

**Гидробиологическое общество при Российской
академии наук (ГБО при РАН)**



**ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет» (КГТУ)**



Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН



**Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийского
научно-исследовательского института рыбного хозяйства
и океанографии» (АтлантНИРО)**



Научный совет по гидробиологии и ихтиологии РАН

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
V ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«Актуальные проблемы планктонологии»
с таксономическим тренингом
для молодых ученых**



**8-12 сентября 2025 г.
г. Светлогорск
(Калининградская область)**

Калининград 2025

УДК 597+592
Т 29

V Всероссийская конференция с международным участием «Актуальные проблемы планктонологии» с таксономическим тренингом для молодых ученых. Тезисы докладов. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 140 с.

В сборнике приведены тезисы докладов, заслушанных на конференции. Рассматриваются вопросы, посвященные систематике и идентификации планктонных беспозвоночных и альгофлоры, их видовому разнообразию, особенностям распределения и динамики численности, трофическим связям, роли видов-вселенцев и антропогенному влиянию на популяции и сообщества планктонных организмов.

Работа представляет интерес для гидробиологов, аспирантов, преподавателей вузов, студентов.

V National Conference with International Participation. Abstracts. – Kaliningrad: Issued by KGTU, 2025. – 140 p.

The book presents abstracts of the papers on taxonomy and identification of planktonic invertebrates and algae, species diversity, distribution patterns and abundance dynamics, trophic relations, role of invasive species and anthropogenic impact on planktonic populations and communities.

This collection of abstracts will be of interest to hydrobiologists, postgraduate students, lecturers, and students.

**Конференция проводится при финансовой поддержке
ООО «Фишеринг сервис»**

**The conference is held with the financial support
of Fishing Service LLC**

ISBN

©

Гидробиологическое общество при Российской
академии наук (ГБО при РАН), 2025

©

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет» (КГТУ), 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ	9
<i>Абибулаева А. Ш., Довгаль И. В.</i> Относительное обилие планктонных расселительных стадий сидячих инфузорий в трех бухтах г. Севастополя	11
<i>Аганесова Л. О., Рауэн Т. В.</i> Влияние микропластика на питание и выживаемость солоноватоводных копепод	12
<i>Ануфриева Е. В., Яковенко В. А., Шадрин Н. В.</i> <i>Arctodiatomus salinus</i> в соленых и гиперсоленых водоемах Крыма: влияние солености и биотических факторов на распространение	14
<i>Арашин С. Ю.</i> Зоопланктонное сообщество малых водоемов г. Вологды	15
<i>Артемьев Г. М., Юрикова Д. А., Басырова С. И., Гареев Б. И., Мирсаяпова И. Ф., Сабиров Р. М., Голиков А. В.</i> Изотопные ниши двух видов щетинкочелюстных (Chaetognatha: <i>Eukrohnia hamata</i> и <i>Parasagitta elegans</i>) в зоопланктонных сообществах желоба святой нны Карского моря	16
<i>Архипов А. Г., Дюшков Н. П., Шнар В. Н.</i> Исследования особенностей распределения сестона в ходе Большой африканской экспедиции в водах Марокко	20
<i>Белевич Т. А., Милютин И. А., Воробьева О. В., Демидов А. Б., Троицкий А. В.</i> Распределение и филогенетическое разнообразие цианобактерий рода <i>Synechococcus</i> в Карском море	22
<i>Березина Н. А., Терентьев П. М., Зубова Е. М.</i> Пелагические пищевые цепи и питание рыб в северных озерах	23
<i>Болотов С. Э., Герасимов Ю. В.</i> Нечестная игра ценою в миллиард: новые данные говорят об отсутствии экологически значимого угнетения планктона при транзите через плотины ГЭС разного типа	24
<i>Быкова С. В., Агапов А. А., Горбунов М. Ю., Уманская М. В.</i> Сравнительный анализ видового состава планктонных инфузорий по данным метабаркодинга и морфологического определения	26
<i>Вежновец В. В., Журавлев М. Д.</i> Изменения вертикальной структуры зоопланктона мезотрофного озера по многолетним данным	28
<i>Вежновец В. В.</i> Планктонные реликтовые ракообразные в водоемах Беларуси	29
<i>Вецлер Н. М., Шабуров А. Ю., Богданова К. В., Бонк Т. В., Тепнин О. Б.</i> Таксономический состав и многолетние изменения структуры зоопланктона Авачинской губы (Камчатка)	30
<i>Воденеева Е. Л., Кулизин П. В., Шарагина Е. М., Журова Д. А., Оханкин А. Г.</i> Фитопланктон гипсового озера Вадское (Нижегородская область) в вегетационный и зимний периоды	32

<i>Воденеева Е. Л., Шарагина Е. М., Кулизин П. В., Журова Д. А.</i> Вертикальное распределение криофитопланктона в двух озерах различного генезиса (бассейн средней Волги)	33
<i>Воякина Е. Ю.</i> Видовое разнообразие фитопланктона ряда бухт прибрежной зоны Ладожского озера в районе Валаамского архипелага	35
<i>Гаврилко Д. Е., Сарапкин А. Ю., Бубнов В. А., Жихарев В. С., Золотарева Т. В.</i> Пространственное распределение сообществ зоопланктона в прибрежной зоне озёр и рек бассейна Средней Волги	36
<i>Гаврилова Н. А., Монашев И. В., МIRONЮК О. А.</i> Видовые комплексы тинтиннид (Ciliophora, Tintinnida) побережья Камчатки	38
<i>Гвоздарева М. А., Любина О. С.</i> Особенности развития планктонных сообществ в летний период на примере Свияжского залива (Куйбышевское водохранилище)	39
<i>Глушченко Г. Ю.</i> Предварительные результаты исследования фитопланктона Азовского моря в июне 2024 г.	41
<i>Голоколенова Т. Б.</i> Фитопланктон Цимлянского водохранилища (2023-2024 гг.)	42
<i>Горбунов М. Ю.</i> Cryptista в Куйбышевском водохранилище и водоемах лесостепного Поволжья по данным метабаркодинга	44
<i>Губанова А. Д., Гарбазей О. А.</i> Изменения видовой структуры сообщества зоопланктона прибрежных районов Черного моря под воздействием инвазивных видов	45
<i>Деревенская О. Ю., Косова М. В., Унковская Е. Н.</i> Многолетняя динамика зоопланктона глубоководного карстового озера	46
<i>Джасаяни Е. А.</i> Фитопланктон Ириклинского водохранилища (р. Урал) весной после аномально высокого половодья (2024 г.)	48
<i>Дмитриева О. А., Семенова А. С.</i> Вертикальная изменчивость планктонных сообществ в Юго-Восточной Балтике	49
<i>Дмитриева О. А., Семенова А. С.</i> Особенности сезонной и многолетней динамики сообществ фито- и зоопланктона в Вислинском заливе Балтийского моря	51
<i>Евсеева А. А.</i> Структура и распределение летнего зоопланктона Верхне-Иртышских водохранилищ	52
<i>Жихарев В. С., Гаврилко Д. Е., Обедиев Е. С., Терешина М. А., Шурганова Г. В.</i> Чужеродные веслоногие ракообразные (Copepoda) бассейна Средней Волги	53
<i>Иванова Н. А.</i> О видовой принадлежности <i>Nannocalanus sewelli</i> и <i>N. minor</i> (Copepoda, Calanoida) из разных районов Мирового океана	55
<i>Изволь И. А., Игнатенко М. Е., Яценко-Степанова Т. Н., Хлопко Ю. А., Плотников А. О.</i> Изучение видового разнообразия Centroplasthelida в водоемах биологического заказника «Светлинский» по данным метабаркодинга и сканирующей электронной микроскопии	56

Казакова Д. М., Полунина Ю. Ю. Вертикальное распределение и структура популяции <i>Pseudocalanus acuspes</i> (Calanoida, Crustacea) в Юго-Восточной Балтике.....	57
Казакова Д. М., Полунина Ю. Ю. Структура и распределение зоопланктона прибрежной зоны Юго-Восточной Балтики при изменчивости факторов среды	59
Карасева Е. М. Специфика видового и функционального разнообразия ихтиопланктона Балтийского моря	60
Климова Т. Н., Машукова О. В., Петрова Т. Н., Забродин Д. А., Дончик П. И., Самотой Ю. В., Сербин А. С. Ихтиопланктон в летний нерестовый сезон у Крымского полуострова (Черное море) в 2024 г.	62
Корбут Д. Е., Еремкина Т. В. Разнообразие харовых водорослей (Charophyta) в альгофлоре водоемов Свердловской области	63
Корнева Л. Г. Фитопланктон Тайширского водохранилища (котловина больших озер, Западная Монголия) в первые годы своего существования (2010-2019 гг.)	65
Коровчинский Н. М. Ветвистоусые ракообразные семейства Cercopagididae (Crustacea: Cladocera: Onychopoda) во времени и пространстве: видовое разнообразие, географическое распространение, история фаун	66
Косова М. В., Деревенская О. Ю., Унковская Е. Н. Зоопланктон бессточных озер Волжско-Камского заповедника	68
Кренева К. В. Изменения в составе сообщества цилиатопланктона Азовского моря в условиях роста уровня минерализации	69
Крылов А. В., Сабитова Р. З., Ралдугина А. О., Шкиль Ф. Н. Зоопланктон разнотипных участков прибрежной зоны озера Тана (Эфиопия) в начале и конце сухого сезона	70
Куцанов К. В. Биоразнообразие соленых озер юга Западной Сибири	72
Ланге Е. К., Ежова Е. Е., Щербаков С. А., Кирьянова А. В. Экологическое состояние экосистемы Верхнего пруда (г. Калининград) в период токсичного цветения цианобактерий	73
Ланге Е. К., Ежова Е. Е. 25 лет мониторинга биоразнообразия и экологического состояния Куршского залива. Фитопланктон	75
Лобуничева Е. В., Макаренкова Н. Н. Сезонная динамика планктона малой реки в условиях высокой антропогенной нагрузки (на примере р. Содема, Вологодская область)	76
Лях А. М. Библиодайвер – инструмент для построения библиографических связей между публикациями о микроводорослях	78
Лях А. М., Рауэн Т. В., Муханов В. С. Влияние голода, микропластика и живого корма на движение <i>Oxyrrhis marina</i> в экспериментальных условиях	79
Ляшенко О. А. Фитопланктон восточной части Финского залива в XXI веке	81

Макаревич П. Р. Чужеродные пелагические микроводоросли Баренцева моря	82
Маркова В. С., Поспелова Н. В. Вредоносные виды микроводорослей в районах морских ферм в прибрежье Севастополя	84
Масюткина Е. А., Кривоускова Е. В. Видовой состав зоопланктонного сообщества озера Виштынецкого (Калининградская область)	85
Мельник А. С., Полунина Ю. Ю., Дмитриева О. А., Шартон А. Ю. Пространственное распределение показателей фито- и зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря в 2018 году	87
Найденко С. В., Шебанова М. А., Кузнецова Н. А., Радченко К. В., Метревели В. Е. Многолетняя динамика структуры и обилия зоопланктона летом в эпипелагиали тихоокеанских вод Курильских островов и Камчатки	88
Насырова М. А., Гоголева Н. Е., Балкин А. С., Плотников А. О. Анализ сообществ протистов карстовой пещеры Шульган-Таш (республика Башкортостан, Россия)	90
Науменко Е. Н., Гусев А. А. Воздействие видов-вселенцев на потоки энергии в Вислинском заливе Балтийского моря	91
Новиков А. А., Шарафутдинова Д. Н., Майор Т. Ю., Абрамова Е. Н., Чертопруд Е. С. Скрытое разнообразие пресноводных веслоногих раков: использование фенетики и численной таксономии для работы с комплексами видов	93
Новичкова А. А., Рак А. Н., Воробьева Л. В., Гарибян П. Г., Дадыкин И. А., Чертопруд Е. С. Закономерности в разнообразии и структуре таксоценов планктонных и бентосных ракообразных горных озер на примере Северного Кавказа	94
Перминова А. П., Форина Ю. Ю. Характеристика зоопланктона левобережных дельтовых притоков реки Енисей	95
Печковская С. А., Скарлато С. О., Филатова Н. А. Применение масс-спектрометрии MALDI-TOF для экспрессного скрининга экстрактов динофлагеллят <i>Prorocentrum cordatum</i> с противоопухолевой и мигростатической активностью	97
Подгорный К. А., Семенова А. С., Дмитриева О. А. Сравнительная оценка определения доли мертвых особей в сообществе зоопланктона Вислинского залива Балтийского моря по данным многолетних наблюдений и результатам имитационного моделирования	98
Подшивалина В. Н., Семенова А. С., Шевелева Н. Г. К вопросу о встречаемости <i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851 в России	100
Полунина Ю. Ю., Драпун И. Е., Казакова Д. М., Губанова А. Д., Кривенко О. В., Кулешова О. Н., Баяндина Ю. С. Морфологические и генетические отличия видов рода <i>Pseudocalanus</i> (Calanoida: Clausocalanidae) в Балтийском и Черном морях	101
Полякова Н. В., Юрчак М. Ю., Кучерявый А. В. Участие организмов зоо- и фитопланктона в питании личинок речной миноги <i>Lampetra fluviatilis</i>	102

Попова А. М. Зоопланктон водоемов Волго-Ахтубинской поймы в условиях теплой зимы 2025 г.	104
Прокончук И. П. Зоопланктон Кольского залива – современное состояние	105
Разова Л. Ф., Куцанов К. В., Бражников Е. В., Герасимов А. Г., Зайцева Я. А. Зоопланктон солоноватых озер Курганской области	107
Сахарова Е. Г., Корнева Л. Г. Изменение структуры фитопланктона мезотрофного озера Плещеево (Ярославская область) в период массового «цветения» воды цианопрокариотами <i>Gloeotrichia echinulata</i> (Smith et Sowebery) Richter	108
Севостьянова Е. А., Семенова А. С., Дмитриева О. А., Моисеенко В. В., Цутикова Н. А. Планктонные сообщества водоемов г. Калининграда	109
Семенова А. С., Дмитриева О. А. Применение индикаторных характеристик фито- и зоопланктона в оценке качества воды Вислинского залива	110
Скарлато С. О. Изучение ключевых фаз жизненных циклов динофлагеллят, вызывающих вредоносные цветения в прибрежных водах морей – важнейшее направление исследований «красных приливов»	112
Смирнова К. А., Крутинская А. А., Дудакова Д. С. Видовое разнообразие зоопланктона прудов парка Победы (г. Санкт-Петербург) в осенний период	113
Соломонова Е. С., Шоман Н. Ю., Акимов А. И., Рылькова О. А. Влияние наночастиц оксида меди на физиологию четырех видов микроводорослей из разных таксономических групп	114
Старцева Н. А., Кулизин П. В., Воденеева Е. Л., Жаковская З. А., Чернова Е. Н. Микроцистины в биомассе фитопланктона двух эвтрофных озер Нижегородской области	115
Сухонин Н. В., Сиделев С. И. Вредоносные токсичные цветения воды и молекулярно-генетическая диагностика микроцистин-продуцирующих цианобактерий в Горьковском водохранилище (г. Ярославль)	117
Тарасова Н. Г., Быкова С. В., Мухортова О. В., Семенова А. С., Цветков А. И. Пространственное распределение компонентов планктонного сообщества в водораздельном (Варваровском) водохранилище Волго-Донского судоходного канала имени В.И. Ленина	118
Тарасова Н. Г., Быкова С. В., Мухортова О. В., Шерышева Н. Г. Характеристика разнотипных водоемов Самаро-Кинельской поймы в период цианобактериального цветения	120
Телеш И. В. На пути к моделированию «красных приливов»: оценка вклада клептопластии в пролиферацию миксотрофных протистов	121
Тынников О. А., Селиванова Е. А. Разнообразие микроводорослей филума Chlorophyta в гипергалинных водоемах Крымского полуострова	123

Уманская М. В., Горбунов М. Ю., Быкова С. В., Тарасова Н. Г., Агапов А. А., Краснова Е. С., Шерышева Н. Г., Мухортова О. В. Ассоциативные комплексы планктонных прокариот и протистов в условиях цианобактериального цветения в пресных водоемах	124
Феттер Г. В., Ермолаева Н. И. Особенности изучения трофических взаимоотношений фито- и зоопланктона в крупных реках на примере р. Обь	126
Целищева Е. М. Зоопланктон Чусовского плеса Камского водохранилища	127
Цуканова К. Н., Иванов М. В., Полякова Н. В. Летний зоопланктон полуизолированных водоемов Белого моря	128
Чернова Е. Н., Белая Н. А. Летний зоопланктон озер национального парка «Себежский»	129
Чесалина Т. Л., Чесалин М. В., Аль-Мавали А., Аль-Абри Н. Таксономический состав и пространственно-временная изменчивость обилия ихтиопланктона в прибрежных водах Омана в 2013-2015 гг.	131
Чурилова Т. Я., Кривенко О. В. Цветение <i>Gephyrocapsa huxleyi</i> в Черном море: влияние условий среды на интенсивность «цветения» и его межгодовую изменчивость	132
Шадрин Н. В., Яковенко В. А., Ануфриева Е. В. Влияние зарослей морской травы <i>Ruppia</i> на зоопланктон в крымском гиперсоленом озере	133
Шебанова М. А., Кузнецова Н. А. Видовой состав зоопланктона в водах Южно-Курильского района и открытых водах северо-западной части Тихого океана	134
Шоман Н. Ю., Соломонова Е. С., Акимов А. И., Рылькова О. А. Дифференциальные реакции диатомовых и динофитовых микроводорослей на присутствие в среде гербицида глифосата	136
Шурганова Г. В., Колесников А. А., Мольков А. А., Кудрин И. А., Капустин И. А., Лещев Г. В., Чебан Е. Ю. Межгодовая и пространственная динамика видовой структуры и смертности сообществ зоопланктона при прохождении гидроагрегатов Нижегородской ГЭС	137
Щербаков С. А., Ежова Е. Е., Ланге Е. К. Состав пигментов и таксономическая структура фитопланктона Юго-Восточной и Восточной Балтики зимой 2023 года	138
Яныгина Л. В. Стабильные изотопы углерода и азота в оценке осо- бенностей питания ракообразных р. <i>Artemia</i>	139
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	141

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

- **Ирина Викторовна Телеш**, докт. биол. наук, член Президиума Центрального совета ГБО при РАН, ЗИН РАН, Санкт-Петербург.

Сопредседатели:

- **Сергей Михайлович Голубков**, член-корреспондент РАН, профессор, Президент ГБО при РАН, ЗИН РАН, Санкт-Петербург;
- **Владимир Алексеевич Волкогон**, канд. экон. наук, ректор КГТУ, Калининград.

Заместители председателя:

- **Елена Николаевна Науменко**, председатель Калининградского отделения ГБО при РАН, докт. биол. наук, профессор, КГТУ, Калининград;
- **Александр Геральдович Архипов**, докт. биол. наук, заместитель председателя Калининградского отделения ГБО при РАН, научный координатор Атлантического филиала ГНЦ РФ «ВНИРО», Калининград;
- **Наталья Анатольевна Кострикова**, канд. физ.-мат. наук, проректор по научной работе КГТУ, Калининград.

Научный консультационный комитет:

- **Ю. Ю. Дгебуадзе**, академик РАН, профессор, член Президиума РАН, Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва (председатель);
- **М. В. Флинт**, академик РАН, профессор, заведующий Лабораторией экологии планктона, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва;
- **А. Л. Верещака**, член-корреспондент РАН, профессор, заведующий Лабораторией структуры и динамики планктонных сообществ, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва;
- **А. А. Котов**, член-корреспондент РАН, профессор, Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва;
- **А. В. Крылов**, член-корреспондент РАН, директор Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок;
- **В. П. Семенченко**, член-корреспондент НАН Беларуси, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь;
- **С. О. Скарлато**, докт. биол. наук, главный редактор международного журнала PROTISTOLOGY, заведующий Лабораторией цитологии одноклеточных организмов, Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург;

- **Л. Г. Корнева**, докт. биол. наук, заведующая Лабораторией альгологии, Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Ярославская обл.;
- **О. А. Новожилов**, канд. биол. наук, доцент, директор Института рыболовства и аквакультуры КГТУ, Калининград;
- **Р. Н. Буруковский**, докт. биол. наук, профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры КГТУ, Калининград;
- **Е. Е. Ежова**, канд. биол. наук, Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Калининград.

Рабочий комитет:

- **Юлия Юрьевна Полунина**, канд. биол. наук, заведующая Лабораторией морской экологии, Атлантическое отделение ИО РАН, Калининград (руководитель);
- **Андрей Александрович Гусев**, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., Лаборатория гидробиологии, Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград;
- **Ольга Александровна Дмитриева**, канд. биол. наук, науч. сотр., Лаборатория морской экологии, Атлантическое отделение ИО РАН, Калининград;
- **Севостьянова Екатерина Александровна**, канд. биол. наук, спец. по учебно-методической работе Института рыболовства и аквакультуры КГТУ, Калининград;
- **Мария Максимовна Смирнова**, мл. науч. сотр., Лаборатория морской экологии, Атлантическое отделение ИО РАН, Калининград.

Ответственный секретарь оргкомитета:

- **Дарья Олеговна Гусева**, зам. директора Института рыболовства и аквакультуры по дополнительному образованию и практической подготовке, КГТУ, Калининград.
E-mail: conf.pl2022@gmail.com

А. Ш. Абибулаева, И. В. Довгаль
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
abibylaeva_92@mail.ru; dovgal-1954@mail.ru

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ОБИЛИЕ ПЛАНКТОННЫХ РАССЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАДИЙ СИДЯЧИХ ИНFUЗОРИЙ В ТРЕХ БУХТАХ г. СЕВАСТОПОЛЯ

Известно, что расселительные стадии сидячих инфузорий (бродяжки, телотрохи) представлены в морских планктонных пищевых цепях [Брайко, Далекая, 1984]. Однако надежных данных об обилии этих стадий в планктоне нет, так как не существует методов его прямой оценки. Это связано с тем, что расселительные стадии сидячих цилиат как правило малочисленны, их нахождение в планктоне кратковременно, морфология для большинства видов не изучена, либо определение видов по морфологическим признакам бродяжек невозможно.

