттерионов (ОСТ-ОСТН, 6 белков), а также родственное им семейство *SLCO* – полипептиды, транспортирующие органические анионы (ОАТР, 6 семейств).

В фазе I происходит окисление чужеродных соединений, минимизирующее их прямое воздействие на внутриклеточные мишени. Катализ этого процесса осуществляет большая группа микросомальных ферментов, называемых монооксигеназами или цитохромами P450 (CYP). Важность фазы I для нормального функционирования клетки подтверждается тем, что, например, у человека классифицировано 12 семейств генов, 20 подсемейств, более 57 активных генов и 58 псевдогенов. В ряде случаев окисленные ксенобиотики становятся еще более токсичными, чем исходные соединения.

В фазе II трансформированные в фазе I молекулы при участии глутатион S-трансфераз, UDF-глюкуронидаз и сульфотрансфераз конъюгируют с некоторыми внутриклеточными соединениями, такими как глутатион, глюкуроновая кислота, 3'-фосфоаденозил-5'-фосфосульфат и превращаются в безопасные гидрофильные метаболиты.

В фазе III происходит эффективное удаление из клетки молекул, прошедших метаболические превращения в фазах I и II, а также немодифицированных ксенобиотиков с помощью АТФ-связывающих кассетных транспортеров (ABC transporters), использующих энергию гидролиза АТФ для экструзии из клетки самых разнообразных соединений от ионов до молекул токсинов большого размера. ABC транспортеры – эволюционно древнее семейство мембраносвязанных протеинов, являющееся одним из самых больших семейств белков у живых организмов, как прокариот, так и эукариот.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 0218-2019-0076, № г. р. АААА-А17-117031710039-3) «Биохимические механизмы, определяющие сходство и различия в развитии адаптаций у гидробионтов морских и пресноводных экосистем».

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ РОДА *LIPARIS* В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ

Е. В. Смирнова

Мурманский морской биологический институт, г. Мурманск,
smirnova@mmbi.info

Липаровые или морские слизни (*Liparidae*) – одно из наиболее интересных для изучения экологии семейств рыб северных морей. В арктических морях эти рыбы встречаются относительно часто в нижней части шельфа и верхней зоне материкового склона.

Исследовался материал донной траловой съемки, выполненной в летне-осенний период в 2014 и 2017 г. в шельфовой части морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

В море Лаптевых виды рода *Liparis* составляли от 0,16 до 33 % от общей численности рыб на отдельных станциях и 0,18–63 % от общей биомассы. В Восточно-Сибирском море доля этих рыб в уловах варьировала от 0,7 до 54,5 % по численности и от 0,8 до 72,6 % от общей биомассы.

Характер распределения и обилие видов исследуемых видов зависели от глубины и особенностей гидрологического режима данного района.

И в Лаптевых и в Восточно-Сибирском море липаровые встречались на глубинах от 16 до 344 м, причем большая часть рыб (61 % всех особей) поймана на глубинах до 50 м.

Среди липаровых наиболее мелководным видом является липарис арктический (*L. tunicatus*). В море Лаптевых этот вид встречался на 14,6 % из обследованных станций с глубинами до 50 м. В Восточно-Сибирском в том же батиметрическом диапазоне данный вид обнаружен на 22,6 % станциях.

Напротив, липарис Парра (*L. bathyarcticus*) встречался преимущественно на станциях глубже 50 м (на 46 % из обследованных станциях этого диапазона в море Лаптевых и на 62 % – в Восточно-Сибирском).

Только чернобрюхий липарис *L. fabricii* обладает высокой численностью и встречается на значительной площади в исследуемых

морях, и его встречаемость на мелководье и на больших глубинах практически одинакова для исследуемых морей.

В период съемки арктического липариса ловили преимущественно на прогреваемом мелководье ближе к берегу. Частота встречаемости этого вида на станциях с температурами выше 0 °С составляла от 16% (в море Лаптевых) до 22% (в Восточно-Сибирском). На значительной части станций, где отмечались отрицательные придонные температуры, был пойман липарис Парра (39 и 32 соответственно). Наиболее многочисленный вид чернорухий липарис распределен на обширном шельфе в основном в холодных придонных водных массах.

На примере моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря выявлена батиметрическая зональность в распределении обычных видов липаровых рыб на шельфе и материковом склоне в летне-осенний период.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ *GADUS MACROCEPHALUS* В АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

М. А. Смирнова¹, С. Ю. Орлова¹, А. М. Орлов^{1,2,3,4}

¹*Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии – ВНИРО,
г. Москва*

²*Институт проблем экологии и эволюции РАН – ИПЭЭ, г. Москва*

³*Дагестанский государственный университет – ДГУ, г. Махачкала*

⁴*Томский государственный университет – ТГУ, г. Томск,
masmirnova209@gmail.com; kordicheva@rambler.ru; orlov@vniro.ru*

Многолетний опыт исследований тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* как с помощью морфологических подходов, так и с применением молекулярно-генетического анализа не позволил к настоящему времени сформировать единое представление о популяционной структуре тихоокеанской трески на всем ее ареале (Stroganov, Orlov, 2012; Строганов, Орлов, 2013).

Представлены результаты оценки популяционной структуры тихоокеанской трески в азиатской части видового ареала и водах тихоокеанского побережья Канады на основе молекулярно-генетического анализа с использованием микросателлитных локусов и контрольного региона митохондриальной ДНК. Материалом послужили 16 выборок от половозрелых особей тихоокеанской трески, собранных в Беринговом, Охотском, Жёлтом и Японском морях, тихоокеанских водах Курильских о-вов и побережья Канады.

В ходе анализа полиморфизма микросателлитных локусов выявлено разделение трески исследуемого региона на 6 группировок, а по результатам анализа мтДНК – на 4 группировки.

По результатам анализа с использованием обоих маркеров выявлена обособленность трески Жёлтого моря от всех остальных выборок.

Группировка трески Японского моря включала в себя выборки из зал. Петра Великого и вод восточного побережья Кореи (микросателлитные локусы), а по результатам анализа мтДНК в нее также вошли выборки из вод южной и центральной частей Татарского пролива.

По анализу микросателлитных локусов две последние выборки вошли в третью группировку, которая также включала в себя треску охотоморских и тихоокеанских вод Южных Курил.

Треска северо-западной части Охотского моря и Тауйской губы объединяется в единую группировку как по результатам анализа микросателлитных локусов, так и контрольного региона мтДНК, однако по последнему маркеру в эту группировку также вошла треска побережья Западной Камчатки.

Наиболее крупную группировку формирует треска западной части Берингова моря, северо-западной Пацифики и прилегающих акваторий. По результатам анализа микросателлитных локусов в ее состав вошли выборки из вод Западной Камчатки, Северных Курил (обе стороны), Карагинского залива, Наваринского района, и Анадырского залива, а по анализу мтДНК данная группировка объединила треску вод Южных Курил (обе стороны), Северных Курил (обе стороны), Карагинского залива, Наваринского района, Анадырского залива и тихоокеанского побережья Канады.

Последняя выборка из вод побережья Канады по анализу микросателлитных локусов составила отдельную, шестую группировку.

Данные анализа мтДНК дают представление о расселении трески в послеледниковый период и структуре рефугиумов данного вида. Микросателлитный анализ, в свою очередь, отражает современную популяционную структуру, которая может быть использована для выделения единиц запасов и управления промыслом.

О СОКРАЩЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ ЗОЛОТОГО КАРАСЯ В ВОДОЕМАХ БАСЕЙНА ИРТЫША В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. В. Смолина, А. В. Бакина, К. Р. Таскаева, М. И. Сидорова

*ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного
Зауралья», г. Тюмень, natan11@mail.ru*

В Западной Сибири, в бассейне Иртыша, золотой карась *Carassius carassius* L., 1758 является типичным обитателем заморных озер, однако, встречается также и в периодически заморных, незаморных и пойменных озерах, иногда и в реках. В последние годы опубликовано много свидетельств о сокращении численности и даже исчезновении золотого карася во многих водоемах на территории Европы и Сибири. В этой связи изучение динамики численности данного вида в бассейне р. Иртыш в Тюменской области, а также смежных регионах актуально для сохранения видового разнообразия ихтиофауны и промыслового значения вида.

Причинами снижения численности золотого карася по совокупности анализа различных научных публикаций можно считать распространение амурской формы серебряного карася, что приводит к гибридизации видов, снижению эффективности естественного нереста золотого карася, а также за счет большей экологической пластичности серебряного карася – высокого темпа роста, широкого спектра питания и активных миграции в пойменной системе. Также отрицательно сказывается вселение в заморные водоемы головёшки-ротана.

Наши наблюдения показывают, что встречаемость вида существенно снизилась. Так, ранее, практически в каждом заморном озере бассейна р. Иртыш Тюменского, Нижнетавдинского, Армизонского, Сладковского и других районов Тюменской области, а также в Слободо-Туринском районе Свердловской области, обитали совместно популяции золотого и серебряного карасей. В последние пять лет в большинстве исследованных нами ежегодно связанных с речной системой озерах золотой карась практически не встречается в промысловых уловах. В крупном оз. Андреевском Тюменского района, ежегодно связанном с р. Пышмой, ранее многочисленный вид, создававший в 1976–1989 гг. 25–35% карасевых уловов (Мухачёв, 1994), в 2014–2017 гг. практически исчез из промысла, в неводных уловах его доля не превышала 1% от численности и массы серебряного. В оз. Большой Тараскуль, периодически затапливаемом пойменными водами р. Пышмы, доля золотого карася в ихтиоценозе значительно больше, но в среднегодовых уловах рыбаков-любителей не превышает 40% от численности и 20% от массы уловов серебряного. Во всех исследованных нами озерах анализируемого региона средние показатели длины и массы доминирующих возрастных групп у золотого карася достоверно уступают таковым у серебряного. Можно отметить, что свободный рынок чутко отреагировал на сокращение численности золотого карася: цена за 1 кг свежего карася на рынках Тюмени варьирует в зависимости от размеров в диапазоне 50–100 руб., но при одинаковых размерах цена золотого практически в два раза выше, чем у серебряного.

Для сохранения роли золотого карася в экосистеме заморных озер бассейна Иртыша считаем необходимым вести отдельный учет вылова золотого и серебряного карасей в промышленных уловах, для чего внести изменения в соответствующее Распоряжение Правительства РФ. Необходимо увеличить число особо охраняемых водоемов, внося в их число уникальные заморные озера минимально подверженные воздействию интродукции инвазивных видов ихтиофауны. Кроме того, целесообразно рекомендовать выпускать как объект компенсации в заморные водоемы Обь-Иртышского бассейна именно золотого карася, а также в полной мере реализовывать охрану вида в рамках действующих Правил рыболовства.

КИСЛОРОДНЫЕ РЕЖИМЫ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ МОРСКИХ РЫБ РАЗЛИЧНОЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПОДВИЖНОСТИ

А. А. Солдатов

*ФГБУН Институт морских биологических исследований
им. А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, alekssoldatov@yandex.ru*

Сравнительные исследования выполнены на 10 видах морских рыб, отличающихся толерантностью к температуре, солености, содержанию O_2 в воде, а также естественной подвижностью. При сходных условиях содержания: плотность посадки – 50–80 л на особь, фотопериод – 12 ч день: 12 ч ночь, температура воды – 15 ± 1 °С, суточный пищевой рацион – 6–7% от массы тела, наиболее радикальные отличия были обнаружены между пелагическими и донными видами.

Напряжение O_2 (PO_2) в артериальной и венозной крови пелагических рыб было на 80–220% ($p < 0,001$) выше, чем у донных. Артерио-венозная разница по PO_2 почти в 2 раза ($p < 0,001$) превышала аналогичные значения, зарегистрированные для малоподвижных рыб. Более высокие значения PO_2 были отмечены и для обоих типов скелетных мышц: красных и белых.

Расчет среднекапиллярного и среднемышечного PO_2 позволил определить существующий градиент PO_2 между кровью и скелетными мышцами. Значения данного показателя у активных видов в 1,8–2,5 раза превышали ($p < 0,001$) аналогичные величины у донных рыб. Это означает, что диффузия O_2 в их мышечной ткани происходила с более высокой скоростью.

Анализ характера распределения PO_2 красных мышцах пелагических видов показал, что основная масса значений – 80–85%, приходилась на диапазон 22,0–42,0 гПа. Наряду с высоким локальным PO_2 (около 60 гПа), встречались абсолютно аноксичные зоны и зоны с крайне низким напряжением кислорода (менее 8 гПа). Доля последних составляла 2–4%. У представителей донной фауны максимумы кривых распределения PO_2 располагались в области более низких значений. Распределение PO_2 в ткани носило

более сложный характер. Около 80% всех значений находилось в районе 6,0–24,0 гПа. Доля аноксичных и гипоксичных зон (менее 8 гПа) у донных видов была в 3–12 раза выше, чем у пелагических и составляла 11–25%.

Диапазон изменения PO_2 в белых мышцах совпадал у всех исследуемых рыб – 0–20 гПа. Однако в сравнении с донными видами, максимумы на гистограммах распределения у пелагических рыб располагались на 2–4 гПа правее. В 40–65% белых мышц пелагических рыб PO_2 не превышало 8 гПа. У донных видов эта величина была существенно выше и достигала 81–84%.

Массоперенос O_2 в мышцах пелагических рыб был в 4–12 раза выше ($p < 0,001$) аналогичных значений, зарегистрированных для донных рыб, и составлял соответственно 0,3–0,7 и 0,5–1,0 мл O_2 мин⁻¹ 100 г⁻¹ для венозной и артериальной крови. Различия были обусловлены более высокими значениями тканевого кровотока – 14–20 и 3–6 мл мин⁻¹ 100 г⁻¹ для красных и белых мышц соответственно, и повышенной кислородной емкостью крови – 14–20 мл л⁻¹, у подвижных видов.

Расчет диффузионной способности мышечной ткани показал, что у активных видов она была на 90–340% выше ($p < 0,001$), чем у донных рыб и составляла 33–55 мл O_2 мин⁻¹ 100 г⁻¹ гПа⁻¹ (10^{-4}). Это определялось высокой долей красной мускулатуры в скелетных мышцах пелагических рыб, повышенной плотностью капиллярной сети, высоким содержанием липидов и миоглобина в мышечной ткани, а также низкой степенью ее гидратации. Сочетание этих качеств обеспечивало активным видам рыб рост площади диффузионной поверхности, снижение толщины диффузионного слоя и облегчение диффузии O_2 в мышцах.

АНАЛИЗ ВКЛАДА РЯДА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В НАКОПЛЕНИЕ РТУТИ В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ УРАЛ

Г. Н. Соловых, Т. В. Осинкина

*ФГБОУ ВО Оренбургский государственный медицинский университет,
г. Оренбург, gal.nik.solovix@mail.ru*

В настоящее время известно, что на цикличность поступления ртути в пресные и морские природные водоемы и распределение данного тяжелого металла между донными отложениями и водной фазой могут влиять некоторые физические, химические и биологические факторы. К ним относятся такие параметры как значения рН, температура воды, изменение окислительно-восстановительного потенциала, наличие органических веществ (химическое потребление кислорода), комплексообразующие агенты, хлориды и сульфаты.

Показано, что среди изученных факторов, наибольшее влияние на накопление ртути в среднем течении р. Урал оказывала окисляемость ($R_{\text{сн}} = 0,65$), т. е. содержание органических соединений, которые активно связывали ртуть. Следовательно, с возрастанием их концентрации в водоеме содержание ртути также увеличивалось, а наименьшее влияние оказывало значение рН ($R_{\text{сн}} = -0,63$): при зафиксированных значениях рН (6,5–7,0) кислотного выщелачивания ртути, по-видимому, не происходило и, как следствие, отсутствовал выход ртути из донных отложений в воду.

На накопление и распределение ртути в водоеме влияли и другие физико-химические факторы, но вклад каждого из них оказался не равноценен. В районе г. Оренбурга («р. Урал – „Карьер“» – «р. Урал – Чернореченский мост») большее влияние на накопление металла оказывала температура воды и содержание хлоридов ($R_{\text{сн}} = 0,70$ – между содержанием ртути в водоеме и температурой воды), повышение которой активировало диффузию ионных форм ртути из глубоких слоев донных отложений и приводило к увеличению ее содержания в реке.

Отмечено также повышенное содержание хлорид-ионов ($R_{\text{сн}} = 0,70$ – между содержанием ртути в водоеме и содержанием хлоридов), которые активно связывают ионную форму ртути, способствуя ее накоплению в водоеме. В экотопах восточной части реки («р. Урал – турбаза „Прогресс“» – «р. Урал – выше Ириклинского водохранилища») накоплению ртути способствовали сульфат-ионы ($R_{\text{сн}} = 0,62$), гранулометрический состав донных отложений (увеличение процента глинистых частиц в донных отложениях) ($R_{\text{сн}} = 0,60$) и ионно-сорбционная емкость ($R_{\text{сн}} = 0,90$). Прямые корреляционные зависимости между указанными показателями и содержанием ртути в водоеме могут иметь следующее объяснение: с увеличением содержания сульфат-ионов в воде и процента глинистых частиц существенно возрастает поглотительная способность донных отложений в результате они значительно обогащаются активными центрами, содержащими анионные группы гуминовых кислот, которые способны присоединять и удерживать катионы ртути, что и приводит к возрастанию ее содержания в водоеме.

Установлено, что фактором, влияющим на поступление ртути в экосистему р. Урал, являются и талые воды, так как они привносят токсиканты как из природных источников – размывание подстилающих материнских пород, так и антропогенных – частичное растворение и разрушение твердых бытовых отходов, слияние с талыми водами техногенных отвалов и автомагистралей: к концу паводка содержание ртути в реке возрастало в 1,5–2 раза и превысило ПДК рыбохозяйственных водоемов в 19,5 раза.

Полученные данные о влиянии различных экологических факторов на накопление ртути в некоторых районах среднего течения р. Урал полностью согласуются с выводами других исследователей о существовании в природных водоемах комплекса факторов, оказывающих влияние на накопление ртути в нём, но степень их влияния зависит от многих обстоятельств и ситуация от одного природного водоема к другому и даже внутри одного водоема с течением времени может кардинально изменяться.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)

М. М. Соловьев¹, Е. Н. Кашинская¹, Н. С. Пустовалова^{1,2},
Е. П. Симонов¹, Э. Жизберт³

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН,
г. Новосибирск, yarmak85@mail.ru

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

³Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA), Crta. Poble Nou
del Delta km 5.5, 43540 Sant Carles de la Rapita, Spain

В данном исследовании проведена оценка влияния температуры воды (13 и 20 °С) на скорость прохождения пищи, физиологические значения рН и ключевые характеристики пепсина (желудок), трипсина, химотрипсина, липазы и амилазы (передний, средний, задний отделы кишечника), а также структуру микробного сообщества (слизистая кишечника) у радужной форели. Рыбы ($Q = 300\text{--}400$ г) содержались при температуре воды 13 и 20 °С в течение 10 и 18 дней соответственно в условиях замкнутой системы аквариальной комнаты Института агропродовольственных исследований и технологий (IRTA, Испания). Анализ указанных параметров (кроме кишечной микробиоты) проводился непосредственно перед кормлением и через 2, 5, 9, 12, 18, 26, 36, 48, 60, 84, 96 и 120 часов после кормления. Для каждой временной точки было проанализировано 6 особей. Для пищеварительных ферментов были определены такие параметры как активность, рН и температурный оптимумы, и некоторые параметры уравнения Михаэлиса (K_m , V_{max} , Q_{10}). Активность ферментов определялась как при стандартных условиях (рН и температура согласно протоколу), так и с учетом реальной температуры содержания (13 и 20 °С) и физиологических значений рН в соответствующем отделе пищеварительного тракта. Для определения структуры микробного сообщества из образцов слизистой кишечника

была выделена тотальная ДНК с использованием коммерческого набора «ДНК-сорб В» и проведена ПЦР с консервативными праймерами. Секвенирование гипервариабельных участков V3, V4 гена 16S рРНК проводили на платформе «MiSeq Illumina» в компании «Евроген» (Москва).

В результате проведенного исследования нами не выявлено достоверного влияния температуры воды на кинетические характеристики, рН и температурные оптимумы исследованных пищеварительных ферментов, а также на структуру микробного сообщества слизистой кишечника. Показано, что при температуре воды 20 °С скорость прохождения пищи по пищеварительному тракту форели на 12–24 часа быстрее, чем при температуре 13 °С. В то же время нами установлено достоверно значимое (PERMANOVA, $p \leq 0,05$) влияние температуры на физиологические значения рН в переднем и среднем отделах кишечника. Мы установили, что при температуре воды 20 °С значения рН в указанных отделах кишечника были ниже, чем при температуре воды 13 °С. Также нами отмечено достоверно значимое влияние температуры воды и физиологических значений рН в пищеварительном тракте на активность всех исследуемых пищеварительных ферментов.

Таким образом, температура воды и физиологические значения рН в пищеварительном тракте оказывают существенное влияние на процессы пищеварения у форели и должны быть учтены при проведении подобных работ, как на форели, так и на других видах рыб, для получения результатов, наиболее близко описывающих реальные процессы пищеварения.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СИМПАТРИЧЕСКОЙ ПАРЫ СИГОВ ОЗЕРА ТЕЛЕЦКОГО

М. М. Соловьев¹, Е. Н. Кашинская¹, Н. А. Бочкарев¹,
Н. С. Пустовалова^{1,2}, Е. П. Симонов¹, Э. Жизберт³

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН,
г. Новосибирск, yartak85@mail.ru

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

³Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA), Crta. Poble Nou
del Delta km 5.5, 43540 Sant Carles de la Rapita, Spain

Coregonus lavaretus – широко распространенный в северном полушарии вид, образующий в озерах симпатрические популяции. Одна из таких пар обитает в Телецком озере: малотычинковый (менее 30 тычинок на первой жаберной дуге) сиг-пыжьян *C. lavaretus pidshian* (бентофаг) и многотычинковый (в среднем 34 тычинки) сиг Правдина *C. l. pravdinellus* (планктофаг). Согласно одной из гипотез, кормовая база водоема послужила ключевым фактором в морфологической адаптации данных форм сигов к их типам питания. Однако остается не исследованной функциональная адаптация различных компонентов желудочно-кишечного тракта сигов (пищеварительные ферменты, структура микробного сообщества) к данным типам питания.

Цель работы – провести сравнительный анализ ключевых биохимических параметров пищеварительных ферментов и структуры микробного сообщества в желудочно-кишечном тракте телецкого сига и сига Правдина.

Сбор материала проводился на оз. Телецком (51°79'N; 87°26'E) в сентябре 2012 и 2017 гг. Сигов отлавливали ставными жаберными сетями (20–25 мм), затем в пластиковых контейнерах с водой доставляли в лабораторию. У живых особей желудочно-кишечный тракт немедленно извлекался и замораживался в жидком азоте для последующего анализа. Для определения структуры микробного сообщества в слизистой и содержимом различных отделов пищеварительного тракта были отдельно отловлено по пять особей

каждой формы сигов. Активности, рН и температурные оптимумы, а также кинетические характеристики основных групп пищеварительных ферментов (желудочные, панкреатические и пристеночные) определяли в желудке и трех отделах кишечника с пилорическими придатками. Изоферментный состав щелочных протеаз определяли только в кишечнике.

Нами не выявлено достоверных различий в исследуемых характеристиках пищеварительных ферментов (кроме активности) между сигами. Также не обнаружено достоверных отличий в активности пепсина (желудок) и ферментах щеточной каймы энтероцитов кишечника. В то же время специфическая активность ключевых ферментов поджелудочной железы (трипсин, химо tripsин, липаза и амилаза) была достоверно выше у сига телецкого по сравнению с сигом Правдина. Также мы отмечаем существенные различия в структуре микробных сообществ, как в слизистой, так и в содержимом пищеварительного тракта между исследуемыми формами сигов.

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. Также различный тип питания оказывает существенное влияние на структурную и функциональную составляющие микробных сообществ пищеварительного тракта сигов.

Работа поддержана Российским Научным Фондом, проект № 17-74-10071.

ПИТАНИЕ ЛЕДОВИТОМОРСКОЙ РОГАТКИ TRIGLOPSIS QUADRICORNIS В ОБСКОЙ ГУБЕ КАРСКОГО МОРЯ

В. Б. Степанова, А. С. Таскаев

Тюменский филиал ФГБНУ ВНИРО, г. Тюмень, gosrc@gosrc.ru

Ледовитоморская рогатка (*Trigloopsis quadricornis* Linnaeus) относится к семейству Gottidae отряда Scorpaeniformes и является представителем арктического солонатоводного фаунистического комплекса рыб. В Обь-Иртышском бассейне встречается

в Приморско-Обском районе (во всех трех его подрайонах), а также в подрайоне Южной части Обь-Тазовской губы (Экология рыб..., 2006).

Данные по питанию ледовитоморской рогатки в Обской губе имеются в работе В. С. Михина (1940). Наши исследования проводились в августе 2016 г. в северной части Обской губы в районе порта Сабетта и морского судоходного канала. Работы проводились на глубинах от 4,0 до 17,0 м, температура воды составляла от 3,9 до 12,3 °С, придонная соленость – от 1,73 до 2,49‰ (порт Сабетта) и 9,43–20,43‰ (судоходный канал). Рыба была выловлена на комбинированными ставными сетями.

После проведения биологического анализа было установлено, что все отловленные особи были половозрелыми, имели III–IV стадию зрелости гонад, возрастной состав был представлен особями от 2+ до 6+ (преобладали особи 4+). Промысловая длина исследуемых рыб составляла от 11,5 до 24,2 см, масса от 30 до 209 г. Пищеварительные тракты 19% особей были пустыми, для остальных рыб была характерна высокая степень наполнения желудков (4–5 по шкале Лебедева). Интенсивность питания ледовитоморской рогатки была высокой: индексы наполнения составляли 138–595 (район Сабетты) и 52–464 (морской судоходный канал).

Спектр питания включал равноногих раков рода *Saduria* (реликтовый вид и исходная морская форма), амфипод семейства *Oedicerotidae* и родов *Onisimus* и *Gammaracanthus*. Основными кормовыми объектами рогатки были крупные особи морских тараканов, они были обнаружены в пищеварительных трактах всех рыб, а их доля по массе в пищевом комке достигала 100%. В подледный период они также питались изоподами. Бокоплавы рода *Onisimus* встречались в желудках всех рыб, пойманных в районе морского судоходного канала, тогда как у порта Сабетта этот бокоплав присутствовал в пищевом комке лишь у 10% рыб. Представители семейства *Oedicerotidae* отмечены в питании 14% рыб (морской канал), рода *Gammaracanthus* – в желудках 10% исследуемых рыб (район порта Сабетта).

Все обнаруженные в пищевых комках ракообразные представлены в донной фауне исследуемой части Обской губы. На многих

станциях по численности доминировали амфиподы *Onisimus birulai* (Gurjanova) по биомассе – изоподы *Saduria entomon* (Linnaeus). Нами не отмечено напряженных пищевых отношений между рогаткой и другими видами рыб. Ряпушка предпочитала зоопланктон, омуль – мизид и зоопланктон, навага – мизид и амфипод.

Результаты проведенных исследований питания ледовитоморской рогатки в северной части акватории Обской губы показали, что основными кормовыми объектами являются равноногие раки и амфиподы, доминирующие в донных сообществах.

СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОНА В ВОДОЕМАХ С ЗАБОЛОЧЕННЫМ ВОДОСБОРОМ НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ЛЕСНЫХ ОЗЕР ОСТРОВА ВАЛААМ (ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО)

А. Б. Степанова

РГГМУ, г. Санкт-Петербург, ab-stepanova@yandex.ru

Характеристики зоопланктона широко используются для индикации состояния озерных экосистем, что особенно важно для Республики Карелия, на территории которой расположено более 60 тыс. озер. Работа посвящена сравнительному анализу зоопланктона трех малых лесных озер, расположенных на территории Природного парка «Валаамский архипелаг». В ее основу положены данные комплексного экологического мониторинга, проводимого на базе Учебно-научной станции РГГМУ на о. Валаам в период с 1998 по 2017 гг.

Выбранные для исследования водоемы были отнесены к следующим типам: оз. Германовское – к кислым полигугозным; оз. Антониевское – к слабокислым мезополигугозным, а оз. Витальевское – нейтральным мезополигугозным водоемам. Площади озер варьируют от 0,6 до 2,8 га; их средние глубины – от 0,7 до 2,0 м. Сравнительный анализ показал, что наибольший разброс значений важнейших гидрохимических параметров отмечен для оз. Антониевского. Этот водоем характеризуется

наибольшей площадью и объемом воды, его водосбор отличается наибольшими абсолютными значениями, разнообразием растительных сообществ; площадь заболоченного участка, примыкающего к озеру, около 4%. На водосборе оз. Германовского располагается обширное по площади переходное сфагновое болото (10% от площади), окаймляющее озеро. Это объясняет появление экстремальных значений рН (4,1) в годы с максимальным влиянием водосбора (влажные годы с ливневыми осадками). В целом для озера характерна наибольшая стабильность значений гидрохимических параметров. Площадь заболачивания водосбора оз. Витальевского самая низкая – около 1% (Степанова и др., 2009; Степанова, Шабан, 2017).

Для зоопланктона оз. Германовского были характерны относительно высокие значения биомассы сетяного зоопланктона на протяжении всего периода исследования, среднемноголетнее значение – 0,9 мг/л. Это связано с доминированием эврибионтного вида *Ceriodaphnia quadrangula*, который достигает высоких значений численности и биомассы, как в годы с экстремально низкими для озера значениями рН, так и экстремально высокими. При низких значениях рН отмечено монодоминирование этого вида (до 99% от общей численности). В годы со значениями рН выше 5,5 *Eudiaptomus gracilloides* также вносит значительный вклад в формирование общей численности и биомассы зоопланктона.

Озеро Антоньевское, имеющее значительное сходство с описанным выше водоемом по видовому составу, характеризовалось нестабильной структурой зоопланктонного сообщества, в состав доминант входили различные представители Cyclopoidea и Calanoidea, а также *Asplanchna priodonta*. Несмотря на более высокие значения рН и низкую цветность, значения общей биомассы были в большинстве случаев ниже и варьировали от 0,2 до 3,5 мг/л. Структура сетяного зоопланктона оз. Витальевского существенно отличалась. На протяжении всего периода исследования здесь доминировала *Daphnia longispina*. Для водоема также были характерны «вспышки» численности *Asplanchna priodonta* (до 98% от общей численности), при этом биомасса достигала

максимальных значений – 13,5 мг/л. Характерной особенностью этого водоемы также можно считать самую высокую численность личинок *Chaoborus flavicans*, более 1 экз./м³.

Все исследованные озера характеризовались экстремальными условиями обитания, вследствие этого низкими показателями видового богатства и разнообразия.

ВОДОЕМЫ ЗАПОВЕДНИКА «КИВАЧ» И ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

**О. П. Стерлигова¹, Н. В. Ильмаст¹, Я. А. Кучко¹,
Н. П. Милянчук¹, И. В. Филатов²**

¹Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
o.sterligova@yandex.ru

²ПетрГУ, г. Петрозаводск, *filatow.ivan2014@yandex.ru*

В сохранении разнообразия гидробионтов пресноводных экосистем большую роль играют особо охраняемые природные территории. Необходимо отметить, что доля проводимых в них работ, остается крайне низкой (около 3%) от всей научной тематики в России (Громцев, 2009). ГЗ «Кивач» является одним из старейших заповедников Республики Карелия, где в летний период 2017–2018 гг. проводили научные исследования. На территории заповедника находится 14 озер и пять из них: Пандозеро, Сундозеро, Пертозеро, Гебозеро, Мусталампи были изучены более детально. Водоемы относятся к бассейну Онежского озера. По своему происхождению их озерные котловины относятся к структурно-денудационным, и имеют в основном вытянутые формы, за исключением оз. Сундозера – округлая форма.

По химическому составу воды озера отличаются различным уровнем минерализации, и наибольшей обладает оз. Гебозеро (231,6 мг/л). Концентрация хлоридов изменяется в пределах 1,5–5,7 мг/л, и только в Сундозере отмечено – 12,5 мг/л. Цветность озер варьирует от 2 до 34 градусов, концентрация минерального азота колеблется от следовых количеств до 0,62 мг/л, при этом

в Сундозере и Гебозере преобладающей формой являются нитриты. Содержание фосфатов очень низкое и колеблется в пределах 0–0,03 мг/л.

В середине XX в. Э. В. Ивантер (1969) опубликовал первый список рыб водоемов заповедника. Спустя 19 лет А. Н. Щербаков (1988) представил новый список рыб. В 2000-х гг. Э. К. Попова и А. В. Сухов (2011, 2013) провели работы по инвентаризации водоемов заповедника с уточнением их ихтиофауны. В настоящее время в озерах обитают 32 вида рыб, относящихся к 14 семействам.

Анализ результатов наших исследований показал, что по числу видов преобладают карповые рыбы – 10 (32%). Лососевые рыбы представлены 4 видами, окуневые, керчаковые – 3, сиговые, колюшковые – 2, корюшковые, хариусовые, щуковые, угреобразные, вьюновые, налимовые, балиториевые и миноговые по 1 виду.

Сравнительный анализ биологических показателей массовых видов рыб свидетельствует о крайне незначительном антропогенном влиянии на рыбное население, за исключением оз. Пандозера. Установлено, что его экосистема испытывает значительное антропогенное воздействие вследствие поступления биогенных элементов из оз. Сундозера, где функционирует форелевое хозяйство.

Также в этом водоеме впервые выявлен судак, который, вероятно, проник (само расселился) из оз. Сундозера, где в 1965–1970 гг. проводились рыбоводные работы по его акклиматизации. Поэтому для корректного представления о возможных сукцессиях в экосистеме оз. Пандозера целесообразно рекомендовать организацию регулярного гидробиологического мониторинга.

Остальные водоемы на протяжении длительного времени находятся практически в неизменном состоянии, что очень редко как для региона, так для России в целом. Стабильные и слабо подвергнутые любому антропогенному влиянию экосистемы имеют высокую степень разнообразия и являются основой для сохранения генофонда.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0221-2017-0045, проекта РФФИ № 18-04-00163а.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РАННЕЙ МОЛОДИ КАМЧАТСКОГО КРАБА В БАРЕНЦЕВОМ И БЕЛОМ МОРЯХ

А. В. Стеско

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича),
г. Мурманск, stesko@pinro.ru

В работе под термином «ранняя молодь» понимаются особи камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) с шириной карапакса (ШК) до 60 мм. Такие крабы могут образовывать как разреженные (фоновые) скопления, так и плотные – агрегированные.