Ранее [Holm, 1925; Rieder, 1936; Брайко, Далекая, 1984] были сделаны попытки оценивать численность расселительных стадий инфузорий косвенным путем – по численности осевших в условиях лабораторного эксперимента на искусственные субстраты и прошедших метаморфоз трофонтов инфузорий. Однако этот метод не дает возможности учесть бродяжек инфузорий, которые осели на стенки экспериментальных сосудов, поверхностную пленку воды и т.п. [Rieder, 1936]. Соответственно, получение статистически значимых результатов таким путем невозможно, и этот метод не пригоден для оценки абсолютной численности расселительных стадий в планктоне [Довгаль, 1990].

В связи с этим был предложен метод оценки относительного обилия расселительных стадий цилиат в планктоне, который основан на оценке темпа оседания бродяжек инфузорий на стекла обрастания, исходя из предположения, что темп оседания расселительных стадий цилиат пропорционален их обилию в водоеме [Довгаль, 1990; Dovgal, Kramarenko, 2012].

Целью данной работы было определение относительного обилия расселительных стадий сидячих инфузорий в севастопольских бухтах указанным выше методом.

Пробы воды объемом 6 л были отобраны 15 мая 2023 г. в бухтах Круглая, Карантинная и Севастопольская в трех повторностях. В лаборатории пробы помещались в пластиковые сосуды, в которые на держателях помещалось одинаковое число (7) одинаково сориентированных покровных стекол. Раз в сутки изымались по одному стеклу из каждого сосуда и на них по 12-ти случайным полям зрения оценивалась численность прошедших метаморфоз трофонтов сидячих инфузорий. Продолжительность эксперимента составляла 7 суток. Относительное обилие расселительных стадий сидячих инфузорий определяли по величине угловых коэффициентов линейной регрессии [Довгаль, 1990; Dovgal, Kramarenko, 2012]. Достоверность разницы между угловыми коэффициентами определяли по t-критерию Стьюдента.

Были получены следующие значения угловых коэффициентов (a) и их ошибок (S_a). Бухта Круглая: $a=190200$; $S_a=24614$. Бухта Карантинная: $a=88464$; $S_a=10824$. Бухта Севастопольская: $a=117220$; $S_a=6932$. Во всех случаях разница между коэффициентами была статистически значимой.

Выводы

1) Относительное обилие расселительных стадий сидячих инфузорий существенно отличается в разных акваториях и, вероятно, определяется локальными сочетаниями факторов среды.

2) Наибольшее относительное обилие расселительных стадий сидячих инфузорий отмечено в Круглой бухте, наименьшее – в Карантинной. В Круглой бухте бродяжек и телотрохов приблизительно в два раза больше, чем в Карантинной бухте и приблизительно в 1,6 раза больше, чем в Севастопольской. В Севастопольской бухте относительное обилие бродяжек сидячих инфузорий приблизительно в 1,3 выше, чем в Карантинной.

УДК 595.34

Л. О. Аганесова, Т.В. Рауэн
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
lope-lara@mail.ru; taschi@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МИКРОПЛАСТИКА НА ПИТАНИЕ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ СОЛОНОВАТОВодНЫХ КОПЕПОД

Рост потребления полимеров приводит к загрязнению водных экосистем, где до 80% пластиковых отходов попадает в пресноводную и морскую среду. Наибольшую угрозу представляют микропластик (<5 мм) и нанопластик (<1-100 нм), потребляемые зоопланктоном, что способствует их накоплению в пищевых цепях. Эти частицы вызывают стрессовые реакции, снижение репродуктивных функций, они переносят токсичные вещества, усиливая риски для гидробионтов. Изучение их биоаккумуляции и влияния на устойчивость экосистем до сих пор остаётся актуальным.

Копеподы *Arctodiaptomus salinus* [Daday, 1885] – галобионты солоноватых континентальных вод, важный компонент зоопланктона, обеспечивающий питание рыб и бентоса. Воздействие микропластика (МП) может отрицательно сказываться на их физиологии и передаваться по пищевым цепям.

В экспериментах использовали культуры кормовых организмов отдела аквакультуры и морской фармакологии ИНБЮМ. Микроводоросли *Isochrysis galbana* Parke, 1949 (Prymnesiophyceae) выращивали на стерильной морской воде ($24 \pm 1,5^\circ\text{C}$, освещение 5000 люкс, среда Уолна). *A. salinus* содержались в воде, обогащённой микроводорослями, при $21 \pm 1,5^\circ\text{C}$. Микропластик – полисти-

рольные микросферы Polychromatic Red (5,6 мкм, 491 нм, Polysciences, Inc., США). Численность *I. galbana* и МП оценивали на цитометре Cytomics™ FC 500 (Beckman Coulter, США, 488 нм), контроль качества – с Flow-Check™ флуоросферами. Смертность (М, %) *A. salinus* оценивали (М, %) по формуле: $M=100 \times D/(D+S)$, где D – число погибших особей, S – число выживших. Суточный рацион (G, кл./экз./сут) рассчитывали по изменению концентрации микроводорослей в экспериментальных и контрольных сосудах, учитывая динамику их размножения и гибели по модифицированной методике [Frost, 1972].

Половозрелых самцов и самок помещали в 10 мл сосуды (три повторности, плотность 0,5 особей/мл), предлагая четыре диеты: *I. galbana* (43×10^3 клеток/мл), смесь *I. galbana* + МП (30×10^3 частиц/мл), только МП (30×10^3 частиц/мл) и голодание (очищенная морская вода). Это позволило оценить влияние питания на физиологию и поведение копепод.

Анализ данных выполняли в Excel, рассчитывая среднее (М), доверительный интервал (CI, 95%) и статистическую значимость ($p < 0,05$) с использованием t-теста Стьюдента.

Скорость фильтрации *A. salinus* варьировала: для *I. galbana* – 0,1-0,3 мкл/особь/час, для МП – 0,07-0,2 мкл/особь/час. Суточная динамика потребления *I. galbana* увеличивалась с $2,9 \times 10^3$ клеток/особь/час (через 2 часа) до $10,7 \times 10^3$ клеток/особь/час (через 4 часа), затем снижалась до $5,2 \times 10^3$ (через 6 часов) и $2,5 \times 10^3$ (через 24 часа). При этом потребление МП оставалось стабильным в диапазоне $2-3,7 \times 10^3$ частиц/особь/час. *A. salinus* демонстрировал значительно более высокую скорость потребления *I. galbana* (0,3 мкл/особь/час) после 4 часов, по сравнению с МП, вне зависимости от режима питания (смесь или монопитание).

Общий уровень смертности *A. salinus* за 96 часов варьировал в зависимости от условий питания. При потреблении *I. galbana* смертность составила 13%, при голодании – 20%, а при наличии МП – 27% уже через 48 часов. В условиях смешанного питания (МП+*I. galbana*) смертность достигала 33% через 24 часа.

Потребление МП, даже при наличии естественной пищи, приводит к значительному увеличению смертности копепод, достигая 33% за 24 часа, что подтверждает его токсичность. Дальнейшие исследования необходимы для оценки долгосрочных последствий МП для морских экосистем.

Материалы тезисов подготовлены в рамках выполнения темы госзадания ФИЦ ИнБЮМ №124022400152-1

Е. В. Ануфриева, В. А. Яковенко, Н. В. Шадрин
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
lena_anufrieva@mail.ru

ARCTODIAPTOMUS SALINUS В СОЛЕННЫХ И ГИПЕРСОЛЕННЫХ ВОДОЕМАХ КРЫМА: ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ

В гиперсолёных водоемах существует немного видов копепод. Среди них *Arctodiaptomus salinus* [Daday, 1885] (Calanoida) является одним из наиболее галотолерантных, обитая в диапазоне солёности от 2 до 210 г/л, как указывалось ранее. Это широко распространенный палеарктический вид с ареалом от Северной Африки и Испании до Монголии и Китая. В Крыму данный вид изучается авторами с 2004 г. по настоящее время. Он обнаружен в природных и искусственных водоемах восточной и западной частей полуострова с солёностью от 5 до 300 г/л. На Крымском полуострове есть солёные озера двух типов: талассогалинные, где соотношение ионов такое же как в море, и аталассогалинные – сульфатные. Вид существует в обоих типах водоемов. Активные стадии отмечены при температурах от 4°C до 32°C, вид имеет покоящиеся яйца. В некоторых водоемах он встречается ежегодно в определенный сезон, а в других – только иногда. Многолетние полевые и экспериментальные исследования позволили дать объяснение этому феномену, примерно очертив факторы, лимитирующие распространение вида в разных диапазонах солёности. Как ранее показано, вид является осмоконформером, осмоадаптация происходит за счет увеличения в клетках концентрации осмолитов. Примерно до солёности 60-70 г/л вид способен сам синтезировать осмолиты, а при более высокой солёности необходимо их дополнительное поступление с пищей. Микроводоросли, например *Dunaliella*, могут в ответ на солёностный стресс усиливать в своих клетках синтез осмолитов (глицерол), его содержание пропорционально солёности среды, достигая 80% сухой массы клеток. Ранее показано, что арктодиаптомус встречался в водоемах Крыма при солёности выше 80 г/л только при наличии «цветения» дуналиеллы. Новые представляемые результаты показывают, что при солёности до 70 г/л массовое развитие вида могло происходить только в отсутствии хищников, в частности факультативного хищника амфиподы *Gammarus aequicauda* [Martynov, 1931]. Как показали новые эксперименты, проведенные авторами, гаммарус очень активно потребляет *A. salinus*. Таким образом, во всем диапазоне солёности биотические экосистемные фильтры в распределении этих копепод играют ведущую роль. Новые и имеющиеся результаты позволяют выдвинуть гипотезу, что солёность 60-80 г/л разделяет области ведущего влияния вышестоящего или нижестоящего трофических уровней. Наличие покоящихся стадий, которые могут переноситься птицами, позволяет виду быстро заселять водоемы, где их уничтожили хищники.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №24-66-00001, <https://rscf.ru/project/24-66-00001/>

С. Ю. Арашин
(Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл.)
ar.serg@rambler.ru

ЗООПЛАНКТОННОЕ СООБЩЕСТВО МАЛЫХ ВОДОЕМОВ Г. ВОЛОГДЫ

Актуальность экологических исследований городских водоемов обусловлена их рекреационной значимостью в жизни населения. Однако при многоплановой антропогенной нагрузке данные экосистемы претерпевают существенные изменения. Поступление органических, биогенных и токсических веществ сопровождается ухудшением качества воды, водоемы «цветут», зарастают. Одним из адекватных индикаторов оценки состояния водных объектов служит сообщество зоопланктона, что показано достаточно большим количеством исследований городских водоемов крупных промышленных центров. При этом недостаточно внимания уделяется изучению трансформации малых водоемов в средне урбанизированных населенных пунктах, к числу которых относится г. Вологда. На территории города и его окрестностей расположены малые разнотипные водоемы, отличающиеся по происхождению, морфометрии, степени зарастания и уровню загрязнения.

Для сравнительного анализа показателей развития зоопланктона, отражающих состояние водных экосистем, выбраны два естественных водоема (старица и озерко) на прилегающей к городу территории ООПТ «Парк Мира», три естественных водоема в пригородной зоне (два озерка и запруда) и три копаных пруда в урбанизированной зоне г. Вологды. Исследовались зоопланктоценозы прибрежных зон вышеперечисленных водоемов как наиболее уязвимых к антропогенному воздействию. Выявляли морфометрические особенности, возможные источники антропогенной нагрузки, визуально оценивали степень зарастания водоемов.

Обследование прибрежной зоны малых водоемов позволило уточнить видовой состав зоопланктона. Обнаружено 55 видов, среди которых коловраток – 21, ветвистоусых ракообразных – 22, веслоногих ракообразных – 12. Отмечено 24 вида, ранее не обнаруженных при исследовании зоны открытой воды, в число которых входят и виды, редко встречающиеся в водоемах Вологодской области: *Megafenestra aurita* (Fischer, 1849), *Lathonura rectirostris* (Müller, 1785), *Leydigia acanthocercoides* (Fischer, 1854), *Simocephalus exspinosus* (De Geer, 1778), *Macrocyclus fuscus* (Jurine, 1820).

Малые водоемы на территории ООПТ интенсивно зарастают вследствие их эвтрофирования, что подтверждено гидрохимическими данными. Для них характерен кладоцерно-копеподный тип сообщества, преобладание фитофильных видов кладоцер р. *Alonella* в доминантном комплексе, более высокие значения численности 55 тыс. экз./м³ и биомассы 0,13 г/м³ в озерке по сравнению со старицей 198,2 тыс. экз./м³ и 0,31 г/м³.

Сравнительный анализ состояния зоопланктона в 2010 г. и 2024 г. показал, что в двух озерах пригородной зоны произошла смена кладоцерно-копеподного типа сообщества на ротаторный при повышении органического загрязнения за счет хозяйственно-бытовых стоков. Доминирование мелких коловраток определило снижение численности зоопланктона (23,1-40,0 тыс. экз./м³) и биомассы (0,03-0,1 г/м³). В то же время в созданной на пригородной речке запруде сохраняется естественный кладоцерный тип сообщества, характеризующийся высокими значениями биомассы 1,29 г/м³.

В копанных прудах урбанизированной зоны численность и биомасса варьировали: от 6,4 до 69,6 тыс. экз./м³ и от 0,02 до 3,92 г/м³. При удалении растительности макрофитный путь развития искусственных экосистем сменился на фитопланктонный, что отразилось в «цветении» воды и низком развитии ракообразных. К доминантам относятся коловратки родов *Brachionus* и *Polyarthra*, что свидетельствует о плохом качестве воды. Основным источником органического загрязнения прудов служат стаи уток, подкармливаемых человеком. По состоянию зоопланктоценоза существенно выделяется зарастающий приусадебный пруд, в котором доминировали крупные кладоцеры рода *Daphnia*.

Таким образом, к приоритетным факторам формирования зоопланктоценозов относится органическое загрязнение и очистка прибрежной зоны от макрофитов.

УДК 574.38, 591.53

**Г. М. Артемьев^{1,2}, Д. А. Юрикова^{2,3}, С. И. Басырова¹,
Б. И. Гареев¹, И. Ф. Мирсаянова¹, Р. М. Сабиров¹, А. В. Голиков⁴**
(¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань;
²Институт океанологии им. П. П. Шишова РАН, Москва;
³Центр морских исследований МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва;
⁴Центр исследований океана Гельмгольца, Киль, Германия)
glebaartemjew@gmail.com

**ИЗОТОПНЫЕ НИШИ ДВУХ ВИДОВ
ЩЕТИНКОЧЕЛЮСТНЫХ (СНАЕТОГНАТНА:
EUKRONIA *NAMATA* И *PARASAGITTA* *ELEGANS*)
В ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВАХ
ЖЕЛОБА СВЯТОЙ АННЫ КАРСКОГО МОРЯ**

В настоящей работе впервые изучена трофическая структура зоопланктонного сообщества в желобе Святой Анны, а также построены изотопные ниши двух массовых видов щетинкочелюстных

Ключевые слова: зоопланктон, щетинкочелюстные, изотопный анализ, пищевая сеть, Арктика

Анализ стабильных изотопов широко применяется для исследования морских пищевых сетей, поскольку он позволяет определить источники первичной продукции в экосистеме ($\delta^{13}\text{C}$) и трофическое положение консументов ($\delta^{15}\text{N}$) [Post, 2002]. Нами была изучена трофическая структура зоопланктонного сообщества в желобе Святой Анны, находящегося в северной части Карского моря.

Одними из доминантных видов в данном сообществе являются щетинкочелюстные *Eukrohnia hamata* и *Parasagitta elegans*, для которых были построены модели изотопных ниш с использованием пакета SIBER 2.1.9 для R 4.4.0 [Jackson et al., 2011]. Сбор материала осуществлялся в ходе рейса НИС «ДАЛЬНИЕ ЗЕЛЕНЦЫ» в сентябре 2023 г. Зоопланктон был собран сетью Джели на 6 станциях (рисунок 1). В общей сложности было подготовлено и заморожено 240 проб различных представителей зоопланктона. В состав каждой пробы входило от одного до нескольких экземпляров определенного вида в зависимости от их размера. Дальнейшая работа проводилась в лаборатории изотопного и элементного анализа (КФУ).

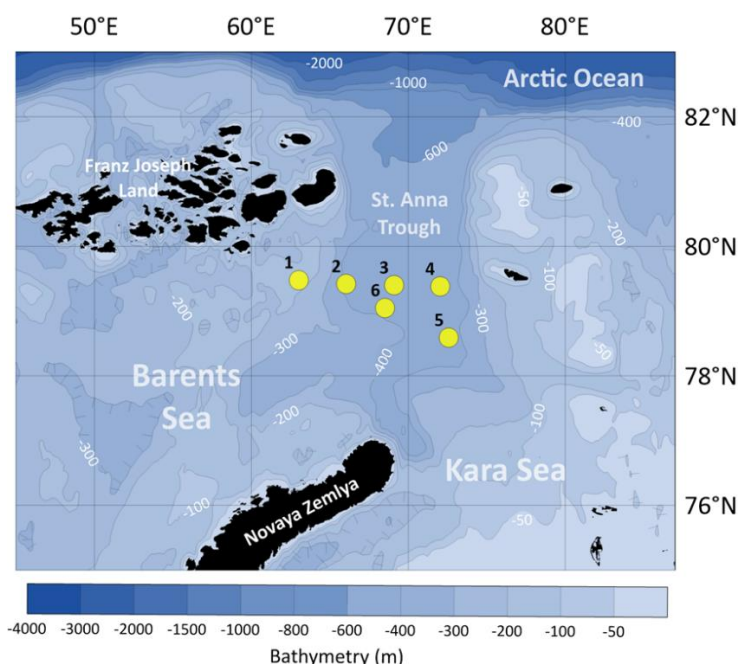


Рисунок 1 – Расположение станций сбора зоопланктона в желобе Святой Анны

Результаты представлены на графике в виде изотопного пространства, где по оси абсцисс расположены значения $\delta^{13}\text{C}$ и по оси ординат значения $\delta^{15}\text{N}$ (рисунок 2). Поскольку у большинства организмов было выявлено высокое соотношение C/N (>3,5), мы применили формулу Post et al. [2007] для коррекции $\delta^{13}\text{C}$. Диапазон получившихся значений составил от -27,0‰ до -20,1‰ для изотопов углерода, и от 5,7‰ до 11,4‰ для изотопов азота. По значениям $\delta^{13}\text{C}$ большинство видов находятся в области от -22‰ до -25‰, что указывает на использование ими схожих источников первичной продукции; только два вида (гидромедуза *Sarsia princeps* и эуфаузида *Thysanoessa inermis*) отклоняются от этой области. По значениям $\delta^{15}\text{N}$ виды распределены в соответствии с их предполагаемым трофическим положением: самыми низкими значениями обладают фильтраторы (птероподы *Limacina helicina*, копеподы *Calanus* spp. и *C. hyperboreus*, эуфаузида *Thys. inermis*), в то время как самые высокие значения наблюдаются преимущественно у хищников (копеподы *Paraeuchaeta* spp., сифонофора *Dimophyes arctica*, гидромедуза *S. princeps*). Если принять классический фак-

тор трофического обогащения ($\approx 3,4\text{‰}$) и копепод *Calanus* spp. в качестве примера консументов первого порядка, то в данном зоопланктонном сообществе можно выделить два трофических уровня.

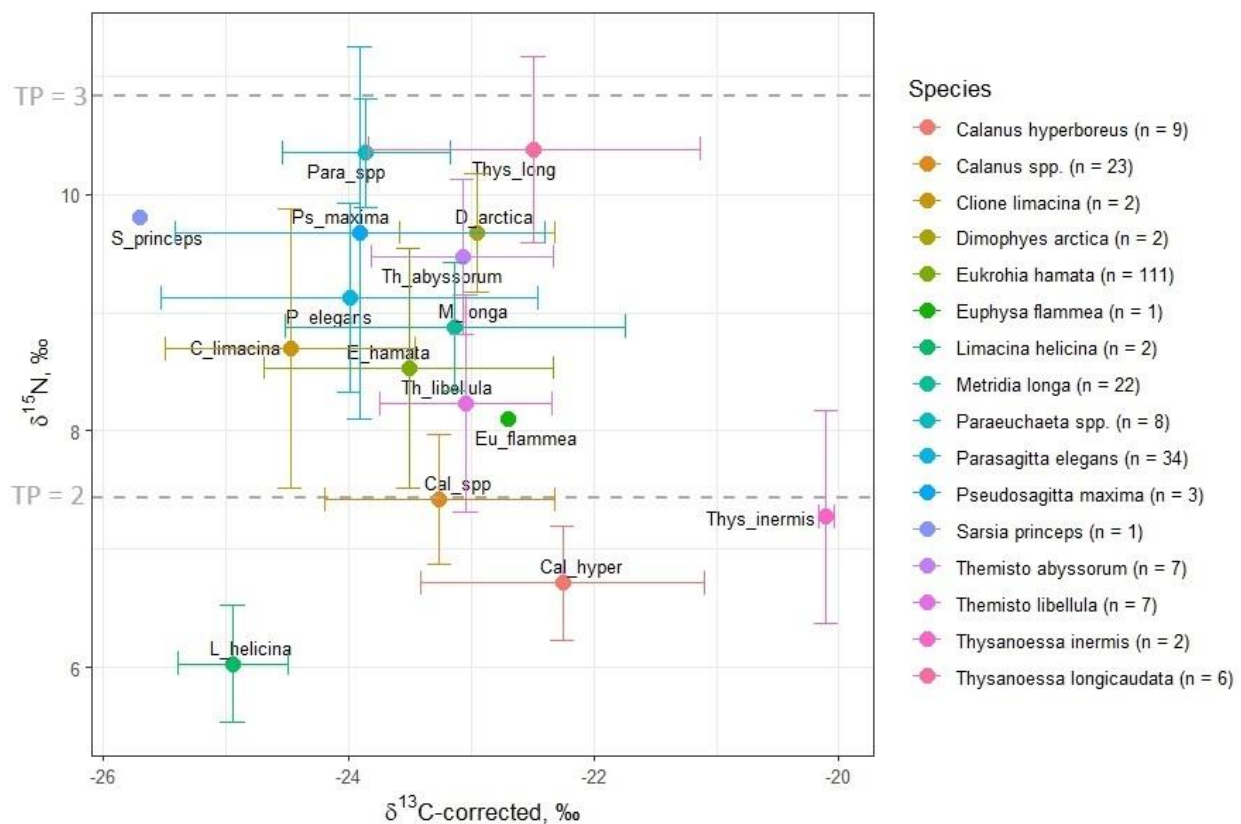


Рисунок 2 – Структура зоопланктонного сообщества в изотопном пространстве (n =количество проб)

Для каждого вида представлены средние значения и стандартные отклонения по изотопам углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$), пунктирными линиями обозначены второй и третий трофические уровни соответственно, рассчитанные относительно копепод-фильтраторов *Calanus* spp.

Два вида хетогнат перекрывались в изотопном пространстве, но *E. hamata* занимала в среднем более низкое трофическое положение чем *P. elegans* (рисунок 3). Для того чтобы построить их изотопные ниши были вычислены скорректированная стандартная площадь эллипса (SEA_c) и средняя площадь эллипса апостериорной оценки (SEA_b). Результаты показали схожие площади SEA_c и SEA_b у обоих видов ($\approx 3,8$), последующее сравнение апостериорных оценок также не выявило статистических различий ($p > 0,05$). Перекрытие изотопных ниш рассчитывалось как частное области перекрытия эллипсов и стандартной площади эллипса ($\text{overlap}/\text{SEA}_c$), и составило приблизительно 49% для каждого вида.

В предыдущих исследованиях изотопные различия между *E. hamata* и *P. elegans* были еще более выражены, и они также свидетельствуют о разном трофическом положении двух видов [Grigor et al., 2020; Artemev et al., 2023].

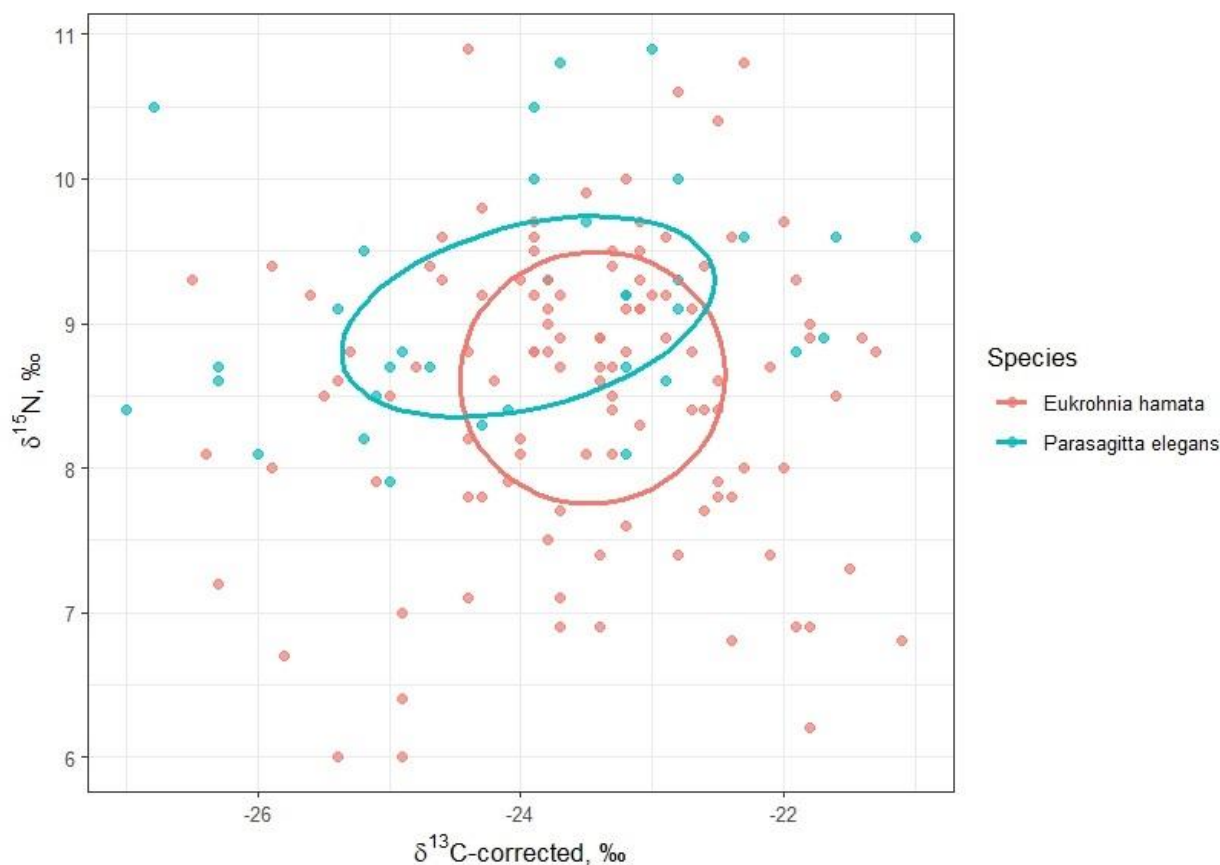


Рисунок 3 – Изотопные ниши *Eukrohnia hamata* и *Parasagitta elegans*, представленные в виде стандартных площадей эллипсов (SEA_c), включающих примерно 40% наблюдений

Полученные нами модели изотопных ниш согласуются с предположением Grigor et al. [2020] о том, что продукты растительного происхождения (детрит, диатомовые водоросли) играют большую роль в диете *E. hamata* нежели *P. elegans*. Различия в трофической экологии этих массовых видов щетинкочелюстных важны для понимания многих процессов, происходящих в пелагических экосистемах, в частности вертикального транспорта углерода. Кроме того, представленные нами данные могут быть использованы для оценки дальнейших изменений в пищевых сетях Арктики, происходящих в результате глобального потепления.

Работа выполнена в рамках научно-образовательной программы «Плывущий университет» (соглашение №075-01593-23-06), обработку материала осуществляли при поддержке РНФ (грант №23-17-00121)

Список использованных источников

Post D. M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions // *Ecology*. – 2002. – Т. 83. – №3. – С. 703-718.

Jackson A. L. et al. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER-Stable Isotope Bayesian Ellipses in R // *Journal of Animal Ecology*. – 2011. – Т. 80. – №3. – С. 595-602.

Post D. M. et al. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses // *Oecologia*. – 2007. – Т. 152. – С. 179-189.

Grigor J. J. et al. Non-carnivorous feeding in Arctic chaetognaths //Progress in Oceanography. – 2020. – Т. 186. – С. 102388.

Artemev G. M. et al. Trophic Ecology of Chaetognaths in the Barents Sea Revealed by Nitrogen Stable Isotope Analysis ($\delta^{15}\text{N}$) //All-Russian Conference of Young Scientists «Complex Investigation of the World Ocean». – Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. – С. 207-216.

УДК 574.52:551.463.8:551.465.8 (261.74)

А. Г. Архипов^{1,2}, Н. П. Дюшков^{1,2}, В. Н. Шнар¹
¹Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград;
²Калининградский государственный технический университет, Калининград)
arkhipov@atlant.vniro.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕСТОНА В ХОДЕ БОЛЬШОЙ АФРИКАНСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ В ВОДАХ МАРОККО

В августе 2024 г. началась Большая африканская экспедиция (БАЭ), которая проводится на двух научных судах Атлантического филиала ВНИРО в исключительных экономических зонах (ИЭЗ) стран Атлантического и Индийского океанов. Проведение экспедиции планируется до конца 2025 г. Сотрудничество со странами Африки имеет стратегический и долгосрочный характер. Развитие и упрочение взаимовыгодных связей относится к числу приоритетов российской внешней политики. Выполнение БАЭ стало возможным после состоявшегося в 2023 г. саммита Россия-Африка. Эта экспедиция является продолжением наращивания сотрудничества России с африканскими странами. Выполнение БАЭ позволит получить количественные оценки величины биомассы и численности водных биологических ресурсов в экономических зонах исследуемых государств, а также определить характеристики основных параметров пелагической экосистемы шельфовых вод Африки [Бандурин и др., 2024].

В 2025 г. получены первые данные по результатам съёмок, проведённых в ИЭЗ некоторых африканских государств. В настоящей работе рассмотрены материалы по распределению сестона в атлантической рыболовной зоне Марокко. Сестон – обитающие в толще воды мелкие организмы (в основном фито- и зоопланктон), а также взвешенные в воде неорганические и органические частицы (детрит), кроме крупных желетелых организмов (гребневики и медузы), являющиеся кормом для рыб на разных стадиях онтогенеза. Распределение и образование скоплений рыб-планктофагов в значительной степени определяется наличием корма. А показателем наличия корма являются повышенные концентрации сестона [Пак, Архипов, 2017].

Для сбора материалов использовали планктоноборщники «Бонго-20» с газом №38. Ступенчато-косой лов выполняли на трёх-шести горизонтах от 100 м до поверхности (либо от дна до поверхности) по 1,5-3,0 мин. на каждом горизонте. Планктонные станции на акваториях съёмок располагались над глубина-

ми от 20 до 1000 м. Массу сестона рассчитывали непосредственно в море после фильтрации улова сети «Бонго-20» [Методические указания..., 1983]. Пробы отбирали во время двух комплексных съёмок в октябре-ноябре 2024 г. и в январе-феврале 2025 г. В пробах сестона визуально преобладал зоопланктон. Материалы по распределению сестона представлены на рисунке 1.

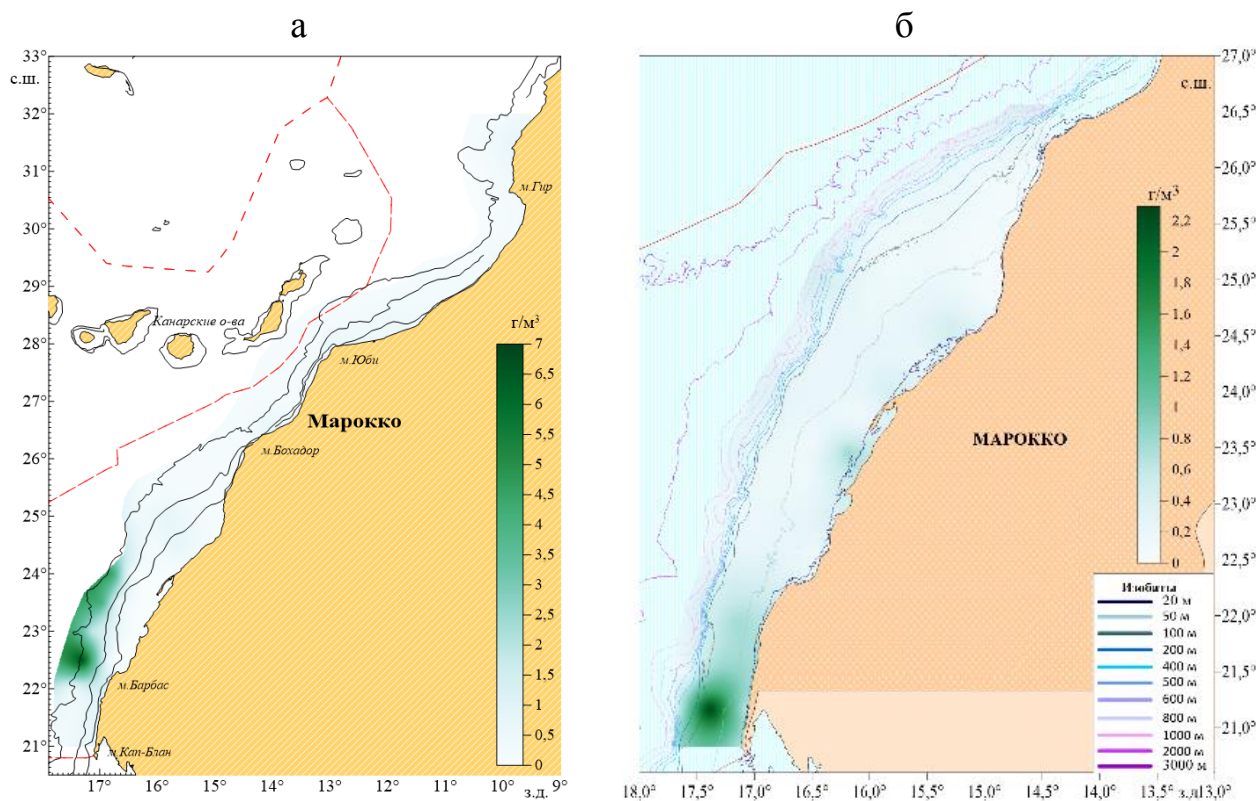


Рисунок 1 – Распределение сестона в октябре-ноябре 2024 г. (а)
и в январе-феврале 2025 г. (б)

В районе выполнения научно-исследовательских работ распределение сестона было неравномерным. В октябрьско-ноябрьской съёмке 2024 г. масса сестона изменялась от 0,04 до 6,71 г/м³, в среднем по району составив 0,63 г/м³. В январско-февральском рейсе масса сестона варьировала от 0,02 до 2,32 г/м³, в среднем по акватории составив 0,36 г/м³. В обеих съёмках пониженные концентрации сестона отмечены на севере исследуемой акватории (м. Гир – м. Юби), а повышенные концентрации зафиксированы в южной части шельфа у м. Барбас (до 6,71 г/м³) и м. Кап-Блан (до 2,32 г/м³). Причём во время второй съёмки повышенные концентрации сестона сместились к югу. По предварительным данным тралово-акустической съёмки в этих же районах наблюдались повышенные скопления массовых пелагических рыб, что подтверждает значительное влияние корма на распределение рыб-планктофагов. Следовательно, проведённые исследования подтвердили, что повышенные концентрации сестона, оперативно определяемые на борту судна в ходе научно-исследовательских съёмок, могут являться индикаторами наличия скоплений промысловых пелагических рыб.

Т. А. Белевич¹, И. А. Милютин², О. В. Воробьева¹,
А. Б. Демидов³, А. В. Троицкий²

(¹Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова, Москва;

²НИИ Физико-химической биологии им. А. Н. Белозерского, Москва;

³Институт океанологии им. П. П. Шишова РАН, Москва)
3438083@list.ru

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ РОДА *SYNECHOCOCCUS* В КАРСКОМ МОРЕ

Пикоцианобактерии (ПЦБ, размер клеток менее 3 μm) являются существенным компонентом пикофитопланктона (ПФ) и играют важную роль в углеродном цикле Мирового океана. В арктических морях одноклеточные ПЦБ представлены исключительно родом *Synechococcus* и их доля в ПФ относительно не велика. Основным источником ПЦБ в Арктике являются североатлантические и/или тихоокеанские воды, а также речной сток. Изменение абиотических факторов в Арктике под влиянием климатического тренда, таких как возрастание температуры поверхностного слоя, увеличение речного стока и объема входящих в Арктику более теплых и соленых атлантических вод может привести к возрастанию доли ПЦБ в суммарном обилии ПФ в арктических водах. Карское море, являясь типичным краевым арктическим водоемом, находится под влиянием мощного пресноводного стока, поступающего с юга, и теплых атлантических вод, приходящих с севера. Прогнозируемое возрастание значимости ПЦБ в функционировании арктических экосистем и отсутствие данных по количественному развитию ПЦБ в российском секторе Арктики определило цель настоящего исследования.

Анализ пространственного распределения планктонных ПЦБ проведен на 11 станциях Разреза, проходящего с севера на юг, в восточной части Карского моря. Пределы варьирования численности ПЦБ составили $2\text{--}88 \times 10^3$ кл/л, их вклад в суммарную биомассу ПФ не превышал 16%. Колебание численности ПЦБ определялось наличием аллохтонных источников – речного стока и трансформированных северо-атлантических вод. Наибольшее обилие выявлено на южных станциях Разреза в районе расположения опресненной и более теплой водной массы, сформированной стоком двух крупных рек – Оби и Енисея. В настоящее время филогенетическое разнообразие рода *Synechococcus* насчитывает до 27 клад, относящихся к трем субкластерам – S5.1, S5.2 и S5.3. В осеннем планктоне Карского моря разнообразие *Synechococcus* было низкое. Метагеномное секвенирование гена *petB* 22-х проб природного ПФ выявило присутствие ПЦБ, относящихся к *Synechococcus* клад 5.1-I, S5.1-IV и S5.2. *Synechococcus* клад 5.1-I и 5.1-IV, доминировавшие в составе сообществ ПЦБ, относились к арктическим флотипам и ранее были выявлены в североатлантических водах, омывающих Шпицберген, и в Баренцевом море. Вклад

филотипов *Synechococcus* S5.2 был невысок, представители этого субкластера предпочитают более теплые воды прибрежных и эстуарных районов, и хорошо адаптированы к условиям пониженной солености. Мы полагаем, что источником поступления *Synechococcus* S5.2 являются трансформированные речные воды, поступающие со стоком Оби и Енисея. Таким образом, в состав осеннего ПФ Карского моря входили ПЦБ рода *Synechococcus*, относящиеся к арктическим и эстуарному субкластерам, источниками поступления которых являются северо-атлантические воды и речной сток.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №24-24-00022)

УДК 574.523

Н. А. Березина¹, П. М. Терентьев², Е. М. Зубова²

(¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург;

*²Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра РАН, Апатиты, Мурманская обл.)*

nadezhda.berezina@zin.ru

ПЕЛАГИЧЕСКИЕ ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ И ПИТАНИЕ РЫБ В СЕВЕРНЫХ ОЗЕРАХ

Изучение структуры пищевой цепи в озерах высоких широт, характеризующихся слабо развитым фитопланктоном и значительным поступлением аллохтонной органики с водосбора озер, представляет собой актуальную задачу. Исследование посвящено изучению структуры трофической сети и спектров питания рыб (планктофагов и со смешанным характером питания), установлению источников поступления питательных веществ в пелагические пищевые цепи и оценке ширины трофических ниш консументов в северных озерах (Имандра, Куэтсъярви, Кривое). Отбор проб во всех озерах проводился в 2019-2024 гг. в период открытой воды (лето-осень), а в оз. Кривом также в подледный период. Для решения задач были использованы в комплексе два метода – анализ пищевых трактов рыб и стабильных изотопов углерода и азота в тканях продуцентов (фитопланктон и фитобентос) и консументов (от первичных до высшего порядка рыб). Изотопная метка организма может использоваться в качестве индикатора его комплексного питания на разных трофических уровнях с течением времени. Тяжелые изотопы азота и углерода (¹⁵N и ¹³C) обогащаются в пищевых цепях озер по отношению к более легким изотопам (¹⁴N и ¹²C) на 3-5‰ (для δ¹⁵N) и 0-1‰ (для δ¹³C) на каждом трофическом уровне. В озерных планктонных экосистемах углеродный поток распределяется по нескольким трофическим путям. В пастбищной цепи (пелагической) фитопланктон служит пищей для зоопланктона, а последний – для рыб. Донные водоросли и перифитон – основной источник углерода в бентосной/ литоральной це-

пи. В детритной пищевой цепи, где детрит (автохтонный и аллохтонный) становится источником питания для зоопланктона и рыб, важное значение принадлежит микробной «петле», благодаря которой аллохтонное органическое вещество перерабатывается бактериями и простейшими, увеличивая его доступность для зоопланктона. Внутри самого зоопланктонного сообщества нередко хищнические взаимодействия, например, копеподы могут питаться простейшими и науплиями (в т.ч. своего вида). В результате исследования выявлена сильная вариабельность, множественные источники и широкие трофические ниши у планктонных консументов и у рыб. В пелагической цепи, идущей от фитопланктона, обнаружено летнее обеднение азотом и осеннее – углеродом, что свидетельствует о существенном вкладе в трофические сети озер диазотрофного азота цианобактерий и углерода метанотрофных бактерий в качестве источников питательных веществ. Одним из путей, по которым углерод, полученный из метана, может попасть в водные пищевые сети, является поступление с водосбора гумуса и переработка его метанотрофными бактериями. Величины $\delta^{13}\text{C}$ зоопланктона в этом случае понижены (от -42‰). Значительные сезонные различия в величинах $\delta^{15}\text{N}$ и смешанный характер питания был выявлен у хищных и факультативно хищных потребителей (включая копепод *Cyclops scutifer* и *Eudiaptomus graciloides*). По значениям изотопов углерода ряпушка и сиги наиболее зависят от пелагических источников по сравнению с всеядными рыбами (окунем, ершом, налимом и колюшкой), ниши которых промежуточные, но ближе к перифитонной пищевой цепи. Среди пищевых объектов рыбы отдавали предпочтение веслоногим рачкам, амфиподам и личинкам водных насекомых, которые считаются объектами питания высокого биохимического качества.

УДК 574.583

С. Э. Болотов, Ю. В. Герасимов
(Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл.)
alhimikhmu@yandex.ru

НЕЧЕСТНАЯ ИГРА ЦЕНОЮ В МИЛЛИАРД: НОВЫЕ ДАННЫЕ ГОВОРЯТ ОБ ОТСУТСТВИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМОГО УГНЕТЕНИЯ ПЛАНКТОНА ПРИ ТРАНЗИТЕ ЧЕРЕЗ ПЛОТИНЫ ГЭС РАЗНОГО ТИПА

Гидрогенерация занимает важное место в современной энергетике России (~20% общей генерирующей мощности), а освоение гидроэнергетического потенциала страны имеет стратегическое значение, покрывая потребности энергодефицитных регионов в дешевой и экологически чистой электроэнергии. Реализация проектов хозяйственной деятельности гидроэлектростанций влечет

риски техногенной гибели гидробионтов. Эти риски конвертируются в реальные денежные эквиваленты и в виде многомиллионных компенсационных платежей ложатся дополнительной фискальной нагрузкой на водопользователей. Настоящая работа направлена на верификацию экологических рисков в части оценки масштабов негативного воздействия на озерно-речной планктон в зоне размещения плотины ГЭС разного типа.