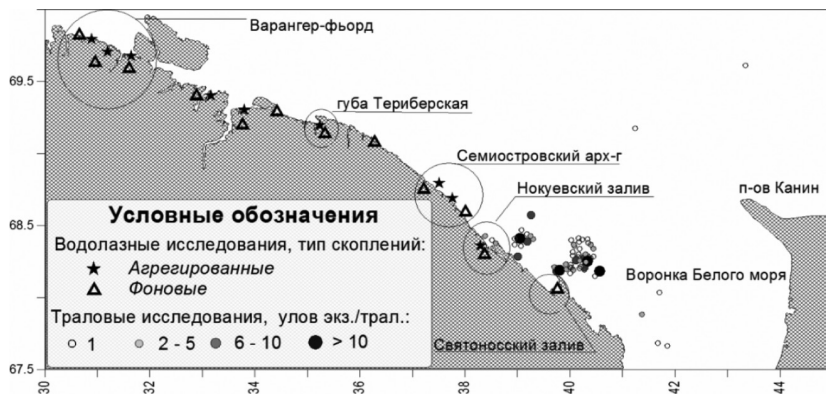
Целью исследования являлось описание пространственного распределения ранней молодежи камчатского краба в Баренцевом и Белом морях и ее биологического состояния.

Материал для работы был собран в 2014–2018 гг. в комплексных съемках камчатского краба и исландского гребешка (*Chlamys islandica*) в прибрежье Баренцева моря и в Воронке Белого моря. На глубинах до 30 м крабов вылавливали водолазы. На востоке рассматриваемой акватории использовали донный трал и исследовательскую драгу (трал Сигсби).

При подводных погружениях молодь отмечали на глубинах до 20 м вдоль всего Мурманского берега на твердых субстратах (скала, галечник) с наличием укрытий в виде валунов и зарослей макрофитов. В мористых участках раннюю молодь вылавливали на глубинах 50–114 м, преимущественно на участках поселений исландского гребешка. Единичные уловы молодежи тралом были зафиксированы на значительном удалении от берега (60 миль) на акватории Мурманского мелководья (рис.).

В агрегированных скоплениях на различных участках прибрежья доминировали особи с ШК 35–55 мм или 45–65 мм. Соотношение самцов и самок было примерно равным, доля особей с оторванными или регенерированными конечностями достигала 41 %. Годовиков камчатского краба (1+) с ШК 10–15 мм отмечали в составе сообществ гидроидных полипов и мшанок, по внешней структуре схожих с макрофитами *Polysiphonia* sp.

и *Desmarestia* sp., на талломах которых, согласно данным ФГБНУ «ВНИРО», ранее наблюдали оседание личинок краба.



Уловы ранней молоди камчатского краба в Баренцевом и Белом морях в 2014–2018 гг.

Акватория побережья Мурмана благоприятна для развития молоди камчатского краба. Значительные скопления молоди выявлены на поселении исландского гребешка в районе Святоносского залива. Оно может играть важную роль в воспроизводстве популяции камчатского краба в Баренцевом море.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА МОГИЛЬНОГО (ОСТРОВ КИЛЬДИН, БАРЕНЦЕВО МОРЕ) ЛЕТОМ И ОСЕНЬЮ 2018 г.

И. А. Стогов, А. Д. Громова, Е. А. Мовчан, П. П. Стрелков

*СПбГУ (Биологический факультет, кафедра ихтиологии
и гидробиологии), г. Санкт-Петербург, igor_stogov@mail.ru*

Первые исследования оз. Могильного были проведены еще Н. М. Книповичем и К. М. Дерюгиным в конце XIX в. Интерес к этому реликтовому меромиктическому водоему не исчерпан

и ныне: в июле 2018 г. специалистами МГУ, СПбГУ и Мурманского Арктического госуниверситета (МАГУ) начаты комплексные изыскания, в ходе которых в 2018–2019 гг. планируется провести оценку сезонных изменений гидрологических и физико-химических характеристик водоема, а также структурно-функциональных показателей его биоты.

Основой для настоящей работы послужили пробы зоопланктона, отобранные в августе и октябре 2018 г. двумя способами: насосным методом через каждый метр путем фильтрации 50 л воды через сито ячейей около 100 мкм и вертикальной сетью Джеди площадью входного отверстия 0,05 кв.м из сита около 100 мкм с горизонтов 0–3, 3–8 и 8–15 м. Пробы зафиксированы и обработаны по стандартной методике.

Зоопланктон этого своеобразного водоема ранее обычно характеризовался как ротаторно-клароцерный в поверхностном распределенном слое, копеподно-нектохетно-гидроидный в среднем слое (от 3 до 8–9 м), при практическом отсутствии планктонных беспозвоночных ниже слоя «розовой» воды на глубинах 8–9 м (Стогов, Мовчан, 2011; Strelkov et al., 2014; Громова и др., 2019).

По нашим данным величины обилия преобладающих форм зоопланктона, полученные насосным и сетным способами, в августе 2018 г. были довольно близки. Лишь наиболее крупные представители планктона – медузы *Cyanea arctica* – отмечены только в сетных пробах. Численность пелагических личинок полихет *Polydora ciliata* и *Pygospio elegans*, доминирующих в планктоне, в среднем слое воды (3–8 м) по оценкам насосом и сетью изменялась в пределах 120–190 тыс. экз./куб.м, взрослых копепод *Pseudocalanus acuspes* – 10–25 тыс. экз./куб.м. Общая численность зоопланктона здесь колебалась в пределах 150–220 тыс. экз./куб.м, в поверхностном слое воды (0–3 м) же была существенно ниже и составила лишь 1,4–2,6 тыс. экз./куб.м.

Насосный способ отбора проб позволил уточнить вертикальное распределение планктонных беспозвоночных. В среднем слое воды, где зоопланктон наиболее обилен, пелагические личинки полихет семейства Spionidae преобладали на глубинах 7–8 м, где достигали численности 179 тыс. экз./куб.м. Взрослые, копепоидитные

и науплиальные стадии копепод *P. acuspes* сосредоточены на глубинах 3–5 м при численности до 16 тыс. экз./куб.м. В октябре 2018 г. вертикальное распределение зоопланктона носило сходный характер – личинки спионид также преобладали на глубинах 6–7 м, где их численность составляла до 177 тыс. экз./куб.м, а взрослые и ювенильные веслоногие ракообразные *P. acuspes* – на глубинах 4–5 м при численности 25–30 тыс. экз./куб.м.

Расхождение доминирующих форм зоопланктона по глубинам, возможно, связано с особенностями их питания и требует специальных исследований.

Работа выполнена при поддержке Русского географического общества, договор N13-218-Р. Авторы выражают благодарность всем участникам комплексной экспедиции МГУ, СПбГУ и МАГУ 2018–2019 гг.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ БОЛОТНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ И РАЗВИТИЕ ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА В ОЗЕРЕ МОХОВОМ (ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Т. Г. Стойко¹, А. Н. Цыганов²

¹*Пензенский государственный университет, г. Пенза*

²*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
г. Москва, tgstojko@mail.ru*

Озеро Моховое (53°5'12"N 45°15'36"E) – водоем, правильной округлой формы (диаметр – 500 м; площадь поверхности озера – 0,18 км²; средняя глубина – 1,69 м), по происхождению суффозионный. Вода в него поступает из осадков, подземного притока и конденсации на поверхности. До разработки торфа в 40-е гг. XX в. озеро было сфагновым болотом, известным под названием Леонидовский торфяник. Толщина торфа ко времени разработки составляла около 4,5 м, а площадь около 30 га. После выработки торфа котловина заполнилась водой, и в водоеме началось восстановление сфагнового болота, но в 1960–1970 гг. в нем были затоплены химические отравляющие вещества, что приостановило развитие экосистемы.

Цель работы – проследить многолетнюю динамику экосистемы водоема и зоопланктонного сообщества.

В настоящее время вся литоральная зона водоема покрыта плотным травянисто-моховым растительным покровом (шириной 30–50 м), в котором у берега преобладает ситник, в срединной зоне – манник, а в краевой – осоки. Встречаются также отдельные скопления тростника, рогоза. Монодоминант фитобентоса озера – водный мох *Leptodictyum riparium* – покрывает большую часть поверхности дна. Донные отложения образованы слабо разложившимся моховым и растительным опадом, над темно-коричневым, комковатым хорошо разложившимся торфом с подлежащим песком. На поверхности водоема присутствуют небольшие острова (22–100 м²), сформированные скоплениями тростника. Периферийная заболоченность водоема в настоящее время составляет 13%, что более чем два раза выше по сравнению с началом 2000-х гг. (5%). Содержание растворенного кислорода в воде достаточно высокое (8,0–9,5 мг/л), что, вероятно, обусловлено фотосинтетической активностью мха. Вода в водоеме слабокислая (рН 6,0–6,2). Показатели рН в 2004 г. были ниже.

Зоопланктонное сообщество исследовали с мая по август в 2004 и 2017–2018 гг. с использованием общепринятых в гидробиологии методов. За весь период изучения обнаружено 86 видов. Общее количество зоопланктеров за 13 лет увеличилось почти в пять раз (14 и 74 соответственно). В последние годы количество коловраток увеличилось почти в 5 раз, появились 5 новых видов ветвистоусых и 9 веслоногих ракообразных. В сообществе отмечено 19 болотных видов, из них 4 ацидофильных – индикаторов водоемов с низкими величинами рН – *Keratella serrulata*, *Simocephalus serrulatus*, *Alonella excisa*, *Streblocerus serricaudatus*. Численность кладоцер в зоопланктоне снизилась, возможно, и из-за многочисленных головастиков лягушек.

Сообщество зоопланктона в озере представлено разнотипными по питанию и передвижению формами. В 2017–2018 гг. более чем в два раза повысилась доля организмов-вертикаторов, которые сочетали плавание и ползание. За 13 лет в сообществе увеличилось разнообразие ползающих и плавающих организмов – появились

собиратели и соскабливатели животных тканей, а также веслоногие (17–81%), которые по способу питания и передвижения являются смешанной группой.

Таким образом, в оз. Моховом выявлена тенденция к усложнению сообщества, что свидетельствует о процессе восстановления структурно-функциональной организации экосистемы, а развитие болотных видов о заболачивании.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-04-00320).

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МАКРОБЕНТОСА В ЛАГУННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)

А. П. Столяров

*Московский государственный университета им. М. В. Ломоносова,
г. Москва, macrobenthos@mail.ru*

Прибрежные лагуны часто рассматривают как особый тип эстуарных систем, характеризующихся мелководностью и относительной замкнутостью бассейна. В зависимости от степени изолированности от моря они различаются гидрологическим режимом, условиями рельефообразования и осадконакопления, характером грунта, соленостью, рН и Eh среды, а также развитием своеобразных сообществ живых организмов (Бурковский, 2006; De Wit, 2011; McLusky, Elliott, 2011; Montagna, 2013; Хлебович, 2015; Лабай и др., 2016; Комплексные исследования..., 2016; Столяров, 2017; Столяров, Мардашова, 2017). Наше внимание было сосредоточено в основном на изучении видового разнообразия и трофической структуры сообществ макробентоса как одного из важнейших компонентов лагунных экосистем. Исследование проводили в Кандалакшском заливе Белого моря в районе ББС МГУ в трех лагунах летом 2013–2016 гг.

Всего в исследованных лагунных экосистемах было обнаружено 62 вида макробентосных организмов – 51 вид беспозвоночных

животных и 11 видов морских трав и водорослей. Надо отметить, что чем меньше была отгорожена от моря лагуна и чем мористее она была расположена, тем больше наблюдалось морских менее эвригалинных видов беспозвоночных животных (в основном полихет, иглокожих, асцидий).

Проведенное исследование выявило различия в видовом составе, разнообразии и трофической структуре сообществ макробентоса исследованных лагунных экосистем, что связано в основном с их различной отгороженностью от моря и, как следствие, различным режимом солености, скоростью осадконакопления, заиленностью грунта и характером его распределения в каждой из рассматриваемых нами лагун. Наиболее сходной видовой и трофической структурой в приливно-отливной полосе характеризовались макробентосные сообщества более отгороженных от моря лагун (лагуны Ермолинской губы и лагуны кута губы Кислой, расположенной рядом с Ершовским оз.), а в сублиторали, наоборот, – сообщества менее отгороженных от моря лагун, имеющих большую связь с морем (лагунные экосистемы кутового района губы Кислой). В более закрытых от моря лагунах, характеризующихся большей опресненностью и заиленностью осадков, наблюдалось большее распространение группы собирающих детритофагов (*Macoma balthica*, *Hydrobia ulvae*) и в меньшей степени малоподвижных (*Mya arenaria*) и неподвижных (*Mytilus edulis*) сестонофагов. Менее отгороженные от моря лагуны, находящиеся в районах большей гидродинамической активности водных масс с более стабильным солевым режимом водоема и менее заиленными осадками (особенно в литоральных местообитаниях), характеризовались большим распространением трофической группы скоблильщиков-обгрызателей (литорины), грунтоедов (*Arenicola marina*), подвижных сестонофагов (*Astarte montagui*, *Mya arenaria*) и хищников (*Nereimyra punctata*, *Cryptonatica affinis*, *Micronephthys minuta*, *Amphiporus lactifloreus*). Надо отметить, что в эстуарии р. Черной, еще более удаленном и отгороженном от моря (нижними и верхними порогами), с изменчивым солевым режимом, на большей части дна доминировали виды, собирающие детрит с поверхности грунта, особенно в сильно опресненном солончатом районе

эстуария, где преобладали мелкие детритоядные виды организмов (олигохеты, хирономиды и *Hydrobia ulvae*) (Столяров, 2017).

Таким образом, можно предположить, что по мере зарегулирования лагун и соответственно уменьшения их связи с морем и увеличения заиленности грунта и опресненности наблюдается уменьшение разнообразия трофических групп и постепенное увеличение значения видов с детритным типом питания.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА КАК КОРМОВОЙ БАЗЫ РЫБ СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА В СРАВНИТЕЛЬНОМ АСПЕКТЕ

О. Н. Суслопарова, В. А. Огородникова, А. Г. Леонов

ФГБНУ НИЦЭБ РАН, г. Санкт-Петербург, olga_susloparova@mail.ru

Ладожское озеро – основной промысловый пресноводный водоем Северо-Запада РФ. Озеро отчетливо делится на северную и южную части, отличающиеся глубинами, рельефом дна, гидрохимическим и температурным режимом и пр.; а также по структурным и количественным характеристикам его биоты. В данном сообщении разделение водоема принято по границе Ленинградской области и Республики Карелия.

По характеру питания рыб Ладоги можно условно разделить на планктофагов, бентофагов и хищников (соответственно 66, 21, 13 % численности промысловых стад). На долю самых хозяйственно значимых пелагических планктофагов – европейской корюшки *Osmerus eperlanus* L. и ряпушки *Coregonus albula* L. – в новом тысячелетии приходится около половины (48 %) общего годового улова рыбы в водоеме.

Корюшка тяготеет больше к южной части водоема, ряпушка – к западной и северной, хотя оба вида можно встретить по всему озеру глубже 5-метровой изобаты.

Корюшка после нереста концентрируется в южной части озера в предустьевых районах рек Волховской и Свирской губ

(плотности – от 400 до 1500 экз./га) и р. Олонки (Карелия). Максимальные концентрации ряпушки (до 1400 экз./га) в период нагула – вдоль западного побережья (от м. Марьин Нос до г. Приозерска) и в районе Свирской губы (до 500 экз./га). В северных шхерах от о. Путсари до г. Питкеранты и вокруг о. Мантсинсаари концентрации ряпушки составляют 220–1020 экз./га.

В вечерне-ночное время ряпушка и корюшка концентрируются (66,0 и 93,9% соответственно) в верхнем слое воды (0–8 м), в утренние часы ряпушка спускается на глубину 20–28 м.

В южной части озера численность летне-осеннего зоопланктона в среднем за 2014–2017 гг. составила по районам озера от 17,33 до 86,66 тыс. экз./м³. Наиболее высокие показатели во все годы были характерны для зоны, ограниченной 10-метровой изобатой (Шлиссельбургская, Волховская и Свирская губы), средние – для склоновой (до 40 м), минимальные – для глубоководной. Биомасса зоопланктона за тот же период составила в среднем 0,182–0,900 г/м³. Наибольшие ее значения отмечены в указанных выше губах (0,690–0,900 г/м³), минимальные (0,182) – в западном (р-н г. Приозерска).

В северной части озера численность зоопланктона в указанные годы составила: в районе шхер – в среднем 9,75 тыс. экз./м³, у восточного побережья – 18,70 тыс. экз./м³. Биомасса сообщества на севере (в районах г. Питкеранта – о. Путсари – г. Ладенпохья) в среднем была равна 0,219 г/м³, на востоке (район впадения р. Олонки) – 0,279 г/м³.

Величину численности зоопланктона на всей акватории озера чаще обеспечивали коловратки, биомассы – обычно ракообразные, преимущественно эвритермные и холодолюбивые виды копепоид (Calanoida, Cyclopoida). Составляя основу рациона корюшки и ряпушки, они создавали благоприятные условия нагула планктофагов в течение всего года.

Основная доля зоопланктона держалась в верхнем 20-метровом слое воды, а в слое 0–10 м содержалось от 50 до 90% общего количества зоопланктона (в расчете на столб воды под 1 м²). На всей акватории озера величины биомассы зоопланктона в этих слоях воды были высокими. Так, в 2016 г. в слое 0–10 м в северной части

озера биомасса зоопланктона составляла 0,126–1,248, в слое 10–20 м – 0,240–0,701 г/м³, что в целом сопоставимо с показателями в южной части озера – 0,495–1,010 г/м³.

Таким образом, при существенных различиях локальных показателей биомассы зоопланктона, на большей части акватории озера складываются благоприятные условия нагула рыб-планктофагов.

ЗНАЧЕНИЕ ИНВАЗИЙНОГО ВИДА EURYTEMORA CAROLLEAE (COPEPODA: CRUSTACEA) В ПИТАНИИ РЫБ ПРИБРЕЖЬЯ ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Н. М. Сухих, А. С. Демчук, С. М. Голубков

*ФГБУ науки Зоологический институт РАН (ЗИН РАН),
г. Санкт-Петербург, susikh1@mail.ru*

В 2007 г. в Финском заливе впервые был обнаружен вид вселенец *Eurytemora carolleeae* Alekseev et Souissi, 2011 из Северной Америки. До обнаружения вид определяли как *Eurytemora affinis* (Pore, 1880). Это массовый вид для наших вод, он занимает ключевое положение в трофических сетях Балтийского моря и является одним из основных источников пищи для молоди многих видов рыб, в том числе промысловых: салаки, корюшки и др.

Последние исследования, в том числе на материале из Финского залива, показали, что эти два близкородственных вида, сосуществующих вместе, имеют ключевые различия в стрессоустойчивости к различным воздействиям окружающей среды (колебания солености и температуры), а также в некоторых репродуктивных характеристиках (размер яичевой кладки и скорость развития). По ним *E. carolleeae* оказалась более конкурентно способной. Кроме того, показано, что вселенец обладает более крупными размерами по сравнению с аборигенным видом.

Многолетние наблюдения выявили, что в годы с аномальными значениями температур происходило замещение аборигенного вида видом вселенцем. Так летом 2010 г., когда наблюдалась

аномально высокая температура, в отдельные периоды в сообществе зоопланктона присутствовал только вид вселенец. То же самое было показано и для аномально холодного 2015 г., когда на некоторых станциях инвазивный вид полностью замещал вид аборигенный. Таким образом, *E. carolleae* способна при определенных обстоятельствах заместить нативный вид *E. affinis*.

В связи с этим целью работы стало: изучить роль близкородственных видов зоопланктона *E. carolleae* и *E. affinis* в питании рыб прибрежья Финского залива. Материалом для исследования послужили сборы 2014–2015 гг. трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* (Linnaeus, 1758) и обыкновенного окуня *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) (взрослых и мальков) в Выборгском заливе, Курортном районе, Невской губе и Копорской губе Финского залива Балтийского моря. Выбор объектов был обусловлен тем, что колюшка и окунь являются одними из наиболее многочисленных видов рыб прибрежья, которые активно питаются зоопланктоном.

Результаты исследования показали, что избирательность в питании конкретным видом рода *Eurytemora* у изученных видов рыб отсутствует. Однако в пищевых комках окуня и колюшки как мальков, так и взрослых рыб преобладает вид *E. affinis*. По всей видимости, это результат того, что нативный вид *E. affinis* доминирует и в сообществе зоопланктона в исследуемый период. Взрослые особи трехиглой колюшки предпочитают потреблять самок *E. affinis*, тогда как ее мальки, а также мальки окуня, предпочитают самцов этого вида и особей на копеподитной стадии развития. Возможно, мы наблюдали результат размерной избирательности, поскольку самцы и копеподиты *E. affinis*, мельче самок и, вероятно, являются для мальков более подходящей пищей. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования значения видов *E. carolleae* и *E. affinis* в питании рыб, что поможет нам установить роли нативного и вселившегося видов в трофических связях рыб-планктонофагов Финского залива.

Работа выполнена в рамках Гостемы № АААА-А19-119020690091-0 при частичной поддержке РФФИ (гранты 17-04-00027А и 19-04-00217). В ходе исследований использована федеральная коллекция ЗИН РАН.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В КАЧЕСТВЕ БИОМАРКЕРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

И. В. Суховская, А. А. Кочнева, Е. В. Борвинская, Н. В. Ильмаст

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
sukhovskaya@inbox.ru*

Функционирование Костомукшского горнообогатительного комбината (ГОКа), крупнейшего на северо-западе Карелии промышленного центра, оказывает существенное воздействие на водную экосистему Кенто-Кенти, структуру водных сообществ этой речной системы, их функционирование и развитие. Сброс сточных вод повышает цветность, перманганатную окисляемость, содержание сульфатов и фосфатов в воде хвостохранилища и ниже лежащих озерах. В хвостохранилище и следующим за ним оз. Окуневом отмечены повышенная концентрация аммиака и высокое значением БПК₅, аномально высокое содержание калия и нарушение баланса между ионами калия и натрия. Такой гидрохимический режим может оказывать неблагоприятное воздействие на гидробионтов, обитающих в данной экосистеме, в том числе на рыбу, вызывая повышенное образование свободных радикалов в их организме и тем самым приводя к оксидативному стрессу.

Степень развития окислительного стресса может оцениваться по уровню активности антиоксидантных ферментов и концентрации глутатиона в тканях рыбы, позволяя использовать данные показатели в качестве биомаркеров загрязнения промышленными, бытовыми и сельскохозяйственными отходами.

Обнаружено, что в мускулатуре и печени плотвы и окуня, наиболее массовых видов рыб данной экосистемы, выловленных в оз. Койвас, расположенного много ниже по течению от хвостохранилища и характеризующегося более низкой минерализацией, уровень восстановленного глутатиона (GSH) остается стабильным у рыбы из разноудаленных озер речной системы Кенто-Кенти. В то же время, активность супероксид дисмутазы (SOD) и глутатион-S-трансферазы (GST), фермента второй фазы биотрансформации, а также участвующего в обезвреживании перекисей, выше по сравнению с таковой

у рыб из хвостохранилища и оз. Окуневого. Подобные изменения говорят о том, что антиоксидантная система рыбы из хвостохранилища и оз. Окуневого находится в угнетенном состоянии, процессы образования перекиси и ее дальнейшее превращение замедлены, поэтому можно предположить, что рыба испытывает оксидативный стресс. Возможно, в сточных водах содержится ингибитор данных ферментов, что также является негативным фактором. Не выявлено статистически достоверных отличий в активности каталазы (CAT) и пероксидазы (Px), участвующих в превращении перекиси водорода, образовавшейся в процессе деятельности SOD. Выявлены видоспецифические особенности. В тканях плотвы активность антиоксидантных ферментов выше в 2–3 раза, чем в тканях окуня. Динамика показателей активности исследованных ферментов выражена сильнее у плотвы.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН № 0221-2017-0050 (№ з. р. АААА-А17-117031710039-3). Данные исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ТКАНЯХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ P. COREGONUS, ОБИТАЮЩИХ В СУБАРКТИЧЕСКИХ ВОДАХ РОССИИ

**Н. Н. Сущик¹, М. И. Гладышев², О. Н. Махутова¹, Л. А. Глушенко²,
А. Е. Рудченко², А. А. Махров³, Е. А. Боровикова⁴, Ю. Ю. Дгебуадзе³**

¹*Институт биофизики СО РАН, КНЦ СО РАН, г. Красноярск*

²*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*

³*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва*

⁴*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, labehe@ibp.ru*

Мы исследовали межвидовую и внутривидовую изменчивость биохимического состава мышечной ткани промысловых рыб, относящихся к роду *Coregonus* (отр. Salmoniformes)

и населяющих олиго- и мезотрофные незагрязненные пресноводные экосистемы Российского Севера. В периоды разрешенного коммерческого вылова были собраны пробы арктического омуля *Coregonus autumnalis*, сибирской ряпушки *C. sardinella*, пеляди *C. peled*, тугуна *C. tugun*, чира *C. nasus*, сига *C. lavaretus* и европейской ряпушки *C. albula* из нескольких водоемов и водотоков, находящихся на территории европейской и азиатской частей Российской Субарктики. В мышечной ткани рыб определяли жирнокислотный состав (биохимические трофические маркеры) и количественное содержание омега-3 полиненасыщенных жирных кислот, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот (20:5n-3, ЭПК и 22:6n-3, ДГК, мг/г сырой массы), являющихся важнейшими кардиопротекторными веществами в питании человека. Из всех исследованных нами популяций, наивысшее содержание суммы ЭПК и ДГК было обнаружено в тканях арктического омуля из р. Енисей и сига из оз. Собаچه, составившее 17,6 и 16,6 мг/г, соответственно. Полученные величины существенно превосходили данные о содержании этих эссенциальных веществ у иных пресноводных и полупроходных рыб, известные из доступных литературных источников. При этом, межвидовая вариабельность (внутри р. *Coregonus*) содержания суммы ЭПК и ДГК у разных популяций была относительно большой, в пределах 1,9–17,6 мг/г. Очевидно, что виды, относящиеся одному и тому же роду, генетически близки. Следовательно, выявленная изменчивость содержания эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в тканях сиговых рыб была обусловлена влиянием, в первую очередь, различных экологических факторов, таких как возможность совершать миграции, кормовая база и трофический статус экосистемы. В целом большинство изученных видов промысловых сиговых рыб, обитающих в водоемах и водотоках Российской Субарктики, характеризовались высокой пищевой ценностью в отношении содержания омега-3 ПНЖК, хотя некоторые условия обитания могли оказывать негативное влияние на этот важный пищевой показатель.

ГОДОВАЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ В ПЛАНКТОНЕ КРУПНЫХ ОЗЕР (НА ПРИМЕРЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА)

М. Т. Сярки

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
msyarki@yandex.ru*

Онежское озеро – Великое озеро Европы и уникальный водный объект, который имеет важное стратегическое значение для всего Северо-Запада России. Запас высококачественных пресных вод обеспечивается в том числе и функционированием планктонной системы озера. Актуальность ее изучения в последние годы возрастает в связи влиянием на экосистему озера климатических изменений и колебаний антропогенной нагрузки (Lagoda and Onego..., 2010; Крупнейшие озера-водохранилища..., 2015).

Функционирование планктона происходит непрерывно в годовом цикле, в различных температурных и трофических условиях. Можно представить пелагический планктон как сложную систему со стохастическим способом управления, динамика которой управляется как внешними, так и внутренними факторами. Причем воздействие внешних факторов в разные сезоны и периоды развития будет проявляться по-разному. Например, температурный режим играет определяющую роль весной и в раннелетний период, а поздним летом и осенью его значение снижается.

В настоящее время многолетние исследования, накопления и организация данных позволили перейти к более глубокому анализу информации и формулировке формальных критериев состояния и динамики планктона. Так нами был проведен анализ годовых траекторий изменения показателей планктона методами сглаживания и аппроксимации. С помощью эмпирических данных были получены динамические и функциональные показатели сообщества, такие как скорости изменения обилия всего планктона, его основных групп и доминирующих видов. Были определены особенности фенологических фаз годового цикла зоопланктона, их сроки и продолжительность. Была описана реакция зоопланктона озера на температурный режим самого теплого за все время наблюдений 2016 г.

Центральная часть озера характеризуется высокой инертностью и холодноводностью, что определяет устойчивость сезонных процессов в планктоне. Зоопланктон пелагиали Онежского оз. имеет единый видовой состав. Пространственная неоднородность естественных и антропогенных факторов позволяет определить особенности их воздействия и реакции на них зоопланктона. Показано, что в Кондопожском заливе многолетнее воздействие сточных вод Кондопожского ЦБК вызывает трансформацию зоопланктона, имеющую особенности в различные сезоны. В Петрозаводском заливе со сложным гидрологическим режимом отмечается особенно в весенний период влияние стока р. Шуи, насыщенной гумидными веществами.

Результаты работы могут быть использованы для уточнения сроков сезонных периодов и отдельных фенофаз для системы биомониторинга. Оцененные по эмпирическим данным динамические и продукционные показатели могут использоваться для расчета биоресурсного потенциала озера. Изучение годового цикла как процесса функционирования планктона, исключительно важно для оценки современного состояния и прогнозирования изменений в экосистеме Онежского оз.

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ РЕЧНОГО РАКА В ОЗЕРЕ ОЛЕНИНО (ОЛЕНЬЕ), ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ

А. Ю. Тамулёнис

*Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ГосНИОРХ» им. Л. С. Берга), г. Санкт-Петербург, tamulyonis@yandex.ru*

Озеро Оленино уникально тем, что в нем обитает совместно оба представителя отряда Decapoda: *Astacus astacus* L. и *Pontastacus (A.) leptodactylus* Esch., благодаря многообразию и распределению экологических ниш.

Озеро расположено в Приозерском районе Ленинградской области в северо-восточной части Карельского перешейка между

оз. Комсомольским и Ладожским оз. Площадь озера – 62 га, протяженность – 1,6 км, ширина в среднем – 0,4 км.

Для оценки размерно-половой структуры и условий совместного обитания были выполнены обловы раков в озере. Период исследований 2010–2016 гг.

Отлов раков производился пассивным способом. На озере выставлялось около 20 раколовов в среднем на 10 часов экспозиции в ночное время. Всего было выполнено 150 постановок раколовов. Для постановки раколовов выбирались характерные для обитания раков места: коряжник, камни, граница тростниковых зарослей и т. д. У отловленных особей измерялись общая длина (от конца рострума до конца тельсона), масса и определялся пол. Все данные заносились в журнал и ведомости промеров для дальнейшей обработки полученных данных в лаборатории.

Широкопалый рак заселяет каменистые берега, участки литоральной зоны, сложенные в основном песчано-глинистыми грунтами с включениями известняка.

Длиннопалый рак заселяет преимущественно мелководные участки озера, расположенные в зарослях макрофитов, донные отложения на которых представлены в основном грубым детритом и песчано-глинистыми грунтами.

По результатам водолазного обследования, при совместном обитании широкопалый рак в силу своих особенностей предпочитает верхнюю часть литоральной зоны озера, в то время как длиннопалый рак обитает на илах, занимая нижнюю часть литоральной зоны, расположенную ближе к котловинам, заполненным илами.

В оз. Оленино соотношение полов в обеих популяциях близко 1:1. Цикличность в соотношении раков промысловых и непромысловых размеров, в соотношении в уловах длиннопалых и широкопалых раков 39:61 и 61:39%, соответственно.

Основной причиной, в разные годы влияющей на динамику состояния численности раков в оз. Оленино, вероятнее всего, является нерегулируемый браконьерский отлов раков в озере. Отлавливаются особи всех размерных групп и полов (кроме особей первого года жизни). Поскольку в озере раки достигают полового созревания на 2–3–4 годах жизни, то восстановление

природного соотношения происходит медленно, по мере полового созревания обоих полов.

В целом вылов, снижая численность всех размерных групп популяций, оказывает положительное влияние на межвидовую и внутривидовую конкуренцию за пищевые ресурсы. В результате чего, при общей невысокой плотности раков в озере, не происходит перенаселения и измельчания популяций и преимущественного преобладания какого-либо вида или отдельных размерных групп раков.

РАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ БЕНТОСНЫХ МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ ХОЛОДНЫХ ТЕРМАЛЬНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

В. В. Тахтеев¹, И. О. Еропова^{1,2}

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск

*²Байкальский музей Иркутского научного центра СО РАН, г. Иркутск,
amphipoda@yandex.ru*

Источники (родники) – особый тип водных микроэкосистем, несводимый к другим поверхностным водоемам суши. По стабильности температуры и химизма в суточном и годовом аспектах они сопоставимы с профундалью глубоких озер или с абиссальной зоной оз. Байкал. Являясь первичными поставщиками воды в Байкал и его притоки, они вносят заметный вклад в формирование ее уникального качества. В Байкальской рифтовой зоне и ее окружении имеется большое разнообразие гидрогеологических условий, и сами родники крайне разнообразны по физико-химическим свойствам воды и своей биоте. В 1996–2019 гг. нами исследованы 50 родниковых экосистем Байкальской Сибири: 16 холодных низко минерализованных источников ($M \leq 1$ г/л, $2-5$ °С), 12 холодных минеральных с хлоридно-натриевым составом ($M = 1-127$ г/л), 22 термальных слабо минерализованных ($M \leq 0,9$ г/л, $t \geq 20$ °С). Типы сообществ выявляли по доминирующей группе

беспозвоночных; основным являлся показатель биомассы, дополнительным – численность. Описаны 10 типов сообществ, частью они оказались общими для разных источников (Тахтеев, 2018). Для холодных пресных родников свойственны 3 типа: на основе доминирования личинок хирономид, турбеллярий и олигохет. Из-за низкой минерализации воды в регионе отсутствуют родники с преобладанием моллюсков и ракообразных; исключение – родниковые ручьи хребта Хамар-Дабан с эндемичным видом амфипод *Gammarus dabanus*. Сообщества минеральных источников богаче: выявлены 6 типов (один – с двумя подтипами). В источниках малой минерализации (1–1,5 г/л) могут преобладать турбеллярии или гастроподы. При минерализации 2–4 г/л формируются сообщества на основе доминирования Chironomidae или Psychodidae; в диапазоне содержания солей от 2 до 11 г/л существуют амфиподные галофильные сообщества с резким преобладанием *Gammarus lacustris* (10–38 г/м², 1,5–6 тыс. экз./м²). В водах рассольного типа доминируют личинки мух-береговушек (Ephydriidae) или зеленушек (Dolychopodidae). В Усть-Кутском соленом источнике при минерализации 123 г/л береговушки имеют крайне высокие показатели (70,4 г/м², 15,5 тыс. экз./м²). Примечательно присутствие в трех минеральных источниках Иркутской области типично морских организмов – фораминифер *Trochammina bami*. Термальным водам свойственны 4 типа сообществ. Наиболее характерны гастроподные монодоминантные или бидоминантные. В первом случае преобладает или вообще является единственным один из видов сем. Lymnaeidae, Planorbidae или Valvatidae; для второго характерны парные сочетания видов из двух семейств – один из Lymnaeidae и один из Planorbidae. При этом в высокотермальных излияниях при температурах до 35–38 °С в качестве доминирующих могут выступать эндемичные для байкальских гидротерм *Lymnaea (Radix) thermobaicalica* (источники Хакусы, Котельниковский, Дзелиндинский, Гаргинский) и *Gyraulus takhteevi* (Хакусы). Моллюски предпочитают грунты из песка, дресвы или гравия, с развитыми бактериально-водорослевыми матами, очевидно, служащими им пищей. На илистых или с детритом грунтах в высокотермальных источниках фор-

мируются одонатоидные сообщества на основе личинок стрекоз, прежде всего реликтового теплолюбивого вида *Orthetrum albistylum* (источники Баргузинской долины, Хакусы на берегу Байкала). Имеются амфиподные гидротермальные сообщества при $t \leq 29$ °С с доминированием *Gmelinoides fasciatus* или *Gammarus lacustris* (последние – только при $M \geq 0,3$ г/л).