В 2022-2025 гг. подробно, охватывая основные биологические сезоны, исследован планктон приплотинного участка низко- (Угличская, Рыбинская, Ондская, Чебоксарская, Иркутская), высоконапорных (Братская, Красноярская, Саяно-Шушенская) и деривационных (каскад Нижнечерекских станций: Кашхатау, Зарагижской и Аушигерской) ГЭС. Дополнительные исследования проведены в зоне строительства малой Сегозерской ГЭС (не введена в эксплуатацию, гидроагрегаты отсутствуют) и природном водопаде Воицкий Падун (р. Нижний Выг, Карелия), имитирующем транзит планктона через ГЭС.

Полученные результаты свидетельствует об эффективной адаптации планктоценоза к специфическому природно-техногенному режиму работы гидросооружения. Локальное воздействие как крупных, так и малых ГЭС не имеет экологически значимого негативного эффекта на планктон. Сравнительно обильный и продуктивный планктон, сформированный в озерных условиях водохранилища, при прохождении плотины ГЭС под влиянием сильного течения возвращается к своему исходному состоянию и неотличим от расположенных выше незарегулированных речных участков.

Специальные исследования летального воздействия гидротурбин ГЭС на водохранилищный планктон, выполненные методом прижизненного окрашивания показали, что при скате через плотину низконапорных ГЭС его гибель составляет от 0,9-2,1 (Чебоксарская) до 15,1% (Рыбинская), для высоконапорных станций – 3,5-8,8%. В целом, для низко- и высоконапорных ГЭС гибель планктона при прохождении гидроагрегатов составляет в среднем 6,4% (95% ДИ: 3,6-9,4). Полученные оценки близки к данным О. П. Дубовской с соавторами (2004), в соответствии с которыми гибель планктона при транзите через плотину высоконапорной Красноярской ГЭС незначительна и по биомассе составляет 3,6%. Сочетанная (естественная от смены экоусловий и техногенная – от действия гидроагрегатов) гибель планктона пренебрежительно мала и не влечет изменений в вещественно-энергетических потоках экосистемы реки.

Истинный планктон в текущих горных водах деривационных ГЭС почти отсутствует (равно как и его более-менее организованный сообщества). Население беспозвоночных представлено отдельными, единичными организмами, из малочисленного видового пула. Обилие беспозвоночных крайне низкое и по всему каскаду практически неразлично. По своим основным жизненным показателям (видовое богатство, численность и биомасса) зоопланктон деривационного канала идентичен таковому для вод незарегулированного участка Череха.

Повышенная гибель беспозвоночных проявляется на участках речного стока, имитирующих работу ГЭС. Так, доля погибшего планктона при транзите через водопад Воицкий Падун достигает 21,2%, транзите через гидроузел водимой Сегозерской ГЭС – 14,17%. Это указывает на приоритетное влияние контрастной смены озерных условий на режим быстротекучего речного потока, при этом масштабы гибели планктона в этом случае превышают таковой при воздействии от эксплуатации ГЭС.

Существенно, что ни для одного сезона и ни для одной из исследованных ГЭС мы не можем верифицировать полученные ранее и утвержденные регулятором оценки гибели планктона, которая превышает реальную в 5-12 раз. Причины этого носят институциональный характер. Для преодоления прозелитизма намеренно искаженных и коммерчески ангажированных оценок водопользователям рекомендуется привлекать к проведению полевых исследований (безотносительно того, кто их проводит - коммерческие фирмы или аффилированные с Росрыболовством учреждения) супервайзера, обязать подрядчиков обеспечить параллельный сбор комплекта арбитражных проб и возвращать заказчику обработанные пробы. Эти простые меры позволят снизить масштабы спекуляций и обеспечить прозрачность получаемых результатов.

УДК 593.17

С. В. Быкова, А. А. Агапов, М. Ю. Горбунов, М. В. Уманская
(Институт экологии Волжского бассейна РАН,
Тольятти, Самарская обл.)
svbykova514@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА ПЛАНКТОННЫХ ИНFUЗОРИЙ ПО ДАННЫМ МЕТАБАРКОДИНГА И МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ

На современном этапе исследований биоразнообразия метагеномный анализ имеет важное значение, особенно при изучении микромира. Инфузории составляют значительную часть разнообразия микроэукариот и играют решающую роль в микробных циклах. Технология метабаркодирования оказалась довольно полезной для выявления неизвестных и редких видов. Тем не менее, исследователи все чаще призывают к осторожной интерпретации результатов, полученных с помощью метабаркодинга, к необходимости усовершенствования и повышения эффективности баз данных, к комплексному использованию молекулярных и морфологических подходов в изучении разнообразия инфузорий [Семенов, 2019; Кезля и др., 2023; Abraham et al., 2024].

В настоящей работе представлены первые результаты сравнительного анализа состава нескольких преобладающих в планктоне озер Самарской области крупных таксонов инфузорий, определенных микроскопическим и молекулярно-генетическим методами: подклассы *Peniculia*, *Hymenostomatia*, *Peritrichia*, *Scuticociliatia* (класс *Oligohymenophorea*) и др. Уточнение видовой принадлежности ОТЕ инфузорий по данным метабаркодинга затруднено тем, что для целого ряда видов, имеющих четкую морфологическую характеристику и легко определяющихся микроскопически, отсутствуют последовательности в базе GenBank. Многие ОТЕ, присутствующие в наших пробах, идентичны по последовательности неидентифицированным клонам инфузорий, в основном из разных водных местообитаний, часто без соответствующих морфологических описаний, но весьма далеки от имеющихся в Genbank последовательностей инфузорий, определенных до рода или вида. Кроме того, вероятность того, что минорные виды попадут одновременно в пробы, предназначенные и для микроскопического, и для молекулярно-генетического анализов, невелика. Вероятно, этими причинами во многом объясняются различия видового состава инфузорий, полученного разными методами.

На примере представителей р. *Vorticella* (п/кл. *Peritrichia*) в целом, за исключением трех видов (*Vorticella aequilata* E2OTU-141, *Vorticella citrina* E2OTU-307, *Vorticella gracilis* E2OTU-1300) показано хорошее совпадение результатов двух методов определения: классического и молекулярно-генетического. Для колониальных видов *Peritrichia* соответствие молекулярно-генетических и микроскопических методов определения отмечено менее чем для половины числа видов: *Epistylis anastatica* E2OTU-205, *Epistylis pigmaeum* E2OTU-926, *Epicarchesium pectinatum* E2OTU-170, *Campanella umbellaria* / *C. cinica* E2OTU-852. Однозначно определяемый микроскопически *Epistylis procumbens* в базе Genbank вовсе отсутствует.

Общепризнано, что скутикоцилиаты (п/кл. *Scuticociliatia*) довольно разнообразны, широко распространены, но их таксономия и систематические взаимоотношения крайне запутаны [Li et al., 2024]. Значительная часть анализируемых ОТЕ из п/кл. *Scuticociliatia* остается неидентифицируемой и не имеет близких аналогов среди известных видов. Тем не менее, E2OTU-80 (*Cinetochilum margaritaceum*), E2OTU-116 (*Cyclidium glaucoma*) и E2OTU-1095 (*Protocyclidium citrullus* (Cohn) Foissner, Agatha & Berger = *Cyclidium citrullus* Cohn) соответствуют микроскопически определенным видам. Последовательность E2OTU-535 (*Variuronema elegans*) с большой долей вероятности может соответствовать не определенному нами микроскопически до вида *Uronema* sp. Вполне вероятно, что значительная часть видов, в т.ч. неидентифицированных, является новыми для региона.

Таким образом, в работе обсуждаются особенности таксономического состава инфузорий, полученные разными методами. По отдельности ни микроскопическое, ни молекулярно-генетическое определение не дает полной картины, однако их сочетание способствует лучшему выявлению разнообразия.

В. В. Вежновец, М. Д. Журавлев
(Научно-практический центр НАН Беларуси
по биоресурсам, Минск, Беларусь)
vezhn47@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОНА МЕЗОТРОФНОГО ОЗЕРА ПО МНОГОЛЕТНИМ ДАННЫМ

Изучено распределение зоопланктона в термически стратифицированном мезотрофном (прозрачность летом 4,5-9,2 м) озере Южный Волос (Витебская обл., Беларусь) летом, в вертикальном столбе воды от поверхности до дна на станции с максимальной глубиной (40 м) по ежегодным сборам через 5 метров глубины, количественной замыкающей сетью в течение 1985-2023 гг.

При многолетних наблюдениях характер вертикального распределения сходен, чаще всего наблюдался один пик плотности в зоне металимниона (5-10 м). Однако, в разные годы наблюдений максимальные значения относительной численности в столбе воды перемещались в пределах эпи- и конца металимниона (0-15 м). Максимум плотности в слое эпилимниона (0-5 м) был в 22,2% случаев, в металимнионе (5-10 м) максимальные значения численности наблюдались чаще (47,2%), в 27,2% случаев основная часть зоопланктона перемещалась в более глубокие слои воды (10-15 м) и только единожды в 1993 г. зарегистрирована в гипolimнионе на глубине 25-30 м за счет массового развития глубоводной коловратки *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879). Концентрация зоопланктона в зоне с максимальной численностью при средних значениях 26,2% изменялась в широких пределах от 20,3% в 1993 г. до 53,6% в 2002 г.

Из основных групп зоопланктона кладоцеры сосредотачивались в эпилимнионе со средней концентрацией 36,6%, веслоногие раки имели одинаковую максимальную плотность по 30,6% в эпилимнионе и металимнионе, максимум коловраток по многолетним данным размещался на нижней границе термоклина в слое 10-15 м с концентрацией 29,5%.

Определяющую роль в вертикальном распределении играли доминирующие виды. Один из доминантов коловратка *Conochilus unicornis* Rousselet, 1892 в этом озере имеет максимум в металимнионе, где находилось 50,7% популяции, *K. longispina* с максимальным значением 29,1% располагается в слое 10-15 м, *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851) на этой же глубине имела 28,6% численности. *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925 относительно равномерно распределена в этом озере, но все же относится к эпилимниальным формам с небольшой концентрацией (22,1%) в слое 0-5 м.

Неполовозрелые стадии циклопов составляли около четверти общей численности, при этом копеподиты имели хорошо выраженный (45,6%) максимум в слое 0-5 м, а науплиальные стадии более равномерно распределены с максимальной относительной плотностью 32,5% в металимнионе. *Thermocyclops oithonoides* Sars, 1863, *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857) и диаптомусы приурочены к эпилимниону. Полностью в гипolimнионе располагаются *Cyclops lacustris* Sars, 1863 и *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863.

У доминирующих видов кладоцер *Bosmina crassicornis* (P.E. Muller, 1867), *Daphnia cucullata* Sars, 1862 и *Diaphanosoma brachiurum* (Lievin, 1848) около 50% численности создавали в эпилимнионе. Только *Bosmina longispina* Leydig, 1860 располагалась в гипolimнионе.

Таким образом, в мезотрофном озере при многолетних наблюдениях максимальная плотность зоопланктона чаще фиксировалась в зоне металимниона и создается, в основном, коловратками и копеподами, большинство ветвистоусых ракообразных приурочены к хорошо прогреваемому эпилимниону.

Работа выполнена с поддержкой грантом БРФФИ №Б25МС-016

УДК 574.52

В. В. Вежновец
(Научно-практический центр НАН Беларуси
по биоресурсам, Минск, Беларусь)
vezhn47@mail.ru

ПЛАНКТОННЫЕ РЕЛИКТОВЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ В ВОДОЕМАХ БЕЛАРУСИ

Из реликтовых планктонных ракообразных в Беларуси зарегистрированы два вида каланоидных копепод: длиннохвостый лимнокалянус *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863 и озерная эвритемора *Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887), которые обитают в мезотрофных озерах. Оба вида в условиях водоемов Беларуси находятся на южной границе распространения, подвержены риску вымирания и занесены в Красную книгу Республики Беларусь.

Из приведенных видов наиболее изученным является *L. macrurus*, регулярные ежегодные наблюдения за которым в озере Волос проводятся с 1972 г. Относится к семейству Centropagidae, это единственный представитель этого семейства в фауне Беларуси. По происхождению относится к ледниково-морским реликтам четвертичного периода и является представителем холодноводной фауны, летом располагается при низкой температуре в гипolimнионе. Вид имеет циркумполярное распространение, в северном полушарии в озерах и устьях крупных рек. За все время исследований был отмечен в 10 мезотрофных дикиктических озерах Витебской области с прозрачностью воды от 3,5 до 8 м. В настоящее время не регистрируется в озерах Кривое, Бобыно, Снуды, Струсто; сохранились популяции в водоемах: Северный и Южный Волос, Ричи, Сита, Долгое и Дрисвяты. Снижение численности и вымирание этого вида связано с дефицитом кислорода в гипolimнионе, что является следствием эвтрофирования и загрязнения. К существующим угрозам для выживания этого вида добавляются и климатические. После аномально теплого лета 2010 г., в последующем 2011 г. численность в озере Сита резко снизилась от нескольких тысяч в кубометре до единичных особей, т.е. величин, на грани воспроизводства популяции.

E. lacustris относится к семейству Temoridae. Вид на территории Беларуси указан только для двух озер Волчин и Вечелье. В соседних странах распространен больше: в Литве обнаружен в 10, а в Латвии в 13 озерах. Считается, что *E. lacustris* занимает промежуточное положение между подлинными реликтами Анцилового озера и широко распространенными пресноводными видами родов *Heteroscore* и *Diaptomus*. Центр ареала – озера и дельты рек севера Европы и Западной Сибири. В Беларуси населяет, как и лимнокалянус, глубокие мезотрофные озера с прозрачностью 1,2-4,6 м, максимальной глубиной 30-36 м. Живет в гипolimнии озер, при низкой температуре воды. У популяций *E. lacustris* в условиях озер Беларуси наблюдается постепенное снижение численности в сравнении с данными, полученными в прошлом столетии при некоторой стабилизации количественного развития в последние годы. Концентрация кислорода в гипolimнии во многом определяет численность рачка и особенности его вертикального размещения в водоеме, что наиболее четко это проявляется в оз. Волчин.

Наблюдающиеся процессы эвтрофирования и загрязнения водоемов ведут к непригодности некоторых озер для обитания реликтовых видов в условиях водоемов Беларуси. В заселенных озерах наблюдаются значительные межгодовые колебания плотности или постепенное снижение численности, что может привести к выпадению их из водной фауны. Риск вымирания возрастает еще и за счет повышения температуры воды и роста продолжительности вегетационного периода при современном изменении климата, которые интенсифицирует процессы трансформации вещества и энергии и приводят к дефициту кислорода в гипolimнии озер с реликтовыми ракообразными.

Работа выполнена с поддержкой грантом БРФФИ №Б25МС-016

УДК 574.583

**Н. М. Вецлер, А. Ю. Шабуров, К. В. Богданова,
Т. В. Бонк, О. Б. Тепнин**
(Камчатский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ ВНИРО,
Петропавловск-Камчатский)
n.veccler@kamniro.vniro.ru

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОНА АВАЧИНСКОЙ ГУБЫ (КАМЧАТКА)

Авачинская губа – одна из крупнейших естественных бухт мирового океана, расположенная у юго-восточного берега п-ова Камчатка. Бухта имеет важное рыбохозяйственное и рекреационное значение для жителей Камчатского края, 90% которых проживает в городах и поселках, расположенных на ее берегах. В Авачинской губе ведется промысел различных гидробионтов, происходят анадромные и покатные миграции тихоокеанских лососей. После ската из рек Авача и Паратунка молодь рыб около двух месяцев нагуливается в бухте, активно потребляя в этот период зоопланктонные организмы. Одновременно

Авачинская губа служит естественным приемником всех производственных и хозяйственно-бытовых стоков и в течение уже длительного времени испытывает значительное антропогенное загрязнение. Эколого-рыбохозяйственный мониторинг бухты включает изучение современного состояния планктонной фауны и изменений, происходящих в многолетнем ряду наблюдений. В данной работе представлены результаты десятилетних исследований (2015-2024 гг.) таксономического состава и межгодовой динамики структурных и популяционных характеристик зоопланктона Авачинской губы.

Зоопланктонное сообщество в центральной части бухты в исследуемый период формировали около 40 таксонов разного систематического ранга – типичные представители холодноводной и умеренно-холодноводной тихоокеанской фауны, широко распространенные и обычные в камчатских прибрежных водах виды, относящиеся к двум экологическим группам: голопланктону и меропланктону. Среди облигатных планктеров встречались инфузории (семейство Tintinnidae), радиолярии (подкласс Radiolaria), коловратки (класс Rotifera), оболочники (тип Tunicata), щетинкочелюстные (тип Chaetognatha), эуфаузииды (отряд Euphausiacea), мизиды (отряд Mysida), веслоногие (класс Copepoda) и ветвистоусые (отряд Cladocera) раки. Гидробионты, находящиеся в планктонном состоянии только часть жизненного цикла (меропланктон), были представлены личинками полихет (класс Polychaeta), двустворчатых (класс Bivalvia) и брюхоногих (класс Gastropoda) моллюсков, иглокожих (тип Echinodermata), десятиногих раков (отряд Decapoda), медуз (тип Cnidaria), гарпактицидами (отряд Harpacticoida), амфиподами (отряд Amphipoda), остракодами (класс Ostracoda) и науплиусами усонюгих раков (отряд Cirripedia).

Диапазон изменений общей численности зоопланктона составил 17,9-129,0 тыс. экз./м³ при среднемноголетнем значении равном 46,7 тыс. экз./м³. Доминировали в зооценозе, в основном, голопланктонные организмы – Copepoda и Tintinnidae, относительная численность которых была, соответственно, равна 50,0% и 39,5% от общей концентрации облигатных планктеров. Меропланктон, преимущественно, состоял из личинок Polychaeta (71%) и Mollusca (26%) и его доля, в среднем, составила 29,5% от общей численности зоопланктона. В 2015-2024 гг. прослеживалась прямая связь обилия голопланктона с термическими условиями ($r=0,70$): рост его численности в Авачинской губе был отмечен в годы наибольшего прогрева водной толщи в летний период.

Биомасса варьировала от 0,6 до 2,0 г/м³ при среднемноголетнем значении 1,1 г/м³. Биомасса голопланктона, в среднем, составляла 46% и, преимущественно, была представлена Copepoda (66%) и Chaetognatha (16%). Ведущая роль в формировании биомассы принадлежала меропланктону (54% от общей биомассы зоопланктона) и, в основном, – личинкам Polychaeta (49%) и Mollusca (38%). Наименьший вклад меропланктона в общую биомассу был отмечен в 2021 г., (18,5%) что, вероятно, стало следствием массовой гибели бентосных организмов в прибрежных водах на юго-востоке Камчатки (в том числе и моллюсков) осенью 2020 г., вызванное ВЦВ, вследствие одновременной и очень интенсивной вегетацией сразу нескольких видов микроводорослей (в основном динофлагеллят из рода *Karenia*).

*Е. Л. Воденеева¹, П. В. Кулизин¹, Е. М. Шарагина¹,
Д. А. Журова², А. Г. Оханкин¹*

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

*²Нижегородский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Нижний Новгород)
ajugareptans@mail.ru*

ФИТОПЛАНКТОН ГИПСОВОГО ОЗЕРА ВАДСКОЕ (НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ) В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ И ЗИМНИЙ ПЕРИОДЫ

Среднее Поволжье в России – зона классического проявления карста, представленного здесь различными формами, в том числе редкими гипсовыми. В группе гипсовых карстовых озер особый интерес представляют водоемы с частичным замерзанием акватории зимой с точки зрения изучения адаптации их биоты к подобным условиям гидрологического и ледового режимов.

В настоящей работе проанализирован состав альгофлоры карстового гипсового озера Вадское (Нижегородская область) в вегетационный и зимний периоды, проведена оценка развития водорослей планктона и льда (криофитона).

Озеро Вадское – малый водоем сульфатно-кальциевого типа. Является памятником природы регионального значения. Озеро имеет своеобразный гидрологический режим, его питание осуществляется подземной рекой с большим расходом воды (наличие воклины). В месте разгрузки водотока отмечаются самые низкие по акватории озера температуры воды (круглогодично 6-8°C), и отсутствие льда в зимний период.

Альгологические исследования озера проводились в период 2021-2023 гг. В вегетационный период выполняли батиметрический отбор проб с 13 станций; в зимний период – с 6 станций, включая отбор с замерзающих станций также проб льда (с помощью кольцевого бура). Лед делился на части (по 20-30 см в зависимости от толщины).

Общее видовое богатство фитопланктона и криофитона оз. Вадское было представлено 188 таксонами рангом ниже рода из 7 групп: Ochrophyta – 41% (общего состава); Chlorophyta – 40%; Cyanobacteria – 7,5%; Dinophyta – 6%; Cryptophyta – 3,6%; Euglenophyta – 1,6%. Видовой состав летнего и зимнего растительного планктона характеризовался слабым сходством (от 4% до 22% по коэффициенту Серенсена), при кластеризации данных выделялись альгофлоры зимнего и вегетационного периодов.

Наиболее высокие показатели развития фитопланктона отмечались в летний сезон. По средним летним для акватории озера значениям биомассы (2,9-14,3 г/м³), озеро относилось к эвтрофно-мезотрофному типу водоемов. Основную роль в сложении численности играли цианобактерии (виды рода *Aphanocapsa*), по биомассе – диатомеи (виды рода *Ulnaria*) и динофлагелляты (*Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin и др.).

В зимний период более заметные показатели развития водорослей отмечались в подледной воде – до 1,8 млн кл./л численности и 5,8 г/м³ биомассы, тогда как на незамерзающей станции эти величины не превышали 1 млн кл./л и 1 г/м³. В толще льда развитие криофитона снижалось (численность изменялась 0,02 до 0,7 млн кл./л, биомасса от 0,1 до 1,6 г/м³), особенно в верхних горизонтах.

Основу зимних альгоценозов формировали динофитовые водоросли, преимущественно за счет развития *Borghiella* cf. *tenuissima* (Lauterborn) Moestrup, Gert Hansen & Daugbjerg (до 98% биомассы и до 86% численности), в вегетационный сезон данный представитель присутствовал в водоеме в цистирующей стадии. Оценка степени влияния факторов среды на показатели развития *B. tenuissima* с использованием метода ранговой корреляции по Спирмену показала статистически значимую ($p \leq 0,05$) положительную связь с содержанием кремния, щелочностью и жесткостью и отрицательную – с температурой, что хорошо согласуется с экологическими особенностями данного вида.