Исследование поддержано РФФИ (грант № 17-29-05067-офи).

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР УРОЗЕРО И МУНОЗЕРО (КАРЕЛИЯ) ПО ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Е. В. Теканова

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
etekanova@mail.ru*

Озера Урозера и Мунозера относятся к охраняемым природным объектам Республики Карелия. Озеро Урозера является государственным региональным гидрологическим памятником природы в составе заказника «Урозера», северная часть оз. Мунозера находится на территории государственного заповедника «Кивач». Водоемы относятся к немногочисленной группе озер Карелии с высокой прозрачностью и низкой цветностью воды. Это связано с отсутствием речного стока в оз. Урозера и очень низкой приточностью оз. Мунозера. Как правило, приносимые с заболоченных водосборов гумусовые вещества определяют повышенную цветность озерных вод в Карелии (в среднем для региона 45 град.).

Современные климатические условия (мягкие зимы, оттепели, увеличение доли жидких осадков зимой, увеличение количества ливневых дождей летом) приводят к возрастанию стока гумусовых веществ в водоемы Карелии, увеличению в них цветности воды, концентрации углекислого газа, снижению рН. Увеличивается антропогенное воздействие на водоемы – на побережье строятся

дачные кооперативы, турбазы, форелевые хозяйства. В связи с этим была выполнена оценка современного состояния экосистем озер Урозера и Мунозера по интегральным параметрам – продукционным и деструкционным показателям для подтверждения сохранения их природного состояния.

В весенний, летний и осенний периоды 2018 г. были изучены характеристики активности первично-продукционного процесса – скорость фотосинтеза, концентрация хлорофилла *a* и его содержание в биомассе фитопланктона, Р/В-коэффициенты, САЧ. Эти показатели указывают на сохранение природного ультраолиготрофного состояния экосистемы бесприточного оз. Урозера. В северном плесе оз. Мунозера вследствие более высокой минерализации воды и наличия небольшого речного притока первично-продукционные показатели несколько выше, чем в оз. Урозере. Они также свидетельствуют о сохранении природного ультраолиготрофного/олиготрофного состояния водной экосистемы. Выявлено нетипичное для водоемов Карелии распределение в толще воды хлорофилла *a*. Весной и летом в условиях избыточной инсоляции в ясную, штилевую и жаркую погоду максимальные концентрации хлорофилла *a* были приурочены к глубине, равной одной прозрачности воды. Деструкционные процессы базируются на автохтонном ОВ. Неизменно высокая прозрачность озерной воды в оз. Урозере (9,8 м) и в северном плесе оз. Мунозера (8,1 м) подтверждает отсутствие значимого влияния на водные экосистемы аллохтонного ОВ.

В южном плесе оз. Мунозера выявлены начальные признаки эвтрофирования вследствие попадания в этот район водоема сточных вод санатория «Марциальные воды». Весной скорость фотосинтеза фитопланктона и концентрация хлорофилла *a* достигают верхней границы олиготрофии. Высокие величины САЧ, Р/В-коэффициентов и содержания хлорофилла *a* в биомассе водорослей указывают на наличие дополнительного источника биогенных веществ и развитие высокопродуктивных форм фитопланктона. Прозрачность воды составляет в среднем лишь 5,7 м. Деструкционные процессы развиваются не только на автохтонном, но и аллохтонном ОВ.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА (НА ПРИМЕРЕ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ)

Е. В. Теканова, Н. М. Калинкина

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
etekanova@mail.ru*

В последние 20 лет в Онежском оз. отмечаются коренные преобразования сообществ глубоководного макрозообентоса (Полякова, 2015; Калинкина и др., 2016, 2017, Kalinkina et al., 2017). Происходит уменьшение показателей развития основных представителей сообществ: олигохет и амфипод. Наиболее резкое падение численности, биомассы и продукции сообществ отмечалось в период 2005–2017 гг. В числе возможных причин таких изменений в бентосных сообществах рассматриваются снижение антропогенной нагрузки, а также изменения в физико-химическом составе илов, а именно, увеличение содержания в поверхностном слое илов железа (Белкина, 2010; Калинкина и др., 2016). Наиболее вероятной представляется последняя причина. Накопление железа в донных отложениях связано с изменениями на водосборной территории в последние 20 лет, вызвавшими увеличение стока в Онежское оз. богатого гумусом органического вещества. Именно в этот период в Северо-Западном регионе России отмечают в основном очень мягкие зимы, увеличение доли жидких осадков (дожди) над твердыми (снег) (Назарова, 2008, 2012). С наступлением более мягких зим отмечается более слабое промерзание почвы, что вызвало увеличение стока с болотных массивов в зимний период в 2–3 раза в 1983–2005 гг. по сравнению с периодом 1963–1973 гг. (Калужный, Лавров, 2012, 2017). Увеличение поступления органического вещества с водосборной территории вызывает возрастание цветности воды озер (brownification) на территории Фенноскандии (Sarkkola et al., 2013; Brothers et al., 2014; Lehtovaara et al., 2014; Rasconi et al., 2015; Bartels et al., 2016; Urrutia-Cordero et al., 2016; Strock et al., 2016; Lenard, Ejankowski, 2017 и другие). Для Петрозаводской губы, принимающей сток одной из крупнейшей рек Карелии – р. Шуи, доказано проявление браунификации. Установлено, что за период

1990–2016 гг. в Петрозаводскую губу Онежского оз. с водами р. Шуи возросло поступление железа на 35% и фосфора на 25% (Калинкина и др., 2018). Показано, что в течение последних 25 лет происходит постепенное достоверное увеличение в воде маркеров влияния речных вод – цветности воды и содержания железа. Увеличение стока аллохтонного органического вещества, богатого гумусом, вызывает возрастание в воде залива концентраций фосфора и железа, образующих прочные комплексные связи с гумусовыми веществами. Одновременно в воде увеличивается концентрация углекислого газа, падает величина рН и содержание кислорода (Калинкина и др., 2019). В результате увеличения осаждения железа на дно его накопление в поровых водах достигло концентраций, угнетающих донную фауну. С учетом высокой заболоченности территории Карелии в настоящее время во многих озерах и реках ожидается увеличение цветности воды и содержания в ней железа, что приведет к снижению качества воды источников питьевого водоснабжения, изменению ресурсного потенциала. В связи с этим весьма актуальными становятся прогнозирование внешней нагрузки по железу на Онежское оз. как источник биоресурсов и оценка ассимиляционной способности экосистемы озера к этой нагрузке.

ВРЕДНОСНЫЕ ПЛАНКТОННЫЕ ВСЕЛЕНЦЫ В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ: ПРЕДПОСЫЛКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЭКОСИСТЕМНЫЕ ЭФФЕКТЫ

И. В. Телеш

*ФГБУН Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург,
Irena.Telesh@zin.ru*

Изменения в пелагических сообществах водных экосистем, подвергшихся инвазиям чужеродных видов, обычно трудно предсказуемы в результате их большой динамичности, а также сложности и многообразия биотических взаимодействий в планктоне. Это утверждение наиболее актуально для эстуариев – экологически уязвимых водоемов с нестабильным гидрологическим режимом,

подверженных сильным колебаниям речного стока и других гидрофизических, гидрохимических и биологических характеристик, а также повышенному антропогенному воздействию со стороны крупных мегаполисов, расположенных на их берегах и водосборе. Вследствие особой социально-экономической значимости прибрежных вод морей их изучение традиционно вызывает повышенный практический интерес и имеет приоритетное значение для оценки качества жизни населения прибрежных регионов.

Вредоносные цветения одноклеточных планктонных инвазийных видов (например, жгутиконосцев-динофлагеллят) – одно из наименее изученных и наиболее опасных экологических явлений в эстуариях и прибрежных зонах морей, так как для мелких инвазийных видов с коротким жизненным циклом в водоемах-реципиентах обычно не существует внешних биологических регуляторов роста численности популяции, таких как хищники и паразиты. Кроме того, для успешных вселенцев характерен широкий диапазон толерантности в отношении факторов внешней среды, а также эффективные адаптивные стратегии, позволяющие им выжить и быстро натурализоваться в экстремальных условиях. Более того, дополнительное вселение в эстуарные экосистемы планктонных беспозвоночных хищников (например, ветвистоусых ракообразных) способно привести к изменению потоков энергии через сообщество, спровоцировать деформацию трофических сетей и в итоге вызвать снижение рыбопродуктивности водоема.

Сведения о закономерностях формирования вспышек массового развития вредоносных планктонных вселенцев как опасных экологических явлений в прибрежных водах морей в настоящее время далеко не полные. В частности, до сих пор отсутствует исчерпывающий статистический анализ многолетних рядов данных об экологических предпосылках массовых цветений потенциально токсичных инвазийных микроорганизмов в нестабильных условиях эстуариев Балтийского моря. Нет достоверных количественных данных об основных закономерностях формирования этих вредоносных цветений; недостаточно материалов для прогностической оценки частоты и мощности цветений, а также для моделирования социально-экономических последствий этих явлений в российских водах Балтики.

В данной работе на примере прибрежных экосистем южной и восточной части Балтийского моря проанализированы структурно-функциональные характеристики планктонных сообществ, возможные предпосылки успешной натурализации вредоносных одноклеточных и многоклеточных планктонных вселенцев, их взаимодействия с аборигенными видами и ожидаемые в связи с этим изменения в пелагических сообществах и экосистемах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-04-00217).

МАКРОЗООБЕНТОС ЗАРОСЛЕЙ ФИЛЛОФОРЫ В ДЖАРЫЛГАЧСКОМ ЗАЛИВЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

А. С. Терентьев

*Керченский филиал («ЮгНИРО») ФГБНУ «АзНИИРХ», г. Керчь,
iskander65@bk.ru*

Джарылгачский залив находится в северо-западной части Черного моря и отделен от Каркинитского залива одноименным о. Джарылгач. Большая часть залива занята зарослями морских трав и водорослей. Среди последних доминировала красная водоросль филлофора курчавая (*Phyllophora crispa* (Hudson) P. S. Dixon 1964). Ее встречаемость в заливе равнялась 7–14%, средняя численность была $8,6 \pm 4,1$ экз./м², а – биомасса 63 ± 42 г/м². В центральной части ее биомасса доходила до 110 г/м².

Несмотря на то, что заросли этой водоросли занимают относительно небольшую площадь залива, они образуют собственный биотоп, содержащий около половины всего видового богатства макрозообентоса. Наибольшее количество видов приходилось на полихет и двустворчатых моллюсков (табл.).

В поселениях филлофоры не были обнаружены квидарии и форониды. Наиболее часто встречались: губка – *Dysidea fragilis* (Montagu, 1814), полихеты – *Dysidea fragilis* (Montagu, 1814), *Harmothoe imbricata* (Linnaeus, 1767), *Harmothoe reticulata* (Claparède, 1870), *Melinna palmata* Grube, 1870 и *Lagis koreni*

Malmgren, 1866, бокоплав – *Ampelisca diadema* (Costa, 1853), из брюхоногих моллюсков – *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778), а из двустворчатых моллюсков: *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), *Gibbomodiola adriatica* (Lamarck, 1819), *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791), *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819.

Таксономическая структура, численность и биомасса зообентоса поселения филлофоры в Джарылгачском заливе Черного моря

	Видовое богатство		Численность		Биомасса	
	кол-во видов	%	экз./м ²	%	г/м ²	%
Porifera	3	7	57 ± 24	1–3	290,00 ± 250,00	5–20
Polychaeta	14	30	460 ± 110	16–22	13,70 ± 3,80	1–3
Crustacea	10	22	300 ± 100	11–20	11,60 ± 8,70	1–3
Polyplocophora	1	2	46 ± 30	1–5	0,84 ± 0,66	менее 1
Gastropoda	6	13	1130 ± 460	32–46	27,00 ± 10,00	3–4
Bivalvia	11	24	434 ± 76	16–23	570,00 ± 150,00	69–86
Ascidiacea	1	2	74 ± 56	1–5	35,00 ± 26,00	1–4
Сумма	46		2500 ± 540		940,00 ± 410,00	

Плотность видов изменялась от 9 до 23 вид/0,025м², в среднем равнялась 16,1 ± 1,6 вид/0,025м². Численность зообентоса колебалась от 1400 до 5560 экз./м². Биомасса изменялась от 256 до 3267 г/м². При этом в зарослях филлофоры плотность видов в среднем была в 1,4–1,8, численность в 1,2–1,9, а биомасса в 1,4–3,6 раза выше чем в среднем по заливу.

По численности доминировали брюхоногие моллюски – 32–46% от общей численности зообентоса. На втором месте стояли двустворчатые моллюски – 16–23% общей численности, полихеты – 16–22%, ракообразные – 11–20%. По биомассе доминировали двустворчатые моллюски – в среднем 69–86% общей биомассы зообентоса. На втором месте находились губки – 5–20%. По численности доминировал *B. reticulatum* (990 ± 450 экз./м², 19–59% общей численности зообентоса), а по биомассе – молодь *M. galloprovincialis* (225 ± 90 г/м², 10–38% общей биомассы зообентоса).

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЫБАХ МАЛЫХ ОЗЕР МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПРЕДЕЛАХ ЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ

П. М. Терентьев

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное
структурное подразделение ФИЦ «Кольский научный центр РАН»,
p_terentjev@inep.ksc.ru*

На территории Мурманской области в пределах Зеленого пояса Фенноскандии (ЗПФ) обитают популяции ценных с промысловой точки зрения видов рыб. Прежде всего, это представители лососевых и сиговых видов. В современных условиях критического снижения численности ценных видов рыб в водоемах Севера и, в частности, на рассматриваемой территории вопросы поддержания и сохранения природных популяций рыб являются чрезвычайно актуальными. Несмотря на отсутствие в пределах (ЗПФ) на территории Мурманской области урбанизированных территорий и промышленности, водоемы указанного района подвержены влиянию процессов воздушного загрязнения. Приоритетными загрязняющими веществами являются тяжелые металлы (ТМ) и кислотообразующие соединения. Целью работы являлось оценить пространственно-временные закономерности накопления ряда ТМ в организмах рыб водоемов Мурманской области в пределах ЗПФ в условиях продолжительного аэротехногенного загрязнения.

Установлено, что накопление тяжелых металлов в организмах рыб имеет градиентный характер в отношении приоритетных загрязняющих веществ – никеля и меди. Отмечена долговременная тенденция к росту содержания меди в организмах рыб озер, расположенных как в непосредственной близости от источника загрязнения, так и в пределах 90–100 км зоны от предприятия. Показано, что интенсивность развития и частота встречаемости патологических трансформаций внутренних органов рыб, в частности обыкновенного сига (*Coregonus lavaretus* (L. 1758)), снижается по мере удаления водоема от предприятия цветной металлургии, подтверждая негативное влияние сублетального продолжительного влияния

тяжелых металлов на организмы рыб субарктических водоемов. Отмеченные закономерности согласуются с данными ранее проводимых исследований в зоне влияния предприятия медно-никелевого производства. Наиболее высокие уровни накопления наблюдаются в органах и тканях сига, характеризующегося преимущественно бентосным типом питания. Интенсивность накопления цинка в тканях рыб не имеет четко выраженной градиентной зависимости, поскольку даже в наиболее удаленных от промышленных источников загрязнения водных системах содержания ТМ в тканях рыб были сопоставимы с таковыми в наиболее интенсивно загрязняемом водоеме – оз. Куэтсьярви.

Анализ накопления элементов в органах-мишенях рыб, наиболее отчетливо характеризующих интенсивность нагрузки тяжелых металлов на пресноводные экосистемы, показал, что, несмотря на значительное снижение уровня промышленного производства в конце прошлого столетия и последующее сокращение выбросов в атмосферу в последнее десятилетие, антропогенное влияние на пресноводные экосистемы Зеленого пояса Фенноскандии сохраняется на высоком уровне. Изученные в ходе многолетних исследований водоемы ЗПФ рекомендуется использовать в дальнейшем для контроля уровня антропогенной нагрузки ТМ на гидробиологические сообщества.

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ СМОЛТОВ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (SALMO SALAR L.) В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПОНОЙ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

А. В. Ткаченко, М. Ю. Алексеев, С. В. Прусов, А. П. Шкателов

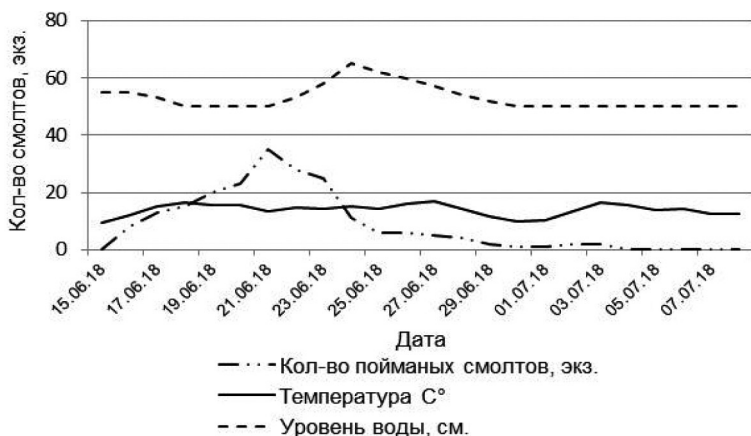
Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Мурманск, tkach@pinro.ru

В последние десятилетия на реках Кольского п-ова приоритетное развитие получил спортивный и любительский лов атлантического лосося (семги). Этот вид эксплуатации запаса экономически выгоднее практиковавшегося ранее промысла при помощи рыбоучетного заграждения, но не позволяет осуществлять прямой учет численности нерестового стада, что осложняет

прогнозирование величины запаса. Выходом из положения может стать учет численности мигрирующего в море смолта.

Количественную оценку скатывающейся молоди в р. Рябога (приток нижнего течения р. Поной), осуществляли методом повторной поимки в сроки с 15 июня по 8 июля 2018 г. Молодь отлавливали рыбоучетным заграждением, представляющим собой перекрывающую основную часть русла мальковую мережу из дели с ячейей 10 мм и длиной крыльев 5 м. Глубина в месте установки варьировала от 50 до 65 см. Скорость течения на протяжении всего периода работ составляла 0,3–0,4 м/с. Грунт в районе установки – галечно-валунный. Проверка ловушки осуществлялась 2 раза в сутки, тогда же проводились замеры уровня воды. Температура воды регистрировалась каждый час автоматическим термометром. В ходе каждого осмотра просчитывали всех зашедших в ловушку покатников, ослабленных рыб отбирали на биологический анализ, жизнеспособных особей метили путем удаления части жирового плавника и выпускали в реку в 1,0 км выше по течению.

Всего в 2018 г. было учтено 207 экз. покатников семги, из них помечено 84 экз., повторно поймано 3 экз. Расчетная численность смолтов, мигрировавших из р. Рябоги оценена в 5796 экз. Динамика ската молоди, уровня и температуры воды не демонстрировали выраженной синхронности (рис.).



Динамика ската смолтов атлантического лосося р. Рябоги в 2018 г.

В течение всего периода ската для биологического анализа было отобрано 40 экз. смолтов. Средняя длина (АС) составила 12,2 см, а средняя масса 16,5 г. В выборке преобладали самки 62,5%. Покатники в возрасте 3+ составили 80% от всех проанализированных рыб, а возрастные группы 2+ и 4+ насчитывали 5 и 15%, соответственно. Проведенное исследование показало, что в 2018 г. динамика ската и показатели длины и массы смолтов не отличаются от результатов, полученных в 1995–2003 гг. Зная численность смолта в модельном притоке, площадь нерестово-выростных участков в этом притоке и в целом в р. Поной, можно оценивать суммарное количество покатной молоди для последующих расчетов величины нерестового стада.

ПИЩЕВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ БЕЛЬДЮГОВЫХ РЫБ РОДА LYCODES (ZOARCIDAE) В ПРИКАМЧАТСКИХ ВОДАХ

А. М. Токранов

*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, tok_50@mail.ru*

Бельдюговые (Zoarcidae) – одно из наиболее разнообразных в систематическом отношении семейств рыб северной части Тихого океана, представители которого встречаются от литорали до абиссальных глубин. В нижней части шельфа и верхней зоне материкового склона (глубины 100–800 м) большинства районов дальневосточных морей эти рыбы обладают относительно высокой численностью и биомассой и потому играют заметную роль в донных ихтиоценозах и являются потенциальными объектами рыболовства. Однако до настоящего времени сведения об особенностях питания большинства видов бельдюговых как в северной части Тихого океана в целом, так и в прикамчатских водах в литературе довольно ограничены и фрагментарны. Обобщение материалов, собранных в 1995–2002 гг., с привлечением имеющихся литературных данных (Глубоков, Орлов,

2000; Бадаев, Баланов, 2006; Чучукало, 2006, и др.), дает возможность получить представление о пищевой специализации 6 видов бельдюговых рыб рода *Lycodes* (бурополосого *L. brunneofasciatus*, белолинейного *L. albolineatus*, длинноперого *L. macrochir*, короткохвостого *L. brevicaudus*, одноцветного *L. concolor* ликодов и ликода Солдатова *L. soldatovi*) в прикамчатских тхохвостого *L. brevicaudus*, одноцветного *L.* водах Тихого океана, Охотского и Берингова морей.

Согласно имеющимся данным, из 6 рассматриваемых представителей этого рода, четыре (белолинейный, бурополосый, длинноперый и одноцветный ликоды) являются бентофагами с широкими пищевыми спектрами, питающимися преимущественно донными и придонными беспозвоночными (в первую очередь, различными ракообразными, многощетинковыми червями и моллюсками). Однако каждый из них специализируется на потреблении вполне определенных групп кормовых организмов. Основа рациона белолинейного ликода (74% по массе) формируется за счет многощетинковых червей (доминируют представители сем. Phyllodocidae), тогда как бурополосого (59%) – за счет бокоплавов (виды сем. Lysianassidae, Ampeliscidae и Atylidae). По мере роста ликодов значение этих кормовых организмов сокращается, и в рационе наиболее крупных особей (свыше 60 см) существенную роль (соответственно 12 и 45% по массе) играют различные моллюски (*Bivalvia*, *Gastropoda*, *Octopoda*). Главной пищей длинноперому ликоду служат равноногие ракообразные (в основном *Idotea okhotensis* – 31,5%) и бокоплавов (24,6% по массе), тогда как одноцветному – морские ежи (41,8%) и двустворчатые моллюски (27,9% по массе). В отличие от этих видов бельдюговых, ликод Солдатова и короткохвостый ликод являются бентоихтиофагами, потребляющими преимущественно десятиногих раков (8,5 и 19,1%), головоногих моллюсков (24,1 и 25,5%) и рыб (соответственно 38 и 52,1% по массе), тогда как доля многощетинковых червей и бокоплавов у первого из них составляет всего 4,3 и 3,3%, а у второго – менее 0,1 и 2,0% по массе. Причем, питается данными беспозвоночными главным образом их молодежь размером менее 30–40 см, тогда как в составе пищи более крупных особей возрастает значение крабов, головоногих моллюсков (осьмино-

гов рода *Octopus* и командорского кальмара *Berrytheutis magister*) и рыб. Подобная пищевая специализация исследованных видов рода *Lycodes*, наряду с частичным расхождением их батиметрических диапазонов обитания и участков верхней батиаля с высокими концентрациями этих рыб, на наш взгляд, обеспечивает снижение пищевой конкуренции между ними и более полное использование кормовых ресурсов нижней части шельфа и верхней зоны материкового склона прикамчатских вод.

НЕОДНОРОДНОСТИ 2D РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ВДОЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТРАНСЕКТЫ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА

А. П. Толмеев, О. В. Анищенко, А. В. Дроботов

Институт биофизики СО РАН, КИЦ СО РАН, Красноярск, tolimeev@ibp.ru

Неоднородности горизонтального и вертикального распределения химических и биологических компонент стратифицированного озера возникают в результате действия комплекса абиотических и биотических факторов среды (Pinel-Alloul, 1995; Rinke et al., 2009). Важнейшим абиотическим фактором, формирующим картину горизонтальных распределений, являются ветровые течения. Вертикальная структура формируется под действием температурной стратификации, освещенности и сложных трофических взаимодействий видов гидробионтов и биогенных элементов (Lüvesque et al., 2010). Степное меромиктическое оз. Ши́ра (Республика Хакасия) в летний период обладает хорошо выраженной температурной стратификацией, а его эпилимнион подвержен постоянно-му ветровому перемешиванию благодаря открытому безлесному ландшафту. Соленость озера составляет 14–18 г/л. Чтобы выяснить распределение химических и биологических компонент, а также оценить степень их пространственной неоднородности, были взяты вертикальные серии проб воды с шагом 1 м вдоль центральной трансекты над глубинами 1, 2, 4, 6, 8, 10, 13 и 16 м у южного

и северо-восточного берегов озера. Пробы были отобраны в короткий (менее 6 часов) промежуток времени в две летние даты 2014 и 2015 гг. Регистрируемыми компонентами были химические элементы, растворенные в воде (29 элементов, включая фосфор и формы азота в виде NO_2^- , NO_3^- и NH_4^+), и хлорофилл «а», оцененный по флуоресцентному сигналу. Полученные кратковременные 2D распределения компонент свидетельствуют о том, что водная толща озера не является однородной средой не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлениях. Максимумы биогенных элементов были зарегистрированы в прибрежных частях озера, имеющих наибольший уклон дна, в то время как максимум хлорофилла «а» наблюдался либо в центральной части, либо был приурочен к зоне металимниона и смещен к одному из берегов. Анализ распределений показал, что наблюдаемая картина может быть тесно связана с горизонтальными циклоническими циркуляциями воды и сейшевыми явлениями.

Обобщение результатов полевых наблюдений выполнено при поддержке гранта РФФИ № 19-04-00362а.

ВНУТРИВИДОВЫЕ ГРУППИРОВКИ СЕЛЬДИ И ИХ ЧИСЛЕННОСТЬ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ

И. С. Труфанова

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, inna-baltic@yandex.ru*

Запас балтийской сельди (салаки) *Clupea harengus tembras*, облавливаемый Россией в Юго-Восточной Балтике, состоит из трех внутривидовых группировок: весенненерестующей прибрежной, весенненерестующей сельди открытого моря и осенненерестующей. Они различаются сроками и местами нереста, направлением и протяженностью миграций, морфометрическими параметрами, скоростью созревания и роста и другими особенностями (Оявер, 1987). Наиболее массовые и важнейшие для промысла – весенненерестующие сельди, прибрежная составляет 73,9% уловов,

сельдь открытого моря занимает около четверти объема вылова (23,5%). Группировка осенненерестующей сельди в последние 30 лет находится в депрессивном состоянии и ее доля в уловах минимальна (2,6%) (Труфанова, 2017).

Проанализированы данные 20 тралово-акустических съемок «АтлантНИРО» в Юго-Восточной Балтике в осенний период 1993–2017 гг., включивших 254 траления, 60116 экз. массовых промеров, 26531 экз. биологических анализов и 24989 пар отолитов с определением принадлежности сельди к внутривидовым группировкам согласно методике Комповского, Оявеера и Феттер (Kompowski, 1969; Оявеер, 1987; Fetter et al., 1992).

Наиболее многочисленной на акватории ИЭЗ РФ в Юго-Восточной Балтике во многие годы была группировка весенненерестующей прибрежной сельди. Максимальное количество особей в ее запасе зарегистрировано в 1994 г. – 1800 млн экз., минимальное – 496 млн экз. в 2011 г. Приблизительно равной, но несколько меньшей численностью представлена сельдь открытого моря, запас которой изменялся в пределах от 250 млн экз. в 2011 г. до 1565 млн экз. (1995 г.).

Многолетняя динамика численности этих группировок в основном имела однонаправленные тренды за исключением отдельных периодов. Численность весенненерестующих сельдей последовательно снижалась: с наибольших значений в 1993–1995 гг. (средняя численность – 1276 млн экз.) она перешла на более низкий уровень в 1996–2006 гг. (940 млн экз.), в 2007–2017 гг. стала еще ниже, составив в среднем 660 млн экз.



Осенненерестующая сельдь в течение 1993–2017 гг. была малочисленной, ее доля от общей численности запаса не превышала 10%. Минимальное количество особей отмечено в 1990-х гг.: 3 млн экз. в 1997 г. и полное отсутствие в пробах траловых уловов на съёмке в 1998 г. В 2002–2006 гг. численность группировки выросла, достигнув максимального значения в 199 млн экз., после чего снова снизилась, но была выше уровня, характерного для начала периода исследований.

Рост численности сельди Центрального запаса (25–27, 28,2, 29, 32 подрайоны ИКЕС Балтийского моря), куда входит исследованная акватория, наблюдается с 2004 г. Однако запас вида в море распределен неравномерно. Численность возросла в северных подрайонах, а в южных, в том числе в Юго-Восточной Балтике, осталась прежней, несколько изменяясь на уровне значений 2000–2010 гг. (WGBFAS, 2018; WGBIFS, 1996–2018).

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СЕЗОННОГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В БЕЛОМ МОРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФЕНОЛОГИЮ МАССОВЫХ ВИДОВ ПЛАНКТОННЫХ КОПЕПОД

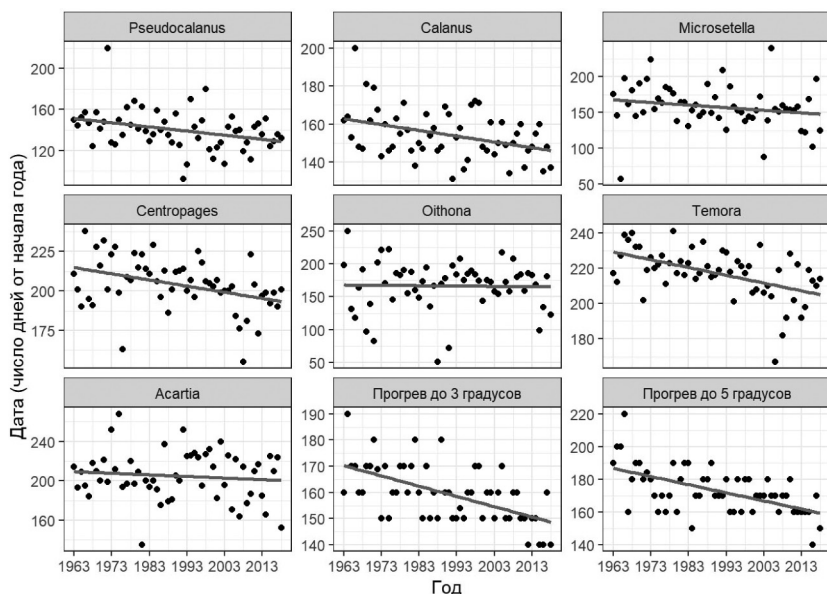
Н. В. Усов¹, Д. М. Мартынова¹, В. М. Хайтов²

¹Зоологический ин-т РАН, г. Санкт-Петербург

*²Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, nikolay.usov@zin.ru*

Арктика – это регион, где изменения климата выражены наиболее сильно. Климатические изменения могут выражаться как в изменении абсолютных величин параметров среды, так и в смещении сроков их сезонных изменений в условиях сезонности природных процессов в высоких широтах. Эти изменения не могут не влиять на живые организмы. Особенно ярко это воздействие прослеживается в динамике планктонных организмов, ввиду краткости их жизненных циклов. Поскольку жизненные циклы планктонных организмов в приполярных

областях тесно связаны с сезонной динамикой абиотических переменных, межгодовые смещения сезонного хода последних ведут к смещению сроков фенологических событий. Мы проследили такое смещение в жизненных циклах некоторых копепоид Белого моря по материалам многолетнего непрерывного мониторинга зоопланктона и температуры воды в районе Беломорской биологической станции Зоологического института РАН. Наблюдения проводятся с 1961 г. в стандартной точке в устьевой части губы Чула (Кандалакшский залив). За 60 лет наблюдений вода в слое 0–25 м стала прогреваться до 3 и 5 °С на 23 и 29 дней раньше, соответственно (рис.). Именно в этом слое происходит размножение и раннее развитие всех изученных видов. За этот же период сроки появления в планктоне молоди почти всех массовых копепоид (рис.) демонстрировали тенденцию к смещению на более раннее время. Согласно



Многолетние изменения сроков появления молоди массовых видов копепоид в планктоне и сроков сезонного прогрева верхнего 25-метрового слоя воды

результатам регрессионного анализа, примерное смещение за период наблюдений составило 26 дней у *Temora longicornis*, 23 дня у *Pseudocalanus* spp. и *Centropages hamatus*, 17 дней у *Calanus glacialis* и 9 дней у *Acartia* spp. Видимая тенденция отсутствует только в динамике фенологических сроков эврибионта и космополита *Oithona similis* (наблюдаемое смещение составляет менее 5 дней). Недостоверны также изменения в сроках появления молодежи *Microsetella norvegica*, которая также является эврибионтным видом.

Представления о сезонных циклах беломорских копепод позволяют утверждать, что описанные изменения фенологии животных в значительной степени определяются изменениями сезонного хода температуры воды.

РАЗНООБРАЗИЕ ПЛАНКТОННОЙ ФАУНЫ ВО ВНУТРЕННИХ ВОДАХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Е. Б. Фефилова¹, О. П. Дубовская^{2,5}, О. Н. Кононова¹,
Л. А. Фролова³, Е. Н. Абрамова⁴, Г. Р. Нигматзянова³, И. В. Зуев⁵

¹Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар

²Институт биофизики Сибирского отделения РАН, г. Красноярск

³Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский)
федеральный университет», г. Казань

⁴Усть-Ленский заповедник, п.г.т. Тиски, Респ. Саха (Якутия)

⁵Сибирский федеральный университет, г. Санкт-Петербург,
fefilova@ib.komisc.ru

Около половины площади Арктики (3,35 млн км²) приходится на территорию России (Geoeological state..., 2007). Отличительной чертой арктического ландшафта является обилие пресных водоемов, причем немалое значение среди них имеют гидросети дельт крупных и небольших рек. С целью оценки богатства и разнообразия фауны коловраток (*Rotifera*) и микроракообразных (*Cladocera*, *Sopropoda*) планктонных и донных сообществ

континентальных внутренних вод российской Арктики был проанализирован материал из семи регионов: Кольского полуострова, дельты р. Печоры, Большеземельской тундры, Полярного Урала, плато Путорана, дельты р. Лены, нижнего участка бассейна р. Индигирки. К исследованию были привлечены сведения о составе проб зоопланктона, зообентоса, палео-проб из 165 водных объектов, расположенных за Северным полярным кругом, а также опубликованные и неопубликованные списки видов региональных фаун.