Кластеризация данных выявила чёткое различие альгоценозов по численности в вегетационный и зимний период, при этом альгоценозы по биомассе оказались схожими, благодаря постоянному присутствию в планктоне динофлагеллят.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда №25-24-00573

УДК 574.583/633

Е. Л. Воденеева¹, Е. М. Шарагина¹, П. В. Кулизин¹, Д. А. Журова²

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

²Нижегородский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Нижний Новгород)
vodeneeva@mail.ru

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КРИОФИТОПЛАНКТОНА В ДВУХ ОЗЕРАХ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА (БАССЕЙН СРЕДНЕЙ ВОЛГИ)

Пространственная структура фитопланктона континентальных водоемов в период открытой воды изучена достаточно хорошо. В меньшей степени информации об альгоценозах этих водоемов в подледный период, хотя большинство из них покрыты льдом до 2-8 месяцев в году. Кроме того, сам ледовый покров является экологической нишей для заселения ее особой группой организмов – криобионтами, включая криофитон. В настоящее время серьезные изменения климата, прежде всего частые погодные аномалии, способствуют уменьшению периода ледостава и соответственно удлинению сроков возможного «цветение» водоемов водорослями.

В работе проведен анализ вертикального распределения водорослей планктона и льда зимой в двух озерах разного генезиса (Лунское и Великое) Нижегородской области (бассейн Средней Волги). Исследуемые озера находятся в правобережье р. Волги. Озеро Лунское – пойменный водоем, старица р. Волги,

расположено на территории г. Нижнего Новгорода. Озеро Великое входит в озерно-речную систему, образованную на месте карстовых провалов (Нижегородская область). Оба водоема по морфометрии относятся к категории малых, имеют схожий ледовый режим (полностью покрыты льдом в течение 4-5 месяцев), испытывают сильную рекреационную нагрузку и регулярное цианобактериальное «цветение».

Альгологические пробы отбирали в подледной воде (от поверхности до дна) и толще льда в январе-марте 2025 г. В оз. Лунском глубина станции составляла 4,5 м, в оз. Великом – 4 м. Зима 2025 г. – «европейская», с погодными аномалиями в виде высоких температур, дождей и раннего таяния льда. Толщина льда варьировала от 25 до 34 см (Лунское) и от 20 до 46 см (Великое). Воды оз. Лунского относились к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, оз. Великого – гидрокарбонатно-сульфатному, имели бóльшую цветность (до 132,3° Сг-Со шкалы). После январской оттепели в водоемах отмечалось снижение цветности и возрастание количества нитратного азота (более заметно – в оз. Лунское).

Видовой состав зимнего фитопланктона и криофитона оказался богаче в оз. Великое, включая более 130 таксонов рангом ниже рода. Основу таксономического списка альгофлоры озер формировали охрофитовые (26-37% общего состава), зеленые (27-35%) и цианобактерии (10-11%). Удельное видовое богатство (число видов в пробе) изменялось от 10 до 32 таксонов. В обоих водоемах минимальные значения этого показателя отмечались в толще льда, максимальные – в придонных горизонтах за счет обогащения альгофлоры представителями бентосных диатомей.

В старице во все зимние месяцы основу криофитопланктона определяли криптомонады (*Komma caudata* (L. Geitler) D.R.A.Hill, *Cryptomonas* spp. – до 80-90% общих численности и биомассы), способные, благодаря миксо- и гетеротрофии, конкурировать с другими водорослями в условиях слабого освещения под льдом. В вертикальном распределении максимальные значения биомассы (до 21 г/м³) отмечались в подледном слое воды. В карстовом озере зимой формировались полидоминатные комплексы, представленные как фитофлагеллятами (криптофитовые, вольвоксовые, эвгленовые, динофитовые), так и безгетероцитными цианобактериями (*Limnothrix redekei* (Goor) Meffert). Максимальные концентрации клеток также отмечались в подледном слое. В обоих озерах криофитон в толще льда был представлен отдельными клетками водорослей разных групп, однако после январской оттепели – стало более выраженным доминирование фитофлагеллят – зеленых вольвоксовых, динофитовых и эвгленовых (последние – только в оз. Великом).

Полученные результаты свидетельствуют об активном развитии альгоценозов в период ледостава, что необходимо учитывать при оценке гидробиологического режима водных экосистем.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда №25-24-00573

Е. Ю. Воякина

(¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича;

²Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН;

³Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург)

katerina.voyakina@gmail.com

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОПЛАНКТОНА РЯДА БУХТ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА В РАЙОНЕ ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА

В работе представлен материал многолетнего мониторинга фитопланктона трех бухт прибрежной зоны Ладожского озера в районе Валаамского архипелага. Структура фитопланктона этих бухт варьировала значительно, что связано с природными и антропогенными факторами.

Ключевые слова: структура фитопланктона, Ладожское озеро, видовое разнообразие

Работа проводилась на Валаамском архипелаге, находящимся в северо-восточной части Ладожского озера на расстоянии около 40 км от г. Сортавала. Общая площадь архипелага – 36 км². Район расположения Валаамского архипелага входит в ультрапрофундальную зону Ладожского озера с максимальными глубинами (в среднем – 113 м) и представляет собой часть, наименее подверженную влиянию вод притоков.

Разнообразие биотопов акватории Ладожского озера в районе Валаамского архипелага обуславливает значительное видовое богатство водорослей и цианобактерий. На данной акватории обнаружен 183 таксона водорослей и цианобактерий рангом ниже рода, среди которых преобладают цианобактерии (19% от общего числа видов), зеленые и диатомовые водоросли (29% и 18% соответственно). Участки побережья отличались высоким видовым сходством (значения коэффициента Сёренсена – 0,7-0,8).

Многолетний мониторинг проводится в локациях побережья, различающихся по морфометрическим и гидрологическим параметрам: Монастырская и Малая Никоновская бухты, залив Крестовый. Монастырская бухта – одна из самых вытянутых и протяженных бухт Валаамского архипелага, находится в северной части острова Валаам, здесь не одно десятилетие существует один из главных действующих причалов острова. Малая Никоновская бухта расположена в северо-западной части острова, котловина бухты вытянута чашеобразная. В кутовой части бухты располагается форелевое хозяйство. Залив Крестовый – открытый фоновый участок, по большинству лимнологических параметров сходен с ультрапрофундальной зоной Ладожского озера. Среди исследованных бухт в заливе Крестовом самые высокие значения прозрачности (6,5 м) и самые низкие значения мутности (3,0 ЕМФ).

В сезонной динамике отмечается максимальное развитие диатомовых водорослей в весенний, раннелетний и осенний период. С началом прогрева воды отмечается доминирование охрофитовых, криптофитовых, динофитовых водорослей и цианобактерий. В период максимального прогрева воды, который приходится на июль-август, зачастую отмечаются максимальные значения численности и биомассы фитопланктона. Именно в этот период на большинстве участков акватории доминируют цианобактерии. Подобная динамика развития фитопланктона характерна для глубоководных районов Ладожского озера. Максимальные значения численности и биомассы фитопланктона зафиксированы в Монастырской бухте (9,9 мг/л), минимальные – в заливе Крестовый (3,7 мг/л). Это связано с гидрологическими особенностями открытых участков: сильным ветровым перемешиванием, влиянием вод глубоководной части Ладожского озера, отсутствием термической стратификации.

В разные годы в состав видов-доминантов входили *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfsex Bornetet Flahaut (1886), *Dolichospermum spiroides* (Kleb.) Wacklin et al. (2009), *Limnothrix planctonica* (Wolos) Meffert 1988, *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anag. & Kom. (1988), *Woronichinia compacta* (Lemm.) Komárek & Hindák(1988). Из криптофитовых чаще всего встречались виды рода *Cryptomonas*, *Komma caudata* (Geitler) Hill (1991), из отдела зеленых водорослей – *Chlamydomonas* spp., *Coenococcus planctonicus* Korsh. (1953), *Botryococcus braunii* Kütz. (1849). В Малой Никоновской бухте доминировали диатомовые и динофитовые водоросли. Комплекс доминирующих видов включал *Protoperdinium bipes* (Paulsen) Balech (1974) и виды рода *Diatoma*.

Диапазоны коэффициента видового разнообразия также очень широкие. Максимальные средние значения индекса Шеннона отмечены для фитопланктона у м. Крестовый (3,1 бит/мг), минимальные – в Монастырской бухте (2,3 бит/мг).

УДК 574.583

**Д. Е. Гаврилко, А. Ю. Сарапкин, В. А. Бубнов,
В. С. Жихарев, Т. В. Золотарева**
(Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород)
dima_gavrilko@mail.ru

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЁР И РЕК БАСЕЙНА СРЕДНЕЙ ВОЛГИ

В пресноводных экосистемах зоопланктонные сообщества находятся под действием комплекса абиотических и биотических факторов, которые формируют их структуру и функционирование. Однако в прибрежной зоне водоемов и водотоков ведущим структурообразующим фактором выступают высшие водные растения, влияя на зоопланктон прямым и косвенным образом. Заросли макрофитов в прибрежной зоне водоемов и водотоков разраста-

ясь, образуют определенные пояса растений одного морфологического строения. Ввиду наличия морфологически разных форм зарослей в данных зонах формируются различные абиотические и биотические условия для зоопланктона, что приводит к формированию градиента условий среды от берега к зоне открытой воды. Это может привести к формированию в зонах макрофитных поясов сообществ зоопланктона с различающейся видовой структурой и формированию градиента сообществ. Целью работы стал анализ пространственного распределения сообществ зоопланктона в разнотипных зарослях макрофитов прибрежной зоны рек и озёр.

Материал для работы был собран в 3 устьевых областях рек-притоков Чебоксарского водохранилища (реки Керженец, Сура, Ветлуга) в 2022-2023 гг., в 7 озёрах и прудах Нижегородской области и Нижнего Новгорода в 2024 г. Отбор проб зоопланктона проводили методом трансект, которые располагали вдоль береговой линии в разнотипных макрофитных поясах и на краю зоны зарослей. В каждой трансекте отбирали по 5 проб зоопланктона, на расстоянии 2 м друг от друга. В точках отбора проб были измерены абиотические параметры водной среды (глубина, прозрачность, температура, pH, электропроводность, концентрация растворенного кислорода), а также концентрация хлорофилла *a* и проективное покрытие растениями биотопа. Обработку проб проводили общепринятыми в практике гидробиологических исследований методами.

На основе анализа видовой структуры сообществ зоопланктона разнотипных макрофитных поясов прибрежной зоны установлено пространственное распределение зоопланктоценозов. Проведенный анализ абиотических и биотических факторов водной среды позволил выявить их градиент изменения. Полученные результаты позволяют констатировать, что в прибрежной зоне исследованных водных объектов под действием разнотипных зарослей высших водных растений формировался пространственный градиент факторов среды и сообществ зоопланктона, который можно охарактеризовать как эоклин. Построенные по результатам анализа избыточности (RDA) модели показывают формирование сообществ зоопланктона, приуроченных к определенной зоне зарослей макрофитов или зоне открытой воды. Согласно моделям наибольшее влияние на видовую структуру сообществ зоопланктона оказывали именно тип биотопа (наличие разнотипных зарослей макрофитов или их отсутствие) и проективное покрытие макрофитов.

На основе анализа функциональных признаков и количественного развития были рассчитаны индексы функционального разнообразия сообществ зоопланктона. Установлено, что в большинстве водных объектов функциональное богатство зоопланктоценозов на краю зарослей было статистически значимо ниже, чем в зарослях макрофитов. Это свидетельствует о том, что в зарослях макрофитов выше представленность видами разных функциональных групп зоопланктона. Функциональная дивергенция зоопланктоценозов в большинстве водных объектов статистически значимо снижалась с продвижением от берега к

краю зарослей, либо была ниже на краю зарослей, по сравнению с зонами зарослей. Для некоторых водных объектов отмечено увеличение функциональной дивергенции зоопланктоценозов зарослей, расположенных между зарослями первой трансекты и зоной открытой воды. По-видимому, это связано с сильным доминированием отдельных видов, что подтверждается увеличением индекса доминирования Симпсона и снижением индекса Пиелу.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №24-74-00016, <https://rscf.ru/project/24-74-00016/>

УДК 593.17 (262.5)

Н. А. Гаврилова¹, И. В. Монашев², О. А. Миронюк¹

(¹Институт биологии южных морей

им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь;

²Российский государственный аграрный университет МСХА

им. К. А. Тимирязева, Москва)

krinelly@mail.ru

ВИДОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ТИНТИННИД (CILIOPHORA, TINTINNIDA) ПРИБРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ

Исследования тинтиннид в прибрежье полуострова Камчатка проводились в ходе экспедиции «Тихоокеанский плавучий университет 2024» на борту НИС «ПРОФЕССОР МУЛЬТАНОВСКИЙ» в августе-сентябре 2024 г. Пробы отбирались малой планктонной сетью Апштейна с диаметром ячеек 29 мкм из верхнего 5-метрового слоя воды, сгущались до конечного объема 30-250 мл (в зависимости от концентрации пробы) и фиксировались раствором Люголя. Качественная и количественная обработка проб проводилась в счетной камере Нажотта под световым микроскопом PZO при увеличении 150х и 300х. Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью программы PAST3.

Тинтинниды оказались доминирующей группой летнего протозойного планктона – всего было обнаружено и идентифицировано 75 видов. Были выделены 6 участков с различными гидрологическими и гидрохимическими характеристиками: Авачинская губа (мелководная закрытая бухта, в которую впадают реки Авача и Паратунка), Ю-В Камчатка (открытая глубоководная часть Тихого океана), Ю-З Камчатка (южная часть Охотского моря в районе Первого Курильского пролива), залив Шелехова (северная часть Охотского моря), Пенжинская губа (зауженный участок акватории между заливом Шелехова и рекой Пенжина, характеризующийся самыми высокими приливами в Тихом океане), устье реки Пенжина (эстуарий реки Пенжина на северо-востоке Охотского моря).

По результатам кластерного анализа (по индексу Брея-Кертиса) были выделены три видовых комплекса, характеризующихся сходными видовыми составами: 1) Комплекс юго-восточного, юго-западного побережья Камчатки и залива Шелехова; 2) Комплекс Пенжинской губы и устья реки Пенжина;

3) Видовой комплекс Авачинской губы. Максимальное видовое разнообразие тинтиннид наблюдалось в Пенжинской губе (39 видов), и устье реки Пенжина (32 вида), а минимальное – в Авачинской губе (9 видов) и заливе Шелехова (13 видов). На полигонах юго-восточной и юго-западной Камчатки было обнаружено 24 и 27 видов тинтиннид соответственно. Несмотря на значительные отличия в характеристиках исследуемых полигонов, вид *Ptychocyclus obtusa* встречен нами повсеместно, а *Acanthostomella norvegica* и *Helicostomella subulata* не были обнаружены только в устье реки Пенжина. Следует, однако, отметить, что указанные виды доминировали по численности на мористых полигонах (юго-восточная и юго-западная Камчатка, залив Шелехова), в то время, как на распресненных участках (Авачинская губа, Пенжинская губа и устье реки Пенжина) они были случайны и малочисленны. Кроме того, основу таксономического разнообразия на мористых полигонах составляли тинтинниды, характерные для открытых морских экосистем (роды *Ptychocyclus*, *Acanthostomella*, *Helicostomella*, *Parafavella*, *Codonellopsis*), а на распресненных – представители пресноводной, солоноватоводной и неретической фауны (роды *Tintinnopsis*, *Antetintinnidium*, *Tintinnidium*). Особый интерес представляет Пенжинская губа, так как активные приливно-отливные процессы в ней постоянно смешивают пресные пенжинские воды с охотоморскими и вероятно, таксономический состав тинтиннид должен меняться в зависимости от того, какие воды преобладают в момент отбора пробы. По нашим данным, в месте отбора проб преобладали морские воды, так как средняя соленость на полигоне составила 31,9‰. Тем не менее, исследования показали, что в Пенжинской губе не только максимально видовое разнообразие, но в равных долях присутствуют как морские, так и солоноватоводные тинтинниды. Таким образом, наши исследования показали, что состав видовых комплексов тинтиннид на различных полигонах вокруг полуострова Камчатка в целом определяется гидрологическим и гидрохимическим условиям, а в зоне активного приливно-отливного процесса наблюдается смешивание морских и пресноводных видовых комплексов.

УДК 591.524.12

М. А. Гвоздарева, О. С. Любина
(Татарский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Казань)
Rita_6878@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НА ПРИМЕРЕ СВЯЖСКОГО ЗАЛИВА (КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ)

Материалом послужили пробы фито- и зоопланктона, отобранные в рамках ежегодного мониторинга водных биоресурсов ТатарстанНИРО на устьевом участке р. Свияга летом с 2020 г. по 2023 г. Обработка материала проводилась стандартными методами в гидробиологии.

В таксономическом составе фитопланктона выявлено 239 наименований микроводорослей из 9 крупных таксономических групп, где доминировали Chlorophyta (43%) с заметным вкладом Cyanobacteria (15%), Bacillariophyta (13%) и Euglenophyta (12%). Удельное видовое разнообразие составило 64 ± 4 таксона/ст. Средняя численность достигала $18,89 \pm 5,82$ млрд кл./м³, преобладали Bacillariophyta, Cyanobacteria (по 29%) и Chlorophyta (23%), а биомасса – $20,87 \pm 4,59$ г/м³, формировалась в основном цианобактериями (46%).

Зоопланктон характеризовался 69 таксонами, относившихся к типам Rotifera (32) и Arthropoda (37). Фауна Rotifera включала 8 семейств (сем.), из них наиболее богато представлены Brachionidae и Synchaetidae (по 10). Группа Cladocera формировалась 6 сем., доминировали Chydoridae (12), Daphniidae (8) и Bosminidae (6). Группа Copepoda была представлена двумя отрядами: Cyclopiformes (подсемейство (п/сем.) Eucyclopinae (3), Cyclopinae (8)) и Calaniformes (сем. Temoridae (4)). Удельное видовое разнообразие планктонных беспозвоночных составило 28 ± 2 таксон/станция. Средняя численность планктонной фауны соответствовала значению $435,03 \pm 123,89$ тыс. экз./м³ (где Rotifera 44%, Cladocera 8%, Copepoda 32%, «Прочие» 15%), средняя биомасса – $3,29 \pm 0,73$ г/м³ (20, 48, 30 и 3% соответственно). Максимальные индексы доминирования отмечены у зоопланктеров второго трофического уровня, по численности у *Brachionus angularis* (Gosse, 1851) ($Id_N=5,55$; 37% в общем значении численности; тип питания вертикация; тип пищи бактерио- и фитопланктон), по биомассе – у *Daphnia cucullata* (Sars, 1862) ($Id_B=7,13$; 51% в среднем значении биомассы; первичная фильтрация; взвешенный мелкодисперсный детрит, бактерио- и фитопланктон, соответственно).

В работе были отдельно рассмотрены представители второго трофического уровня, основной пищей которых являются: взвешенный мелкодисперсный детрит, бактерио- и фитопланктон. Доля фильтраторов по численности и биомассе составила $56 \pm 5\%$ и $53 \pm 9\%$.

В районе исследования по обилию преобладала (84% по численности и 99% по биомассе) практически не потребляемая зоопланктоном размерная группа водорослей (более 100 мкм). На долю потенциально потребляемых зоопланктоном «пищевых» микроводорослей размером 20-100 мкм приходилось до 7% численности и >1% биомассы.

Корреляционный анализ не выявил достоверных связей между общими количественными показателями фито- и зоопланктона, однако отдельно для первичных фильтраторов были отмечены достоверные связи ($r > 0,5$). Так отрицательная корреляция зафиксирована между численностью и биомассой Cladocera с фитопланктоном, размер клеток которых варьировал от 20 до 100 мкм. Положительная связь обнаружена между количественными показателями планктонной флоры той же размерной группы с зоопланктерами группы Copepoda, при этом для науплиусов коэффициент корреляции был выше, чем для взрослых особей.

Полученные результаты указывают на то, что в летний период развитие копепод происходит синхронно с наиболее потребляемыми ими размерными группами микроводорослей, что свидетельствует о достаточном развитии этого

кормового ресурса для рассматриваемой группы зоопланктона. Одновременно наблюдается выедание «пищевых» групп фитопланктона ветвистоусыми ракообразными, на что указывает отрицательный коэффициент корреляции и низкая доля этой группы микроводорослей в общих количественных показателях.

УДК 581.526.325 (262.54)

Г. Ю. Глущенко
(Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону)
gluschenko_gala@mail.ru

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА АЗОВСКОГО МОРЯ В ИЮНЕ 2024 г.

В результате антропогенной деятельности и климатических изменений для Азовского моря отмечено значительное увеличение солёности, связанное, в первую очередь, снижением среднегодового объема стока р. Дон [Косенко и др., 2017; Экосистемные исследования среды и биоты ..., 2012]. Изменения абиотических условий в море приводят к трансформации и в биотическом компоненте. Так, в последние десятилетия отмечают перегруппировку в фитопланктоне – происходит изменение пространственной структуры альгопланктона в сторону сужения ареалов пресноводных и пресноводно-солонатоводных видов и расширения ареалов морских представителей:

- в море уменьшилась доля цианобактерий и зеленых микроводорослей (их развитие отмечают в наиболее опресненных восточном и центральном районах Таганрогского залива Азовского моря);
- усиливается процесс притока в азовоморскую экосистему черноморских форм и расширения их ареала;
- все чаще доминирующий комплекс фитопланктона формируют полигалобные виды динофитовых и диатомовых водорослей;
- отмечают рост средневегетационной биомассы фитопланктона в Таганрогском заливе при значительном ее снижении в собственно море [Ермакова и др., 2020; Сафронова, Лужняк, 2016; и др.].

Цель работы – исследование сообществ фитопланктона Азовского моря в условиях трансформации компонентов среды. Материалом послужили пробы, полученные во время морской экспедиции ЮНЦ РАН на НИС «ДЕНЕБ» в июне 2024 г.

Предварительные результаты показали мозаичность в распределении таксономического состава фитопланктона и варьирование количественных показателей микроводорослей по направлению от Керченского пролива к восточной части Таганрогского залива: изменение значений биомассы – от 0,8 до 52,7 мг/л и численности – от 4 до 164 млн кл/л. На акватории, расположенной ближе к Керченскому проливу, 10-77% общей биомассы и 4-57% общей численности формировали диатомовые водоросли (в основном за счет видов *Thalassionema* cf. *nitzschoides* (Grunow) Mereschkowsky, *Chaetoceros* cf. *affinis* Lauder, *Pseudonitzschia* cf. *delicatissima* complex). На большинстве станций в центральной части

моря преобладали динофитовые водоросли за счет развития крупноклеточных видов (*Prorocentrum micans* Ehrenberg, *Dinophysis* spp., *Gonyaulax* spp.), составляя 49-88% и 1-42% от суммарных показателей соответственно. На выходе из Таганрогского залива и в его западном районе еще сохраняли свое преимущество динофлагелляты и диатомеи (их доля в общей биомассе составляла 52-63% и 15-23% соответственно), но также стали развиваться зеленые водоросли и цианобактерии, составив 10-26% и 3-6% соответственно). В центральном районе залива доминирование отмечено для цианобактерий – до 80% от общей биомассы и 94% от общей численности (преимущественно за счет развития *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault). Следует отметить, что через неделю в этом же районе залива цианобактерии развились до уровня гиперцветения, достигнув значения биомассы 325 мг/л. В восточной, наиболее опресненной части залива по биомассе преобладали диатомовые водоросли (*Thalassiosira* spp.) (до 78%), а по численности – цианобактерии (*A. flos-aquae*, *Merismopedia* spp., *Woronichinia* spp.) (до 65%).

Данное исследование показывает сохранение отмеченных ранее тенденций для фитопланктона Азовского моря, обусловленных периодом пониженной водности: по-прежнему основу альгопланктона составляют характерные для летней сезонной сукцессии диатомеи и динофлагелляты в разных районах собственно моря, и добавляются к ним зеленые водоросли и цианобактерии в Таганрогском заливе, при этом последние настолько интенсивно развиваются, что формируют цветение воды.

Работа выполнена в рамках госзадания НИР ЮНЦ РАН №125012100503-4

УДК 574.58.01

Т. Б. Голоколенова
(Средневолжский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Волгоград)
Lysak-alga@yandex.ru

ФИТОПЛАНКТОН ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (2023-2024 гг.)

Изучение эвтрофных водоемов имеет теоретическое и практическое значение для анализа механизмов их устойчивого функционирования и факторов, влияющих на продуктивность. Основные индикаторные показатели фитопланктона, трофического статуса водоема и качества воды – это количественное развитие фитопланктона, структура фитоценоза, присутствие индикаторных и токсигенных видов.

Цимлянское водохранилище (вдхр.) образовано на р. Дон в 1952 г. Мониторинг проводился в июле-августе 2023-2024 гг. на 34 станциях. Изучалась динамика численности и биомассы фитопланктона, содержания хлорофилла *a* (Хл *a*), концентраций цианотоксина микроцистина (МС-LR) методом иммунохроматографии тест-системами ТС-МЦ (НЦ «Сигнал»). Гидрометеорологические условия двух лет исследования были сходны и характерны для климатических условий региона.

В общем списке фитопланктона отмечено 243 таксона рангом ниже рода, относящиеся к восьми отделам. Преобладали *Chlorophyta* (45%), *Cyanophyta* / *Cyanobacteria* (18%) и *Bacillariophyta* (17%). Таксономическое разнообразие составило 182 таксона в 2023 г. и немногим больше - 208 в 2024 г. за счет увеличения разнообразия *Chlorophyta*. Количественные показатели составили по численности 356423 и 378515 тыс. кл/л, по биомассе 15,5 и 11,2 мг/л соответственно годам. Доминировали *Cyanobacteria*: по численности на 93% и 98%, по биомассе – 84% и 90% соответственно. Отличительной чертой структуры биомассы фитопланктона летом 2023 г. являлась относительно большая доля диатомей – 7%, а в 2024 г. отмечено около 3% *Chlorophyta*. В среднем по водохранилищу численность водорослей составила 367469 тыс. кл/л, биомасса – 13,3 мг/л, что сопоставимо с предыдущим наблюдениями. Основу доминирующего комплекса составили 29 таксонов, однако с наибольшей частотой отмечены только 4 таксона: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Aulacoseira ambigua*, *Planktothrix agardhii* и *Planktothrix rubescens*. В этот период в Цимлянском вдхр. регистрировалась средняя концентрация Хл *a* в слое 0-дно около 26 мкг/л, отмечен широкий диапазон значений от 4,6 до 116 мкг/л. Доля проб, характерных для «цветения» воды различной интенсивности и отражающих различную степень экологического неблагополучия водоёма с концентрациями пигмента выше 30 мкг/л, составила около 30% от общего количества. Почти половина из них – это политрофные воды с содержанием Хл *a* более 48 мкг/л. Доля проб с концентрацией Хл *a* до 10 мкг/л составляет всего 15% и год от года сокращается, что свидетельствует о низком качестве воды, поступающей с водосборной площади Цимлянского вдхр. Трофический статус Цимлянского вдхр. по среднему содержанию Хл *a* оценивается как *β-эвтрофный*. Индекс трофического состояния оценивается как очень высокий и составляет около 66, с максимумом до 70 в средней части водохранилища.

С 2023 г. проводится исследование воды на обнаружение цианотоксина MC-LR. Практически во всех точках отбора проб регистрировалось его присутствие от следов до 5 нг/мл. Максимальные значения MC-LR,кратно превышающие уровень допустимых значений по нормативам Всемирной организации здравоохранения (1 нг/мл), отмечены в Чирском плесе, принимающим воды реки Дон, а так же в районах устьев рек, притоков Цимлянского вдхр., таких как Аксенец, Солоная, Мышкова, Чир, Цимла. Это зоны приема антропогенных вод и ежегодного массового развития токсигенных штаммов цианобактерий. Отмечена прямая корреляционная связь между цианотоксинами и Хл *a* (коэффициент Пирсона 0,6).

Ежегодные мониторинговые исследования, проводимые на Цимлянском вдхр. позволяют отметить постепенное увеличение эвтрофирования водоема, снижение способности его к самоочищению. Новые методы регистрации токсинов в воде позволяют выявить места локализации антропогенного влияния.

CRYPTISTA В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ И ВОДОЕМАХ ЛЕСОСТЕПНОГО ПОВОЛЖЬЯ ПО ДАННЫМ МЕТАБАРКОДИНГА

Криптофиты - группа микроводорослей, играющая важную, но обычно недооцениваемую, роль в пресных и морских водных экосистемах. Вместе с каталефаридами и несколькими недавно описанными организмами они входят в кладу Cryptista.

В последней сводке фитопланктона водохранилищ Волжского каскада (Корнева, 2015) указывается 35 видов и подвигов криптофитовых водорослей; 27 из них указаны для Куйбышевского и Саратовского водохранилищ. С учетом современной таксономии, это 18 видов р. *Cryptomonas*, четыре принадлежат к роду *Chroomonas* (сем. Hemiselmidaceae, «голубая» группа Pyrenomonadales), и пять к «красной» группе Pyrenomonadales: три к роду *Rhodomonas* (Pyrenomonadaceae), и два к роду *Plagioselmis* (Geminigeraceae). При этом представители рода *Cryptomonas* упоминаются в составе фитопланктона Волжского каскада с начала 1960-х гг., *Chroomonas acuta* — с 1970 г., а представители «красной» группы Pyrenomonadales присутствуют только в таксономических списках и, очевидно, встречались лишь единично. По литературным данным, с начала 1990-х гг. *Chroomonas acuta* (сейчас считающийся синонимом *Komma caudata*) практически постоянно присутствует в пробах в безледный период в Куйбышевском водохранилище, причем ежегодно в некоторых пробах входит в состав доминантов.

По данным метабаркодинга, в объединенной библиотеке планктона Куйбышевского водохранилища и малых водоемов лесостепного Поволжья за 2023 г. обнаружены 56 ОТЕ, определенных как ядерные последовательности Cryptista, в т.ч. 41 ОТЕ, принадлежащие фототрофным Cryptophyceae: 30 — к р. *Cryptomonas* и 11 — к Pyrenomonadales. По числу последовательностей во всех пробах преобладали *Cryptomonas curvata* и *C. tetrapyrenoidosa*, но в нескольких пробах из водохранилища и Усинского залива до начала цветения цианобактерий доминировали «красные» формы Pyrenomonadales. Однако среди нуклеоморфных последовательностей более чем в половине проб преобладали сходные с последовательностями фикоэритрин-содержащих Pyrenomonadales; структура пластидных 16S генов рРНК криптофитовых несколько отличалась и от ядерных, и от нуклеоморфных, однако и в ней доля «синих» Pyrenomonadales была очень невелика.

По молекулярным данным, среди Pyrenomonadales преобладали последовательности, принадлежащие *Rhodomonas minuta*/*Plagioselmis nanoplanctica*.

Последний вид весьма похож на *Komma caudata* по большинству морфологических признаков, различимых в световом микроскопе, кроме окраски пластид. Вероятно, из-за изменения цвета пластид при фиксации именно *P. pannoplanctica* традиционно определяется в Волжском бассейне как *Chroomonas acuta*=*Komma caudata*. Последовательности, близкие к последнему, также присутствуют в нашей библиотеке, но они единичны.

Кроме фототрофных, в нашей библиотеке обнаружены многочисленные апластидные Cryptophyceae, а также Katablepharida. Эти группы традиционно не определяются при микроскопическом определении фитопланктона. В «Кадастре свободноживущих простейших» Б.Ф. Жукова с соавт. (1998) для Куйбышевского и Саратовского водохранилищ указан только *Cyathomonas* (= *Goniomonas*) *truncata*. По данным метабаркодинга, по числу последовательностей среди них преобладали каталефариды из пикопланктонной пресноводной клады LG-E, за ними следовали «базальные» апластидные криптофиты из группы CRY1, и только затем – представители пресноводной клады Goniomonadaceae. Единично были встречены последовательности, принадлежащие к «морской» кладе Goniomonadaceae. В сумме, все они составляли около 20% всех Cryptista, однако в двух пробах преобладали над фототрофными ОТЕ.

Таким образом, результаты метабаркодинга позволяют по-новому взглянуть на распространение и таксономический состав Cryptista в водоемах Волжского бассейна.

УДК 595.34 (262.5)

А. Д. Губанова, О. А. Гарбазей
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
adgubanova@ibss-ras.ru

ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ

Биологические инвазии признаны одним из фундаментальных аспектов изменений морских экосистем и являются глобальной проблемой морской экологии.

Вселение и распространение популяций чужеродных видов вызывает модификации в сообществах и экосистемах водоемов-реципиентов и нередко приводит к серьезным экономическим последствиям [Boxshall, 2007]. Наиболее восприимчивы к интродукции новых видов прибрежные акватории вследствие серьезной антропогенной нагрузки, которая, с одной стороны, приводит к уменьшению устойчивости экосистем; с другой стороны, ряд форм деятельности в прибрежных районах таких, как судоходство и аквакультура – являются основными векторами распространения организмов в новые места обитания. Представленная работа выполнена на базе многолетних круглогодичных наблюдений в Севастопольской бухте с 1976 г. по 2014 г. Отметим, что побережье Севастополя может служить модельной экосистемой шельфа Чёрного

моря, так как тенденции изменений планктона в Черном море имеют общий характер [Siokou-Frangou et al., 2004; Stefanova et al., 2009 и др.].

В последние десятилетия в пелагиале Черного моря акклиматизировались: гребневики *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata*, копеподы *Acartia tonsa* и *Oithona davisae* и *Pseudodiaptomus marinus*. Наиболее существенные изменения в сообществе зоопланктона и экосистеме Черного моря в целом вызвали *M. leidyi*, *B. ovata* и *O. davisae*. Все они – эпиланктонные виды, обитающие в прибрежных районах. Мы выделили 4 периода состояния сообщества зоопланктона, в частности, копепод, которые были обусловлены интродукцией этих видов: 1970-1980 гг. доинвазивный период; начало–конец 1990-х годов акклиматизация и развитие популяции хищного гребневика *M. leidyi*; конец 1990-х – начало 2000-х годов интродукция и распространение *B. ovata*; 2005-2014 гг. акклиматизация и распространение копеподы *O. davisae*. Эти виды оказали заметное влияние на сообщество зоопланктона и экосистему Черного моря. Интродукция мнemiопсиса вызвала катастрофические и необратимые изменения в экосистеме-реципиенте, в том числе посредством каскадных эффектов, которые спровоцировали последующие инвазии в Черном море – гребневика *Beroe ovata* и копеподы *Oithona davisae*, которые в свою очередь привели к новым модификациям в сообществах пелагиали и экосистеме Черного моря.

В работе детально рассматриваются изменения структуры и численности копепод Севастопольской бухты в период с 1976 г. по 2014 г. под влиянием видов вселенцев.

Работа выполнена в рамках госзадания ИНБЮМ (тема №124030400057-4)

УДК 574.583

О. Ю. Деревенская¹, М. В. Косова², Е. Н. Унковская³

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань;
²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань;

³Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник, пос. Садовый, Республика Татарстан)
oderevenskaya@mail.ru

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА ГЛУБОКОВОДНОГО КАРСТОВОГО ОЗЕРА

Озеро Раифское расположено на территории Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника, имеет карстово-суффозионное происхождение, его площадь составляет 32 га, максимальная глубина – 19,6 м, средняя – 6,5, проточное. Основным источником загрязнения озера является река Сумка, которая приносит загрязняющие вещества, агрохимикаты и взвешенные вещества, вымываемые с сельскохозяйственных земель, расположенных выше по течению. Определенное воздействие оказывают поселок и Раифский монастырь, расположенные на берегу озера.

Целью исследования являлось изучение многолетних изменений зоопланктона озера Раифское, выявление тенденций в динамике видового состава, численности и биомассы.

Пробы зоопланктона отбирали в летние периоды 1998-2008 гг. и 2011-2023 гг. на одной и той же мониторинговой станции, расположенной в центральной, глубоководной части озера (глубина в точке отбора – 19 м).

В озере Раифское за период исследований было выявлено 78 видов, из них коловраток 38 (49%), ветвистоусых ракообразных – 29 (37%) и веслоногих ракообразных – 11 видов (14%). В долгосрочной перспективе наблюдается тенденция к увеличению видового богатства, особенно выраженная в последние годы. Наиболее часто доминировали *Daphnia* (*Daphnia*) *cucullata* Sars, 1862, *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863), *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris* (O.F. Muller, 1785) и *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888) (в последние годы).

Количественные показатели зоопланктона подвержены значительным межгодовым колебаниям, однако устойчивых тенденций к росту или снижению не выявлено. Численность зоопланктона колебалась от 12,7 тыс. экз./м³ (2004 г.) до 541,5 тыс. экз./м³ (2008 г.), со средним значением $196,2 \pm 32,3$ тыс. экз./м³. Биомасса также варьировала, от минимального значения 0,07 г/м³ (в 2004 г.) до максимального 6,1 г/м³ (в 2008 г.), в среднем составляла $1,51 \pm 0,32$ г/м³. Основные изменения численности и биомассы связаны с динамикой ветвистоусых ракообразных и коловраток, в то время как количественные показатели веслоногих ракообразных оставались более стабильными. Резкие колебания численности и биомассы коловраток объясняются их коротким жизненным циклом и быстрой реакцией на изменения температуры и наличие пищи. Численность ветвистоусых ракообразных значительно увеличивалась в отдельные годы, в то время как численность веслоногих ракообразных оставалась более постоянной, что способствует поддержанию устойчивости экосистемы. Биомасса зоопланктона изменялась по годам, при этом основу составляли ветвистоусые и веслоногие ракообразные, а коловратки, несмотря на их высокую численность в отдельные периоды, вносили меньший вклад. Колебания численности и биомассы зоопланктона могут быть обусловлены комплексом факторов, включая климатические и гидрологические условия года, наличие пищи, воздействие хищников и другие. Полученные результаты свидетельствуют о высокой динамичности экосистемы озера Раифское.

Эпилимнион отличался наибольшим числом видов в пробе и высокими количественными показателями, в то время как в металимнионе эти были параметры ниже, а в гиполимнионе – минимальны. Изменения численности и биомассы зоопланктона в различных слоях воды носили циклический характер с регулярными увеличениями или снижениями, без устойчивого долгосрочного тренда.

Индекс видового разнообразия в среднем составил $2,62 \pm 0,10$ (по численности) и $2,25 \pm 0,17$ (по биомассе), что указывает на мезотрофный статус озера, однако увеличение числа видов может свидетельствовать о его постепенном росте. По величине индекса сапробности ($1,59 \pm 0,02$) озеро относится к β -мезосапробной зоне (умеренно загрязненная вода).

ФИТОПЛАНКТОН ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (Р. УРАЛ) ВЕСНОЙ ПОСЛЕ АНОМАЛЬНО ВЫСОКОГО ПОЛОВОДЬЯ (2024 г.)

Неоднородность количественных и качественных характеристик сообществ фитопланктона по продольному профилю водохранилищ определяется соотношением важнейших абиотических и биотических факторов в гидрологических зонах – речной, озерно-речной и озерной [Минеева, 2004; Даценко, 2007; Корнева, 2015; Эдельштейн и др., 2017, 2021]. Ириклинское водохранилище на р. Урал включает каскад разнотипных русловых плесов (Чапаевский → Софинский → Таналык-Суундукский → Приплотинный) [Джаяни, 2023]. Гидрологический режим водохранилища определяется режимом р. Урал, который характеризуется маловодностью и рекордной для больших рек межгодовой неравномерностью стока – в отдельные годы различия составляют 8-10 раз [Магрицкий и др., 2018]. Известно, что в мало- и многоводные фазы наблюдаются существенные трансформации качественного и количественного состава сообществ фитопланктона водохранилищ [Корнева, 2015; Даценко и др., 2017; Рахуба, 2020]. Для Ириклинского водохранилища ранее было показано, что численность и биомасса фитопланктона положительно связаны с объемами притока и сброса, суммой атмосферных осадков и уровнем воды, но практически независимо от гидрологического режима наиболее богатым качественным и количественным составом сообществ отличаются верхние плесы [Джаяни, 2022-2024]. Однако в 2024 г. на р. Урал наблюдалось аномальное половодье, которое привело к транзитному сбросу всего расхода воды через гидроузел Ириклинской ГЭС. В целом в 2024 г. средний за апрель-май объем притока был больше чем в 2016-2023 гг. на 292,7-520,4 м³/с, объем сброса – на 361,0-404,3 м³/с, уровень воды – на 0,5-2,8 м. В связи с этим была сформулирована цель работы – выявить изменения количественной представленности фитопланктона разнотипных плесов Ириклинского водохранилища и горизонтального распределения сообществ по его продольному профилю весной 2024 г. по сравнению с данными 2016-2023 гг.

Анализ данных не выявил значительных изменений количественной представленности фитопланктона в разнотипных плесах Ириклинского водохранилища. Одновременно не обнаружено нарушений закономерностей горизонтального распределения общей численности и биомассы сообществ – максимальные показатели были характерны для плесов верхней части водоема. Однако численность сообщества в Приплотинном плесе статистически значимо превышала ее величины в Софинском и Таналык-Суундукском плесах, только в 2024 г. обнаружено увеличение доли Cryptophyta и незначительное повышение доли Cyanophyta в об-

щей численности по продольному профилю водохранилища. Вниз по течению уменьшалась величина индекса сапробности, хотя в большинстве случаев его значения характеризовали β -мезосапробный статус вод, но в 2018, 2020 и 2024 гг. в верхнем плесе величины индекса соответствовали α -мезосапробным водам. В 2016-2023 гг. в составе доминантов и субдоминантов только в верхней части водохранилища – в Чапаевском и/или Софинском плесах – отмечались виды-индикаторы α -мезосапробных условий (*Cyclotella meneghiniana*, *Stephanodiscus hantzschii* и др.). Но в 2024 г. *Stephanodiscus hantzschii* доминировал на участке Чапаевский-Таналык-Суундукский плес, а в Приплотинном был в составе субдоминантов.

Таким образом, полученные данные позволяют утверждать, что интенсивная «промывка» акватории водохранилища водами половодья не вызвала существенной трансформации количественной представленности весеннего фитопланктона в русловых плесах Ириклинского водохранилища и горизонтального распределения сообществ по его продольному профилю. Однако для окончательного заключения о роли усиленной «промывки» акватории необходим анализ состояния фитопланктона летом и осенью, что позволит определить перспективность реализации мероприятий по предотвращению повышения трофического статуса вод и ее «цветения» путем увеличения проточности и водообмена, а также позволит прогнозировать состояние экосистемы при разных сценариях изменения климата.

УДК 574.583

О. А. Дмитриева^{1,2,3}, А. С. Семенова^{1,3,4}

¹Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград;

²Институт океанологии им. П. П. Шишова РАН, Москва;

³Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград;

⁴Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл.)

phytob@yandex.ru; a.s.semenowa@mail.ru

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ

С целью изучения сезонной динамики вертикальной структуры и количественного развития планктонных сообществ как элементов биологического насоса в юго-восточной Балтике были выполнены исследования в районе морской площадки Калининградского карбонового полигона в марте-декабре 2021-2022 гг. стандартными методами [ICES, 2000; Методы ..., 2024]. Пробы планктона отбирали батометром на 8 горизонтах фотического слоя (0-25 м), а также над термоклинном и галоклинном, на 4 м выше дна (дно+4м) и у дна. Для установления характера вертикальных миграций зоопланктона в августе 2022 г. исследования проводили в дневное и вечернее время суток.