Общий полученный нами список таксонов насчитывал 49 родов и 175 видов коловраток, 40 родов и 81 вид кладоцер, 40 родов и 101 видов копепод. Наибольшее богатство фауны зарегистрировано для Большеземельской тундры и дельты р. Лены. Сибирские регионы: дельта Лены и бассейн Индигирки характеризовались наибольшим своеобразием, тогда как фауны европейских регионов – максимальным сходством. Самыми распространенными в исследованных водоемах были коловратка *Kellicottia longispina* (Kellicott) и микроракообразные: *Chydorus sphaericus* (O. F. Muller), *Hetercope borealis* (Fischer), *Acanthocyclops vernalis* (Fischer), *Morararia duthiei* (Scott). Немногие виды (16) были отмечены во всех изученных регионах. Напротив, 126 видов, из которых 69 – коловратки, были уникальны для одного из них. Выяснено, что учтенное видовое богатство планктонной и мейобентосной фауны в водоемах и регионах было связано со степенью изученности последних, разнообразием примененных методик сбора материала и его объемом.

Рассчитанные нами индексы α -разнообразия (Шеннона, Симпсона) изменялись в широких пределах независимо от региона и типа водоема. В то же время индексы β -разнообразия Уитакера колебались в связи с объемом и качественным составом привлеченного к анализу материала. Наибольшие значения β -разнообразия были получены для Большеземельской тундры, где были обследованы водоемы различного типа, планктонные, бентосные сообщества и танатоценозы донных отложений.

В результате многофакторного анализа планктонной и мейобентосной фауны российской Арктики выявлены зависимости

видового богатства Rotifera, Cladocera, Cyclopoida и Calanoida в водоемах от температуры, количества осадков и площади водного объекта.

Исследования (Е. Б. Фефиловой, О. Н. Кононовой) выполнены в рамках госзаданий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (№ АААА-А17-117112850235-2), при частичной поддержке грантов РФФИ: 18-44-110017 р_а, 17-04-00027 А, 17-04-00337 А, а также (Л. А. Фроловой) – при поддержке грантов РФФИ 18-05-00406 А и РНФ 16-17-10118.

ПЕРАКАРИДЫ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е. И. Филинова

Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Саратов, gosniorh@mail.ru

В Ириклинском водохранилище, созданном в 1955–1966 гг. в верхнем течении р. Урал, обитал единственный вид перакарид, комменсал речного рака *Iphigenella acanthopoda* Sars, 1896 (Грандилевская – Дексбах, 1968). В водоем были интродуцированы свободно живущие формы перакарид: мизиды *Paramyzis (Mesomysis) intermedia* (Czerniavsky, 1882) и *P. (M.) lacustris* (Czerniavsky, 1882); гаммариды *Gammarus lacustris* Sars, 1863, *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing 1899) и *Micruropus possolskii* Sowinsky, 1915. Данные литературы свидетельствуют об успешной акклиматизации мизид, а также находках взрослых особей и молоди двух видов гаммарид *G. lacustris* и *G. fasciatus* на участках, удаленных от места выпуска вселенцев (Грандилевская-Дексбах, Еременко, Шилкова, 1978). В дальнейшем отсутствие сведений о байкальских интродуцентах (Тарасов, 1991) объяснялось неблагоприятным уровнем режимом – годовая сработка уровня достигала 9 м. Позже в публикациях упоминалось о редких находках гаммарид без указания видовой принадлежности (Чибилев, 2006; Килякова, Лысенко, 2007).

В период мониторинговых исследований, проведенных нами в плесах и крупных заливах Ириклинского водохранилища с 2009 по 2016 гг., в составе донной фауны зарегистрировано 7 видов перакарид: региональный вселенец – *G. lacustris*; представители понто-каспийской фауны мизиды – *P. (M.) lacustris*, *P. (M.) intermedia*, *P. (Metamysis) ullskyi* Czerniavsky, 1882 и корофииды – *Chelicorophium maeoticum* Sowinsky, 1898; байкальские субэндемики – *G. fasciatus* и *M. possolskii*.

Как следует из истории реконструкции донной фауны Ириклинского водохранилища, большинство указанных видов – преднамеренные интродуценты. Два вида *P. (M.) ullskyi* и *C. maeoticum*, впервые идентифицированные нами, можно отнести к случайным интродуцентам, занесенным в ходе акклиматизационных мероприятий.

Интродуцированные виды перакарид составляли 16% от общего списка донной фауны. В плесах все они встречались редко, в заливах по частоте встречаемости лидировали *G. fasciatus* (около 30% проб), прочие встречены редко и единично. К 2016 г. перакариды составляли в плесах около 1% общих показателей численности и биомассы донных беспозвоночных, в крупных заливах – около 4%. В заливах более 90% показателей количественного развития перакарид приходилось на *G. fasciatus*. Популяция этого вида достигала максимальной плотности в литорали, заросшей высшей водной растительностью (ВВР), где средние за сезон численность и биомасса составляли около 20% от соответствующих общих показателей макрозообентоса.

В горно-равнинном водохранилище нестабильный режим уровня на протяжении десятилетий лимитировал развитие популяций вселенцев. Сокращение годовой амплитуды колебаний уровня в период с 2010 по 2016 г. способствовало формированию биотопов, зарастающих ВВР, обеспечив приоритетное развитие фитфильного всеядного интродуцента *G. fasciatus*, что привело к существенному изменению трофической структуры макрозообентоса литорали заливов.

ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ЛИПИДОВ У МОРСКИХ И ПРЕСНОВОДНЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В ОТВЕТ НА ДЕЙСТВИЕ НИКЕЛЯ

Н. Н. Фокина, Н. Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, fokinann@gmail.com

Сравнительный анализ общих липидов жабр и гепатопанкреаса у пресноводных моллюсков *Anodonta cygnea*, подвергавшихся токсическому действию никеля в условиях аквариального эксперимента, показал значительные различия в их ответной реакции. Несмотря на то, что жабры накапливали никель уже с первых суток экспериментального воздействия никеля, в жабрах моллюсков не было выявлено достоверных изменений на уровне основных исследуемых классов липидов (фосфолипиды, холестерин, триацилглицерины и эфиры холестерина) на протяжении всего эксперимента. При этом в гепатопанкреасе, в котором накопление никеля происходило только на третьи и седьмые сутки, были отмечены модификации на уровне основных фракций общих липидов. Так, на первые сутки эксперимента в гепатопанкреасе отмечалось повышение уровня триацилглицеринов и соотношения триацилглицерины/фосфолипиды, что указывает на активацию детоксикационных процессов. Кроме того, при действии высокой концентрации никеля (500 мкг/л) отмечалось повышение уровня холестерина в гепатопанкреасе моллюсков. Необходимо отметить, что у морских моллюсков *Mytilus edulis* в эксперименте по воздействию никеля также на первые сутки воздействия было показано повышение уровня холестерина, что, вероятно, служит компенсаторной реакцией на действие металла, направленной на снижение проницаемости мембран для ионов. Подобный эффект (повышение уровня холестерина в гепатопанкреасе на первый день токсического воздействия металла) был отмечен нами ранее в экспериментах по влиянию меди на морских мидий, а также по влиянию кадмия на пресноводных моллюсков. На третьи сутки эксперимента также отмечалось повышение уровня холестерина преимущественно при влиянии высоких концентраций никеля, при этом наблюдалось снижение уровня триацилглицеринов

и фосфолипидов. На седьмые сутки было показано значительное повышение уровня фосфолипидов и снижение соотношения холестерина/фосфолипиды, что указывает на изменения физико-химического состояния мембран. Подобные модификации на уровне мембранных липидов (повышение уровня фосфолипидов и снижение холестерина) нами были отмечены у морских мидий при влиянии никеля на 10-е сутки эксперимента. Вероятно, к концу эксперимента морские и пресноводные моллюски акклимируются к условиям окружающей среды и восстанавливают необходимый уровень жидкостности и проницаемости мембран за счет модификаций на уровне мембранных липидов, что в свою очередь, обеспечивает функционирование мембранно-связанных белков и рецепторов. Исследование состава липидов проводили при использовании ЦКП научным оборудованием Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

Финансовое обеспечение исследования осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218-2019-0076, № г. р. АААА-А17-117031710039-3, а также проекта РФФИ № 17-04-01431_а.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ LIMNOCALANUS MACRURUS В ОНЕЖСКОМ ОЗЕРЕ (НА ПРИМЕРЕ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ)

Ю. Ю. Фомина

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
rambler7780@rambler.ru*

Limnocalanus macrurus Sars, 1863 – гляциально-морской реликт. Это холодноводный stenotherмный рачок, жизненный цикл происходит в диапазоне от 0 до 10–12 °С (оптимум – 10–12 °С, максимум – 18–21 °С). *L. macrurus* обитает в глубоких водоемах с выраженным гипolimнионом. Вид широко распространен в Великих Американских озерах, в озерах Белоруссии, в России в Ладожском оз., в озерах Верхней Волги. Отмечен в 56 озерах Карелии. *Limnocalanus*

macrurus – один из основных элементов планктонной пелагической системы Онежского оз.

В основу работы положен материал комплексных съемок лаборатории гидробиологии ИВПС КарНЦ РАН с 1988 по 2017 гг. в период вегетации (июнь–октябрь). Пробы зоопланктона были отобраны в пелагиали Петрозаводского залива Онежского оз. Зимнее состояние описано по материалам, полученным в рамках Российско-Швейцарского мультидисциплинарного проекта «Lake Ladoga: life under ice interplay of under-ice processes by global change» в марте 2015–2017 гг. (в одни и те же даты).

Limnocalanus macrurus – круглогодичный моноциклический вид, что обусловлено его арктическим происхождением. Рачок размножается подо льдом. *Limnocalanus macrurus* способен запасать восковые эфиры, которые не только помогают ему пережить неблагоприятные зимние периоды, но и служат строительным материалом для яиц. Самки *L. macrurus* не носят яйца, не имеют яйцевых мешков, яйца выметывают в воду, их развитие происходит на дне водоема. Первые науплии в Петрозаводской губе обнаружены в первой половине января, максимум их численности отмечен в марте, в среднем численность науплий – 112 ± 24 экз./м³. Зимой науплии лимнокалянуса сосредоточены в основном в слое 0–10 м, где концентрируется их корм. Взрослые рачки образуют скопления в слое ниже 15 м. В подледный период численность популяции составляет 117 ± 24 экз./м³, биомасса $1,7 \pm 0,2$ мкг/м³. Доля лимнокалянуса в сообществе по численности может достигать 48% в основном за счет науплий, по биомассе до 17%.

Первые копепоидитные стадии появляются единично в первой половине марта, максимум, по-видимому, происходит во второй половине апреля – начале мая, данных об этом периоде нет. В конце мая – начале июня численность младших копепоидитных стадий составляет около 100 экз./м³. Старшие копепоидиты развиваются с середины мая. В июне в популяции увеличивается доля копепоидитов (более 50%). Доля рачка по численности в сообществе становится в среднем 9%, по биомассе – 45%. В начале июня отмечены максимальные количественные показатели рачка в годовом цикле (численность 360 экз./м³, биомасса 60,5 мкг/м³). Со второй половины июня

младшие копеподитные стадии не наблюдаются в планктоне. С конца июня количество старших копеподитов уменьшается и с начала августа в пробах отмечены лишь единичные особи. С августа до октября доля самцов в популяции около 20%, доля самок более 70%. С июля по октябрь доля рачка в планктоне снижается, в среднем численность снижается с 2 до 1%, биомасса с 19 до 12%. Осенью численность *L. macrurus* составляет 52 ± 21 экз./м³, биомасса $18,3 \pm 7,4$ мкг/м³. К зиме популяция рачка состоит в основном из взрослых особей.

Время развития копеподитов (С1-С5) примерно 120 суток, продолжительность стадий приблизительно составляет: С1–18 сут., С2–18 сут., С3–19 сут., С4–28 сут., С5–37 сут. Период развития от первой науплиальной стадии до взрослого рачка составляет 6–7 месяцев, что согласуется с данными других авторов.

ФЕНОЛОГИЯ ЗООПЛАНКТОНА ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Ю. Ю. Фомина

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
rambler7780@rambler.ru*

Термин «фенология» предложил бельгийский ботаник Ш. Морран в 1853 г. Фенология (от греч. *phainomena* – явления и *логия*) представляет собой систему знаний о сезонных процессах в природе. В последние десятилетия потепление климата вызывает сдвиги сроков фенологических явлений в наземных и пресноводных экосистемах во всем мире. В связи с климатическими изменениями отмечены сдвиги сроков сезонных явлений для рыбы, бентоса и планктона. Особенно чувствителен к климатическим изменениям планктон пресноводных озер.

В основу работы положен материал сетных ловов зоопланктона лаборатории гидробиологии ИВПС КарНЦ РАН с 1988 по 2017 гг. в период вегетации (июнь–октябрь). На основе данных по структуре зоопланктона статистически достоверно выделено 5 сезонных (фенологических) фаз. Были определены сроки начала и окончания,

а также продолжительность фаз и наличие переходных периодов. Фенологические фазы различаются по составу (Фомина, Сярки, 2018), структуре и количественным характеристикам (таблицы 1, 2).

Таблица 1. Сроки и количественные показатели зоопланктона по фенофазам

Фенологическая фаза	Зимняя	Весенняя	Раннелетняя	Позднелетняя	Осенняя
Сроки	18.12–09.05	10.05–09.07	02.07–07.08	01.08–03.09	18.08–17.12
Продолжительность, сутки	143	61	37	34	122
Средняя численность, тыс. экз./м ³	0,59 ± 0,04	0,61 ± 0,08	3,57 ± 1,15	2,34 ± 0,14	0,75 ± 0,15
Доверительный интервал для численности	0,50–0,67	0,45–0,77	1,38–5,76	2,07–2,61	0,46–1,03
Средняя биомасса, г/м ³	0,015 ± 0,002	0,013 ± 0,002	0,095 ± 0,017	0,058 ± 0,005	0,016 ± 0,003
Доверительный интервал для биомассы	0,012–0,019	0,010–0,016	0,063–0,128	0,048–0,069	0,011–0,021

Таблица 2. Структура зоопланктона (%) по фенофазам

Фенологическая фаза	Зимняя	Весенняя	Раннелетняя	Позднелетняя	Осенняя
Численность					
Calaniformes	44,1 ± 2,9	17,2 ± 3,3	10,3 ± 1,4	19,7 ± 2,5	32,4 ± 3,9
Cyclopiformes	44,8 ± 2,1	18,4 ± 3,2	8,6 ± 2,2	26,0 ± 2,7	31,8 ± 2,4
Cladocera	0,5 ± 0,1	7,4 ± 1,1	24,9 ± 2,2	30,1 ± 3,0	18,7 ± 3,4
Rotifera	2,9 ± 1,5	57,0 ± 5,8	56,2 ± 2,8	24,2 ± 2,5	17,1 ± 3,0
Биомасса					
Calaniformes	61,9 ± 3,1	40,4 ± 5,5	16,8 ± 3,0	22,0 ± 2,9	49,0 ± 4,6
Cyclopiformes	35,4 ± 3,0	15,1 ± 2,1	3,3 ± 0,5	10,7 ± 1,3	8,9 ± 1,4
Cladocera	1,5 ± 0,5	9,8 ± 1,4	22,0 ± 3,2	44,8 ± 2,2	27,7 ± 4,1
Rotifera	1,2 ± 0,3	34,7 ± 5,9	58,0 ± 5,4	22,5 ± 3,2	14,4 ± 3,3

Результаты работы могут быть использованы для определения сроков сезонов для оценки состояния экосистемы в биомониторинге. Изучение фенофаз позволяет отслеживать реакцию планктона на климатические колебания.

ВИДОВОЙ СОСТАВ МЕЗОЗООПЛАНКТОНА РЕКИ ПЯСИНЫ

Ю. Ю. Форина, В. А. Заделенов

*Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ»), г. Красноярск,
nii_erv@mail.ru*

Пяси́на – одна их важнейших рек водного фонда Красноярского края, впадающая в Карское море. Расположение реки за Полярным кругом, незаселенность территории, отсутствие дорог являются причинами того, что этот водоток остается одним из наименее изученных в гидробиологическом отношении.

Для установления видового состава сбор материала проводили в августе 2018 г. на 5-ти станциях в трех точках (левый, правый берега, центр): исток р. Пясины, ниже устья рек Агапа и Мокоритто, дельта реки и Пясинский залив.

В составе зоопланктона р. Пясины и Пясинского залива отмечено 27 видов: Rotifera – 15, Cladocera – 5, Copepoda – 7. Наиболее часто встречались коловратки *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Ploesoma triacanthum*, *Polyarthra sp.*, кладоцеры *Bosmina (Eubosmina) longispina* и молодь копепод, немногочисленны *Eurytemora lacustris* и *Heterocope appendiculata*. Кроме того, практически на всем протяжении реки встречался пресноводный реликтовый рачок *Limnocalanus macrurus* и представители рода *Notholca*, имеющие северное происхождение. В солоноватых водах Пясинского залива обнаружен представитель арктической фауны северных морей – медуза *Sarsia princeps*.

Наибольшее число видов зарегистрировано в истоке р. Пясины – 17 видов, наименьшее – в Пясинском заливе – 4 вида. Относительно высокие средние показатели численности и биомассы отмечены

на участке реки ниже устья р. Агапы (38,3 тыс. экз./м³, 0,067 г/м³ соответственно), низкие – в Пясинском заливе (0,63 тыс. экз./м³, 0,009 г/м³). Основную роль в формировании биомассы играли копеподы и их молодь.

Исток р. Пясины. Наибольшее развитие зоопланктона отмечено у левого берега. Здесь основную роль играли малочисленные, но крупные рачки *L. macrurus* и молодь циклопов, а также кладоцеры *B. longispina*. Средние количественные показатели зоопланктона исследуемого участка реки составили 28,1 тыс. экз./м³ и 0,033 г/м³.

Река Пясина ниже устья р. Агапы. Наибольшая численность зоопланктона реки зарегистрирована у правого берега. Наиболее массовые виды – хищные коловратки *A. priodonta* и кладоцеры-фильтраторы *B. longispina*. Средние количественные показатели зоопланктона исследуемого участка реки составили 38,3 тыс. экз./м³ и 0,067 г/м³.

Река Пясина ниже устья р. Мокоррито. Наибольшая численность и биомасса зоопланктона реки зарегистрирована у левого берега. Ведущую роль в численности и биомассе играют копеподиты – неполовозрелые особи веслоногих рачков. Средние количественные показатели исследуемого участка реки составили 13,1 тыс. экз./м³ и 0,038 г/м³.

Дельта р. Пясины. Наибольшая численность зоопланктона дельты реки отмечена у правого берега. Наибольшая биомасса за счет развития крупных рачков *Eurytemora lacustris* и *Heteroscope appendiculata* выявлена на центральной точке отбора проб. Средние количественные показатели зоопланктона исследуемого участка реки составили 24 тыс. экз./м³ и 0,035 г/м³.

Пясинский залив. В зоопланктоне Пясинского залива обнаружено 3 вида коловраток, представители отряда Harpacticoida и молодь копепод, а также медуза *S. princeps*. Количественные параметры (численность, биомасса) зоопланктона Пясинского залива – 633 экз./м³ и 9,23 мг/м³ соответственно (медуз не учитывали).

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ПРУДОВ ГОРОДА ИЖЕВСКА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

Н. В. Холмогорова, И. А. Каргапольцева

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, nadjaholm@mail.ru

Водоемы урбанизированных территорий испытывают максимальное антропогенное воздействие за счет поступления промышленных, коммунальных и поверхностных сточных вод. Для прудов городской и пригородной зоны характерна повышенная рекреационная нагрузка, в результате которой происходит нарушение растительного покрова берегов, приводящее к эрозионному смыву почв в воду, замусоривание литорали и берега, загрязнение органическими веществами, бесконтрольный отлов рыбы.

Проведено исследование макрозообентоса трех прудов в пределах г. Ижевска (на ул. Ор. Драгунова, на р. Малиновке № 3, на р. Мужвайке) и четырех прудов в пригородной зоне (на р. Малиновке № 1, № 2, Чемошурский, Молдаванский). Площадь прудов от 1,65 до 24,88 га, преобладают илисто-детритные и илисто-песчаные донные отложения.

Отбор проб проводили стандартными методами с помощью гидробиологического скребка. Для определения загрязнения воды были рассчитаны индексы Шеннона-Уивера, биотический индекс Вудивисса, сапробности Пантле-Букка, олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея.

На р. Малиновке образован каскад из трех прудов для хозяйственно-бытовых нужд населения и противопожарной безопасности. В административные границы г. Ижевска входит только нижний пруд № 3 (56°51'43.59"N, 53°6'7.56"E).

Общее число видов макрозообентоса на изученных прудах менялось от 59 до 96 (табл.). Сокращение числа видов отмечалось в пруду на ул. Драгунова, что объясняется слабой проточностью, небольшой глубиной (до 1,5 м) и ускоренными процессами эвтрофикации. Максимальное видовое богатство отмечено на Мужвайском пруду.

Показатели развития макрозообентоса прудов г. Ижевска
и его окрестностей

Пруд \ Показатель	Число видов	Индекс Гуднайта-Уитлея, %	Индекс сапробности	Индекс Шеннона-Уивера, бит/экз.
На р. Малиновке № 1	64	1,4–8,7	1,87–2,2	0,77–1,96
№ 2	72	2,2–10,0	1,79–2,05	0,72–2,38
№ 3	70	6,25–16,7	1,9–2,2	1,14–2,54
Ул. Ор. Драгунова	59	14,3–68,4	2,1–3,0	0,84–1,87
На р. Мужвайке	96	4,3–55,6	1,98–2,7	1,4–2,27
Чешошурский	69	3,34–47,92	2,2–3,3	0,55–1,36
Молдавский	80	0–88,46	1,95–2,08	0,60–1,48

Максимальные показатели индекса сапробности и минимальные показатели индекса Шеннона отмечались в Чешошурском пруду, чему способствует накопление на дне большого количества взвешенных веществ, попадающих в р. Чешошурку в результате смывов талыми и дождевыми водами с поверхности городских территорий и гаражей.

На основании индекса сапробности воды четырех изученных прудов относятся к β -мезосапробной зоне, что соответствует 3 классу качества вод, три пруда на ул. Ор. Драгунова, Чешошурский и некоторые участки пруда на р. Мужвайке относятся к α -мезосапробной зоне, 4 классу качества вод. Таким образом, наибольшей антропогенной трансформации подвержены пруды, водосборная территория которых расположена в селитебной и промышленной зонах городской застройки.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ В ГИДРОБИОНТАХ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП КАСПИЙСКОГО МОРЯ

В. А. Чаплыгин, В. Ф. Зайцев, Т. С. Ершова

ФГОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань, astu@astu.org

Присутствие тяжелых металлов в экосистеме Каспийского моря обусловлено следующими причинами: геохимический фон, речной сток, нефтедобывающая промышленность и др. Наиболее широкое распространение имеют такие металлы как Zn, Cu, Pb, Cd и Hg. Они аккумулируются в гидробионтах из различных экологических групп, участвуя в биогеохимическом цикле водной экосистемы.

Целью наших исследований явилось выявление биогеохимических особенностей аккумуляции Cu, Zn, Pb, Cd и Hg гидробионтами Каспийского моря.

Материалом для исследований служили организмы различных экологических групп.

На основании полученных данных было показано, что среди всех исследованных видов бентосных организмов концентраторами Pb являются баянус (*Balanus improvises*), крабы (*Rhithropanopeus harrisi*), моллюск митилястер (*Mytilaster lineatus*) и пуголовка (*Benthophilus macrocephalus*). В большей мере Zn накапливался в воible (*Rutilus caspicus*). Аккумуляторами Hg являлись исследованные бентосные рыбы. Организмом-накопителем Cd является моллюск дидакна (*Didacna*), а креветки (*Palaemon adspersus*) накапливают больше Cu. У осетровых рыб в печени и почках происходит накопление Zn, Hg.

Таким образом, среди всех исследованных видов бентосных организмов рачок баянус (*Balanus improvises*) является накопителем большинства элементов (Pb, Cd). Среди рыб семейства бычковые (*Gobiidae*), стоит выделить пуголовку (*Benthophilus macrocephalus*), которая аккумулирует металлы в большей

степени. Планктофаги (килька обыкновенная (*Clupeonella cultriventris caspia*) и атерина (*Atherina*)) преимущественно концентрируют в своем организме Zn, Cu и Cd.

Сравнивая полученные результаты с допустимыми уровнями содержания токсичных элементов по СанПиН 2.3.2.1078–01, можно отметить, что во всех исследованных рыбах отмечалось превышение норматива по Pb (1,0 мг/кг). Так, концентрация свинца в пуголовке (*Benthophilus macrocephalus*) была выше в 12 раз, в кильке обыкновенной (*Clupeonella cultriventris caspia*), атерине (*Atherina*) и бычке песочнике (*Neogobius fluviatilis*) более чем в 7 раз, в бычке хвалынском (*Neogobius caspius*) почти в 4 раза. Содержание Pb в вобле (*Rutilus caspicus*) не превышало нормативное значение. Превышения нормативного показателя Pb в моллюсках не выявлено. Напротив, концентрация в креветках (*Palaemon adspersus*) была выше норматива в 1,4 раза, в рачках баянусах (*Balanus improvises*) более чем в 40 раз. Во всех исследованных видах рыб было показано превышение норматива Cd (0,2 мг/кг): более чем в 2 раза (бычок песочник (*Neogobius fluviatilis*), бычок хвалынский (*Neogobius caspius*), вобла (*Rutilus caspicus*) и более чем в 3 раза (килька обыкновенная (*Clupeonella cultriventris caspia*), атерина (*Atherina*), пуголовка (*Benthophilus macrocephalus*)). Среди беспозвоночных концентрация Cd была несколько выше предельной (2 мг/кг) в организме рачков баянусов (*Balanus improvises*), в моллюсках (в 1,5 раза), а в креветках (*Palaemon adspersus*) данного факта выявлено не было. Превышения нормативного уровня по ртути в изучаемых объектах не обнаружено.

Таким образом, способность гидробионтов накапливать тяжелые металлы из компонентов экосистемы зависит от свойств металла, его роли в биохимических процессах, видовых особенностей организмов и их принадлежности к определенной экологической группе, а также характера абиотических условий обитания.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ РУСЛОВЫХ ЯМ НИЖНЕГО ИРТЫША И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЫБ

А. А. Чемагин, А. С. Алдохин

*Астраханский государственный технический университет,
г. Астрахань, asu.edu.ru*

Представители различных видов гидробионтов, в том числе и рыбы, выбирают определенную интенсивность и направленность различных экологических факторов в качестве оптимальных условий для соматического роста, питания, укрытий от хищников. В глубоководной части акваторий рек в результате резкого поворота русла – меандры, наблюдается совокупность данных явлений: зоны повышенной мутности – «облака вскипания» и вихри (водовороты) образующиеся из-за турбулентного кругового вращения водных масс. В нижнем течении крупной трансграничной р. Иртыш имеется ряд таких участков, называемых «русловыми ямами». Наиболее крупные из них по площади и глубине – это Горнослинкинская и Кондинская русловые ямы, расположенные в Уватском районе Тюменской области и Ханты-Мансийском районе ХМАО-Югры соответственно.

В связи с этим целью работы стало – выявить особенности распределения рыб в зонах регистрируемых вихревых структур русловых ям.

Исследования в акваториях ям выполнены в весенне-летний период 2015–2016 гг. Наибольшие глубины превышали 40 м. Для проведения гидроакустических съемок с использованием гидроакустических комплексов «AsCor» и «PanCor» передвигались по исследуемой акватории на моторной лодке согласно общепринятых методик. Обработку съемок проводили в лабораторных условиях, для таксономической идентификации рыб по группам карповые, окуневые, сиговые-щучковые, осетровые-налимовые использовали приложение «Тахопому». Одновременно проводился контрольный лов рыбы. Статистический анализ выполнен в программе Statistica 10.0 (Statsoft).

В результате исследований установлено, что рыбное население представлено характерными видами для Нижнего Иртыша, доминировали представители карповых. При анализе среднего числа рыб, зарегистрированных при одном наблюдении в различных частях Кондинской и Горнослинкинской русловых ям, выявлено значительное превышение данного показателя для всех таксономических групп в зонах вихрей относительно зон акваторий ям, где вихри не регистрировали в 2 и более раз, при сопоставимых значениях глубин различных частей исследуемых водных объектов.

В результате статистического анализа установлено достоверное отличие ($P < 0,05$) по показателю числа рыб для всех зарегистрированных групп рыб в зоне вихрей и вне их.

Особые физические параметры водной среды исследуемых участков реки, такие как мутность, турбулентность и структурная сложность, в первую очередь выгодны для молоди и взрослых особей мирных рыб, поскольку способны оказывать защитное действие для них: затрудняется их поиск хищными видами, в результате у последних происходят изменения в пищевом рационе, одновременно снижается количество атак и др. В свою очередь вертикальные вихревые структуры с круговыми течениями, имеют больший компонент предсказуемости, в отличие от сложной структуры турбулентного потока и его разнонаправленных струй, данная особенность в свою очередь может служить дополнительным фактором привлечения рыб и формирования их скоплений в зоне водоворотов.

Таким образом, сложная турбулентная гетерогенность водной среды исследуемой акватории в дополнение к мутности обеспечивает «укрытие» молоди мирных рыб от пресса хищников, а их скопления в вихревых структурах может служить дополнительным элементом стратегии выживания.

СЕЗОННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ МЕДИЦИНСКИХ ПИЯВОК *HIRUDO VERBANA SARENA, 1820*

Л. В. Черная¹, Л. А. Ковальчук¹, Н. В. Микшевич²

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

²Уральский государственный педагогический университет,
г. Екатеринбург, kovalchuk@ipae.uran.ru

Медицинские пиявки (МП) будучи значимым биоресурсом России, в настоящее время находятся под угрозой исчезновения, что обусловлено как браконьерским промыслом, так и усиливающейся антропогенной нагрузкой на пресноводные экосистемы, в том числе химическим загрязнением водной среды такими поллютантами, как тяжелые металлы (ТМ), к которым МП весьма чувствительны.

Цель данного исследования – изучение сезонного содержания тяжелых металлов в тканях медицинских пиявок и оценка их биоаккумуляционной активности.

В исследованиях использованы взрослые особи МП *Hirudo verbana Sarena, 1820*, отловленные в р. Челбас (Краснодарский край) весной, летом и осенью. Содержание Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Cd, Pb (мкг/г сухого вещества) в донных отложениях (ДО) и в тканях пиявок определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре AAS-3 и на приборе Analyst 100 фирмы Perkin Elmer. Характер и степень биологической аккумуляции металлов оценивали с помощью коэффициента биологического накопления ($K_{\text{БН}}$), рассчитанного по отношению тканевых концентраций ТМ к их концентрациям в ДО. Экспериментальные данные обрабатывали с использованием пакета лицензионных прикладных программ «Statistica v. 6.0.».

Установлено, что содержание ТМ в тканях медицинских пиявок *H. verbana*, а также в среде их обитания (ДО) подвержено сезонной динамике. Наибольшая сезонная вариабельность характерна для тканевых концентраций Cu, Fe и Ni ($p < 0,001$). Показано, что от весны к осени у МП снижается потребность

в эссенциальных металлах Zn, Mn и Fe, и накапливается в тканях токсичный Ni. Летом, в период активного роста и откладки коконов в тканях МП наблюдается частичная элиминация Cu, Cd, Pb. При изучении биоаккумуляционной активности было обнаружено, что МП, независимо от сезона, являются макроконцентраторами Zn, Cd, Pb ($K_{\text{БН}} > 2$) и деконцентраторами Mn и Fe ($K_{\text{БН}} < 1$). Максимальные значения $K_{\text{БН}}$ Cu, Zn, Mn, Fe и Pb выявлены у весенних особей. Осенью, при уходе в зимний анабиоз, МП снижают аккумуляционную активность к Cu, Zn, Mn, Fe и Pb, но повышают ее по отношению к Cd и Ni. Выявлены статистически значимые корреляционные связи ($r = 0,45-0,92$; $p \leq 0,05$) между концентрацией Cu, Fe, Ni, Cd, Pb в тканях пиявок и их содержанием в ДО, что указывает на возможность использования МП в качестве биоиндикаторов при мониторинге загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами в черте их ареала.

Полученные новые данные по сезонной вариабельности ТМ в тканях *H. verbana* могут быть целенаправленно использованы для оптимизации мер по сохранению медицинских пиявок и восполнению их природных ресурсов, а также в качестве физиологической нормы для пиявок-производителей и их потомства в гиродокультуре.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПАРАЗИТАРНЫХ СИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ПРИМЕРЕ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ю. К. Чугунова

Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Красноярск, jhermann@mail.ru

Исследована динамика паразитофауны основных промысловых рыб в начальный период существования Богучанского водохранилища (2012–2016 гг.). Методом полного паразитологического вскрытия исследовано 124 экз. окуня, 90 экз. щуки и 87 экз. плотвы.

У окуня, сразу после зарегулирования (2012 г.), состав паразитофауны был наиболее разнообразным – 17 видов из 8 систематических групп. По числу видов и встречаемости доминировали метацеркарии трематод: *Ichthyocotylurus variegatus* (Creplin, 1825) (100%), *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819) (20,6%), *D. volvens* Nordmann, 1832 (70,6%) и *Tylodelphys clavata* Diesing, 1850 (8,8%). К 2014 г. произошло резкое обеднение паразитофауны – 9 видов, 6 из которых представлены инфузориями. Спустя три года существования водохранилища (2015 г.) у окуня обнаружено 18 видов паразитов, но существенно изменился качественный состав паразитофауны по сравнению с исходным периодом. Моногенеи и глехидии моллюсков не регистрировались, ведущее положение по видовому разнообразию устойчиво занимают паразитические инфузории. В 2016 г. состав паразитофауны окуня начинает стабилизироваться, при этом нарастает встречаемость цестод *Proteocephalus percae* (Müller, 1780) (83,3%), свидетельствующая о росте доли зоопланктона в рационе рыб.