В 2021 г. отмечалось интенсивное «цветение» динофитовых водорослей весной и диатомей осенью. В 2022 г. при доминировании в составе сообществ тех же систематических групп – уровень количественного развития фитопланктона был существенно ниже. В 2021 г. биомасса фитопланктона в среднем была в 9 раз выше, чем в 2022 г. Исследование вертикального распределения фитопланктона в разное время суток показало, что в среднем для слоя 0-25 м биомасса фитопланктона была близка в 13 ч 15 мин и в 17 ч 30 мин и снижалась к 20 ч 50 мин. В слое 0-5 м в 13 ч 15 мин и 17 ч 30 мин доминировала *Heterocapsa rotundata*, в слое 7,5-25 м *Actinocyclus normanii*, *Coscinodiscus granii*, их максимум на горизонте 25 м отмечался в 13 ч 15 мин и 17 ч 30 мин. В 20 ч 50 мин в слое 0-5 м регистрировалась максимальная доля цианобактерий, диатомей, как и в предыдущие часы, регистрировались в слое 20-25 м, не формируя максимумов.

В 2021 г. максимальные значения численности и биомассы зоопланктона были отмечены в апреле, затем численность резко снижалась к концу июня, а биомасса оставалась примерно на том же уровне вплоть до августа, когда она также снижалась. Минимальными численности и биомассы были в конце ноября. В 2022 г. численность и биомасса зоопланктона возрастали от марта к началу июня, когда были максимальными за сезон, а затем снижались вплоть до декабря. Численность зоопланктона в 2021 г. была в 3,5 раз, а биомасса в 1,8 выше, чем в 2022 г. В связи с активными миграциями ряда видов была отмечена большая разница в вертикальном распределении зоопланктона в разное время суток, при том, что средние для слоя 0-25 м значения численности и биомассы были близки. В 13 ч 15 мин численность зоопланктона была довольно равномерно распределена в слое 0-10 м, а в слое 15-20 м снижалась. Высокие значения численности были отмечены над термо-и галоклином, тогда как биомасса в это время была распределена очень неравномерно – минимальные ее значения были в поверхностном горизонте, затем с глубиной она возрастала. В 17 ч 30 мин ярко выраженный пик численности и биомассы отмечался в поверхностном горизонте, куда из нижележащего слоя совершали миграции *Keratella quadrata*, *Bosmina (Eubosmina) coregoni* и *Podon intermedius*, с глубиной численность и биомасса снижались, вновь возрастая над термо-и галоклином и у дна. В 20 ч 50 мин пик численности был отмечен на глубине 2,5 м за счет миграции на этот горизонт *Keratella quadrata* и *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, пик биомассы – на глубине 25 м за счет миграции на этот горизонт *Podon intermedius* и *Evadne nordmanni*.

Исследование выполнено в рамках программы консорциума «ОКЕАН: МОНИТОРИНГ И АДАПТАЦИЯ»

О. А. Дмитриева^{1,3,4}, А. С. Семенова^{1,2,3}¹Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград;²Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл.;³Институт океанологии им. П. П. Шишова РАН, Москва;⁴Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград)
phytob@yandex.ru; a.s.semenowa@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ И МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ СООБЩЕСТВ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

С целью выявить особенности изменения структуры и уровня количественного развития планктонных сообществ Калининградского (Вислинского) залива Балтийского моря, возникающих на фоне загрязнения и эвтрофирования акватории, вселения чужеродных видов, исследования фито- и зоопланктона выполняли в 2002-2024 гг. ежемесячно с марта по ноябрь на 6 пелагических станциях Российской части водоема. С 2022 г. в рамках работы консорциума «ОКЕАН: МОНИТОРИНГ И АДАПТАЦИЯ» осуществляется климатический и экологический мониторинг Балтийского моря. Выделен набор параметров мониторинга, одним из которых является функционирование фитопланктонного и зоопланктонного сообществ. Количественную обработку осадочных 0,5-литровых интегральных проб фитопланктона проводили по общепринятой методике. К доминирующим были отнесены виды, биомасса которых превышала 10% суммарной биомассы фитопланктона. Зоопланктон отбирали и обрабатывали стандартными методами [Методы ..., 2024]. Многолетние мониторинговые исследования 2002-2024 гг. планктонных сообществ Вислинского залива показали значительную сезонную и межгодовую вариабельность их структуры и уровня количественного развития. Водоем характеризуется как эвтрофный с летними цианобактериальными «цветениями» воды. Интенсивность летних цианобактериальных «цветений» была высокой до вселения моллюска *Rangia cuneata* (2002-2010 гг.), после вселения (2011-2020 гг.) она значительно снизилась. Самое интенсивное «цветение» воды отмечалось в 2021 г., в период снижения количественных показателей развития моллюска. В период вселения и натурализации *R. cuneata* передача большей части энергии происходила по пастбищной пищевой цепи, что способствовало снижению биомассы и интенсивности цианобактериальных «цветений» воды в Вислинском заливе. С 2021 г. интенсивные «цветения» воды возобновились.

Исследование выполнено в рамках программы консорциума «ОКЕАН: МОНИТОРИНГ И АДАПТАЦИЯ»

А. А. Евсеева
(Тюменский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(«Госрыбцентр»), Ханты-Мансийск)
annaeco@mail.ru

СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА ВЕРХНЕ-ИРТЫШСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Река Иртыш в верхнем её течении зарегулирована каскадом водохранилищ (Бухтарминское, Усть-Каменогорское, Шульбинское), которые осуществляют многолетнее, сезонное, недельное регулирование стока реки.

Цель данной работы – анализ состава, структуры и распределения летнего зоопланктона Верхне-Иртышских водохранилищ в период 2013-2023 гг.

Отбор проб зоопланктона водохранилищ проводили в июне–августе в 2013-2023 гг. в составе экспедиций Алтайского филиала «Научно-производственного центра рыбного хозяйства» и РГП «Казгидромет» по Восточно-Казахстанской области. В сборе материала принимали участие сотрудники вышеупомянутых организаций и автор статьи (2013-2017, 2019 гг.), обработка проб проведена автором. Обследовано 36 станций, отобрано и обработано 1027 количественных проб зоопланктона. Пробы зоопланктона отбирали в соответствии с Методическими рекомендациями (1984) и Руководством по методам гидробиологического анализа (1992).

Таксономический состав зоопланктона водохранилищ сходен между собой и типичен для географических зон верхнего Прииртышья (пустынно-степная, горностепная, песчано-пустынная, лесостепная). В Бухтарминском водохранилище из общего числа видов наибольшей частотой встречаемости отличались коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *Polyarthra dolichoptera*, веслоногий рачок *Mesocyclops leuckarti*, ветвистоусые рачки *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*. В Усть-Каменогорском водохранилище наиболее распространенными по акватории были веслоногие рачки *M. leuckarti*, ветвистоусые рачки *B. longirostris*, *D. brachyurum*, коловратки *A. priodonta*, *P. dolichoptera*, *K. longispina*. В Шульбинском водохранилище наибольшая частота встречаемости отмечена для рачков *M. leuckarti*, *Daphnia cucullata* и коловраток *P. dolichoptera*, *A. priodonta*. По доминантному ядру таксономического состава зоопланктона Верхне-Иртышские водохранилища схожи с такими водохранилищами Сибири как Иркутское, Усть-Илимское, Саяно-Шушенское, Новосибирское.

По уровню развития зоопланктона по «шкале трофности» Китаева Бухтарминское и Шульбинское водохранилища соответствовали категории водоемов с умеренным классом продуктивности. В летнем зоопланктоне Бухтарминского водохранилища по численности в основном преобладали веслоногие рачки (40-60%), преимущественно, за счет науплиальных и копеподитных стадий. Веду-

щую роль в биомассе занимали кладоцеры (60-70%), а среди них преобладали *D. brachyurum* и *B. longirostris*. В Шульбинском водохранилище численно и по биомассе в разные годы исследований преобладали веслоногие и ветвистоусые рачки. Количественные показатели зоопланктона Усть-Каменогорского водохранилища в 2013-2023 гг. находились на очень низком уровне продуктивности, доминирующей группой по численности и биомассе являлись веслоногие рачки.

Индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера на водохранилищах всегда был выше 2,50, что указывает на высокую структурированность сообществ планктонных беспозвоночных. Индексы сапробности в течение периода исследований варьировали в пределах II-III класса от 1,28 до 1,52; воды чистые-умеренно загрязненные. Так, экосистемы водохранилищ находятся в динамическом равновесии и устойчиво функционируют при существующем уровне антропогенной нагрузки.

Нарушения экологического баланса водных экосистем можно оценить через изменения в развитии планктонного пелагического сообщества. В качестве критерия механизма адаптации использовано изменение соотношения общей численности и общего числа видов [РД 52.24.565-96]. Так, для Верхне-Иртышских водохранилищ в целом характерно невысокое видовое разнообразие, среднее число видов составляет 7-10. Соотношение количества видов и численности зоопланктона указывает на уменьшение видового разнообразия сообщества за счет выпадения олигосапробных и преимущественного развития мезосапробных видов. При анализе динамики состояния зоопланктонных сообществ можно сделать вывод, что водохранилища каскада Верхнего Иртыша – это водоемы со все еще богатыми компенсационными возможностями, но с признаками эвтрофирования.

УДК 574.5(285.2)

**В. С. Жихарев¹, Д. Е. Гаврилко¹, Е. С. Обедиентова²,
М. А. Терешина³, Г. В. Шурганова¹**

⁽¹⁾Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н. И. Лобачевского;

⁽²⁾Верхне-Волжское управление по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды, Нижний Новгород;

⁽³⁾Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова, Москва)

zhiharev@ibbm.unn.ru

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВЕСЛОНОГИЕ РАКООБРАЗНЫЕ (СОРЕРОДА) БАССЕЙНА СРЕДНЕЙ ВОЛГИ

Процессы экспансии видов становятся все более заметным явлением и поэтому находят отражение в большом количестве научных исследований. Находки чужеродных видов являются следствием не только глобального изменения климата, но и активной деятельности человека не только в трансконти-

ментальных перевозках, но и на внутренних водных путях материков. Многолетние исследования зоопланктона водных объектов бассейна Средней Волги (Горьковское, Чебоксарское и Куйбышевское водохранилища) позволили обнаружить 9 чужеродных видов веслоногих ракообразных (Copepoda).

Каспийский чужеродный рачок *Eurytemora caspica* Sukhikh & Alekseev, 2013 был впервые обнаружен нами в бассейне Чебоксарского водохранилища (устьевая область р. Сура) в 2021 г. Кроме того, этот вид повторно обнаружен в устьевых областях рек Свияга и Кама, а также в Куйбышевском водохранилище. Другой понто-каспийский рачок *HeterosCOPE caspia* Sars G.O., 1897 уже широко распространен в Куйбышевском водохранилище и устьевых областях его притоков (например, реках Свияга и Кама).

Такие виды как *Thermocyclops vermifer* Lindberg, 1935 и *Thermocyclops taihokuensis* Harada, 1931, были впервые описаны нами для бассейна Средней Волги. Тропический рачок *T. vermifer* был обнаружен в 2021 г. в устьевой области р. Мера и речной части Горьковского водохранилища. Азиатский рачок *T. taihokuensis* активно расселяется в водотоках бассейна Средней Волги и ранее встречался только на незарегулированном участке р. Волги. Нами этот вид был обнаружен в устьевых областях рек Сура, Ветлуга, Большой Цивиль и Свияга, а также в Куйбышевском водохранилище. *Mesocyclops pehpeiensis* Hu, 1943 является представителем азиатского комплекса копепод. Нами этот вид был обнаружен в одном из пойменных озер р. Керженец в 2021 г.

Североамериканский рачок *Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1893) является пелагическим видом, который населяет преимущественно эвтрофные и высокоэвтрофные водоёмы. В бассейне Средней Волги этот вид расселяется давно, однако только с недавних пор начал вытеснять аборигенные виды. Нами этот вид был обнаружен в устьевых областях рек Мера, Ширмакша, Троца, Узола, Ока, Сура, Ветлуга, Большой Цивиль, Свияга и Кама, а также во всех водохранилищах Средней Волги.

Средиземноморский рачок *Calanipedia aquaedulcis* Krichagin, 1873 нами был обнаружен в устьевой области р. Кама и Куйбышевском водохранилище. Эти находки являются не первыми. Однако, в 2023 г. *C. aquaedulcis* был обнаружен в оз. Святое (бассейн р. Ока). Ранее этот вид не встречался к северу от устья реки Кама.

Большая часть чужеродных видов были обнаружены в устьевых областях притоков водохранилищ Средней Волги. Устьевые области, как система сопряжения реки и водоёма, уникальны по своей неоднородности и смешению биотопов и могут быть источниками распространения редких и чужеродных видов зоопланктона, выступая в качестве акклиматизационных биотопов и естественных рефугиумов.

При поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

**О ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ
NANNOCALANUS SEWELLI И *N. MINOR* (COPEPODA, CALANOIDA)
ИЗ РАЗНЫХ РАЙОНОВ МИРОВОГО ОКЕАНА**

До недавнего времени считалось, что род *Nannocalanus* Sars, 1925 монотипический, и всех его представителей из разных районов океана диагностировали как *N. minor* (Claus, 1863). Вместе с тем, еще R.B.S. Sewell (1929) в северных районах Индийского океана отмечал наличие двух форм этого вида: *N. minor* f. *minor* и *N. minor* f. *major*. Сравнительно недавно был описан второй вид этого рода, *N. elegans* Andronov, 2001 из Юго-Восточной части Тихого океана (ЮВТО). Автор отметил, что в этих же пробах присутствовали самки и самцы *N. minor*. Более поздние исследования [Казусь, 2009] показали, что представители рода *Nannocalanus* из северной части Индийского океана представляют собой 2 самостоятельных вида, *N. major* Sewell и *N. sewelli* Kazus, самки которых отчетливо различаются, главным образом, особенностями строения генитального сегмента. Но по этому признаку самки *N. sewelli* практически неотличимы от самок *N. minor* из ЮВТО, хотя существенно отличаются от самок *N. minor* из мест описания и переописания этого вида [Claus, 1863; Andronov et al., 2005; Иванова (Казусь), 2011].

Цель настоящей работы – привлечение дополнительных морфологических признаков и расположения покровных пор на теле самок *Nannocalanus* для уточнения видовой принадлежности *N. sewelli* и *N. minor* (ЮВТО). Для исследования использованы представители этих видов, отобранные из тех же проб зоопланктона, из которых был получен материал для описания *N. minor* из ЮВТО и *N. sewelli* [Andronov, 2001; Казусь, 2009]. Окрашивание наружного покрова рачков выполнено по методике Алексеева и Наумовой (2005).

N. minor из ЮВТО: длина тела 1,56-2,00 мм, среднее – 1,75 мм (n=20). На внутреннем крае коксоподита пятой пары плавательных ног (B1P5) располагаются 14-25 зубчиков, среднее 18,21 (n=40) [Andronov, 2001]. Дополнительно к этому выявлено, что на XV-XXIII анцестральных сегментах антеннулы присутствует продольный ряд зубчиков, однако, у некоторых экземпляров эти ряды зубчиков начинаются только с XVI сегмента. Отношение ширины щитка к наибольшей ширине генитального сегмента 54-66% (n=14). Отношение ширины щитка в зоне его перегиба к длине щитка 96-116% (n=14).

N. sewelli из Индийского океана: длина тела – 1,6-1,9 мм, среднее 1,7 мм (n=113). На XV-XIII анцестральных сегментах антеннулы присутствует продольный ряд зубчиков. Количество зубчиков на B1P5 – 10-16, среднее – 13 (n=58). Отношение ширины щитка к наибольшей ширине генитального сегмента 60-68% (n=16). Отношение ширины щитка в зоне его перегиба к длине щитка 100-120% (n=16) [Казусь, 2009].

Сравнение характера расположения покровных пор на торакальных сегментах и члениках абдомена у самок *N. minor* (n=32) и *N. sewelli* (n=51) показало, что эти признаки у них полностью совпадают.

Таким образом, сходство в характере расположения покровных пор на теле самок наряду с комплексом других морфологических признаков приводят к выводу о том, что самки рода *Nannocalanus* из ЮВТО, определенные как *N. minor*, и самки *N. sewelli* из северных районов Индийского океана относятся к одному виду с приоритетным названием *Nannocalanus sewelli*.

Работа выполнена в рамках госзадания ИОРАН по теме FMWE-2024-0021

УДК 593.13

**И. А. Изволь, М. Е. Игнатенко, Т. Н. Яценко-Степанова,
Ю. А. Хлопко, А. О. Плотников**
(Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза
Уральского отделения РАН, Оренбург)
iaermolenko@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ CENTROPLASTHELIDA В ВОДОЕМАХ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКАЗНИКА «СВЕТЛИНСКИЙ» ПО ДАННЫМ МЕТАБАРКОДИНГА И СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Centroplasthelida или центрохелидные солнечники – группа амебоидных протистов, которые встречаются практически во всех биотопах, включает более 100 видов. Солнечники осуществляют роль пассивных хищников в микробентосе и перифитоне водных экосистем. Они поедают мелких простейших, водоросли и бактерий, тем самым контролируют их численность, а также обеспечивают трансформацию вещества и энергии в водных экосистемах.

Солнечники характеризуются консерватизмом внутренней организации, однако, структура наружных клеточных покровов имеет выраженное морфологическое и таксономическое многообразие. Изучение морфологии и размерных характеристик покровных структур, которые представлены кремниевыми (реже органическими) чешуйками, имеет важное значение для идентификации и определения таксономического положения Centroplasthelida.

Основным методом исследования видового состава солнечников является световая и электронная микроскопия. Однако, современные молекулярные исследования ускоряют процесс идентификации солнечников и выявляют скрытое разнообразие данных протистов.

Мы оценили видовое разнообразие центрохелидных солнечников в водоемах биологического заказника «Светлинский» с помощью микроскопии и мета-баркодинга по гену 18S рРНК.

Пробы воды были отобраны весной и осенью 2023 г. из разнотипных водоемов на территории заказника «Светлинский» (р. Казанче, р. Восьмая бригада – полноводные постоянные водоемы; Лиман №1, Лиман №3 – мелкие эфемерные водоемы).

По данным высокопроизводительного секвенирования ДНК-библиотеки всех образцов включали последовательности, принадлежащие Centroplasthelida, однако их число не превышало 1% от общего числа прочтений. Всего в исследуемых образцах выявлено 9 операционных таксономических единиц (ОТЕ) Centroplasthelida, пять из которых идентифицированы на уровне рода (*Pterocystis*, *Raineriophrys*, *Sphaerastrum*, идентичность >98%). Количество ОТЕ Centroplasthelida в образцах варьировало от 1 до 5, причем их количество было постоянным в эфемерных водоемах и уменьшалось от весны к осени – в постоянных водоемах. Только две ОТЕ были зарегистрированы в каждом из исследуемых водоемов.

По данным сканирующей электронной микроскопии было обнаружено 13 видов солнечников, принадлежащих 6 родам. Солнечники обнаружены во всех исследуемых водоемах от 2 до 5 видов на биотоп.

В заключение необходимо отметить, что ДНК метабаркодинг не позволяет в полной мере получить информацию о таксономическом составе центрохелидных солнечников. Так же недостаточным является использование только метода СЭМ, поскольку вызывает сложности при выявлении малочисленных видов. Комплексный подход, сочетающий оба метода, дает более полное представление о видовом разнообразии центрохелидных солнечников.

Работа выполнена в ЦКП «Персистенция микроорганизмов» Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность, сотрудникам биологического заказника областного значения «Светлинский», а также директору ГКУ Оренбургской области «Дирекция ООПТ» Александру Андреевичу Семенову за оказанную помощь в проведении полевых сборов; Центру выявления и поддержки одаренных детей «Гагарин» за предоставленную возможность работы на сканирующем электронном микроскопе TESCAN Mira 3; сотрудникам лаборатории биомедицинских технологий ИКВС УрО РАН Ю. В. Миндолиной и В. Я. Катаеву за помощь в секвенировании образцов.

УДК 574.34(261.24)

Д. М. Казакова^{1,2}, Ю. Ю. Полунина^{1,2}

¹Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва;
²Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград)
ximichesky@gmail.com; jul_polunina@mail.ru

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ PSEUDOCALANUS ACUSPES (CALANOIDA, CRUSTACEA) В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ

Pseudocalanus acuspes (Giesbrecht, 1881), вид веслоногих ракообразных, обитающий, преимущественно, в глубоководных районах Балтийского моря, в слоях воды с повышенной соленостью и пониженной температурой. В Юго-Восточной Балтике (ЮВБ) в условиях отмеченного положительного темпера-

турного тренда могут происходить изменения структуры и количественных показателей популяции этого вида, ценного пищевого объекта рыб-планктофагов. Исследователи отмечали снижение численности и биомассы этого вида в начале XXI века в ЮВБ [Александров и др., 2009; Полунина, Родионова, 2017]. Необходима оценка современного состояния популяции этого ключевого для экосистемы вида. Цель работы – выявить особенности вертикального распределения и структуры популяции *P. acuspes* в разные сезоны года на склонах Гданьской и Готландской впадин в 2022 г.

Пробы зоопланктона отобраны в рейсах АО ИО РАН в 2022 г. (02-03.06, 29-30.06, 05-06.11, 21-22.12) в глубоководных впадинах ЮВБ планктонной сетью WP-2 по слоям в зависимости от сезонного положения термоклина и галоклина. Фиксация, камеральная обработка проходили по стандартным методикам [Методические..., 1984; Hernroth, 1985; Виноградов, Шукшина, 1987], из проб выбраны и измерены особи *P. acuspes*, проведен анализ размерно-возрастной структуры.

Максимальная численность и биомасса этого вида отмечены в начале июня – в среднем, 6,9 тыс. экз./м³ и 244 мг/м³, минимальная – в декабре 0,9 тыс. экз./м³ и 37 мг/м³. При этом, доля *P. acuspes* от общей численности зоопланктона составляла 30-83%, а биомассы – 48-84%, что характеризует данный вид как доминирующий.

Популяция *P. acuspes* была представлена всеми возрастными стадиями: половозрелыми особями, копеподитными и науплиальными стадиями. Выявлена вертикальная неоднородность распределения возрастных групп этого вида, сохранявшаяся во все сезоны: науплиусы были сосредоточены в поверхностном и промежуточном слоях, ниже галоклина численность их резко сокращалась. Младшие копеподитные стадии (I-III) этого вида приурочены к холодному промежуточному слою, а старшие копеподиты и взрослые особи – к слою ниже галоклина.