Паразитофауна щуки в 2012 г. представлена 13 видами, ранее обитавшими в р. Ангаре. Из них 7 видов (миксоспоридии, трематоды, скребни) связаны в развитии с бентосом, 5 (инфузории, моногенеи, пиявки и глехидии) – с прямым путем развития и 1 вид – с участием зоопланктона. В последующие годы сокращения числа видов не наблюдалось, но произошла смена видового состава паразитов в сторону преобладания паразитических инфузорий – 7 из 13 видов (2016 г.). Специфические моногенеи *Tetraonchus monentheron* Wagener, 1857 и цестоды *Triaenophorus nodulosus* (Pallas, 1781) доминировали на протяжении всего периода исследований.

Характерной особенностью паразитофауны плотвы является увеличение видового разнообразия от 9 видов в начале зарегулирования до 24 видов паразитов в 2016 г. Абсолютным доминантом в начальный период являлись метацеркарии трематод *D. spathaceum* (100%), по мере формирования и становления водохранилища основу фауны составляют моногенеи и инфузории. Уже через 2 года существования водоема (2014 г.) в составе паразитофауны впервые отмечены цестоды *Ligula intestinalis*

(Linnaeus, 1758), свидетельствующие об увеличении роли планктона в питании плотвы и, соответственно, о начале формирования очага лигулеза в водохранилище.

Произошедшая резкая трансформация реки в водохранилище коренным образом повлияла на все группы организмов водной биоты и особенно негативно сказалась на донных биоценозах. В результате из состава паразитофауны рыб практически исчезли трематоды, связанные с моллюсками, а микроспоридии и нематоды, развивающиеся через бентос, резко сократили свою численность. Изменение гидрологического режима и последующее эвтрофирование привели к увеличению численности зоопланктона и как следствие – к нарастанию зараженности рыб цестодами. У всех исследованных видов рыб доминирующее положение по видовому разнообразию занимают простейшие. Также существенные изменения претерпевает структура инфра- и компонентных сообществ паразитов исследуемых видов рыб, в результате чего в начальный период существования водохранилища отмечается различная скорость накопления видового богатства паразитофауны.

**СУКЦЕССИЯ ПАЗАРИТОФАУНЫ РЯПУШКИ
СИБИРСКОЙ COREGONUS SARDINELLA VALENCIENNES,
1848 ПРИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ВОДНЫХ СООБЩЕСТВ КУРЕЙСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА**

Ю. К. Чугунова

*Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Красноярск,
jhermann@mail.ru*

Настоящая работа является продолжением исследований по изучению закономерностей сукцессии паразитофауны рыб при эвтрофировании водохранилищ.

Курейское водохранилище создано на р. Курейке (правый приток Енисея) в 1987–1989 гг. Этот заполярный водоем каньонного

типа длиной 170 км с площадью водного зеркала 558 км² находится в области распространения многолетней мерзлоты. Паразитологических исследований в речной период и после зарегулирования не проводилось. Изучение паразитофауны ряпушки впервые начато в 2013 и продолжено в 2016 и 2018 гг. Всего исследовано 146 экз. рыб, четырех возрастных групп: 0+, 2+, 3+, 4+ лет.

Ряпушка – типичный планктофаг, основу ее паразитофауны формируют виды: *Diphyllobothrium ditremum* (pl), *D. dendriticum* (pl), *Triaenophorus crassus* (pl), *Proteocephalus longicollis* и *Philonema sibirica*.

Чрезвычайно высокая зараженность рыб плероцеркоидами *T. crassus* (39,0 – 100%) свидетельствует о том, что заражение ряпушки триенофорусом приобрело в водохранилище признаки энзоотии. Плероцеркоиды *T. crassus* регистрируются у рыб с возраста 0+ лет. Зараженность сеголеток составляет 28,4%, возрастая до 97,2% у рыб в возрасте 3+ лет, причем у отдельных рыб количество плероцеркоидов в мускулатуре достигало 73 экз. Интересно отметить тот факт, что при высокой интенсивности инвазии гельминты локализовались в мышцах свободно, не формируя соединительно-тканную капсулу. Помимо основной локализации плероцеркоиды отмечались в почке, печени, перикарде, под кожей и в основании жаберных лепестков.

В озерах Таймырского полуострова плероцеркоиды *T. crassus* у сиговых рыб не регистрировались (Рудковский, Бочарова, 2007; Поляева, Романов, 2017), а у полупроходной ряпушки р. Хатанги встречаемость гельминта единичная (Чугунова, Будин, 2018) несмотря на наличие всех звеньев жизненного цикла паразита.

Зарегулирование р. Курейки и создание водохранилища привели к развитию зоопланктона, биомасса которого к 2008 г. выросла более чем в 5 раз (с 3 до 17 мг/м³) (Заделенов, Исаева и др., 2013), а в настоящее время составляет 20,1 мг/м³. Соответственно доля потребления зоопланктона рыбами увеличилась, что послужило причиной формирования очага триенофороза.

**ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ
ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА И АРАБИНОГАЛАКТИНА
НА УРОВЕНЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА
ИСКУССТВЕННО ВЫРАЩИВАЕМОЙ ФОРЕЛИ
ONCORHYNCHUS MYKISS WALB**

**М. В. Чурова, Н. П. Канцерова, И. В. Суховская,
М. А. Родин, Н. Н. Немова**

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
mchurova@yandex.ru*

В условиях садкового рыбоводства рыбы могут испытывать влияние различных факторов, таких как слабая проточность воды, высокая скученность, подверженность бактериальным инфекциям, что, безусловно, влияет на их рост и развитие. Одним из решений, направленных на снижение воздействия этих факторов, может послужить обогащение стартерных кормов пищевыми добавками с антиоксидантной активностью, способных повысить устойчивость форели и увеличить прирост биомассы. К веществам с антиоксидантной активностью относится дигидрокверцетин – природный флавоноид, получаемый из древесины лиственниц сибирской и даурской. Известно, что эффективность его повышается в применении с другим компонентом лиственничного сырья, полисахаридом арабиногалактаном, природным пребиотиком и иммуномодулятором. С целью оценки влияния кормовой добавки дигидрокверцетина и арабиногалактана на уровень энергетического обмена искусственно выращиваемой форели определяли активность ферментов энергетического обмена (цитохром *c* оксидазы, ЦО, лактатдегидрогеназы, ЛДГ и альдолазы) в мышцах и печени особей, выращиваемых на корме с добавкой и без.

Молодь росла в садках в течение летне-осеннего периода на стандартном коммерческом корме для форели с биологически активной добавкой дигидрокверцетина и арабиногалактана в дозировке 25 и 50 мг кг⁻¹ рациона, соответственно (экспериментальная группа), и без нее (контроль). Рыбу для анализа отбирали до начала

экспериментального кормления (конец июня) и далее ежемесячно до конца летне-осеннего сезона (ноябрь). За время исследования, в июле, на форелевом хозяйстве была выявлена вспышка бактериальной инфекции, затронувшая обе группы (контрольный и экспериментальный садки).

Возникновение инфекции позволило оценить эффективность кормовой биодобавки на выживаемость, рост и уровень метаболических процессов у форели. В период развития инфекции установлены различия в активности ферментов в печени рыб. При этом активность всех исследуемых ферментов была выше у рыб, питающихся кормом с добавками, что указывает на более высокий уровень энергетического обмена (как аэробного, так и анаэробного). Достаточный уровень энергообеспечения необходим для выполнения процессов биосинтеза и детоксификации, направленных на борьбу с инфекцией. В мышцах различия между группами установлены только для ЦО, активность которой была выше у особей, получающих корм с добавкой. Это указывает на увеличение аэробного обмена в мышцах у этих рыб, что может быть связано с увеличением энергетических затрат на процессы биосинтеза, ведущие к усилению темпов роста после перенесенной инфекции.

Таким образом, результаты указывают на положительное влияние данной кормовой добавки на устойчивость рыб к бактериальной инфекции, связанное с усилением энергетического обмена в печени.

Исследования выполнены на научном оборудовании ЦКП КарНЦ РАН и при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 17-74-20098.

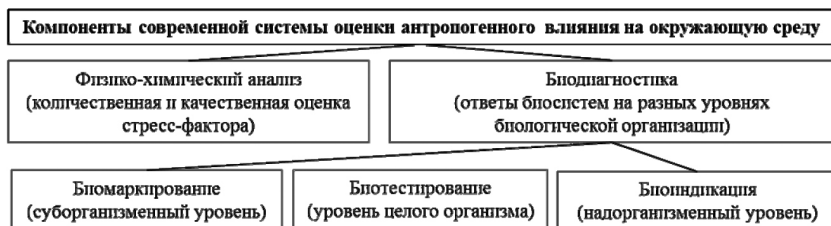
СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ И ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Г. М. Чуйко

*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, г. Борок,
gchuiko@mail.ru*

Антропогенное загрязнение окружающей водной среды остается одной из актуальных экологических проблем. Современный подход при комплексной оценке качества водной среды и экотоксикологического состояния водных объектов должен основываться на анализе абиотических факторов окружающей среды и определении эффектов их действия на биоту.

Система для такой оценки включает два основных компонента: инструментально-аналитические методы физико-химического анализа и методы биодиагностики.



Аналитические методы используются для качественной и количественной оценки антропогенных факторов окружающей среды методами физико-химического анализа, а биодиагностика – для оценки степени их воздействия на биоту по ее реакциям на разных уровнях биологической организации. Биодиагностика включает биомаркирование, биотестирование и биоиндикацию.

Биомаркирование служит для оценки степени воздействия этих факторов на состояние здоровья гидробионтов на основе биомаркеров – морфофункциональных показателей, регистрируемых на суборганизменном и организменном уровнях биологической

организации, таких как молекулярно-генетический, биохимический, физиологический и гистологический.

Биотестирование позволяет оценить токсичность воды и донных отложений по общим биологическим реакциям организма (выживаемость, размножение, рост, двигательная активность и т. п.) с использованием лабораторных культур тест-организмов разных экологических уровней (микроорганизмы, простейшие, одноклеточные водоросли, беспозвоночные, икра, мальки и взрослые рыбы).

Биоиндикация – это обнаружение и определение экологического значения антропогенных нагрузок на водный объект на основе определения качественных (видовой состав) и количественных (численность, биомасса, видовое разнообразие) характеристик различных биоценозов гидробионтов и рассчитанных на их основе биотических индексов.

В основе системы комплексной оценки экологического состояния водных объектов лежит концепция связи дозы (концентрации) воздействующего фактора со степенью выраженности ответной реакции биоты и причинно-следственных связей этих ответов на разных уровнях биологической организации. При этом данные методы оценки не конкурируют, а взаимно дополняют друг друга. Каждый из них имеет свои преимущества и ограничения и только их использование в комплексе может дать полную оценку экотоксикологического состояния водного объекта.

ПРОДУКЦИОННЫЙ / БАЛАНСОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ГИДРОБИОЛОГИИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПОМЕХИ РАЗВИТИЯ

Н. В. Шадрин

*Институт морских биологических исследований
им. А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, snickolai@yandex.ru*

Зародившись в начале XX в., балансово-энергетический подход стал одним из основных в гидробиологии. То, что в настоящее время происходит с его развитием, с одной стороны, внушает оптимизм, а с другой, вызывает серьезные опасения. Суть

подхода заключается в последовательном применении законов термодинамики к процессам, происходящим в экосистемах. Термодинамика имеет дело с усредненными величинами и не может сама по себе объяснять уникальность отдельных дискретных систем и их поведение. Поэтому нельзя требовать большего и от балансово-энергетического подхода. Однако его применение дает достаточно четкое понимание того, что теоретически возможно, а чего в принципе быть не может. Г. Г. Винберг писал: «... успеху аналитического исследования ... способствует то, что оно ведется **при уже известных ограничениях, отражающих место данного явления в экосистеме**». Не следует забывать, что давая понимание, что возможно с точки зрения термодинамики (баланса энергии), подход не дает понимания того, как будет реализовываться возможное. Однажды, когда Г. Г. Винбергу предложили на основе подхода спрогнозировать, что произойдет с заливом после строительства защитной дамбы, он ответил, что подход не позволяет это сделать. Только совместное применение разных подходов и методов способно приблизить нас к пониманию и предсказанию динамики реальных экосистем. А. Ф. Алимов связал балансово-энергетический подход с изучением разнообразия, другие пытаются использовать подход при изучении динамики экосистем, их переходов из одного альтернативного состояния в другое. Анализируется влияние пространственно-временной неоднородности на расширение термодинамических границ возможностей существования экосистем. Развиваются новые методы анализа структуры трофических сетей в экосистемах. Подход развивается и интегрируется в общий фронт изучения водных экосистем. Значит ли это, что с развитием подхода все хорошо и ничто его не тормозит? К сожалению, нет. В свет выходит большое количество статей, профанирующих и дискредитирующих возможность и ценность его применения. Авторы этих работ не учитывают многие условия, которые необходимы для его корректного использования, пытаются свести подход к бездумным расчетам с использованием не просто «средних по больнице» коэффициентов, а мировых «экологических» констант. На основе анализа примеров неадекватного использования

подхода сформулированы некоторые условия его корректного применения и пути дальнейшего развития.

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда (проект № 18-16-00001).

СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕННЕГО ЗООПЛАНКТОНА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАСПИЯ ПО ДАННЫМ 2017 г.

Л. И. Шарапова, Т. Т. Трошина

*ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»,
г. Алматы, kazniirh_gidro@mail.ru*

Анализ состояния зоопланктона проведен в конце октября 2017 г. по 20 станциям акватории, на глубине от 1,0 до 5,5 м при температуре водной среды от 8 до 11,8 °С и силе ветра – от 2 до 16,3 м/сек. Сбор и обработка материала традиционные.

Состав фауны планктона включал 44 таксона организмов. Входили в него медузы *Hydrozoa* – 2 вида, *Rotifera* – 11 разновидностей, *Copepoda* – 13 и «Прочие». Последнюю группу составляли 18 разновидностей, с присутствием факультативных планктёров – личинок усногих рачков (*Cirripedia*) и двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*). Остальные – Protozoa, Vermes, Crustacea и личики Diptera, случайные для пелагиали, куда попадают из грунта при взмучивании. Полностью отсутствовали в ценозе более термофильные *Cladocera*. Таким образом, состав истинных планктёров был представлен 28 таксонами беспозвоночных, с преобладанием эвригалинных и морских видов. Наибольшим разнообразием, от 11 до 18 таксонов, отличался зоопланктон глубоководных биотопов, 5,0 и 5,5 м. На глубине 1–3 м число животных не превышало 3–8 представителей.

Максимальным распространением по акватории выделялись вселенцы в море разных лет, веслоногие с круглогодичным циклом обитания – *Acartia tonsa*, *Calanipeda aquaedulcis* и науплии

Cirripedia (85–100% встречаемости). В группу распространенных в пелагиали попадали и придонные *Harpacticoida*, ввиду ветрового воздействия. Только на двух станциях, удаленных от берега, встречено медузоидное поколение отмирающих гидрозой – *Blackfordia virginica* и *Moerisia pallasi*, распространенных только летом.

Распределение особей по акватории отличалось резко выраженной неравномерностью. Суммарная плотность планктёров по станциям менялась на порядок величин, от 5,7 до 91,2 тыс. экз./м³, при среднем значении 42,1 тыс. экз./м³. Биомасса варьировала в более значительной степени, на два порядка величин, от 21,82 до 1057,44 мг/м³, в среднем – 282,12 мг/м³. Максимальные величины формировались только на одной из станций: численность – коловраткой *Synchaeta vorax* (51,6 тыс. экз./м³), биомасса – крупноразмерными медузами *B. virginica* (646,5 мг/м³).

Количественные показатели октябрьского зоопланктона создавали, в основном, веслоногие рачки – 91,0 и 84,7% численности и биомассы. Лидировала в ценозе акарция – 78,2 и 66,9%. Плотность особей вида находилась в пределах 4,5–79,8 тыс. экз./м³, в соответствии с указанной численностью по станциям. Средняя величина численности рачка по акватории составляла 32,9 тыс. экз./м³.

Из других представителей веслоногих заметную плотность особей формировали гарпактициды – 8,4% и рачок калянипеда – 3,9% от общей численности. В абсолютных значениях показателя первые создавали от 0,11 до 17,54 тыс. экз./м³, второй – от 0,11 до 7,09 тыс. экз./м³, в среднем для акватории. По числу особей заметна еще доля коловраток – 7,2%, за счет распространенных *Filinia longiseta* и *Synchaeta cecilia*. Минимальным значением обоих показателей характеризовались прочие беспозвоночные, 1,8 и 0,8%. Разницы ценоза в количественном отношении по блокам глубоководных станций и мелководья не наблюдалось.

Наличие обедненного состава и количественных показателей морского планктоценоза в осенний период отмечалось и в прошлые годы и является характерным для него при сезонном охлаждении водной толщи относительно лета.

ФИТОПЛАНКТОН ХОЛОДНОВОДНЫХ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

А. Н. Шаров

Институт биологии внутренних вод РАН, пос. Борок, sharov_an@mail.ru

Многолетние исследования разнотипных водоемов Севера Европейской территории России (ЕТР) показали, что в последние десятилетия трансформация структурной организации и функционирования водных экосистем вызвана не только долговременным промышленным загрязнением, но и глобальными климатическими процессами. Материалом для работы послужили пробы фитопланктона, собранные в период с 1993 по 2016 гг. на крупных и малых водоемах, подвергающихся воздействию сточных вод и влиянию аэротехногенного загрязнения, в том числе малые озера Арктической зоны (10 озер), Субарктики (3 озера), бореальной зоны (10 озер) и Восточной Антарктиды (23 озера) и крупные озера: Онежское, Ладожское, Чудско-Псковское, Умбозеро и Имандра.

Основным лимитирующим фактором развития фитопланктона в холодноводных озерах является температура и низкое содержание биогенных веществ в воде. Поступление биогенных веществ с хозяйственно-бытовыми сточными водами приводит к эвтрофированию, характеризующемуся: а) увеличением общей биомассы (до 20 мг/л) фитопланктона, б) перестройкой структуры доминирующих комплексов фитопланктона (возрастание обилия до 30% криптофитовых и до 60% зеленых (вольвоксовых) водорослей). Высокое содержание биогенных веществ в воде, снижает токсичность тяжелых металлов. В экосистемах малых озер под влиянием acidификации и тяжелых металлов происходит снижение видового разнообразия и увеличение вариабельности динамики биомассы фитопланктона.

Средние значения биомассы фитопланктона больших озер Севера ЕТР 1–2 мг/л, концентрация хлорофилла «а» 0,5–2,4 мкг/л, преобладают диатомовые водоросли. В небольших озерах арктической зоны средняя биомасса фитопланктона 0,1–1 мг/л, доминируют чаще всего золотистые; в озерах бореальной зоны средняя биомасса

1–6 мг/л, преобладают криптофитовые, зеленые, иногда динофитовые водоросли и цианобактерий. Число видов фитопланктона имеет прямую связь с площадью озера.

В экстремально холодноводных озерах Восточной Антарктиды биомасса фитопланктона менее 0,01 мг/л, а концентрация хлорофилл «а» в летний период от 0,1 до 0,45 мкг/л. Оптические свойства воды и льда исследованных озер Антарктиды позволяют проходить достаточному количеству света до глубины свыше 30 м, что обеспечивает совместно с постоянной температурой воды около 4 °С, хорошие условия для развития цианобактериальных матов на дне.

Климатические изменения влияют на фитопланктон больших озер преимущественно опосредовано через изменение концентрации биогенных веществ и температуры воды. При общем тренде потепления и увеличения продолжительности безледного периода, увеличение общей биомассы фитопланктона не наблюдается.

После снижения антропогенного воздействия экосистемы не возвращаются в исходное природное состояние. Снижение поступления общего фосфора с водосборного бассейна не приводит к быстрому снижению концентрации хлорофилла «а» и обилия фитопланктона. Увеличивается относительное количество криптофитовых водорослей и цианобактерий.

ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА МАЛОГО РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ СУРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

**Е. А. Шашуловская, С. А. Мосияш, И. Г. Филимонова,
Л. В. Гришина, Е. Г. Кузина**

*Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Саратов,
shash.elena2010@yandex.ru*

Сурское (Пензенское) водохранилище было создано в 1978 г. на слиянии рек Суры и Узы и является самым большим водоемом комплексного назначения не только Пензенской области,
522

но и всего Сурского бассейна. Это равнинное водохранилище площадью 11 тыс. га. Объем водоема 560 млн м³, средняя глубина – 5 м, максимальная – 15 м. Поступление загрязняющих веществ с возвратными водами и неорганизованный поверхностный сток с селитебных территорий в условиях замедленного водообмена (2,6 раза в год) приводит к эвтрофикации и токсификации водохранилища, нарушая равновесие и сложившиеся связи между составляющими биоты. Целью настоящего исследования являлось изучение изменений гидрохимического режима Сурского водохранилища за 25-летний период в условиях антропогенного пресса.

Материалом для настоящей работы послужили данные исследований Сурского водохранилища, проведенных Саратовским отделением ФГБНУ «ГосНИОРХ» в 1992 и в 2016–2018 гг. Исследовали показатели кислородного режима, реакции среды pH, минерализации, органического вещества, биогенных элементов.

По общепринятой классификации (Алекин, 1970) вода Сурского водохранилища средней минерализации, мягкая, гидрокарбонатного класса кальциевой группы. Реакция среды (pH) изменялась в диапазоне 6,8–9,8. Прозрачность воды невысокая от 0,4 до 1 м. Наименьшие величины минерализации отмечены весной вследствие влияния паводковых вод, к осени значения показателя увеличиваются в 1,2–1,3 раза. Весной в водохранилище аккумулируются паводковые воды, содержащие значительные количества растворенных соединений, обеспечивающих максимальные концентрации цветности, ионов аммония, нитратов и общего железа. Установлена статистически значимая связь между цветностью воды, содержанием железа и аммонийным азотом в весенний период. В летнюю межень в период максимальных биопродукционных процессов возрастает концентрация легкоокисляемого органического вещества (ОВ), а содержание азотистых соединений уменьшается. В то же время содержание фосфатов в летний период выше, чем весной, очевидно, за счет большей доли грунтового питания в водном балансе.

За 25-летний период существования водохранилища изменилась сезонная и пространственная динамика азота и фосфора при относительно стабильном уровне содержания их минеральных форм. В 1990-е гг. фосфор поступал преимущественно

с поверхностным стоком, а содержание минерального азота и органического вещества в значительной мере определялось внутриводоемными процессами. Сезонная динамика фосфора и азота в последние годы свидетельствует о смене доминирующих источников их генезиса: для фосфора более существенным, по-видимому, является поступление с грунтовыми водами, а азота, наоборот, с поверхностным стоком водосбора. Доля легкоокисляемого органического вещества в общем ОВ, как в 1992 г., так и в последние годы, характеризует водохранилище как эвтрофное, тем не менее, по характеристикам сообщества фитопланктона можно судить об уменьшении трофности водоема. Причинами этого явления могут быть как снижение антропогенной нагрузки на водохранилище вследствие промышленной депрессии, так и стабилизация его экосистемы с течением времени, о чем свидетельствует увеличение показателя пластичности.

МАССОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПЛАНКТОНА ЗОНЫ СМЕШАННЫХ ВОД ЭСТУАРИЕВ И ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ

**Т. И. Широколобова¹, М. А. Болтенкова¹, М. П. Венгер¹,
М. С. Махотин²**

¹*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск*

²*Арктический и антарктический НИИ, г. Санкт-Петербург,
shirokolobova@mmbi.info*

В функционировании арктических экосистем пелагиали важная роль отводится микробной пищевой сети. В морях Русского Севера исследования ее самых массовых компонентов, вирусов и бактерий, немногочисленны. Их количественные характеристики и распределение в районе карскоморских мелководий изучены в 2013 г.

С 29 августа по 20 сентября на широтных (№ 1 вдоль 73,5° с.ш. и № 2 вдоль 75,0° с.ш.) и меридиональных (Обском, Гыданском и Енисейском) разрезах выполнено 26 станций. В пробах воды учитывали вирусные частицы (ВЧ) (Noble, Fuhrman, 1998) и клетки

бактериопланктона (БП) (Porter, Feig, 1980). Основные результаты определений (диапазон в числителе, среднее значение в знаменателе) приведены ниже.

Параметр	Толща эстуарных смешанных вод	Смешанные воды разрезов над пикноклином			
		Обский	Енисейский	№ 1	№ 2
Численность БП, млн кл/мл	<u>0,4–1,4</u> 0,9	<u>0,7–1,7</u> 1,1	<u>0,4–1,5</u> 0,9	<u>0,3–1,4</u> 0,9	<u>1,0–2,3</u> 1,5
Биомасса БП, мг/м ³	<u>7,0–101,6</u> 31,2	<u>7,0–27,9</u> 19,0	<u>17,2–57,0</u> 31,2	<u>20,1–92,3</u> 55,9	<u>77,5–152,5</u> 108,8
Обилие ВЧ, млн/мл	<u>4,4–16,4</u> 9,9	<u>4,4–20,1</u> 12,8	<u>7,9–26,5</u> 16,6	<u>2,3–31,5</u> 11,3	<u>3,4–28,5</u> 16,0

Пелагиаль шельфа и северной части эстуариев в рассматриваемый период была стратифицирована. Толщина прогретого распресненного слоя над пикноклином достигала 6–10 м. В конце августа на разрезе № 2 в водах с температурой 7–8 °С и соленостью 8,3–18,7‰ выявлен максимум численности и биомассы БП.

В начале сентября на разрезе № 1 в слое выше скачка плотности (5–7 °С и 12,6–21,2‰) регистрировали более низкие количественные показатели, которые достоверно отличались от таковых разреза № 2 (U-критерий). К середине сентября в водах Обского и Енисейского разрезов над пикноклином (5–6 °С и 4,7–15,2‰) и нестратифицированной водной толще Гыданского разреза и южных участков Обского и Енисейского разрезов (5–8 °С и 2,9–17,2‰) значимых различий в величинах численности и биомассы БП не установлено. Подобная закономерность отмечена и в слое под пикноклином (–1,8...–0,1 °С и 29,6–34,1‰) меридиональных и широтных разрезов, где диапазон параметров БП составил, соответственно, 0,1–0,8 млн (среднее 0,4 млн кл/мл и 4,0–49,5 мг/м³ (среднее 21,2 мг/м³).

В распресненных водах шельфа и эстуариев обилие вирусов, с максимумом на разрезе № 1, изменялось в сопоставимых диапазонах и превышало обилие их потенциальных хозяев – бактерий в среднем в 10–18 раз. Аналогичное превышение в слое зимних вод под пикноклином составило 7–15 раз при концентрации ВЧ 0,6–22,7 млн/мл (среднее 4,3 млн/мл). Между количеством вирусов

и бактерий статистически значимой связи не было. При значительном обилии БП в слое над пикноклином это могло определяться физиологическим состоянием клеток в условиях солевого стресса, при сниженном обилии под пикноклином – большой долей лизогенных клеток в составе БП, в нестратифицированных водах эстуариев – пониженной прозрачностью воды (0,7–4,5 м), при которой ВЧ инактивируются, прикрепляясь к частицам взвеси.

Работа выполнена по теме 9-17-01 (51) в рамках госзадания № 0228-2019-0001.

СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА СОЛЕНОГО ОЗЕРА ШИРА

С. П. Шулепина

*ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск,
shulepina@mail.ru*

Озеро Шира является солоноватым меромиктическим водоемом, площадь водного зеркала – 35,9 км². Максимальная глубина озера достигает 24 м, средняя глубина – 11,2 м. Минерализация колеблется в пределах 14–18 г/л, состав воды: сульфатно-хлоридно-натриево-магниевый. Это рекреационный водоем, обладающий бальнеологическими свойствами, на котором располагается курорт «Озеро Шира».

Пробы зообентоса собирали на 4-х станциях озера, на глубинах 1 и 6 м, в июне–августе 2016 г. Грунты на литорали (глубина 1 м) и профундали (глубина 6 м) станции 1 представлены глинисто-иловыми отложениями; литораль и профундаль ст. 2 – песчаные грунты, станция 3 – черные илы и дернина, станция 4 – каменистые обломочно-сланцевые породы и глина. Для сборов проб использовали скребок Дулькейта (0,10 м²) и дночерпатель Экмана-Берджи (0,02 м²). Суточную продукцию зообентоса вычисляли с использованием уравнений, связывающих продукцию особи (и популяции) со скоростью энергетического обмена и удельную скорость продукции с температурой.

В составе зообентоса оз. Шира обнаружено 15 видов (таксонов), из них личинок хирономид – 7, хаоборид, стрекоз, клопов, жуков,

поденок, амфипод, брюхоногих моллюсков и олигохет – по одному таксону. На всех станциях присутствовали амфиподы *Gammarus lacustris* и личинки хирономид *Polypedilum bicornatum*. Кроме того, личинки хирономид *Glyptotendipes salinus*, *Chironomus halophilus* и *Chironomus nigrifrons* встречались более чем в 30% собранных проб. Виды прочих таксонов встречались редко и давали весьма небольшой вклад в общую биомассу зообентоса.

На станциях с илистыми грунтами, 1 и 3, основную часть биомассы макрозообентоса составляли виды сем. Chironomidae (63–76%), тогда как на станциях с песчаными или каменистыми грунтами (2 и 4) доминировали амфиподы *Gammarus lacustris* (53–78%). Средние за исследованный период (54 суток) величины численности и биомассы были: сем. Chironomidae – $3,75 \pm 1,02$ тыс. экз./м²; $6,8 \pm 3,11$ г/м² и сем. Gammaridae – $0,70 \pm 0,17$ тыс. экз./м²; $4,4 \pm 1,01$ г/м². Выявлены значительные различия в видовом составе, биомассе и продукции хирономид, населяющих литоральную и профундальную части озера. Основной вклад в среднюю биомассу хирономид озера обеспечен видами *C. nigrifrons* и *C. halophilus* за счет профундальной зоны станций 1 и 3. В свою очередь, виды хирономид, приуроченные к литорали, по-разному распространены по акватории озера: *G. salinus* в основном встречается в грунтах южной и юго-восточной части озера (ст. 3 и 4), тогда как биомасса *P. bicornatum* больше на северо-западе озера, ст. 1 и 2.

Продукция амфиподы *G. lacustris* составила в среднем по водоему $1,2 \pm 0,28$ и $3,2 \pm 0,46$ г сырой массы/м², для глубин 1 и 6 м, соответственно. Суммарная продукция сем. Chironomidae, усредненная для всей акватории, была $17,9 \pm 5,99$ и $46,2 \pm 13,89$ г сырой массы/м², для глубин 1 и 6 м, соответственно. Очевидно, что основной вклад в продуктивность бентоса озера вносили хирономиды, населяющие профундаль.

Таким образом, бентос оз. Шира был представлен небольшим числом видов, что соответствует современным представлениям об относительно небогатом видовом разнообразии зообентоса внутренних вод с соленостью 15‰ и выше; при этом, средняя биомасса сем. Chironomidae была в диапазоне имеющих в литературе значений для солоноватоводных местообитаний.

АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА В ОРГАНАХ КОЛЮШКИ *GASTEROSTEUS ACULEATUS* ИЗ РАЗНЫХ БИОТОПОВ БЕЛОГО МОРЯ

Н. С. Шульгина, М. В. Чурова, М. Ю. Крупнова, Н. Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, mchurova@yandex.ru

Одним из важнейших факторов, определяющих функциональную активность клеток в процессе развития рыб и в адаптациях метаболизма, является уровень энергетического обмена. На основании изменений активности ключевых ферментов аэробного и анаэробного обмена можно судить о некоторых метаболических особенностях организма рыб, способствующих формированию адаптационного потенциала жизнедеятельности и выживания в конкретных условиях водной среды.

Колюшка трехиглая *Gasterosteus aculeatus* является важнейшим доминирующим видом промежуточного уровня трофической цепи Белого моря. Она способна успешно адаптироваться при смене мест обитания в ходе нерестовых миграций из открытого моря в прибрежные биотопы, различающиеся гидрологическими и трофо-экологическими условиями (соленостный и температурный режимы, скорость течений, кормовая база, наличие хищников и др.).

Целью настоящей работы было изучение активности ферментов энергетического и углеводного обмена (цитохром *c* оксидазы, лактатдегидрогеназы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и альдолазы) в органах мальков и взрослых особей трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* (сем. *Gasterosteidae*) из разных биотопов Белого моря. Исследовали молодь колюшки трехиглой, отловленных в июле и августе и половозрелых особей (самцов и самок) колюшки трехиглой *Gasterosteus aculeatus* (сем. *Gasterosteidae*), отловленных в начале нерестового периода. Пробы собирали в Кандалакшском заливе Белого моря в трех районах для нереста: Губе Сельдяной, Лагуне Колюшковой и Проливе Сухая Салма.

Установлены различия в активности исследуемых ферментов и у молоди и у взрослых особей колюшки из разных биотопов. Характер различий в активности ферментов у молоди зависел от даты сбора проб. При этом в июле различия были не комплексные и касались только некоторых ферментов. В августе уровни активностей ферментов ЦО, ЛДГ и альдолазы были выше у молоди из лагуны Колюшковой по сравнению с особями из губы Сельдяной. Полученные результаты свидетельствуют о высоком уровне энергетического обмена у молоди из лагуны, что, вероятно, связано с повышенными энергозатратами на обменные процессы и, главным образом, на процессы биосинтеза и рост. Вероятно, что условия обитания в лагуне (более высокая температуры) на данном этапе являются более благоприятными для развития молоди.

У взрослых особей колюшки в нерестовый период основные различия установлены для активности альдолазы, которая была ниже в мышцах, печени и жабрах особей из лагуны, что свидетельствовало о снижении степени использования углеводов в энергетическом обмене. Было сделано предположение о том, что изменения вызваны различиями кормовой базы в исследуемых биотопах.

Полученные данные указывают на адаптивные механизмы энергетического обмена специфичные для молоди и взрослых особей в зависимости от условий обитания в разных биотопах.

Исследования выполнены на научном оборудовании ЦКП КарНЦ РАН. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (№ 0218-2019-0076, № 2. р. АААА-А17-117031710039-3.

**ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ РЕЖИМОВ ОСВЕЩЕНИЯ
НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ
И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
МЫШЕЧНОГО РОСТА МОЛОДИ
АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ
(*SALMO SALAR L.*) В УСЛОВИЯХ ЕГО
ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА**

Н. С. Шульгина, М. В. Чурова, М. Ю. Крупнова, Н. Н. Немова

*Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск,
Shulgina28@yandex.ru*

Длина светового дня (фотопериод) является одним из важнейших факторов, определяющих рост и развитие многих видов живых организмов, в том числе и рыб. Ранее было показано, что длинный световой день оказывает стимулирующее влияние на темпы роста молоди атлантического лосося. Однако закономерности и механизмы воздействия периодичности светового фактора на энергетический обмен, регуляцию мышечного роста и состояние молоди атлантического лосося, особенно при ее искусственном воспроизводстве, все еще остаются малоизученными.

Исследование было проведено с целью комплексной оценки уровня энергетического метаболизма и особенностей экспрессии специфических для мышц генов у атлантического лосося *Salmo salar L.*, выращенного при разных режимах освещения. Изучали влияние двух режимов фотопериода – LD 16: 8 (16 ч свет: 8 ч темнота) и LD 24: 0 (24 часа свет: 0 ч темнота) в течение 3 месяцев (с августа по октябрь 2017 г.) на активность ферментов энергетического метаболизма (цитохром с оксидазы, ЦОГ; лактатдегидрогеназы, ЛДГ и альдолазы) и уровень экспрессии мРНК гена тяжелой цепи миозина (*MyHC*) в белых скелетных мышцах мальков атлантического лосося (0+). Результаты сравнивались с аналогичными для лосося, выращенного в режиме освещения рыбного хозяйства (освещение завода).

У сеголеток, выращенных при постоянном освещении, установлены высокие уровни активности ЦО по сравнению с осо-

бями из бассейна с режимом 16С:8Т, а также ЛДГ и альдолазы по сравнению с таковыми у рыб из контрольного бассейна. Кроме того, у особей, выращиваемых при постоянном освещении, активность ЦО сохранялась на одном уровне в период до начала октября в отличие от рыб из контрольного бассейна и с режимом освещения 16С:8Т, у которых этот показатель постепенно снижался. Высокий уровень аэробного и анаэробного обмена у сеголеток в группе с постоянным освещением, вероятно, необходим для обеспечения энергией интенсивно идущих в их организме биосинтетических процессов, что согласуется с более высокими темпами весового роста у этой группы рыб. Уровень экспрессии мРНК гена тяжелой цепи миозина (*MyHC*), отражающего темпы прироста мышечной массы, был выше у рыб из бассейнов с дополнительным освещением (16С:8Т и 24С:0Т) по сравнению с контрольной группой в осенний период. Это указывает на различия в механизмах регуляции мышечного роста у рыб в зависимости от режима освещения.

Результаты указывают на то, что постоянное освещение положительно влияет на уровень энергетического обмена, а также продолжительность и интенсивность процессов роста мышц сеголеток лосося.

*Исследования выполнены на научном оборудовании ЦКП КарНЦ РАН. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 19-14-00081 «Влияние физических факторов на эффективность искусственного (заводского) воспроизводства молоди атлантического лосося *Salmo salar*: физиолого-биохимическая и молекулярно-генетическая характеристика».*

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНВАЗИЙНОГО ВИДА
KELLICOTTIA BOSTONIENSIS (ROUSSELET, 1908)
В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Г. В. Шурганова, Т. В. Золотарева, И. А. Кудрин, В. С. Жихарев,
Д. Е. Гаврилко, М. Ю. Ильин, Д. С. Ручкин**

*Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород, galina.nngu@mail.ru*

В связи с возрастанием интенсивности распространения вида-вселенца коловратки *Kellicottiabostoniensis* (Rousselet, 1908) в водоемах и водотоках России и многих стран мира весьма актуальной является задача обобщения сведений о ее местонахождении в отдельных регионах. Кроме того, интерес представляет изучение экологической и морфологической изменчивости этого вида и выявление его экологических предпочтений в разнотипных водоемах и водотоках.

В Нижегородской области к 2019 г. североамериканская коловратка *K. bostoniensis* зарегистрирована в 47 водных объектах, различающихся по морфометрии, скорости течения, прозрачности и цветности воды, уровню рН, электропроводности. Различен и трофический статус водных объектов, а также уровень антропогенного воздействия. Качество воды по гидрохимическим показателям изменяются от II класс (чистые воды) до VI класса (экстремально грязные воды).

Диапазон глубин водоемов, в которых обитает инвазийный вид от 0,5 м (притоки Чебоксарского водохранилища) до 13 м (озерная часть Горьковского водохранилища), диапазон величин рН от 4,6 (оз. Новая старица, территория Керженского заповедника) до 8,87 (озерная часть Горьковского водохранилища). Коловратка отмечена в водах как с низкой (31,5 мкСм/см – оз. Сиротинное), так и с высокой (1034,0 мкСм/см – Шуваловский канал г. Нижний Новгород) электропроводностью. *K. bostoniensis* найдена как в водоемах с низкой (60 град. – средняя речная часть Чебоксарского водохранилища), так и с экстремально высокой цветностью (1245,0 град. – оз. Новая старица). Наши исследования расширили представления

об экологических предпочтениях *K. bostoniensis*. Так, впервые на территории Европейской части России *K. bostoniensis* зарегистрирована в водоемах с экстремально высокой цветностью воды и в водоемах, испытывающих гипоксию.

Установлено, что *K. bostoniensis* предпочитает прудовые расширения рек и биотопы, характеризующиеся низкой скоростью течения, а также глубоководные озера. Максимальная численность коловратки достигала 566,2 тыс. экз./м³ в прудовом расширении р. Левинки, расположенной на территории г. Нижнего Новгорода.

Выявлены отличия морфологических характеристик особей *K. bostoniensis*, населяющих различные водные объекты. Наблюдалась тенденция уменьшения большинства морфологических показателей *K. bostoniensis* в направлении возрастания трофического статуса водоемов от олиготрофного к эвтрофному. В глубоководных водоемах (глубина более 10 м) выявлено статистически значимое увеличение общей длины тела, длины панциря, ширины тела по сравнению с более мелководными водоемами. Одновременно наблюдалось статистически значимое снижение этих показателей в водоемах с относительно высокими значениями рН (> 8 ед.). Также статистически значимое снижение большинства морфометрических характеристик *K. bostoniensis* выявлено в водоемах со значениями электропроводности 100–300 мкСм/см по сравнению с водоемами с более низкими или более высокими значениями этого показателя.

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМЫ КАНАРСКОГО АПВЕЛЛИНГА В РАЙОНЕ МАРОККО В 1999–2016 гг.

О. А. Шухгалтер, В. В. Лидванов

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград, shukhgalter@atlantniro.ru*

Канарский апвеллинг – крупнейшая морская экосистема Атлантики, располагающаяся вдоль побережья западной Африки и Пиренейского полуострова. Она характеризуется высокой

биологической продуктивностью вод и относится к одному из важнейших районов международного рыболовства. При описании межгодовой динамики больших морских экосистем выделяют стабильные состояния и режимные сдвиги между ними. В качестве индикаторов состояния экосистемы используют такие ее биотические компоненты, как сообщества фитопланктона, зоопланктона, ихтиоценоз при слабой промысловой нагрузке. В последнее время появились работы, где и сообщества паразитов успешно используются как биогеоценотические индикаторы.

В настоящем сообщении с целью развития представлений о ценотических изменениях в экосистеме Канарского апвеллинга предпринята попытка сравнительного анализа многолетней изменчивости мезозоопланктона и паразитофауны рыб района Марокко с учетом данных об изменчивости абиотических факторов.

Материал для исследования был собран в 33 экспедициях СТМ «Атлантида» и «Атлантиро» в 1994–2016 гг. вдоль побережья Марокко от 30' до 21' с. ш. Анализ межгодовой динамики сообществ выполнен в пакете программ PRIMER®6 с использованием результатов обработки 1729 проб зоопланктона и полного паразитологического анализа 1567 экз. европейской сардины (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) и 1037 экз. восточной скумбрии (*Scomber colias* Gmelin, 1789).

Выделены совпавшие по продолжительности два стабильных состояния неритического и дальне-неритического сообществ зоопланктона и компонентных сообществ паразитов европейской сардины и восточной скумбрии (1994–1999 и 2004–2016 гг.). В обоих сообществах зоопланктона во втором стабильном состоянии наблюдалось почти двукратное увеличение численности и биомассы неритических видов. Отмеченная у зоопланктона «неритизация» произошла и в сообществах паразитов сардины и скумбрии, в которых она была особенно выражена у гельминтов, использующих устойчивые трофические сети для реализации своих жизненных циклов. А именно, в 2004–2016 гг. увеличились показатели зараженности сардины и скумбрии теми видами гельминтов, промежуточные хозяева которых приурочены к неритическому сообществу зоопланктона, и, наоборот, снизилась зараженность гельминтами нерито-океанического комплекса.

Сопряженные изменения структуры сообществ зоопланктона и паразитофауны рыб пришлось на конец 90-х – начало 2000-х гг. и, очевидно, были связаны с ценотическими перестройками во всей экосистеме Канарского апвеллинга. В качестве экзогенного триггера, запустившего эти перестройки, выступили климатические изменения, произошедшие в прибрежной зоне Марокко в 1998 г. и вызвавшие резкую активацию прибрежного апвеллинга. Изменившиеся гидрологические условия повлекли за собой быструю последовательную перестройку всех компонентов прибрежной экосистемы, затронув, в том числе, ее трофическую структуру и паразитов, циркулирующих по трофическим сетям. Полученные результаты позволяют рассматривать описанные изменения как последствия режимного сдвига, произошедшего в 1998 г. в экосистеме Канарского апвеллинга.

СООТНОШЕНИЕ КРАСНОЙ И БЕЛОЙ ОСЕВОЙ МУСКУЛАТУРЫ У НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ИХТИОФАУНЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Н. О. Яблоков

*Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ»), г. Красноярск,
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, noyablokov@mail.ru*

Осевая мускулатура большинства видов рыб представлена несколькими типами волокон (белые, красные, розовые), различными в анатомическом и функциональном отношении (Sanger, Stoiber, 2001). Структура осевой мускулатуры рыб (в частности, соотношение красных и белых волокон) у многих видов рыб коррелирует с локомоторными способностями и позволяет косвенно оценить их экологические предпочтения (Slijper, 1963; Langerhans, 2008). В связи с этим изучение морфологических показателей, а также количественного распределения разных типов мускулатуры рыб представляет определенный интерес для понимания локомоторных процессов у представителей различных таксономических и экологических групп. На сегодняшний день анатомические особенности

разных типов мышц и их пропорции известны не для всех таксономических групп рыб. Относительно много данных опубликовано по морским видам (Greek-Walker, Pull, 1975; Mosse, Hudson, 1977), в то время как пресноводные рыбы в этом отношении мало изучены. Целью работы являлся сравнительный анализ распределения красной и белой мускулатуры у представителей ихтиофауны Средней Сибири, принадлежащих к различным таксономическим и экологическим группам.

Процентное соотношение красной и белой мускулатуры было определено для 21 вида рыб, населяющих бассейны рек Обь, Енисей, Хатанга и Пясины. Исследованные рыбы принадлежали к 5 отрядам (карпообразные, лососеобразные, окунеобразные, колюшкообразные и щукообразные). Объем выборки для каждого вида составлял 5–10 особей. У каждой особи было выполнено три поперечных среза тела: в районе грудного, спинного и анального плавников. Каждая секция была сфотографирована под стереомикроскопом. Площади поперечного сечения, занимаемые разными типами мышц, измерялись по цифровому изображению с использованием программы ImageJ 1.51г.

У всех исследованных представителей большая часть осевой мускулатуры была представлена белой мускулатурой. Красные мышцы были расположены латерально, между эпаксиальной и гипаксиальной частями миомеров. Доля красных мышц варьировала между разными частями тела. Максимальные значения количества красных волокон у всех исследованных видов (за исключением серебряного карася) были отмечены в хвостовом стебле, и превышали значения данного показателя в других участках тела в 1,5–2 раза. Распределение средних значений процентного содержания волокон красной мускулатуры в поперечном сечении тела у исследованных видов рыб выглядело следующим образом: лососеобразные – омуль арктический (9,0%) > тугун (9,0%) > ленок (7,4%) > хариус сибирский (6,0%) > ряпушка сибирская (4,7%) > сиг-пыжьян (4,5%); карпообразные – пескарь сибирский (7,7%) > елец сибирский (7,6%) > плотва сибирская (6,7%) > голян речной (6,0%) > лещ (5,3%) > голец сибирский (4,4%) > карась серебряный (3,6%) > голян озерный (3,3%) > голян Чекановского (3,1%)

> щиповка сибирская (2,8%); окунеобразные – ерш (3,6%) > окунь речной (2,4%) > ротан (1,7%); колюшкообразные – колюшка девятиглая (0,7%); щукообразные – щука (0,6%).

В целом у изученных представителей прослеживается тенденция увеличения количества красной мускулатуры в ряду от рыб-лимнофилов с низкой потребностью в кислороде и засадных хищников до реофильных видов (преимущественно планктофагов, планкто-бентофагов, а также активных оксифильных хищников).

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕРМАФРОДИТИЗМА В ПОПУЛЯЦИИ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ (*CARASSIUS AURATUS*, *CYPRINIDAE*) В ОЗЕРЕ ЧАНЫ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Е. Н. Ядренкина

*Институт систематики и экологии животных СО РАН,
г. Новосибирск, Yadrenkina@ngs.ru*

Чаны – самый крупный озерный бассейн юга Западной Сибири с общей площадью водного зеркала около 1500 км², характеризуется циклическими колебаниями уровня воды (21, 47 и 100 лет) (Понько, 1986). При оценке гидроэкологических характеристик водоема следует отметить, что в период проведения исследования (1991–2017 гг.) фаза регрессии началась в 2005 г. Это нашло отражение в снижении уровня воды, повышении концентрации солей и формировании широкой мелководной прибрежной зоны с высокой амплитудой колебания температуры воды на нерестилищах карасей. Например, весной после таяния ледового покрова суточная температура воды может варьировать в пределах 20 °С. Поэтому в фазу регрессии эмбриогенез и ранний онтогенез рыб, осуществляющийся в критических условиях среды, сопровождается высокой смертностью эмбрионов, поскольку стрессовое воздействие изменений окружающей среды может вызывать значительные нарушения биологических процессов в тканях и органах рыб вплоть до патогенеза (Гинецинский 1963; Fromm 1980; Barton 2002 и др.).

В фазу регрессии (2006–2014 гг.) в выборках серебряного карася *C. auratus* стали регистрировать синхронных гермафродитов. Результаты многолетнего изучения структуры популяции серебряного карася показали, что среди половозрелых рыб преобладали возрастные группы 3–5 лет, а доля старших групп (6–10 лет) не превышала 8% от общей численности. За все годы мониторинга (1991–2017 гг.) доля самок варьировала в пределах 85–92% от общего числа, составляя в среднем 89%, а доля самцов во всех выборках не превышала 14%, составляя в среднем около 11%. За период 2006–2014 гг. синхронные гермафродиты составили приблизительно 1,5% от общего числа исследованных рыб, а их доля по отношению к самцам составила 11%.

Первый синхронный гермафродит обнаружен в октябре 2006 г. Размер и расположение его гонад на III стадии зрелости были аналогичны таковым в выборках самок и самцов. Морфология гонад и стадии зрелости гонад гермафродитов, отловленных в последующие годы, свидетельствовали об участии этих особей в размножении (IV–VI стадии, в июле 2012 и 2014 гг.). Отмечено, что женские железы расположены с правой стороны полости тела, а мужские – слева. Параметрический анализ (с использованием критерия Фишера) не выявил значительного полового диморфизма рыб: длина, масса тела, запас жира в полости тела и показатели морфометрической изменчивости самцов, самок и гермафродитов сходны ($P > 0,05$). Тем самым показано, что синхронные гермафродиты функционально сходны с самками и самцами по размеру тела, показателям морфометрической изменчивости и анатомическому строению гонад.

Известно, что эффективность оплодотворения икры связана с подвижностью сперматозоидов. При повышении минерализации воды активность сперматозоидов снижается. Возможно, появление гермафродитов, доля которых относительно самцов составила 11%, выступает в качестве компенсаторного механизма для поддержания численности популяции в неблагоприятных условиях. Однако проверка этой гипотезы потребует дополнительного изучения.

**ПЕРВАЯ НАХОДКА КРЕВЕТКИ
PALAEMON ADSPERSUS (RATHKE, 1937)
В ГИПЕРГАЛИЙНОМ ОЗЕРЕ МОЙНАКИ (КРЫМ)**

В. А. Яковенко

*Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского,
г. Севастополь, yakovenko_vla@mail.ru*

Озеро Мойнаки, Крым (45°11'06" с. ш. 33°19'29" в. д.) является соленым озером, расположенным в Западной части Крымского полуострова вблизи г. Евпатория. Многолетнее влияние стока Северо-Крымского канала, регулярный забор рапы привели к постепенному снижению солености воды озера от 180 г/л в 70-х гг. XX столетия до 45–55 г/л в 2000-х. Также имеет место антропогенная эвтрофикация, которая способствует цветению водорослей и зарастанию озера макрофитами, особенно в зонах выхода родников. В условиях опреснения в озере появляются виды-вселенцы, ранее не обитавшие вследствие высокой солености. Вслед за гаммаридами и моинами, зарегистрированными в лимане в конце 90-х гг. XX столетия, в 2011 г. в озере появилась креветка *Palaemon adspersus* (Rathke, 1937). Вид *P. adspersus* является достаточно толерантным видом, способным выдерживать существенные колебания солености, но в литературе не отмечено случаев развития популяции данных ракообразных при солености выше 35 г/л. Таким образом, появление и натурализация креветки *P. adspersus* в озере с минерализацией более 45 г/л представляет большой научный интерес как с точки зрения способности креветок к выживанию в условиях высокой солености, так и с целью мониторинга трансформации гидробиоценоза соленого озера при его опреснении. Цель данной работы – изучить распределение и структуру популяции креветки *P. adspersus* в оз. Мойнаки.

Исследования проводились летом 2011–2018 гг. в оз. Мойнаки. Отбор и обработка проб зоопланктона, а также количественный учет фитомассы и определение площади зарастания макрофитов проводилось по общепринятым методикам.

Впервые вид *P. adspersus* был обнаружен в озере в зарослях макрофита *Ruppia maritima* в 2011 г. В 2012 г. численность креветок составляла 60 экз./м³, в 2015 г. 50 экз./м³ и в 2016 г. – 110 экз./м³. В июле–августе 2018 г. при исследовании гидробиоценоза участков оз. Мойнаки, численность *P. adspersus* колебалась от 20 до 700 экз./м³, в среднем – $268,7 \pm 167,1$ экз./м³, биомасса – от 5,7 до 155,6, в среднем – $66,3 \pm 50,9$ г/м³. В отношении вида *P. adspersus* в оз. Мойнаки было выделено 8 размерных групп: 1. 13–15 мм. 2. 16–18 мм. 3. 19–21 мм. 4. 22–24 мм. 5. 25–27 мм. 6. 28–30 мм. 7. 31–33 мм. 8. 34–36 мм. Средняя длина особей составила 22,1 мм, среди размерных групп преобладала третья, составившая 25,7%. Среди исследованных участков озера, *P. adspersus* был отмечен только в зарослях рупии, приуроченных к литоральной зоне Северной части озера, где заросли простирались на ширину до 50 м от берега. Для данной части характерен выход большого количества родников, и поэтому она является наиболее распресняемой. Следует отметить, что до 2015 г. заросли рупии отмечались также в восточной и южной частях озера. Возможно, сокращение распространения зарослей по акватории озера связано с повышением солености воды в озере вследствие перекрытия Северо-Крымского канала. Количество побегов рупии колебалось от 552 до 2446, в среднем $1437,8 \pm 732,2$ экз./м². Наиболее высокие значения численности и биомассы креветок отмечены для среднего участка северной части озера, где зафиксированы самая высокая плотность побегов и площади зарастания рупии. Среди тех участков озера, где была найдена креветка, коэффициент корреляции плотности побегов *R. maritima* и численности *P. adspersus* составил 0,83, а плотности побегов *R. maritima* и биомассы *P. adspersus* – 0,68 с достоверностью на 0,01 уровне значимости.

Таким образом, вид *P. adspersus* натурализовался в условиях гипергалинного оз. Мойнаки, на что указывает регулярное обнаружение вида с 2011 г. Обитание вида приурочено к биотопу зарослей макрофита *R. maritima*, где обнаружена высокая положительная корреляция плотности побегов *R. maritima* и биомассы *P. adspersus*.

РОЛЬ РЫБОЯДНЫХ ПТИЦ КАРЕЛИИ В РАСПРОСТРАНЕНИИ ГЕЛЬМИНТОЗОВ СРЕДИ РЫБ

Г. А. Яковлева, Д. И. Лебедева

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, galina_il87@mail.ru

Птицы привлекают внимание исследователей уже длительное время. Они служат объективными показателями состояния водных экосистем и играют важную роль в функционировании водоема как единого целого. Под влиянием множества абиотических и биотических факторов, среди которых немаловажное значение имеют особенности питания птиц, происходит формирование их гельминтофауны.

Нами были исследована гельминтофауна 113 экз. рыбадных птиц в акватории Ладожского оз., добытых в осенний и весенний охотничьи периоды 2010–2015 гг. В результате проведенных работ у птиц выявлена разнообразная фауна паразитических червей: сосальщики (Trematoda), ленточные черви (Cestoda), круглые черви (Nematoda) и скребни (Acanthocephala).

Гельминтозы рыб, возбудителями которых являются трематоды, во взрослом состоянии паразитирующие в кишечнике, органах выделительной и кровеносной системы рыбадных птиц, называются трематодозами. В исследованном материале распространенными являются трематоды рода *Diplostomum*, вызывающие диплостомозис. Паразиты отмечены у сизой, серебристой, озерной и малой чаек, клуши, полярной крачки, скопы, большой и серошекой поганок, среднего крохалея. Трематоды *Apophallus muehlingi* – причина апофалезиса (гельминты зарегистрированы у малой и сизой чаек).

Цестодозы – заболевания, возбудителями которых являются плоские черви, относящиеся к классу цестод. Наибольшее значение в исследованном материале имеют заболевания: диботрицефалезис (цестоды рода *Dibothriocephalus* отмечены у речной крачки, серебристой, сизой чаек), лигулез (цестоды рода *Ligula* паразитируют у среднего крохалея, серошекой поганки, большого баклана, серебристой чайки), шистоцефалезис (цестоды рода *Schistocephalus* найдены у речной крачки).

Нематодозами называют заболевания, возбудителями которых являются представители круглых червей *Nematoda*. В исследованном материале у большого баклана обнаружены анизакидные нематоды рода *Contracaecum*, которые вызывают анизокидозис.

Среди скребней виды рода *Corynosoma* могут вызывать патогенное заболевание – коринозомоз – у разводимых на фермах пушных зверей (лис, песцов, норок) при кормлении зараженной рыбой. В исследованном материале акантоцефалы этого рода отмечены у серебристой и сизой чаек, речной крачки.

В целом, эпизоотическая ситуация по гельминтам рыбадных птиц в исследованном районе не вызывает опасений из-за низких показателей зараженности. Однако необходим мониторинг динамики гельминтофауны птиц, а также контроль зараженности промежуточных хозяев разных уровней.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (№ 0221-2017-0042) и гранта Президента РФ (МК-1212.2019.4).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОЙ ЖИВОРОДКИ *VIVIPARUS VIVIPARUS* L. В НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Л. В. Яныгина

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул,
Алтайский государственный университет, г. Барнаул, uap_lv@mail.ru*

Речная живородка *Viviparus viviparus* L. – наиболее активно расселяющийся в водохранилищах и реках Обь-Иртышского бассейна чужеродный вид моллюсков. Наиболее высокая встречаемость, численность и биомасса живородок на освоенной ими части бассейна отмечены в Новосибирском водохранилище. Однако распределение моллюсков в водохранилище очень неравномерно: на отдельных участках они образуют крупные скопления, биомас-

са которых может достигать 16,4 кг/м², на других – отсутствуют (Яныгина, Визер, 2018). Цель данной работы – выявить основные факторы пространственного распределения речной живородки в Новосибирском водохранилище для прогнозирования возможных сценариев ее дальнейшего распространения в бассейне.

Для оценки взаимосвязи различных экологических факторов с популяционными характеристиками *V. viviparus* была выполнена классификация факторов с использованием метода главных компонент. Для анализа было отобрано 22 фактора (в том числе температура, прозрачность, глубина, pH, жесткость; концентрация Ca²⁺, Mg²⁺, O₂, нефтепродуктов, соединений азота, фосфора, а также БПК₅ и ХПК). В результате анализа выделены четыре главные компоненты (ГК), в сумме охватывающие 77,9% общей дисперсии. Статистически значимые ($p < 0,05$) коэффициенты корреляции численности и биомассы *V. viviparus* отмечены только с ГК3, включающей факторы, отражающие содержание органических веществ в воде.

Дополнительно был выполнен однофакторный дисперсионный анализ. В качестве независимых переменных использовали нормированные значения численности и биомассы живородки, в качестве предикторов – тип субстрата, глубину, содержание кислорода, БПК₅, уровень развития фитопланктона (по хлорофиллу *a*), расположение участка. Среди всех названных факторов только расположение участка статистически значимо объясняло изменчивость значений численности (множественная $R = 0,51$, $F = 17,1$, $p < 0,0001$) и биомассы *V. viviparus* (множественная $R = 0,54$, $F = 19,6$, $p < 0,0001$) между станциями. Несмотря на имеющиеся сведения о способности живородок к фильтрационному питанию, дисперсионный анализ показал отсутствие статистически значимых связей изменчивости ее численности (множественная $R = 0,24$, $F = 0,69$, $p = 0,51$) и биомассы (множественная $R = 0,10$, $F = 0,11$, $p = 0,89$) с динамикой концентрации хлорофилла *a* (Яныгина, Котовщиков, 2018). Можно предположить, что содержание фитопланктона не является значимым фактором пространственного распределения живородки в водохранилище.

Таким образом, несмотря на многолетнюю (более 20 лет) историю расселения моллюсков в водохранилище, близость участка к зоне первичной инвазии, по всей вероятности, до сих пор

является наиболее значимым фактором их пространственного распределения. Существенное влияние на пространственную неоднородность распределения *V. viviparus* в Новосибирском водохранилище оказывает также содержание в воде органических веществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-04-01001). Автор выражает благодарность сотрудникам ФГУ «ВерхнеОбьрегионводхоз» за предоставленные гидрохимические данные и к. б. н. А. В. Котовщикову (ИВЭП СО РАН) за данные по БПК₅, содержанию кислорода и хлорофилла а в воде.

МЕЖВИДОВАЯ ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ЗАРОДЫШЕВЫХ КЛЕТОК У СИГОВЫХ РЫБ – МЕТОД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕТЧАТОЙ ЭВОЛЮЦИИ, СОХРАНЕНИЯ ВИДОВ И ПОПУЛЯЦИЙ, СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АКВАКУЛЬТУР

**В. М. Яхненко¹, Л. В. Суханова¹, В. В. Смирнов²,
Н. С. Смирнова¹, Е. Ю. Трофимова³, С. М. Семенченко⁴,
Н. В. Смешливая⁴, Ю. П. Сапожникова⁴, М. Л. Тягун¹,
Л. А. Глызин¹, О. Ю. Глызина¹**

¹ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия,

²ФГБУН Байкальский музей ИИЦ СО РАН., пос. Листвянка, Россия,

³Иркутский государственный университет, Россия,

⁴Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), Россия,

e-mail: lsukhanova@lin.irk.ru

Межвидовая трансплантация клеток зародышевого пути (germ cell transplantation – GCT) – инновационная молекулярная биотехнология, позволяющая сохранять биоразнообразие, подсаживая рыбе-реципиенту клетки зародышевого пути донорного сохраняемого организма, в том числе, и криосохраненные, которые далее развиваются в нем в полноценные половые продукты; оптимизировать многие моменты содержания рыб в искусственных условиях; более эффективно использовать маточный организм, поскольку в качестве реципиента подбирают виды легко содержащиеся в неволе, быстро достигающие

половой зрелости, имеющие небольшие размеры. ГСТ перспективна для сиговых рыб, так как позволит в короткие сроки: а) проводить в лабораторно-аквариальных условиях сравнительные экспериментальные исследования на видах и популяциях разной степени дивергенции, изучая процессы гибридизации и поглотительного скрещивания, эпигенетические механизмы наследования комплексом методов (цитогенетика, различные омики, поведение); б) вести отбор/создавать перспективные формы сиговых для индустриальной аквакультуры, которая все еще находится в зачаточном состоянии в глобальных масштабах, но будет стремительно развиваться, поскольку урожайность этих хозяйственно ценных видов рыб в природных водоемах неуклонно уменьшается в связи с климатическими изменениями и антропогенным прессом и больше не может удовлетворять требованиям рынка; в) сохранять исчезающие виды и популяции.

В условиях УЗВ, начиная со стадии оплодотворенной икры в идентичных условиях содержания, выращены особи тугуна, пеляди и их гибридов. Выявлены преимущества использования тугуна как вида реципиента – получены особи, находящиеся на стадии развития, оптимальной для последующей стерилизации и ГСТ.

Проведены эксперименты по выделению и криосохранению гоний рыб-доноров 1-го и 2-го годов жизни. А именно, отработаны методы криоконсервации в жидком азоте: а) диссоциированных гоний взрослых рыб, полученных путем механической и ферментативной диссоциации гонад, сопровождаемой стадией отбора клеток с использованием ступенчатого градиента плотности перколлы; б) целых гонад сиговых рыб на ранних стадиях развития.

Отработаны цитологические методы визуализации гоний (комбинация методов световой и флюоресцентной микроскопии) в целых гонадах и клеточных суспензиях до и после криоконсервации в жидком азоте.

Работа выполнена по государственному заданию № 0345-2016-0002 «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии в условиях глобальных экологических изменений» на базе уникальной научной установки «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» ЛИИ СО РАН и в рамках грантов РФФИ № 17-44-388081; 17-44-388106.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ БЕРЕГОВ УСТЬЕВОЙ ЗОНЫ РЕКИ ПРЕГОЛЯ: ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ БИОТЫ

**М. А. Герб, О. В. Кочешкова, А. А. Володина, Ю. Ю. Полунина,
Е. К. Ланге**

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

Река Преголя (бассейн Балтийского моря) относится к медленнотекущим равнинным средним рекам длиной около 120 км. В ее нижнем течении расположен г. Калининград с развитым промышленным производством, крупными международными портами и другой активной хозяйственной деятельностью. Это определяет значительный антропогенный пресс на устьевую область реки, которая характеризуется динамическим взаимодействием морских и речных вод, где формируются уникальные биологические сообщества, играющие значительную роль в функционировании экосистемы всей реки.

Существенная трансформация участка реки в черте г. Калининграда произошла в период 2015–2018 гг.: строительство стадиона на острове между рукавами реки, реконструкция и бетонирование набережных, строительство мостов, отсыпка берегов. Это привело к почти полному сведению прибрежно-водной растительности, изменению прибрежной территории и донных биотопов в районе работ. Ранее здесь отмечалось высокое разнообразие планктона, бентоса и водной растительности (Биологические..., 2013). После масштабного гидротехнического преобразования в береговой зоне были выявлены некоторые изменения структурных и количественных показателей биологических сообществ, что может привести к изменениям функционирования экосистемы устьевой области реки в целом.

По данным вегетационных сезонов 2018–2019 гг. получены некоторые сведения о современной структуре планктона, бентоса и растительных сообществ. Выявлены особенности распределения зарослей макрофитов после трансформации береговой зоны: почти полное отсутствие прибрежно-водных сообществ (тростниковых;

осоковых; гигрофильного разнотравья). Деградация водных кувшинко-кубышковых, рдестовых, роголистниковых сообществ, наблюдаемая сразу после антропогенных изменений береговой зоны, в 2019 г. сменяется процессами восстановления. Общая численность зоопланктона в медиальной части реки существенно не изменилась, в сравнении с показателями до воздействия на прибрежный биотоп, однако, видовой состав сократился за счет видов, приуроченных к обитанию в зарослях макрофитов (напр., *Sida crystallina*, *Acroperus harpae* и др.).

Результаты, полученные в данном исследовании, необходимы для дальнейшего планирования, оптимизации и снижения техногенных нагрузок на экосистему реки в случае возникающих конфликтов природоохранных и хозяйственных интересов при освоении прирусловых территорий.

Работы выполнены в рамках госзадания ИОРАН 0149-2019-0013 и при поддержке гранта РФФИ № 19-45-390006 р_а.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Б. В. Адамович, Т. В. Жукова, З. А. Ничипорович, Н. В. Дубко, Ю. К. Верес, А. А. Жукова.</i> УГЛЕРОДНЫЙ БЮДЖЕТ ОЗЕРА НАРОЧЬ (БЕЛАРУСЬ)	3
<i>Т. Г. Акатьева.</i> МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ ТОБОЛ В ПРЕДЕЛАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	4
<i>Д. В. Аксенов-Грибанов, Е. В. Переляева, А. С. Остяк, У. А. Васильева, Е. П. Щапова, Е. С. Протасов, М. Д. Краснова, Е. Д. Золотовская, Ю. А. Лубяга, К. П. Верещагина, М. А. Тимофеев.</i> ОЦЕНКА МИКРОБНОГО РАЗНООБРАЗИЯ В ГЕМОЛИМФЕ И ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД	6
<i>М. Ю. Алексеев, А. В. Зубченко, А. М. Николаев, Н. В. Ильмаст, Е. Н. Распутина.</i> ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ РАССЕЛЕНИЯ И ТЕМПА РОСТА МОЛОДИ СЕМГИ ОТ КАЧЕСТВА ВЫРОСТНЫХ УЧАСТКОВ	8
<i>О. А. Алешина, А. В. Градова, Д. В. Усламин.</i> СОСТОЯНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА В ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ НП И ТМ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ	10
<i>В. М. Амосова, Т. Г. Васильева.</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ БАЛТИЙСКОГО ШПРОТА	11
<i>П. Ю. Андрущенко, И. В. Зуев, Т. А. Зотина.</i> СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ОТНОШЕНИЯ ДЛИНА/ МАССА СИБИРСКОГО ХАРИУСА (<i>THYMALLUS ARCTICUS</i>), ОБИТАЮЩЕГО В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ЕНИСЕЙ	13
<i>Л. В. Аникиева.</i> ЛОСОСЕОБРАЗНЫЕ В СИСТЕМЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ПАРАЗИТОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ КОРЮШКИ <i>OSMERUS EPERLANUS</i> (L.)	15
<i>О. В. Анищенко, Е. А. Иванова, А. В. Дроботов, А. А. Колмакова, И. В. Зуев.</i> НАКОПЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАКРОФИТАМИ (<i>РОТАМОГЕТОН РЕСТИНАТУС</i> L. И <i>PHRAGMITES AUSTRALIS</i> L.) В ВОДОЕМАХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ МИНЕРАЛИЗАЦИИ	16

<i>Е. В. Ануфриева, Н. В. Шадрин.</i> КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ARTEMIA SPP. В ВОДОЕМАХ КРЫМА	18
<i>А. Г. Архипов, Р. А. Пак.</i> ИХТИОПЛАНКТОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКИ	20
<i>А. Г. Архипов, К. В. Бандурин.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫБОЛОВСТВА В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ	22
<i>Д. Ф. Афанасьев.</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА АЗОВСКОГО МОРЯ	24
<i>О. В. Баджаева, Н. А. Каниева.</i> ХАРАКТЕР МОРФО- ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОРГАНИЗМЕ РЫБ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ	25
<i>Н. В. Базова, А. В. Базов.</i> ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЕКОВОГО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РЕКЕ СЕЛЕНГЕ (1919–2019 гг.)	27
<i>Е. Н. Бакаева, Н. А. Игнатова, М. Н. Тарадайко, А. Ю. Запорожцева.</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭКОТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ВОДОТОКОВ	29
<i>И. А. Барышев.</i> ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ДИНАМИКИ МАКРОЗООБЕНТОСА РЕК ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ	31
<i>А. В. Барышников, И. И. Лыжов, В. А. Мухин, В. Ю. Новиков, К. С. Рысакова, О. Р. Узбекова.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЛАГЕНОВ ПОЙКИЛОТЕРМНЫХ ОРГАНИЗМОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	33
<i>М. А. Батурина, О. А. Макаревич, И. А. Кайгородова, Т. В. Жукова, Б. В. Адамович.</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АННЕЛИД (ANNELIDA) В ОЗЕРАХ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ШИРОТ	34
<i>М. А. Батурина, О. А. Лоскутова.</i> ОЦЕНКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОЛИГОХЕТ ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ	36

<i>А. С. Безбородов.</i> ОБ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЧЕШСКО-ПЕЧОРСКОЙ СЕЛЬДИ В ЧЕШСКОЙ ГУБЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 1970–2018 гг.	38
<i>Д. М. Безматерных, В. В. Кириллов, Н. И. Ермолаева, Л. М. Киприянова, Л. В. Яныгина, Е. Ю. Митрофанова, О. Н. Вдовина, Е. Ю. Зарубина, С. Н. Балыкин, М. И. Ковешников, А. В. Дьяченко, Г. М. Медникова, А. В. Котовицкиев.</i> ВЛИЯНИЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ЭКОСИСТЕМУ МАНЖЕРОКСКОГО ОЗЕРА (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)	39
<i>Т. А. Белевич, Л. В. Ильяхи.</i> ОБИЛИЕ ПИКОФИТОПЛАНКТОНА В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД	41
<i>О. А. Беленикина, В. И. Капков.</i> АКВАКУЛЬТУРА КРАСНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД	42
<i>Н. А. Березина.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМФИПОД ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН БАЛТИЙСКОГО МОРЯ)	44
<i>В. В. Богатов.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	46
<i>Э. И. Бознак, Р. Р. Рафииков.</i> ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ИНВАЗИВНОЙ ПОПУЛЯЦИИ УКЛЕЙКИ ALBURNUS ALBURNUS (LINNAEUS, 1758) ИЗ БАССЕЙНА РЕКИ ПЕЧОРЫ	47
<i>Г. Н. Болобаницикова, Д. Ю. Rogozин.</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА ЗАПОВЕДНОГО (ЭВЕНКИЯ, РОССИЯ)	49
<i>С. Э. Болотов.</i> ДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И БИОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕГУЛЯЦИИ ГОМЕОСТАЗА ЭКОТОННЫХ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ	52
<i>Н. Л. Болотова, О. Г. Лопичева.</i> БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ БЕЛОМОРСКО-БАЛТИЙСКОГО КАНАЛА КАК ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	54
<i>Е. В. Борисова, А. П. Толмеев, А. В. Дроботов, Н. Н. Суццик.</i> ВЫЛЕТ ХИРОНОМИД (CHIRONOMIDAE, DIPTERA) ИЗ ОЗЕРА КАК ИСТОЧНИК ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И НЕЗАМЕНИМЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ГОРНЫХ И СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГА СИБИРИ	56

<i>А. Г. Бороздина, М. В. Еремина.</i> БЕНТОСНЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ ПЯСИНСКОГО ЗАЛИВА	57
<i>Н. А. Бочкарёв, Е. И. Зуйкова, М. М. Соловьёв.</i> ФИЛОГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ПЫЖЬЯНОВИДНЫХ СИГОВ <i>COREGONUS LAVARETUS</i> ЕВРАЗИИ НА ОСНОВЕ ГЕНА <i>ND1</i> мтДНК.	59
<i>Т. Г. Бурдуковская.</i> ПАРАЗИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ <i>АСНТНЕРЕС ПЕРКАРИУМ</i> У ОКУНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ВОДОЕМА И ДЛИНЫ СВЕТОВОГО ДНЯ	62
<i>Ж. Ф. Бусева, М. В. Плюта.</i> ВЛИЯНИЕ МОЛОДИ РЫБ ВОЗРАСТА 0+ НА СТРУКТУРУ ЛИТОРАЛЬНОГО ЗООПЛАНКТОНА В МЕЗОТРОФНОМ ОЗЕРЕ (БЕЛАРУСЬ).	64
<i>Ж. Ф. Бусева, Е. А. Сысова, К. В. Мяжкова.</i> ЕСТЕСТВЕННАЯ СМЕРТНОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА В СИСТЕМЕ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЛУКОМЛЬСКОЙ ГРЭС (БЕЛАРУСЬ) И ФАКТОРЫ, ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ	66
<i>К. А. Быстрова, С. А. Мурзина, Е. П. Иешко.</i> ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИСТ И МЕТАМОРФОЗА ПРЕСНОВОДНОЙ ЖЕМЧУЖНИЦЫ (<i>MARGARITIFERA MARGARITIFERA</i>) НА МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR L.</i>) В РЕКАХ БАССЕЙНА БЕЛОГО МОРЯ	68
<i>С. А. Валькова.</i> ХИРОНОМИДЫ МАЛЫХ ОЗЕР ХИБИНСКОГО ГОРНОГО МАССИВА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).	69
<i>Т. Г. Васильева, Ф. А. Патокина.</i> МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И СПЕКТРА ПИТАНИЯ ШПРОТА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 1992–2017 гг.	71
<i>А. В. Ващенко, Т. И. Широколобова, М. А. Болтенкова, В. В. Водопьянова, Т. М. Максимовская.</i> БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ДВУХ ФЬОРДОВ ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН	73
<i>В. Б. Вербицкий, С. А. Курбатова, Н. А. Березина, Л. Г. Корнева, А. Н. Шаров, И. Ю. Ершов, О. А. Мальшева, Я. В. Русских, Е. Н. Чернова.</i> РЕАКЦИИ ВОДНЫХ РАКООБРАЗНЫХ И ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ НА ПРИСУТСТВИЕ ТОКСИГЕННЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ЭЛУДЕИ В МЕЗОКОСМАХ	75

<i>А. Е. Веселов, Д. А. Ефремов, М. А. Ручьев.</i> ВОСПРОИЗВОДСТВО ПРЭСНОВОДНОЙ ФОРМЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ SALMO SALAR L. В ЗАПОВЕДНИКЕ «КОСТОМУКШСКИЙ»	76
<i>А. Е. Веселов, М. А. Скоробогатов.</i> ВЛИЯНИЕ ЗАРЕГУЛИРОВАННОСТИ СТОКА РЕКИ ТОХМЫ (БАССЕЙН ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА) НА ВОСПРОИЗВОДСТВО ПРЭСНОВОДНОЙ ФОРМЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ SALMO SALAR L. И КУМЖИ SALMO TRUTTA L.	78
<i>Л. В. Веснина.</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖАБРОНОГО РАЧКА АРТЕМИИ В ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	80
<i>Л. В. Веснина, Т. О. Ронжина, Г. В. Лукерина, Д. А. Сурков.</i> МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	82
<i>Н. М. Вецлер.</i> МНОГОЛЕТНИЕ ТЕНДЕНЦИИ В ИЗМЕНЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ НЕРКИ ОЗЕРА ДАЛЬНЕЕ (КАМЧАТКА) И СТРУКТУРЫ ЕЕ ПОПУЛЯЦИИ	84
<i>Н. В. Винокурова, Е. А. Калинина.</i> РАЗНООБРАЗИЕ ХРОМОСОМНОГО ИНВЕРСИОННОГО ПОЛИМОРФИЗМА GLYPTOTENDIPES GLAUCUS (MEIGEN, 1818) И СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ГРУНТЕ ОЗЕРА ЧАЙКА (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)	86
<i>И. А. Витковская, Е. В. Борисова, Н. Н. Суцук.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ И НЕЗАМЕНИМЫХ ПОЛИНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ НА СУШЕ ПРИ ВЫЛЕТЕ АМФИБИОНТНЫХ НАСЕКОМЫХ ИЗ СОЛЕННОГО ОЗЕРА ЮГА СИБИРИ	88
<i>А. А. Володина, Е. Е. Ежова.</i> КАРТИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОБЕНТОСА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ	89
<i>Е. Ю. Воякина.</i> СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕР ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА	91
<i>В. П. Воронин, С. А. Мурзина, С. Н. Пеккоева, З. А. Нефёдова, Н. Н. Немова.</i> СРАВНИТЕЛЬНО-ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИПИДНОГО И ЖИРНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ В ПРОЦЕССЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (SALMO SALAR L.) И КУМЖИ (SALMO TRUTTA L.)	92

<i>Р. У. Высоцкая, Н. М. Калинкина, А. П. Георгиев.</i> НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЯХ АМФИПОД ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	94
<i>Р. У. Высоцкая, Е. А. Буэй, Д. Л. Лайус.</i> ЛИЗОСОМАЛЬНЫЕ ФЕРМЕНТЫ В РАННЕМ РАЗВИТИИ КОЛЮШКИ <i>GASTEROSTEUS ACULEATUS</i> ИЗ РАЗНЫХ АКВАТОРИЙ БЕЛОГО МОРЯ	96
<i>В. А. Габышев.</i> НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ТРАНСФОРМАЦИЙ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ОТСУТСТВИИ ДОЛГОСРОЧНЫХ МОНИТОРИНГОВЫХ ДАННЫХ	98
<i>Д. Е. Гаврилко, Д. С. Ручкин, А. А. Колесников.</i> ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ЗАРОСЛЕЙ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ВОДОТОКОВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)	99
<i>Ю. В. Герасимов.</i> ИЗМЕНЕНИЯ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ ВОДОЕМОВ УМЕРЕННОЙ ЗОНЫ ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА	101
<i>Ю. В. Герасимов, М. И. Малин, Ю. И. Соломатин, М. И. Базаров, С. Ю. Бражник.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СТРУКТУРА РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА В 1980-е И 2010-е гг.	103
<i>А. В. Герасимова, Н. В. Максимович, Н. А. Филиппова.</i> ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫЖИВАНИЯ В ПОСЕЛЕНИЯХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В УСЛОВИЯХ НЕНАРУШЕННОЙ СРЕДЫ.	105
<i>М. А. Герб, А. А. Володина.</i> ГИГРОФИЛЬНАЯ ФЛОРА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ВОПРОСЫ ОХРАНЫ	107
<i>М. И. Гладышев.</i> ТРОФИЧЕСКИЕ СЕТИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОНЦЕПЦИИ.	108
<i>Л. А. Глуценко.</i> ФИТОПЛАНКТОН ПЕРИОДА ФОРМИРОВАНИЯ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	109

<i>О. Ю. Глызина, Г. А. Федорова, Т. Н. Авезова, Е. А. Константинова, Л. А. Глызин, В. Б. Ицкович.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА <i>LUBOMIRSKIA VAICALENSIS</i> (PALLAS) В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.	111
<i>Л. В. Головатюк, Т. Д. Зинченко.</i> СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА И ПРОДУКЦИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА СОЛЕНОЙ РЕКИ БОЛЬШОЙ САМОРОДЫ (БАСЕЙН ОЗЕРА ЭЛЬТОН)	113
<i>М. С. Голубков, С. М. Голубков.</i> ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССА ЭВТРОФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЭСТУАРИЯ РЕКИ НЕВЫ	115
<i>С. М. Голубков.</i> ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ И ЭВТРОФИРОВАНИЕ ВОДОЕМОВ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД.	116
<i>М. П. Грушко, Н. Н. Федорова, В. А. Ижерская.</i> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КРАСНОПЕРКИ (<i>SCARDINIUS ERYTHRORHYNCHALMUS</i>) В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ	118
<i>Ю. И. Губелит, Н. А. Березина, Ю. М. Поляк, Т. Д. Шигаева, Л. Г. Бакина, В. А. Кудрявцева.</i> «ЗЕЛЕНЬЕ ПРИЛИВЫ» В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА – ДИНАМИКА И ПОСЛЕДСТВИЯ	120
<i>А. А. Гусев.</i> РОЛЬ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ДИНАМИКЕ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА <i>LIMESOLA VALTINICA</i> (LINNAEUS, 1758) В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	122
<i>В. А. Даувальтер.</i> РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ПРЕСНЫХ ВОД АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ	124
<i>Ю. Ю. Дгебуадзе.</i> РОЛЬ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В ТРОФИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ.	126
<i>Н. Е. Демерецкиене.</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В СВЯЗИ С ЕГО СЕЗОННЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ	128
<i>А. С. Демчук, С. М. Голубков.</i> ПИТАНИЕ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ ПРИБРЕЖЬЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	130

<i>А. С. Демчук, М. В. Иванов, Т. С. Иванова, Д. Л. Лайус.</i> ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ МАЛЬКОВ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ <i>GASTEROSTEUS ACULEATUS</i> (LINNAEUS, 1758) В РАЗНЫХ БИОТОПАХ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ	132
<i>Н. В. Денисенко.</i> РАЗНООБРАЗИЕ МШАНОК В МОРЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА И ИХ РОЛЬ В ДОННЫХ СООБЩЕСТВАХ	134
<i>Д. Б. Денисов.</i> ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОЕМОВ АРКТИКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	136
<i>О. Ю. Деревенская, Н. М. Мингазова, Е. Н. Унковская.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ	137
<i>Е. А. Джаяни.</i> МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА РУСЛОВЫХ ПЛЕСОВ ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ	139
<i>Д. А. Дмитриева.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА КОНДОПОЖСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	141
<i>Д. А. Дмитриева.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТА ЖЕРЕХА (<i>ASPIUS ASPIUS</i> L.) В МОЛОЖСКОМ ЗАЛИВЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	142
<i>О. А. Дмитриева, А. С. Семенова, Л. В. Рудинская, К. А. Подгорный, А. А. Гусев.</i> МАССОВЫЕ ВИДЫ-ВСЕЛЕНЦЫ ПЛАНКТОННЫХ И БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	144
<i>А. В. Долгов, К. М. Соколов.</i> РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПИНРО В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОДАХ В 1995–2018 гг.	146
<i>М. А. Дорогин, А. М. Визер.</i> РОЛЬ РЫБ-АККЛИМАТИЗАНТОВ В ФОРМИРОВАНИИ ИХТИОФАУНЫ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	147

<i>О. П. Дубовская, А. П. Толмеев, Г. Кириллин, Ж. Ф. Бусева, М. И. Гладышев.</i> ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ В ВОДНОМ СТОЛБЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ НЕХИЩНОЙ СМЕРТНОСТИ ЗООПЛАНКТОНА МЕТОДОМ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ЛОВУШЕК: МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И ЭМПИРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА.	149
<i>Е. Е. Ежова, Е. А. Боровикова.</i> КСЕНОРАЗНООБРАЗИЕ БИОТЫ ЮЖНОЙ БАЛТИКИ (РОССИЙСКАЯ ЗОНА): СОСТАВ, ФОРМИРОВАНИЕ, ПУТИ И ВЕКТОРЫ ВСЕЛЕНИЯ . . .	150
<i>Н. И. Ермолаева, Е. Ю. Зарубина, В. Д. Страховенко.</i> РОЛЬ ГИДРОБИОНТОВ В ФОРМИРОВАНИИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОЗЕРАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	152
<i>Н. И. Ермолаева, Г. В. Феттер.</i> ВЛИЯНИЕ ЗОНАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРУ ЗООПЛАНКТОНА МАЛЫХ ОЗЕР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ . . .	154
<i>В. П. Ермолин.</i> ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОХОДНОЙ ВОЛЖСКО-КАСПИЙСКОЙ СЕЛЬДИ, ПРОНИКАЮЩЕЙ В ВОЛГОГРАДСКОЕ И САРАТОВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩА	156
<i>И. О. Еропова, В. В. Тахтеев, Н. А. Рожкова.</i> ФАУНА И СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ ГОРНЫХ ВОДОТОКОВ СЕВЕРНОГО МАКРОСКЛОНА ХРЕБТА ХАМАР-ДАБАН (ПРИБАЙКАЛЬЕ) . . .	157
<i>Л. А. Живоглядова, В. С. Лабай, Д. С. Даирова.</i> СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА РИТРАЛИ «ЛОСОСЕВЫХ» РЕК ЮГА САХАЛИНА НА ПРИМЕРЕ ПРИТОКОВ РЕКИ ЛЮТОГИ	159
<i>Н. В. Жукова.</i> ЭВОЛЮЦИОННАЯ ИННОВАЦИЯ: СИМБИОЗ ГОЛОЖАБЕРНОГО МОЛЛЮСКА С ПРОКАРИОТАМИ, ЦИАНОБАКТЕРИЯМИ И АКТИНОМИЦЕТАМИ	161
<i>Е. С. Задереев.</i> ХИМИЧЕСКИЕ КОММУНИКАЦИИ В ПОПУЛЯЦИЯХ ПЛАНКТОННЫХ ЖИВОТНЫХ	163
<i>Е. Ю. Зарубина, Г. В. Феттер.</i> ПРОЦЕССЫ ПРОДУКЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ГОРНЫХ ОЗЕРАХ РУССКОГО АЛТАЯ.	165

<i>Е. А. Зилов, М. Л. Кострикина, Л. С. Крайчук, Е. В. Пислегина, О. О. Русановская, С. В. Шимараева.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ ПО ДАННЫМ ДОЛГОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА	167
<i>Т. Д. Зинченко, В. К. Шитиков.</i> СТРУКТУРА ПЛАНКТОННЫХ И ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ РЕК БАСЕЙНА ГИПЕРГАЛИННОГО ОЗЕРА ЭЛЬТОН: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ	169
<i>Е. М. Зубова, Н. А. Кацулин, П. М. Терентьев.</i> ОСНОВНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГА <i>COREGONUS LAVARETUS L.</i> В ВОДОЕМАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	170
<i>А. В. Зубченко, С. В. Прусов, М. Ю. Алексеев.</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR L.</i>) В РЕКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ СЪЕМОК ПЛОТНОСТИ МОЛОДИ	172
<i>Ю. А. Зуев, Н. В. Зуева, А. Е. Лапенков.</i> ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЛУЗАМКНУТОЙ БУХТЫ СЕВЕРНОЙ ЛАДОГИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЫБОРАЗВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА	174
<i>Н. В. Зуева, В. Г. Сергеева.</i> БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МАКРОФИТОВ В РЕКАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ	176
<i>В. В. Зыков.</i> ФОТОПИГМЕНТЫ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА УЧУМ (ЮЖНАЯ СИБИРЬ) КАК ОТРАЖЕНИЕ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЦИРКУЛЯЦИИ ОЗЕРА В ПРОШЛОМ	178
<i>А. Г. Ибрагимова, Л. А. Фролова, Н. А. Белкина, М. С. Потахин, Д. А. Субетто.</i> РЕЦЕНТНЫЙ СОСТАВ <i>CLADOCERA</i> ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ЮЖНОГО ХАУГИЛАМПИ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ).	180
<i>М. В. Иванов, Е. В. Надточий, Т. С. Иванова, Д. Л. Лайус.</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ <i>GASTEROSTEU SACULEATUS L.</i> В БЕЛОМ МОРЕ	181
<i>Е. А. Иванова, И. И. Морозова, Л. А. Чичканова.</i> ВЛИЯНИЕ АКВАКУЛЬТУРЫ НА ФИТОПЛАНКТОН УЧАСТКА РЕКИ	183

<i>К. Н. Изичева, И. В. Филоненко.</i> GMELINOIDES FASCIATUS STEB. В ВОДОЕМАХ ВОЛГО-БАЛТИЙСКОЙ И СЕВЕРО-ДВИНСКОЙ ВОДНЫХ СИСТЕМ	185
<i>Н. В. Ильмаст, Н. А. Бочкарев, Д. С. Сендек, М. Ю. Алексеев, Е. И. Зуйкова, Д. С. Савосин, Н. П. Милянчук.</i> ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИГОВ РЯДА ВОДОЕМОВ КАРЕЛИИ И МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	187
<i>Н. В. Ильмаст, Н. А. Бочкарев, Д. С. Сендек, Е. И. Зуйкова, Я. А. Кучко.</i> СИГОВЫЕ РЫБЫ ОЗЕРА КАМЕННОГО (БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ)	188
<i>Л. В. Ильяш, Т. А. Белевич.</i> ПИКОЦИАНОБАКТЕРИИ АРКТИЧЕСКОГО ПЛАНКТОНА: ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В КАРСКОМ, ЛАПТЕВА И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ МОРЯХ.	190
<i>Е. А. Интересова.</i> ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ В СТРУКТУРЕ НАСЕЛЕНИЯ РЫБ ПРИТОКОВ СРЕДНЕЙ ОБИ	191
<i>Е. А. Интересова, И. Б. Бабкина, В. В. Суляев, А. Н. Блохин, С. Н. Решетникова, А. М. Бабкин, Н. А. Колесов.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛОВОГО СТАДА СТЕРЛЯДИ ACIPENSER RUTHENUS L. В БАССЕЙНЕ СРЕДНЕЙ ОБИ (В ПРЕДЕЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)	193
<i>М. Ц. Итигилова.</i> ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МЕЗОТРОФНОГО СТРАТИФИЦИРОВАННОГО ОЗЕРА АРАХЛЕЙ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)	195
<i>Т. И. Казанцева, А. Ф. Алимов, Б. В. Адамович.</i> АНАЛИЗ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР ЗА 1978–2015 гг. МЕТОДОМ SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS (SSA, ИЛИ «ГУСЕНИЦА»)	197
<i>В. О. Калинина, М. А. Бердиева.</i> СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНОЙ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ PROROCENTRUM MINIMUM (DINORHUCEAE)	199
<i>Н. М. Калининна.</i> БИОТЕСТИРОВАНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	200
<i>Н. П. Канцерова, Л. А. Лысенко, И. В. Суховская, М. В. Чурова, Н. Н. Фокина, А. Н. Паршуков.</i> ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК В СОСТАВЕ КОМБИКОРМА НА РОСТ И ФИЗИОЛОГИЮ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ	202

<i>О. А. Капитонова.</i> МАТЕРИАЛЫ К СИНТАКСОНОМИИ И ЭКОЛОГИИ <i>PHRAGMITES ALTISSIMUS</i> (РОАСЕАЕ)	204
<i>Л. И. Карамушко.</i> АДАПТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У РЫБ ПРИ ЖИЗНИ В ПОЛЯРНЫХ УСЛОВИЯХ	205
<i>О. В. Карамушко, Й. Ш. Христиансен, И. Биркьедал.</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ИХТИОФАУНЫ ЗАЛИВОВ И ФИОРДОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ГРЕНЛАНДИИ	207
<i>Е. М. Карасева.</i> СЕЗОННЫЕ И МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ РАННИХ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ СТАДИЙ ШПРОТА В ГДАНЬСКОЙ ВПАДИНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	209
<i>Е. М. Карасева, А. С. Семенова, А. С. Зезера, И. В. Карпушевский.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦИФОИДНОЙ МЕДУЗЫ <i>AURELIA AURITA</i> И РАЧКОВОГО ЗООПЛАНКТОНА В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ В ОСЕННИЙ СЕЗОН	210
<i>И. А. Каргапольцева, Н. В. Холмогорова.</i> АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ РЕК ГОРОДА ИЖЕВСКА	212
<i>В. Я. Катаев, Е. А. Герасимова, А. О. Плотников.</i> ЦЕНТРОХЕЛИДНЫЕ СОЛНЕЧНИКИ (CENTROPLASTHELIDA, NARTUSTA) СОЛЕННЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДОЕМОВ РОССИИ	214
<i>Е. Н. Кашинская, Е. П. Симонов, М. М. Соловьев.</i> МИКРОБИОТА КОЖНЫХ ПОКРОВОВ СЕРЕБРЯНОГО КРАЯ <i>SARASSIUSGIBELIO</i> ПРИ ЭКТОПАРАЗИТОЗАХ	215
<i>Е. Н. Кашинская, Е. П. Симонов, М. М. Соловьев.</i> КИШЕЧНАЯ МИКРОБИОТА МОЛОДИ СИБИРСКОГО ОСЕТРА <i>ASCIPENSERBAERII</i> (УСТЬЕ РЕКИ КОЛЫМЫ, ЯКУТИЯ)	217
<i>Т. Н. Климова, И. В. Вдодович, П. С. Подрезова.</i> ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИХТИОПЛАНКТОНА ЧЕРНОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ НЕРЕСТОВЫЙ СЕЗОН 2018 г.	218

<i>Е. А. Ковалёв, Л. А. Живоглядова, Л. Н. Фроленко.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНВАЗИОННОГО ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА <i>ANADARA KAGOSHIMENSIS</i> (ТОКУНАГА, 1906) В АЗОВСКОМ МОРЕ	220
<i>А. И. Козлов, Т. В. Козлова, Н. А. Кузнецов, Н. П. Дмитриевич, Е. В. Нестерук, Ю. М. Гончарик.</i> ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ В ВОДОЕМАХ КОМПЛЕКСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БЕЛАРУСИ	222
<i>Т. В. Козлова, А. И. Козлов, Н. А. Кузнецов, Н. П. Дмитриевич, Е. В. Нестерук, Ю. М. Гончарик.</i> ФИТОПЛАНКТОН ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ	223
<i>О. В. Козлов, С. В. Аршевский, А. В. Павленко.</i> ВИДОВАЯ СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗОВ ОЗЕР КАК СТРУКТУРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ НЕКОТОРЫХ КАТЕГОРИЙ ООПТ.	225
<i>Н. А. Колесов, А. П. Кудюкин.</i> ПОПУЛЯЦИЯ СИБИРСКОГО ХАРИУСА <i>THYMALLUS ARCTICUS</i> РЕКИ СРЕДНЯЯ ТЕРСЬ	226
<i>О. В. Колмакова, Д. Нойбауэр, М. И. Гладышев, Г. П. Гроссарт.</i> ЭФФЕКТ ЗАТРАВКИ, ОКАЗЫВАЕМЫЙ МЕРТВЫМ ЗООПЛАНКТНОМ НА ПРОЦЕСС ДЕГРАДАЦИИ ТРУДНОРАЗЛАГАЕМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА	228
<i>В. А. Колозин.</i> НЕУЛОВИМЫЕ ВЕТВИСТОУСЫЕ (CRUSTACEA: CLADOCERA) ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.	230
<i>Е. С. Колпакова, В. Н. Носкова, Д. В. Матафонов, Н. В. Базова.</i> НОВЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЙ СООБЩЕСТВ ЗООБЕНТОСА ПРИБРЕЖНО-СОРОВОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ	232
<i>Г. Ф. Кольчугина.</i> ГЕНОТОКСИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКИ УРАЛ В РАЙОНЕ ГОРОДА НОВОТРОИЦКА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	234
<i>Е. П. Комарова, А. В. Гудимов, В. С. Свитина.</i> ОПЕРАТИВНЫЙ (ОН-ЛАЙН) БИОМОНИТОРИНГ В СИСТЕМЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ БИОИНДИКАЦИИ	236
<i>С. Ф. Комулайнен.</i> ФИТОПЕРИФИТОН ПРИТОКОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА: СТРУКТУРА, ДИНАМИКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ МОНИТОРИНГЕ	238

<i>С. Ф. Комулайнен, Т. П. Куликова, А. Н. Круглова, И. А. Барышев, А. В. Рябинкин, Е. В. Теканова.</i> ИСТОРИЯ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ	239
<i>Е. А. Кондакова, С. А. Мурзина, С. Н. Пеккоева, S. Falk-Petersen, Н. Н. Немова.</i> ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ <i>LEPTOCLINUS MACULATUS</i> – ПРЕДСТАВИТЕЛЯ АРКТИЧЕСКО-БАРЕАЛЬНОЙ ИХТИОФАУНЫ АКВАТОРИИ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН . . .	241
<i>М. А. Корентович, М. Н. Бронников.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ОСЕТРОВЫХ РЫБ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАНИРОВАНИЯ	243
<i>Л. Г. Корнева.</i> ДИНАМИКА РАЗНООБРАЗИЯ И СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ	245
<i>Н. М. Коровчинский, А. А. Котов.</i> О РОЛИ ЗООЛОГИИ В ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	247
<i>И. М. Королева, П. М. Терентьев.</i> РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СИГОВ СУБАРКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМОВ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ИМАНДРА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)	249
<i>Н. Б. Коростелев, Е. В. Ведищева, А. М. Орлов.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗРАСТА И РОСТА КЛЮВОРЫЛОЙ АНТИМОРЫ <i>ANTIMORA ROSTRATA</i> В ВОДАХ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ	250
<i>Б. Г. Котегов.</i> ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ И СОДЕРЖАНИЯ В НЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ ИОНОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ БИЛАТЕРАЛЬНЫХ СЧЕТНЫХ ПРИЗНАКОВ СЕЙСМОСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ ГОЛОВЫ У ПЛОТВЫ И РЕЧНОГО ОКУНЯ	252
<i>А. А. Котов, Д. Дж. Тэйлор.</i> ФИЛОГЕОГРАФИЯ НЕЙСТОННЫХ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ ПОДСЕМЕЙСТВА <i>SCAPHOLEBERINAE</i> (CLADOCERA: DAPHNIPIDAE)	254
<i>А. В. Котовицков.</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА В ВЕРХНЕЙ ОБИ	255
<i>О. В. Кочешкова.</i> ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ПОЛИХЕТ В УСЛОВИЯХ СОЛОНОВАТОЙ ЭВТРОФНОЙ ЛАГУНЫ (ВИСЛИНСКОЙ ЗАЛИВ, БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)	257

<i>А. А. Кочнева, Е. В. Борвинская, Д. С. Бедулина, П. Б. Дроздова.</i> ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ИНКУБАЦИИ ПРИ 40 °С НА СПЕКТР БЕЛКОВ ПЛЕРОЦЕРКОИДОВ SCHISTOSERPHALUS SOLIDUS	259
<i>Т. И. Кочурова.</i> МАКРОЗООБЕНТОС В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ВОИ (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	261
<i>Е. Д. Краснова.</i> ОТ МОРСКОГО ЗАЛИВА К ПРЕСНОМУ ОЗЕРУ: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СУКЦЕССИЯ В БЕЛОМОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ ВОДОЕМАХ ПРИ ПОДНЯТИИ БЕРЕГА	263
<i>К. В. Кренёва.</i> ИЗМЕНЕНИЯ СЕЗОННОГО ЦИКЛА РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА ПЛАНКТОННЫХ ИНФУЗОРИЙ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА И АЗОВСКОГО МОРЯ В 2018 г.	264
<i>М. Ю. Крупнова, Н. Н. Немова.</i> АКТИВНОСТЬ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ПРОТЕИНАЗ У МОЛОДИ КОЛЮШКИ (GASTEROSTEUS ACULEATUS LINNAEUS) БЕЛОГО МОРЯ	266
<i>А. В. Крылов, А. О. Айрапетян, Е. Г. Сахарова, Р. З. Сабитова, С. Э. Болотов, Ю. В. Герасимов, А. С. Мамян, Л. Р. Гамбарян, Б. К. Габриелян.</i> ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА СЕВАН (АРМЕНИЯ) НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЙ ИХТИОМАССЫ	267
<i>Е. Н. Крылова, Д. М. Безматерных.</i> ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ГЕОГРАФИЯ ОЛИГОХЕТ И ПИЯВОК БАССЕЙНА РЕКИ ОБИ	269
<i>Н. П. Кудикина, А. М. Ермаков, Э. А. Омельницкая, И. А. Скоробогатых.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОБИОНТОВ ДЛЯ ИНДИКАЦИИ ТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ СТЕРОИДНЫХ ГОРМОНОВ	271
<i>И. А. Кудрин, В. С. Жихарев, Т. В. Золотарева, Г. В. Шурганова.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ МАЛОЙ РЕКИ-ПРИТОКА ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	272
<i>И. Д. Кузнецова.</i> РОЛЬ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ В ФОРМИРОВАНИИ ПОТОМСТВА ЧЕРНОМОРСКО-АЗОВСКОЙ ПРОХОДНОЙ СЕЛЬДИ	274
<i>О. И. Кулакова, А. Г. Татаринов.</i> ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И НАСЕЛЕНИЕ ЛИЧИНОК СТРЕКОЗ (ODONATA) ВОДОЕМОВ ЮЖНОГО ТИМАНА	276

<i>А. Ю. Куличенко.</i> ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МАКРОЗООБЕНТОСА МЕЛКОВОДНОЙ ЧАСТИ СВИРСКОЙ ГУБЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА	278
<i>Е. А. Курашов, Ю. В. Крылова.</i> НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ МЕТАБОЛОМ ВОДНЫХ МАКРОФИТОВ: РОЛЬ МЕТАБОЛИТОВ И ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ	280
<i>С. Р. Курпе, И. В. Суховская, А. А. Кочнева, Н. Н. Фокина.</i> ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ГЛУТАТИОН-S-ТРАНСФЕРАЗЫ В ТКАНЯХ ПРЕСНОВОДНОГО ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА ANODONTA CYGNEA L ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНОВ Cd ²⁺ , Ni ²⁺ , Cu ²⁺	282
<i>Я. А. Кучко, Е. С. Савосин.</i> СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА И МАКРОЗООБЕНТОСА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ	284
<i>Д. Л. Лайус, А. А. Махров, Т. С. Иванова, М. В. Иванов.</i> ТРЕХИГЛАЯ КОЛЮШКА – УСПЕШНЫЙ ВИД В ЭПОХУ АНТРОПОЦЕНА?	286
<i>Е. К. Ланге.</i> РОЛЬ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩЕЙ ИНFUЗОРИИ MESODINIUM RUBRUM В ФИТОПЛАНКТОНЕ ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	288
<i>В. В. Ларионов.</i> ОСОБЕННОСТИ ГОДОВОЙ ДИНАМИКИ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ ФИТОПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ	289
<i>В. В. Ларионов, А. А. Олейник, Е. И. Дружкова, П. Р. Макаревич.</i> МИКРОВОДОРОСЛИ НА ГЛУБОКОВОДНОМ АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ: СТАДИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЛИ ОТЛОЖЕННАЯ СМЕРТЬ?	291
<i>Д. И. Лебедева, Г. А. Яковлева, А. А. Зотин.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕМАТОД МОЛЛЮСКОВ КАРЕЛИИ	294
<i>Е. В. Лепская.</i> ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ И РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ НЕРКОВОГО НЕРЕСТОВО- НАГУЛЬНОГО ОЗЕРА КУРИЛЬСКОГО (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)	295
<i>Г. А. Леонова, В. Н. Меленевский, Т. А. Копотева, А. Е. Мальцев.</i> РОЛЬ ГИДРОБИОНТОВ (ПЛАНКТОН, МАКРОФИТЫ) В ВЫЯВЛЕНИИ ИСТОЧНИКОВ И ГЕНЕЗИСА ЗАХОРОНЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОЗЕРНЫХ САПРОПЕЛЕЙ	297

<i>Г. А. Леонова, В. А. Бобров, А. Е. Мальцев.</i> БИОГЕННЫЕ ВКЛАДЫ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО СОВРЕМЕННЫХ ОЗЕРНЫХ САПРОПЕЛЕЙ	299
<i>Л. С. Лесковская.</i> УСТОЙЧИВОСТЬ РОТАНА (<i>PERCCOTTUS GLENNI</i> <i>DYBOWSKI, 1877</i>) ПО ОТНОШЕНИЮ К СОЛЕНОСТИ ВОДЫ . . .	300
<i>В. В. Лидванов, Т. Г. Королькова.</i> МЕЗОЗООПЛАНКТОН В ВОДАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЭКОСИСТЕМЫ КАНАРСКОГО АПВЕЛЛИНГА	302
<i>Т. П. Липинская, Г. Юэнн, Е. С. Гайдученко, В. И. Головенчик, В. П. Семенченко.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАБАРКОДИНГА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ	304
<i>Л. И. Литвиненко, А. И. Литвиненко, Е. Г. Бойко, К. В. Куцанов.</i> ВЛИЯНИЕ ПРОМЫСЛА ЦИСТ АРТЕМИИ НА ЛЕЧЕБНЫЕ ГРЯЗИ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР.	306
<i>В. В. Логинов, Л. М. Минина, А. Е. Минин.</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА «А» В ГОРЬКОВСКОМ И ЧЕБОКСАРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩАХ	308
<i>Р. А. Ложкина, И. И. Томилина, А. С. Олькова, М. А. Сысолятина, Е. И. Головкина, Н. С. Шевченко, Г. М. Чуйко.</i> ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ЦЕРИЯ НА ГИДРОБИОНТОВ РАЗЛИЧНОЙ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ	309
<i>А. Ю. Лукерин, Г. А. Романенко, И. В. Морузи, И. Ю. Теряева.</i> ЗАПАСЫ И ОСВОЕНИЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ	311
<i>Л. А. Лысенко, Н. П. Канцарова, Н. Н. Немова.</i> РОЛЬ БЕЛКОВОЙ ДЕГРАДАЦИИ В ФИЗИОЛОГИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ	312
<i>Т. А. Макаревич, И. В. Савич.</i> ОБИЛИЕ И СТРУКТУРА ПЕРИФИТОНА НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ	314
<i>И. Ю. Макаренкова, В. И. Уварова.</i> ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ В ТАЗОВСКОЙ ГУБЕ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	316
<i>Е. М. Макарова.</i> БАКТЕРИОПЛАНКТОН ОЗЕРА УРОЗЕРО	318

<i>А. А. Максимов, Н. А. Березина, Л. Ф. Литвинчук, О. Б. Максимова, А. Н. Шаров.</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРНОГО ОЗЕРА	319
<i>Н. В. Максимович, Н. А. Филиппова, О. А. Кийко, Д. В. Никишина, Н. Н. Шунатова, К. Н. Лисицина, А. В. Герасимова.</i> О ХАРАКТЕРЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ БЕНТОСА ПЕЧОРСКОГО МОРЯ	321
<i>С. В. Малавенда.</i> ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МАКРОФИТОБЕНТОС МУРМАНСКОГО БЕРЕГА БАРЕНЦЕВА МОРЯ	323
<i>Л. В. Малахова, Т. В. Малахова.</i> ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ГИДРОБИОНТАХ МОРСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ КРЫМА	324
<i>Ю. А. Малинина, Е. А. Джаяни, Е. И. Филинова, В. А. Колозин, В. А. Шаицловский.</i> ОЦЕНКА ТЕМПОВ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭКОСИСТЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ НИЖНЕЙ ВОЛГИ	326
<i>М. Ф. Маркиянова.</i> ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СЕГРЕГАЦИИ И ВИДООБРАЗОВАНИЯ КРИПТИЧЕСКИХ ВИДОВ CHIRONOMUS PLUMOSUM И CHIRONOMUS BALATONICUS (DIPTERA: CHIRONOMIDAE)	328
<i>П. В. Матафонов.</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ МЕЛКОВОДНОГО ХАРОВОГО ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1 ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООБЕНТОСА	330
<i>А. К. Матковский.</i> СТАНДАРТИЗАЦИЯ УЛОВОВ ЧЕРЕЗ ПОКАЗАТЕЛЬ СЕЛЕКТИВНОСТИ	331
<i>А. Б. Медвинский, Б. В. Адамович, Н. И. Нуриева, А. В. Русаков.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИЙ: ВЫХОД ЗА ПРЕДЕЛЫ РЕДУКЦИОНИЗМА	333
<i>Н. М. Мингазова, О. В. Палагушкина, О. Ю. Деревенская, Э. Г. Набева, Р. С. Дбар, Д. Ю. Мингазова, В. М. Иванова, И. С. Шигапов, Н. Г. Назаров, А. А. Нуриева, Р. И. Ахмадуллина, А. А. Галиуллина, Р. Р. Мингалиев.</i> БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ТИПОЛОГИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ (КАВКАЗ)	334

<i>Н. М. Минеева.</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПИГМЕНТОВ В ВОДЕ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ	336
<i>Л. В. Михайлова, А. А. Кудрявцев.</i> ОПЫТ РЕГИОНАЛЬНОГО НОРМИРОВАНИЯ НЕФТИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА (ХМАО-ЮГРЫ)	338
<i>А. В. Мишакин, Е. Н. Ядренкина.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДУШНО-ПУЗЫРЬКОВОЙ ЗАВЕСЫ В КАЧЕСТВЕ РЫБОЗАЩИТЫ	340
<i>А. В. Мишакин, Е. Н. Ядренкина.</i> СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ИХТИОКОМПЛЕКСА В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ БЕРДЬ (БАССЕЙН ВЕРХНЕЙ ОБИ)	341
<i>С. В. Мишопита, Т. А. Карасева, Л. Н. Голикова.</i> ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ПАНЦИРНОЙ БОЛЕЗНИ СРЕДИ ПРОМЫСЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	343
<i>Т. И. Моисеенко.</i> ВОДНАЯ ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД И «ЗДОРОВЬЯ» ЭКОСИСТЕМ	344
<i>А. В. Морозко, А. М. Визер, М. А. Дорогин.</i> ПОКАЗАТЕЛИ ЗАРАЖЕННОСТИ ОКУНЯ PERCA FLUVIATILIS (L.) ТРЕМАТОДОЙ ICHTHYOCOTYLURUS VARIEGATUS (SREPLIN, 1825) НА РАЗНЫХ УЧАСТКАХ ВЕРХНЕЙ ОБИ	346
<i>Т. Б. Морозов, И. А. Блохин.</i> СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДНОЧЕРПАТЕЛЬНОГО МАКРОЗООБЕНТОСА В АВАЧИНСКОЙ ГУБЕ (ЮГО-ВОСТОК КАМЧАТКИ) С АПРЕЛЯ ПО ОКТЯБРЬ 2018 г.	348
<i>М. Ю. Мурашева.</i> ИХТИОФАУНА ЛИТОРАЛИ ОСТРОВА МАТУА (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)	350
<i>В. А. Мухин, В. Ю. Новиков, А. В. Барышников, К. С. Рысакова, О. Р. Узбекова, Н. В. Шумская.</i> О НЕСОВПАДЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ОПТИМУМОВ ОБИТАНИЯ ПСИХРОФИЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИХ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ СИСТЕМ	352
<i>И. А. Мухин, Ю. Н. Синельщиков.</i> ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ СИДЯЧИХ ИНFUЗОРИЙ НА ОДНОРОДНЫХ СУБСТРАТАХ	353

<i>Э. Г. Набеева, Н. М. Мингазова, И. С. Шигапов, О. Ю. Деревенская, О. В. Палагушкина, Р. Р. Мингалиев, Н. Г. Назаров, Н. Р. Зарипова, Л. Р. Павлова.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СООБЩЕСТВ ГИДРОБИОНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОЗЕРЕ МАРЬИНО	355
<i>Е. Н. Науменко, И. В. Телеш.</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИИ ХИЩНОГО ВСЕЛЕНЦА <i>SERCOPAGIS PENGOI</i> (OSTROUMOV, 1891) (CRUSTACEA, CLADOCERA) И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СТРУКТУРУ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	357
<i>Н. Н. Немова, С. А. Мурзина, Л. А. Лысенко, О. В. Мещерякова, М. В. Чурова, Н. П. Канцеров, З. А. Нефедова, М. Ю. Крупнова, С. Н. Пеккоева, Т. А. Руоколайнен, А. Е. Веселов, Д. А. Ефремов, М. А. Ручьев.</i> ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В РЕКАХ БАСЕЙНА БЕЛОГО МОРЯ	358
<i>Н. В. Немцева.</i> АССОЦИАТИВНОСТЬ И ГЕТЕРОГЕННОСТЬ, КАК ФУНКЦИИ СИМБИОЗА ГИДРОБИОНТОВ	360
<i>Ч. М. Нигматуллин.</i> ВНУТРИВИДОВАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НЕКТОННЫХ КАЛЬМАРОВ СЕМЕЙСТВА <i>OMMASTREPNIDAE</i> МИРОВОГО ОКЕАНА И ЕЕ БИОТОПИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ	362
<i>Ч. М. Нигматуллин.</i> СЕМИЛЕТНЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИИ АРГЕНТИНСКОГО КАЛЬМАРА <i>ILLEX ARGENTINUS</i> ЮГО-ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКИ И ЕЕ МОДИФИКАЦИИ, ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНО ВЫЗВАННЫЕ ПРЕССОМ ПРОМЫСЛА	364
<i>С. М. Никитина, Ю. Ю. Полунина.</i> ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ГИДРОБИОНТОВ РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ УРОВНЕЙ	366
<i>А. Э. Носкович.</i> ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ НА ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОГО ИЗ МАССОВЫХ ВИДОВ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ <i>MASOMA CALCAREA</i>	368
<i>Т. В. Осинкина, Г. Н. Соловых, Г. М. Тихомирова, Е. А. Кануникова.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЛИЗОЦИМНОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ТКАНЕЙ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ <i>U. PICTORUM</i> И <i>A. CYGNEA</i> СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ УРАЛ	370

<i>Л. В. Павлова.</i> ВЛИЯНИЕ КАМЧАТСКОГО КРАБА PARALITHODES SAMTSCHEVICUS НА ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛЕННОСТИ ВСЕЛЕНЦА	372
<i>Т. Е. Павлюк.</i> СТРУКТУРА РЕЧНОГО МАКРОЗООБЕНТОСА В ИМПАКТНЫХ УСЛОВИЯХ ГОРНОРУДНЫХ РАЗРАБОТОК . . .	373
<i>А. Н. Паришук, Н. Н. Фокина, И. В. Суховская, Н. П. Канцера.</i> МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У САДКОВОЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ, ONCORHYNCHUS MYKISS (WALBAUM) ПРИ РАЗВИВАЮЩЕМСЯ ИНФЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ	375
<i>Ю. А. Пастухова.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА РЕКИ СУРЫ В ЧЕРТЕ ГОРОДА ПЕНЗЫ СПУСТЯ 20 ЛЕТ	377
<i>С. Н. Пеккоева, В. П. Воронин, Ж. М. Шатилина, Е. В. Мадьярова, Д. В. Аксенов-Грибанов, Ю. А. Широкова, Н. Н. Немова, М. А. Тимофеев, С. А. Мурзина.</i> ЛИПИДНЫЙ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СПЕКТР ДВУХ ВИДОВ АМФИПОД-НЕКРОФАГОВ OMMATOGAMMARUS ALBINUS И OMMATOGAMMARUS FLAVUS, ОБИТАЮЩИХ В ГРАДИЕНТЕ ГЛУБИН ОЗЕРА БАЙКАЛ	379
<i>И. В. Петракова.</i> СОДЕРЖАНИЕ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В РАЙОНЕ ОСТРОВА БОЛЬШОГО СОЛОВЕЦКОГО	380
<i>Е. С. Петрачук, Н. В. Смолина.</i> МОРФОЛОГИЯ ЛЕЩА ОБИ И ИРТЫША В ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ	382
<i>С. А. Печковская, Н. А. Князев, Н. А. Филатова.</i> ВЛИЯНИЕ ЦИРКАДНЫХ РИТМОВ НА БИОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У ДИНОФЛАГЕЛЛЯТ PROROCENTRUM MINIMUM В УСЛОВИЯХ СОЛЕННОСТНОГО СТРЕССА	384
<i>Л. В. Полищук.</i> ЭКОЛОГИЯ: РАЗНООБРАЗИЕ ВМЕСТО ЕДИНСТВА? (С ПРИМЕРАМИ ИЗ ВОДНОЙ ЭКОЛОГИИ)	385
<i>Ю. Ю. Полунина, В. А. Кречик.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕРМОХАЛИННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОД БАЛТИКИ	387

<i>Н. В. Полякова, А. В. Кучерявый, А. О. Звездин.</i> ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТООБИТАНИЙ ЛИЧИНОК РЕЧНОЙ МИНОГИ В МАЛЫХ РЕКАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	389
<i>Е. В. Потиха.</i> ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОТОКОВ БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА ЦЕНТРАЛЬНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ	391
<i>А. В. Празукин.</i> ИЕРАРХИЯ ОБИТАЕМЫХ ПРОСТРАНСТВ МНОГОКЛЕТОЧНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ	393
<i>А. Л. Рабинович.</i> ЖИРНОКИСЛОТНЫЕ ЦЕПИ ФОСФОЛИПИДОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, ФУНКЦИИ (КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)	394
<i>Л. Ф. Разова, Л. И. Литвиненко, К. В. Куцанов, А. Г. Герасимов.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ВЫЖИВАЕМОСТИ И ДИАМЕТРА ГИДРАТИРОВАННЫХ ЦИСТ АРТЕМИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ	396
<i>Р. Р. Рафиков.</i> СРЕДНЕТЫЧИНКОВАЯ ФОРМА СИГА COREGONUS LAVARETUS (LINNAEUS, 1758) ИЗ БАССЕЙНА РЕКИ ПЕЧОРЫ	398
<i>Н. Л. Рендаков, Е. И. Кяйвярйянен, С. Н. Пеккоева, С. А. Мурзина, Н. Н. Немова.</i> ДИНАМИКА УРОВНЯ КОРТИЗОЛА И АКТИВНОСТИ Na^+/K^+ -АТФАЗЫ У МОЛОДИ ЛЮМПЕНА ПЯТНИСТОГО	400
<i>Я. А. Ржещицкий, А. Н. Гурков, Ж. М. Шатилина, В. А. Емишанова, В. А. Бобкова, О. А. Ларина, М. А. Тимофеев.</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИПЕРОКСИИ НА БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ И ГОЛАРКТИЧЕСКИХ АМФИПОД	401
<i>А. Л. Рижинашвили.</i> МИНЕРАЛЬНЫЙ АЗОТ КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР ЭВТРОФИРОВАНИЯ МАЛЫХ МЕЛКОВОДНЫХ ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДА	403
<i>Д. Ю. Розозин.</i> КАРОТИНОИДЫ ФОТОТРОФНЫХ СЕРНЫХ БАКТЕРИЙ В СОЛЕНОМ ОЗЕРЕ ШИРА (ЮГ СИБИРИ, ХАКАСИЯ) КАК ПАЛЕО-ИНДИКАТОР УРОВНЯ ВОДЫ И ВЛАЖНОСТИ КЛИМАТА	405

<i>Г. Н. Родюк, Т. А. Васюкевич, Л. С. Нитиевская, С. В. Иванов.</i> О ВСТРЕЧАЕМОСТИ ЯЗВЕННОГО ПОРАЖЕНИЯ КОЖИ РЕЧНОЙ КАМБАЛЫ (<i>PLATICHTHYS FLESUS L.</i>) В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	406
<i>С. Л. Рудакова, Е. В. Бочкова, Б. Баттс, Г. Кюраф.</i> ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ТИПИРОВАНИЕ ИЗОЛЯТОВ ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОГО НЕКРОЗА ГЕМОПОЭТИЧЕСКОЙ ТКАНИ, ВЫДЕЛЕННЫХ В ПОПУЛЯЦИИ НЕРКИ ОЗ. КУРИЛЬСКОГО (КАМЧАТКА)	408
<i>Л. В. Рудинская, А. А. Гусев.</i> ВЛИЯНИЕ МАССОВЫХ ИНВАЗИЙ ПОЛИХЕТ <i>MARENZELLERIA NEGLECTA</i> И ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА <i>RANGIA CUNEATA</i> НА СТРУКТУРУ БЕНТОСНОГО СООБЩЕСТВА ВАСИЛИНСКОГО ЗАЛИВА (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)	410
<i>А. Е. Рудченко.</i> СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ИКРЕ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ ИЗ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПРИРОДНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ	412
<i>Г. Е. Рыбина.</i> ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ГРУНТОВ НЕКОТОРЫХ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ОЗЕР ПОСЛЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ	414
<i>И. В. Рыжик.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОРОСЛЕЙ-МАКРОФИТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	416
<i>Д. С. Савосин, Н. В. Ильмаст, Д. С. Сендек, Н. А. Бочкарев, Е. И. Зуйкова, Н. П. Милянчук.</i> РАЗНООБРАЗИЕ СИГОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	417
<i>Д. С. Савосин, Н. П. Милянчук.</i> РЫБНАЯ ЧАСТЬ СООБЩЕСТВА ОЗЕРА ГИМОЛЬСКОГО (ЗАПАДНАЯ КАРЕЛИЯ)	419
<i>Н. В. Савченко.</i> БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ И КАЧЕСТВА ОЗЕРНЫХ ВОД	421
<i>Ю. П. Сапожникова, П. В. Гасаров, В. М. Яхненко, О. Ю. Глызина, М. Л. Тягун, Л. В. Суханова.</i> ЭВОЛЮЦИЯ СЛУХА У РАЗНЫХ ГРУПП ЭНДЕМИЧНЫХ РЫБ ОЗЕРА БАЙКАЛ	423

<i>И. В. Семадени, Н. М. Минеева.</i> ОЦЕНКА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ НА ОСНОВЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ДИАГНОСТИКИ	424
<i>А. С. Семенова, О. А. Дмитриева, К. А. Подгорный.</i> СТРУКТУРА И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ СЕЗОН	426
<i>В. П. Семенченко, Т. П. Липинская.</i> ОЦЕНКА РИСКА ПУТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ	428
<i>С. М. Семенченко, Н. В. Смишливая.</i> ТЕРМОТОЛЕРАНТНОСТЬ И ТЕРМОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ СИГОВЫХ РЫБ COREGONIDAE В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ	429
<i>А. В. Силина.</i> ПОЛОВАЯ СТРАТЕГИЯ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА <i>MIZUNORESTEN YESSOENSIS</i>	431
<i>С. О. Скарлато.</i> ТРАНСЛЯЦИОННАЯ ВОДНАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ	433
<i>Н. В. Смишливая, С. М. Семенченко.</i> ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ ВОДЫ НА ОПЛОДОТВОРЯЕМОСТЬ ЯИЦ И ПОДВИЖНОСТЬ СПЕРМИЕВ СИГОВЫХ РЫБ COREGONIDAE	434
<i>Л. П. Смирнов.</i> СИСТЕМА БИОТРАНСФОРМАЦИИ КСЕНОБИОТИКОВ У ЖИВОТНЫХ. ФАЗОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ	436
<i>Е. В. Смирнова.</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ РОДА <i>LIPARIS</i> В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ	438
<i>М. А. Смирнова, С. Ю. Орлова, А. М. Орлов.</i> ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ <i>GADUS</i> <i>MACROSERNALUS</i> В АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	439
<i>Н. В. Смолина, А. В. Бакина, К. Р. Таскаева, М. И. Сидорова.</i> О СОКРАЩЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ ЗОЛОТОГО КАРАСЯ В ВОДОЕМАХ БАССЕЙНА ИРТЫША В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	441

<i>А. А. Солдатов.</i> КИСЛОРОДНЫЕ РЕЖИМЫ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ МОРСКИХ РЫБ РАЗЛИЧНОЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПОДВИЖНОСТИ	443
<i>Г. Н. Соловых, Т. В. Осинкина.</i> АНАЛИЗ ВКЛАДА РЯДА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В НАКОПЛЕНИЕ РТУТИ В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ УРАЛ	445
<i>М. М. Соловьев, Е. Н. Кашинская, Н. С. Пустовалова, Е. П. Симонов, Э. Жизберт.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (ONCORHYNCHUS MYKISS)	447
<i>М. М. Соловьев, Е. Н. Кашинская, Н. А. Бочкарев, Н. С. Пустовалова, Е. П. Симонов, Э. Жизберт.</i> КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СИМПАТРИЧЕСКОЙ ПАРЫ СИГОВ ОЗЕРА ТЕЛЕЦКОГО	449
<i>В. Б. Степанова, А. С. Таскаев.</i> ПИТАНИЕ ЛЕДОВИТОМОРСКОЙ РОГАТКИ TRIGLOPSIS QUADRICORNIS В ОБСКОЙ ГУБЕ КАРСКОГО МОРЯ	450
<i>А. Б. Степанова.</i> СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОНА В ВОДОЕМАХ С ЗАБОЛОЧЕННЫМ ВОДОСБОРОМ НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ЛЕСНЫХ ОЗЕР ОСТРОВА ВАЛААМ (ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО)	452
<i>О. П. Стерлигова, Н. В. Ильмаст, Я. А. Кучко, Н. П. Милянчук, И. В. Филатов.</i> ВОДОЕМЫ ЗАПОВЕДНИКА «КИВАЧ» И ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ	454
<i>А. В. Стесько.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РАННЕЙ МОЛОДИ КАМЧАТСКОГО КРАБА В БАРЕНЦЕВОМ И БЕЛОМ МОРЯХ	456
<i>И. А. Стогов, А. Д. Громова, Е. А. Мовчан, П. П. Стрелков.</i> ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА МОГИЛЬНОГО (ОСТРОВ КИЛЬДИН, БАРЕНЦЕВО МОРЕ) ЛЕТОМ И ОСЕНЬЮ 2018 г.	457
<i>Т. Г. Стойко, А. Н. Цыганов.</i> ВОССТАНОВЛЕНИЕ БОЛОТНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ И РАЗВИТИЕ ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА В ОЗЕРЕ МОХОВОМ (ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	459

<i>А. П. Столяров.</i> ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МАКРОБЕНТОСА В ЛАГУННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)	461
<i>О. Н. Сулопарова, В. А. Огородникова, А. Г. Леонов.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА КАК КОРМОВОЙ БАЗЫ РЫБ СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА В СРАВНИТЕЛЬНОМ АСПЕКТЕ	463
<i>Н. М. Сухих, А. С. Демчук, С. М. Голубков.</i> ЗНАЧЕНИЕ ИНВАЗИЙНОГО ВИДА EURYTEMORA CAROLLEEAЕ (СОРЕРОДА: CRUSTACEA) В ПИТАНИИ РЫБ ПРИБРЕЖЬЯ ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	465
<i>И. В. Суховская, А. А. Кочнева, Е. В. Борвинская, Н. В. Ильмаст.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В КАЧЕСТВЕ БИОМАРКЕРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	467
<i>Н. Н. Суцник, М. И. Гладышев, О. Н. Махутова, Л. А. Глуценко, А. Е. Рудченко, А. А. Махров, Е. А. Боровикова, Ю. Ю. Дгебуадзе.</i> СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ТКАНЯХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ Р. COREGONUS, ОБИТАЮЩИХ В СУБАРКТИЧЕСКИХ ВОДАХ РОССИИ	468
<i>М. Т. Сярки.</i> ГОДОВАЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ В ПЛАНКТОНЕ КРУПНЫХ ОЗЕР (НА ПРИМЕРЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА)	470
<i>А. Ю. Тамулёнис.</i> СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ РЕЧНОГО РАКА В ОЗЕРЕ ОЛЕНИНО (ОЛЕНЬЕ), ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ	471
<i>В. В. Тахтеев, И. О. Еропова.</i> РАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ БЕНТОСНЫХ МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ ХОЛОДНЫХ ТЕРМАЛЬНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ	473
<i>Е. В. Теканова.</i> ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР УРОЗЕРО И МУНОЗЕРО (КАРЕЛИЯ) ПО ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	475
<i>Е. В. Теканова, Н. М. Калинкина.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА (НА ПРИМЕРЕ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ)	477
<i>И. В. Телеш.</i> ВРЕДНОСНЫЕ ПЛАНКТОННЫЕ ВСЕЛЕНЦЫ В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ: ПРЕДПОСЫЛКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЭКОСИСТЕМНЫЕ ЭФФЕКТЫ	478

<i>А. С. Терентьев.</i> МАКРОЗООБЕНТОС ЗАРОСЛЕЙ ФИЛЛОФОРЫ В ДЖАРЫЛГАЧСКОМ ЗАЛИВЕ ЧЕРНОГО МОРЯ	480
<i>П. М. Терентьев.</i> ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЫБАХ МАЛЫХ ОЗЕР МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПРЕДЕЛАХ ЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ	482
<i>А. В. Ткаченко, М. Ю. Алексеев, С. В. Прусов, А. П. Шкателов.</i> ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ СМОЛТОВ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR L.</i>) В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПОНОЙ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)	483
<i>А. М. Токранов.</i> ПИЩЕВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ БЕЛЬДЮГОВЫХ РЫБ РОДА <i>LYCODES (ZOARCIDAE)</i> В ПРИКАМЧАТСКИХ ВОДАХ	485
<i>А. П. Толмеев, О. В. Анищенко, А. В. Дроботов.</i> НЕОДНОРОДНОСТИ 2D РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ВДОЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТРАНСЕКТЫ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА	487
<i>И. С. Труфанова.</i> ВНУТРИВИДОВЫЕ ГРУППИРОВКИ СЕЛЬДИ И ИХ ЧИСЛЕННОСТЬ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ	488
<i>Н. В. Усов, Д. М. Мартынова, В. М. Хайтов.</i> МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СЕЗОННОГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В БЕЛОМ МОРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФЕНОЛОГИЮ МАССОВЫХ ВИДОВ ПЛАНКТОННЫХ КОПЕПОД	490
<i>Е. Б. Фефилова, О. П. Дубовская, О. Н. Кононова, Л. А. Фролова, Е. Н. Абрамова, Г. Р. Нигматзянова, И. В. Зуев.</i> РАЗНООБРАЗИЕ ПЛАНКТОННОЙ ФАУНЫ ВО ВНУТРЕННИХ ВОДАХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ	492
<i>Е. И. Филинова.</i> ПЕРАКАРИДЫ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)	494
<i>Н. Н. Фокина, Н. Н. Немова.</i> ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ЛИПИДОВ У МОРСКИХ И ПРЕСНОВОДНЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В ОТВЕТ НА ДЕЙСТВИЕ НИКЕЛЯ	496
<i>Ю. Ю. Фомина.</i> ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ <i>LIMNOCALANUS MACRURUS</i> В ОНЕЖСКОМ ОЗЕРЕ (НА ПРИМЕРЕ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ)	497

<i>Ю. Ю. Фомина.</i> ФЕНОЛОГИЯ ЗООПЛАНКТОНА ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	499
<i>Ю. Ю. Форина, В. А. Заделенов.</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ МЕЗОЗООПЛАНКТОНА РЕКИ ПЯСИНЫ	501
<i>Н. В. Холмогорова, И. А. Каргапольцева.</i> АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ПРУДОВ ГОРОДА ИЖЕВСКА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ	503
<i>В. А. Чаплыгин, В. Ф. Зайцев, Т. С. Ершова.</i> БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ В ГИДРОБИОНТАХ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП КАСПИЙСКОГО МОРЯ	505
<i>А. А. Чемагин, А. С. Алдохин.</i> ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ РУСЛОВЫХ ЯМ НИЖНЕГО ИРТЫША И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЫБ	507
<i>Л. В. Черная, Л. А. Ковальчук, Н. В. Микшевич.</i> СЕЗОННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ МЕДИЦИНСКИХ ПИЯВОК HIRUDO VERBANA SARENA, 1820	509
<i>Ю. К. Чугунова.</i> ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПАРАЗИТАРНЫХ СИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ПРИМЕРЕ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	510
<i>Ю. К. Чугунова.</i> СУКЦЕССИЯ ПАРАЗИТОФАУНЫ РЯПУШКИ СИБИРСКОЙ COREGONUS SARDINELLA VALENCIENNES, 1848 ПРИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ВОДНЫХ СООБЩЕСТВ КУРЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	512
<i>М. В. Чурова, Н. П. Канцерова, И. В. Суховская, М. А. Родин, Н. Н. Немова.</i> ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА И АРАБИНОГАЛАКТИНА НА УРОВЕНЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ИСКУССТВЕННО ВЫРАЩИВАЕМОЙ ФОРЕЛИ ONCORHYNCHUS MYKISS WALB	514
<i>Г. М. Чуйко.</i> СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ И ЭКОТОКСИКОЛОГИ- ЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ	516

<i>Н. В. Шадрин.</i> ПРОДУКЦИОННЫЙ / БАЛАНСОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ГИДРОБИОЛОГИИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПОМЕХИ РАЗВИТИЯ	517
<i>Л. И. Шаранова, Т. Т. Трошина.</i> СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕННЕГО ЗООПЛАНКТОНА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАСПИЯ ПО ДАННЫМ 2017 г.	519
<i>А. Н. Шаров.</i> ФИТОПЛАНКТОН ХОЛОДНОВОДНЫХ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ	521
<i>Е. А. Шацуловская, С. А. Мосияш, И. Г. Филимонова, Л. В. Гришина, Е. Г. Кузина.</i> ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА МАЛОГО РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ СУРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)	522
<i>Т. И. Широколобова, М. А. Болтенкова, М. П. Венгер, М. С. Махотин.</i> МАССОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПЛАНКТОНА ЗОНЫ СМЕШАННЫХ ВОД ЭСТУАРИЕВ И ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ	524
<i>С. П. Шулепина.</i> СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА СОЛЕНОГО ОЗЕРА ШИРА	526
<i>Н. С. Шульгина, М. В. Чурова, М. Ю. Крупнова, Н. Н. Немова.</i> АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА В ОРГАНАХ КОЛЮШКИ <i>GASTEROSTEUS ACULEATUS</i> ИЗ РАЗНЫХ БИОТОПОВ БЕЛОГО МОРЯ	528
<i>Н. С. Шульгина, М. В. Чурова, М. Ю. Крупнова, Н. Н. Немова.</i> ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ РЕЖИМОВ ОСВЕЩЕНИЯ НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЫШЕЧНОГО РОСТА МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR L.</i>) В УСЛОВИЯХ ЕГО ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА	530
<i>Г. В. Шурганова, Т. В. Золотарева, И. А. Кудрин, В. С. Жихарев, Д. Е. Гаврилко, М. Ю. Ильин, Д. С. Ручкин.</i> РАСПРОСТРАНЕНИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНВАЗИЙНОГО ВИДА <i>KELLICOTTIA BOSTONIENSIS</i> (ROUSSELET, 1908) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	532

<i>О. А. Шухгалтер, В. В. Лидванов.</i> ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМЫ КАНАРСКОГО АПВЕЛЛИНГА В РАЙОНЕ МАРОККО В 1999–2016 гг.	533
<i>Н. О. Яблоков.</i> СООТНОШЕНИЕ КРАСНОЙ И БЕЛОЙ ОСЕВОЙ МУСКУЛАТУРЫ У НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ИХТИОФАУНЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ	535
<i>Е. Н. Ядренкина.</i> ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕРМАФРОДИТИЗМА В ПОПУЛЯЦИИ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ (<i>CARASSIUS AURATUS</i> , <i>CYPRINIDAE</i>) В ОЗЕРЕ ЧАНЫ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)	537
<i>В. А. Яковенко.</i> ПЕРВАЯ НАХОДКА КРЕВЕТКИ <i>PALAEMON</i> <i>ADSPERSUS</i> (RATHKE, 1937) В ГИПЕРГАЛИЙНОМ ОЗЕРЕ МОЙНАКИ (КРЫМ)	539
<i>Г. А. Яковлева, Д. И. Лебедева.</i> РОЛЬ РЫБОЯДНЫХ ПТИЦ КАРЕЛИИ В РАСПРОСТРАНЕНИИ ГЕЛЬМИНТОЗОВ СРЕДИ РЫБ	541
<i>Л. В. Яныгина.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОЙ ЖИВОРОДКИ <i>VIVIPARUS VIVIPARUS</i> L. В НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	542
<i>В. М. Яхненко, Л. В. Суханова, В. В. Смирнов, Н. С. Смирнова, Е. Ю. Трофимова, С. М. Семенченко, Н. В. Смешливая, Ю. П. Сапожникова, М. Л. Тягун, Л. А. Глызин, О. Ю. Глызина.</i> МЕЖВИДОВАЯ ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ЗАРОДЫШЕВЫХ КЛЕТОК У СИГОВЫХ РЫБ – МЕТОД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕТЧАТОЙ ЭВОЛЮЦИИ, СОХРАНЕНИЯ ВИДОВ И ПОПУЛЯЦИЙ, СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АКВАКУЛЬТУР	544
<i>М. А. Герб, О. В. Кочешкова, А. А. Володина, Ю. Ю. Полунина, Е. К. Ланге.</i> АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ БЕРЕГОВ УСТЬЕВОЙ ЗОНЫ РЕКИ ПРЕГОЛЯ: ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ БИОТЫ	546

Научное издание

**ХII Съезд
Гидробиологического общества
при Российской академии наук**

Тезисы докладов

г. Петрозаводск
16–20 сентября 2019 года

*Печатается по решению Ученого совета
Института биологии КарНЦ РАН*

Редактор *М. А. Радостина*
Оригинал-макет *Н. Н. Сабанцева*

Формат 60×84^{1/16}. Гарнитура Times New Roman.
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 26,0. Усл. п. л. 33,60.
Тираж 100 экз. Заказ № 573.

Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