В популяции во все сезоны преобладали младшие копеподитные стадии. В летний период доля науплиусов была 5-20%, зимой снижалась до 4%. Старшие копеподиты летом составляли не более 18%, зимой их доля выросла до 30-50%. Половозрелых особей было мало во все сезоны, меньше 5% популяции. Самцы встречались только в летний период, их было приблизительно в четыре раза меньше, чем половозрелых самок. Самые крупные особи всех возрастных стадий отмечены в июне, а самые мелкие – в декабре. Средняя длина взрослых самок составляла 1,38 и 1,27 мм летом и зимой, соответственно.

Таким образом, *P. acuspes* был массовым видом в глубоководных районах ЮВБ на протяжении всего периода исследования. Популяция представлена всеми возрастными стадиями, при этом вертикальное распределение отдельных стадий отличалось. Во все периоды количественно преобладали младшие копеподиты. Максимальная численность вида отмечена в июне, а минимальная – в декабре. В начале и конце вегетационного сезона биомасса вида в промежуточном слое (термоклине) и слое под галоклином была сходна, в то время как летом биомасса была выше в холодном промежуточном слое при температуре

воды 4-5°C. Выявлена слабая отрицательная связь биомассы *P. acuspes* и температуры воды в каждом слое ($R = -0,42$; $p = 0,048$; $n = 12$).

Работа выполнена в рамках госзадания ИОРАН по теме №FMWE-2024-0025

УДК 574.583(261.24)

Д. М. Казакова^{1,2}, Ю. Ю. Полунина^{1,2}

(¹Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва;
²Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград)
ximichesky@gmail.com; jul_polunina@mail.ru

СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ ПРИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

Состав и структура зоопланктона прибрежных районов моря очень изменчивы, зависят от абиотических факторов (температуры, солености воды, направления течений), биотических (наличия кормовой базы, пресса хищников) и степени антропогенного воздействия. Цель нашей работы – проанализировать структуру и распределение зоопланктона в прибрежных водах Юго-Восточной Балтики (ЮВБ).

Материал по зоопланктону собран в экспедициях АО ИОРАН на маломерном судне «НОРД» на глубинах 5-32 м в разные сезоны года в 2018-2024 гг. Пробы отбирали сетями Апштейна, Джели, WP-2 (размер ячеи 100 мкм) и батометрами по горизонтам. Фиксация, камеральная и статистическая обработка проводились по стандартным методикам [Методические..., 1984; Hernroth, 1985; Виноградов, Шукшина, 1987].

Мезозоопланктон прибрежной зоны представлен 31 видом и таксоном более крупного порядка: коловратки – 6, ветвистоусые ракообразные – 9, копеподы – 8, личинки Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta, науплиусы Cirripedia и зоо крабов. Летом отмечено наибольшее видовое разнообразие зоопланктона (до 21 вида).

В весенний биологический сезон (температура воды 5,4-14,0°C) комплекс планктона был представлен преимущественно холодноводными и эвритермными видами. Доминировали коловратки *Synchaeta* sp. Ehrenberg, 1832 и веслоногие ракообразные, преимущественно науплиальные и младшие копеподитные стадии видов *Acartia longiremis* (Lilljeborg, 1853), *A. bifilosa* (Giesbrecht, 1881) и *Temora longicornis* (O.F. Müller, 1785). Минимальные количественные показатели зоопланктона отмечены в ранневесенний период (в среднем, 17,7 тыс. экз./м³ и 135 мг/м³), при росте температуры воды произошел рост численности и биомассы зоопланктона – в среднем, 152,7 тыс. экз./м³ и 1695 мг/м³, соответственно. Соленость воды колебалась в пределах 3,7-6,9‰.

Летом температура воды была 17,6-22,0°C, соленость – 4,7-6,8‰. В зоопланктоне преобладали коловратки *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *K. quadrata* (Müller, 1786), фильтрующие ветвистоусые рачки *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, ранее выделяемая как отдельный морфотип *E. maritima*, и науплиусы калянид. Минимальные количественные показатели зоопланктона отмечены в сентябре (в среднем 18,8 тыс. экз./м³ и 134 мг/м³), а максимальные – в июле (в среднем 162,9 тыс. экз./м³ и 1685 мг/м³).

Осенью, при температуре воды 9,7-11,0°C, копеподы составляли до 91% и 96% общей численности и биомассы, соответственно. Преимущественно это были младшие копеподитные стадии калянид *Acartia* spp., *T. longicornis* и *Centropages hamatus* (Lilljeborg, 1853), помимо них значительную часть сообщества составляли коловратки *Synchaeta* sp. Средняя численность осенью составляла 3,4 тыс. экз./м³, а биомасса – 100 мг/м³. Соленость повысилась до 5,8-7,1‰.

Выявлены сезонные изменения структуры и количественных показателей зоопланктона: весной и осенью отмечен комплекс холодноводных и эвритермных видов, преобладали ювенильные стадии веслоногих ракообразных и коловратки *Synchaeta* sp.; летом зафиксирована наибольшая численность и биомасса зоопланктона, рост доли видов-фильтраторов и теплолюбивых видов. Минимальные показатели солености отмечались весной в период половодья, к осени соленость повысилась.

Выявлена неоднородность пространственного распределения зоопланктона вдоль Калининградского взморья – высокие количественные показатели отмечены у западного побережья (от г. Балтийск до м. Таран), что обусловлено выходом высокопродуктивных вод залива и локальной динамикой вод вдоль этого побережья. Участок побережья от м. Таран до Куршской косы и вдоль нее характеризовался низкими количественными показателями зоопланктона во все сезоны.

Работа выполнена в рамках госзадания ИОРАН по теме №FMWE-2024-0025

УДК 597:591.524.12:574.583.(261.24)

Е. М. Карасева
(Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград)
atlant@baltnet.ru

СПЕЦИФИКА ВИДОВОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ИХТИОПЛАНКТОНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Сообщество пелагофильных рыб Балтийского моря характеризуется крайне низким видовым разнообразием. Только четыре вида пелагофильных рыб (балтийская треска, балтийский шпрот, речная камбала и морской налим)

нерестятся в глубоководной части моря. Однако бедность видового состава до некоторой степени компенсируется функциональным разнообразием, проявляющимся в специфике стратегий и тактик нерестового поведения.

Уникальными особенностями балтийской трески являются: 1) чрезвычайная длительность периода размножения (февраль-сентябрь), 2) смещение сезонного пика нереста с апреля-мая на июль-август в различные временные периоды, 3) различная протяженность нерестовых миграций в зависимости от условий среды.

В период вековых максимумов численности трески и интенсивности северо-морских адвекций массовый нерест проходил как в юго-западных, так и в северо-восточных впадинах с пиком в весенний сезон, в периоды падения численности - в юго-западной части моря и в более поздние сроки массового нереста.

Уникальной особенностью балтийского шпрота является двукратная сезонная смена его нерестового биотопа. В марте – начале апреля, как нерест, так и вертикальная локализация икры и личинок, проходят в слое глубоководного галоклина. В конце апреля – мае начинается сезон суточных вертикальных миграций половозрелых особей этого вида. Шпрот нерестится ночью в поверхностном слое, который становится биотопом его икры, а первой стадии развития. Но в мае в условиях низкой солености поверхностного слоя икра шпрота на поздних стадиях развития начинает погружаться, постепенно скапливаясь в слое галоклина, где она при солености более 10‰ обретает нейтральную плавучесть. Летом в связи с формированием поверхностного термоклина, сопровождающимся появлением резко выраженного скачка плотности в его зоне, как нерест половозрелого шпрота, так и вертикальная локализация выметанной икры происходят в поверхностном слое моря.

Речная камбала нерестится в марте-апреле в глубоководных впадинах моря. Специфической особенностью распределения ее ранних онтогенетических стадий являются различия в батиметрической локализации икры и личинок. Развитие икры камбалы проходит в глубоководной части, в то время как ее личинки, постепенно мигрируя к берегу, проходят фазу метаморфоза в зоне мелководья. Это избавляет потомство речной камбалы от хищничества крупноразмерной трески, населяющей в основном глубоководную зону.

Речной налим, мелкий непромысловый вид балтийской ихтиофауны, имеет общий нерестовый биотоп с треской и сходный тип сезонного распределения. Вспышки численности его икры в ихтиопланктоне происходят редко и в случае отсутствия массового нереста трески.

Таким образом, низкое видовое разнообразие пелагофильных рыб компенсируется до некоторой степени разнообразием физиологических и поведенческих адаптаций, обеспечивающих их успешное воспроизводство в специфических условиях Балтийского моря.

Т. Н. Климова, О. В. Машукова*, Т. Н. Петрова,
Д. А. Забродин, П. И. Дончик, Ю. В. Самотой, А. С. Сербин
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
*olgamashukova1976@ibss-ras.ru

ИХТИОПЛАНКТОН В ЛЕТНИЙ НЕРЕСТОВЫЙ СЕЗОН У КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ЧЕРНОЕ МОРЕ) В 2024 г.

Представлены данные ихтиопланктонных исследований, проведенных в Черном море у Крымского полуострова в летний нерестовый сезон 2024 г. В узко-прибрежной акватории у Карадагского заповедника выполнены 67 станций на судах малого флота, в открытых водах от бухты Ласпи до Феодосийского залива – 220 станций в 4-х рейсах НИС «ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ». Идентифицированы икра и личинки 51 вида рыб из 26 семейств (47 видов тепловодных и 4 умеренноводных).

Ограниченный внешний водообмен, зависимый от регионального баланса пресных вод, а также небольшая толщина деятельного слоя в открытой зоне Черного моря, способствуют низкой устойчивости пелагической экосистемы к изменениям климата. Последовательность колебаний общего гидрологического режима Черного моря и рост термохалинных характеристик верхнего слоя моря, которые наблюдаются в период климатических изменений конца XX – начала XXI веков аналогичны 1960-1970 гг., но отличаются большей амплитудой колебаний. Пролонгирование летнего гидрологического сезона на осеннее межсезонье, уменьшение скорости Основного Черноморского течения, увеличение динамической активности в прибрежно-шельфовых водах, увеличение температуры и солености в верхнем 100-метровом слое и др. отражаются как на фенологии нереста рыб, так и на видовом разнообразии ихтиопланктона.

В узко-прибрежных водах (глубина 3-20 м) ихтиопланктон был представлен исключительно тепловодными видами, их количество колебалось от 0 в марте-апреле до 34 – в июле-августе. Средняя численность колебалась от 4 экз./м² икры и 2,0 экз./м² личинок в мае, до 31,5 экз./м² и 12,5 экз./м² соответственно в июле-августе. Структура видового состава была типичной для узкоприбрежных акваторий у Крымского полуострова.

В открытых водах (глубина 30-1500 м) в летний нерестовый сезон 2024 г. четыре умеренноводных вида встречались с марта по сентябрь. В марте они преобладали в пробах, доминировали икра (97,7%) и личинки (87,6%) *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758). Тепловодные виды представлены единичными личинками трех видов бычков рода *Pomatoschistus*.

С июня по сентябрь количество видов изменялось от 23 в сентябре до 27 в июле-августе. Индексы видового богатства колебались от 16 в июне до 15 в сентябре и июле-августе. В июне при низком индексе доминирования (0,26) отмечались самые высокие индексы выравненности (0,59) и видового разнообразия (2,76). Средняя численность икры изменялась от 15,3 экз./м² в сентябре до

28,5 экз./м² в июле-августе, а личинок – от 6,7 экз./м² в июне до 30,0 экз./м² в июле-августе.

В 1950-1970 гг. в открытом море в разгар летнего нерестового сезона узко-прибрежные виды составляли около 10%, доминировала *Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758, доля ее икры и личинок составляла 50-100%. К середине сентября нерест уже завершился.

В 2024 г. в результате резкого повышения температуры поверхности моря, которая в июле-августе уже превышала 26°C (оптимальные показатели для нереста и эмбрионального развития) произошло снижение интенсивности нереста *E. encrasicolus*. Средняя численность икры в июне и в июле-августе оказалась одного порядка, ее доля в общей численности составляла 60% и 64% соответственно. Среди личинок доминировали (июнь 87,6%, июль-август 51%) узко-прибрежные виды, вынесенные из прибрежно-шельфовой зоны. В сентябре, при понижении температуры до 24°C, доля икры *E. encrasicolus* возросла до 80%, а личинок – до 61%.

Работа выполнена по теме госзадания: «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения» Регистрационный номер: 124022400148-4 (FNNZ-2024-0027)

УДК 582.26+581.9

Д. Е. Корбут, Т. В. Еремкина
(Уральский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Екатеринбург)
korbut@ural.vniro.ru

РАЗНООБРАЗИЕ ХАРОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ (CHAROPHYTA) В АЛЬГОФЛОРЕ ВОДОЕМОВ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Свердловская область имеет внутриконтинентальное положение в умеренном поясе на стыке трех крупных физико-географических стран: Уральской равнинно-горной, Восточно-Европейской равнинной и Западно-Сибирской равнинной. Климат континентальный. Площадь области 194,3 тыс. км². Территория расположена в пределах 56°03' и 61°57'с.ш. и 57°14' и 66°11'в.д.

Водный фонд Свердловской области богат и малоизучен. На территории области имеются все типы внутренних водных объектов: насчитывается 18414 рек, 2500 озер, 134 водохранилища, более 1200 прудов и 1671 болото.

Свердловская область – развитый в индустриальном плане регион. Качество поверхностных вод в значительной степени формируется под влиянием хозяйственной деятельности, большой объем сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, относятся к категории загрязненных.

Литературные данные о харовых водорослях региона отрывочны [Вишняков, Филиппов, 2022; Шахматов, 2015, 2022].

По результатам исследований сводный список харовых водорослей водоемов Свердловской области с учетом современных номенклатурных преобразований и литературных данных насчитывает 117 видов, разновидностей и форм, принадлежащих к 2 классам, 3 порядкам, 5 семействам, 15 родам.

Наиболее разнообразны харовые водоросли водохранилищ (91 таксон) и малых городских водоемов (37), в озерах выявлено 24 таксона, в реках – 23, в прудах – 10.

В сводном списке преобладают представители класса Zygnematomphyceae (91,4% от общего состава). Представители порядка Desmidiiales формируют 89,7% от общего видового состава харовых водорослей. Ведущими семействами являются Desmidiaceae (74 таксонов) и Closteriaceae (31), объединившие 89,7% от общего разнообразия. Спектр ведущих родов составили: *Cosmarium* (32 таксонов), *Closterium* (31) и *Staurastrum* (22), или 72,6% таксономического разнообразия харовых водорослей.

В водных объектах области наиболее распространены следующие виды: *Elakatothrix genevensis* (Reverdin) Hindák 1962 (встречаемость 38,2%), *Staurastrum gracile* Ralfs ex Ralfs 1848 (23,6%), *Staurastrum paradoxum* Meyen ex Ralfs 1848 (21,8%), *Closterium gracile* Brébisson ex Ralfs 1848 (18,2%), *Elakatothrix gelatinosa* Wille 1898 (18,2%).

В результате эколого-географического анализа выявлено, что по географическому распределению преобладают космополиты (87,8%), голарктические виды – 8,1%, бореальные виды – 4,1%. По приуроченности к местообитанию преобладают планктонные (43,1%) и планктонно-бентосные организмы (41,0%), бентосных форм – 15,9%. По отношению к реофильности большинство видов (77,3%) индифферентны, обитателей стоячих вод – 22,7%. По отношению к солености воды большинство – индифференты (53,4%), галофобы – 33,3%, олигогалофы – 13,3%. По отношению к активной реакции среды доля ацидофилов и индифферентов составляет по 46,6%, алкалифилов – 6,8%. При сапробиологическом анализе выявлено 29 видов-индикаторов сапробности, из которых обитатели чистых вод (χ - β , о- χ , о-сапробионты) составили 41,4%, умеренно загрязненных и загрязненных вод – 58,6% (о- β , β -о, о- α -, β -, α - β -сапробионты).

Полученные данные свидетельствуют о разнообразии харовых водорослей в водных объектах Свердловской области и о необходимости их дальнейшего изучения.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье

**ФИТОПЛАНКТОН ТАЙШИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
(КОТЛОВИНА БОЛЬШИХ ОЗЕР, ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ)
В ПЕРВЫЕ ГОДЫ СВОЕГО СУЩЕСТВОВАНИЯ (2010-2019 гг.)**

Для решения экономических и энергетических задач в последние годы в отдельных развивающихся странах, особенно в регионах с аридным климатом, значительно возросли темпы строительства водохранилищ. В 2007 г. в Западной Монголии в верховьях р. Дзабхан, одной из крупнейших рек бессточного Центрально-азиатского бассейна, построено самое крупное в стране Тайширское водохранилище (начало эксплуатации ГЭС с 2008 г.). Длина водоема составляет 35 км, максимальная ширина – 6 км, максимальная глубина – 37 м, средняя – 8.1 м. Основное питание р. Дзабхан снеговое, грунтовое и дождевое. В летний период наблюдаются паводки, связанные с сезонным выпадением дождей. Водосборный бассейн, расположенный на слабозаселенных территориях, отличается низкой антропогенной нагрузкой. Исследование фитопланктона реки, основного автотрофного звена водных экосистем, до и после сооружения Тайширской ГЭС, не проводилось. Цель работы – оценить состояние фитопланктона Тайширского водохранилища в первые годы его существования в летний период – сезон максимальных уровня воды и температуры воздуха. Для этого были поставлены задачи: исследовать таксономический состав, обилие, размерность, распределение по акватории и межгодовую динамику структурных показателей фитопланктона зарегулированного и проточных участков р. Дзабхан. Исследования проводили в августе 2010-2019 гг. Пробы отбирали из поверхностного слоя воды на русловых и литоральных участках водохранилища, а также на медиали р. Дзабхан выше зоны выклинивания подпора и ниже плотины. Концентрация, консервация, определение численности и биомассы фитопланктона осуществлялись по единой методике, принятой в ИБВВ РАН. Для оценки видового богатства и разнообразия альгоценозов использовали число таксонов водорослей рангом ниже рода в пробе (удельное богатство) и показатель ценотического разнообразия (индекс Шеннона). Для оценки размерной структуры фитопланктона – соотношение численности (N) и биомассы (B) $\times 10^{-3}$. В фитопланктоне водохранилища и р. Дзабхан обнаружено всего 212 таксонов водорослей рангом ниже рода. Наибольшее их число выявлено в водохранилище (179), в реке – вдвое меньше (83). Суммарная численность и биомасса фитопланктона водохранилища по сравнению с рекой увеличивалась в среднем в 4 и 2 раза соответственно. Трофический статус зарегулированного участка перешел из стадии олиготрофии в мезотрофию. Из крупных таксономических групп в водохранилище численно возрастало участие безгетероцистных цианобактерий, а по значениям биомассы – динофитовых водорослей. Среди доминирующих видов увеличивалось обилие центрических диатомовых – представителей лим-

нопланктонного комплекса. Размерность клеток фитопланктона в водохранилище в среднем была в 3 раза ниже, чем в реке, что наблюдается при повышении трофии вод. Как в водохранилище, так и в реке важнейшим структурообразующим компонентом фитопланктона были зеленые водоросли. Неравномерность распределения обилия фитопланктона в водохранилище выражалась в его значительном увеличении в приплотинном участке, особенно динофитовых водорослей. Это сопровождалось снижением проточности, величины коэффициента относительной прозрачности ($<0,3$), указывающей на световое лимитирование, и увеличением электропроводности. Показатели богатства и разнообразия наоборот снижались от верховий водоема к плотине. Фитопланктон пелагиали и литорали водохранилища слабо различался. В отличие от европейских водохранилищ, расположенных в умеренной зоне, в составе планктона Тайширского водохранилища кроме диатомей и цианобактерий высоко участие динофлагеллят, зеленых водорослей и неазотфиксаторов. Две последние группы обычно активно развиваются в условиях высокой насыщенности формами азота. По уровню биоразнообразия, степени развития и соотношению доминирующих морфо-функциональных групп фитопланктона Тайширское водохранилище сходно с искусственными водоемами аридной зоны стран Азии и Америки.

УДК 595.324

Н. М. Коровчинский
(Институт проблем экологии и эволюции
им. А. Н. Северцова РАН, Москва)
nmkor@yandex.ru

**ВЕТВИСТОУСЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ СЕМЕЙСТВА
CERCOPAGIDIDAE (CRUSTACEA: CLADOCERA: ONYCHOPODA)
ВО ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ: ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ,
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ИСТОРИЯ ФАУН**

Представлены результаты многолетней систематической ревизии широко распространенных в бореальных областях Северного полушария представителей семейства Cercopagididae, представленного двумя родами – *Bythotrephes* Leydig, 1860 и *Cercopagis* Sars, 1897 – хищных планктонных ракообразных, играющих значительную роль в функционировании пресноводных и солоноватоводных экосистем.

В отношении рода *Bythotrephes* выявлено обитание в пределах Северной Евразии восьми видов (одного из них политипического) и трёх гибридных форм. Из этих видов пять детально переописаны (*B. arcticus* Lilljeborg, 1901, *B. brevis* Lilljeborg, 1901, *B. cederströmii* Schödler, 1877, *B. longimanus* Leydig, 1860, *B. transcaucasicus* Behning, 1860), а три описаны как новые для науки (*B. lilljeborgi* Korovchinsky, 2018, *B. centralasiaticus* Korovchinsky, 2020, *B. inexpectatus* Korovchinsky, 2023). Наиболее распространенной и массовой ги-

бридной формой является *B. brevimanus* х *B. cederströmii*, распространённой от Фенноскандии до Якутии. Опровергается мнение, основанное на молекулярно-генетических данных, о существовании лишь единственного вида – *B. longimanus*.

Наибольшее видовое разнообразие представителей рода *Bythotrephes* отмечено в пределах Фенноскандии. Вероятно, этот регион, во многом совпадающий с районом последнего максимального оледенения четвертичного периода, является центром видообразования рода, откуда он распространялся на юг и восток. Ряд видов имеет маргинальную локализацию в предгорных и горных водоёмах Европы (*B. longimanus longimanus*, *B. l. austriacus*, *B. inexpectatus*), Закавказья (*B. transcaucasicus*) и Центральной Азии (*B. centralasiaticus*), что, возможно, также является следствием влияния оледенения.

Особую проблему представляет инвазия представителей рода *Bythotrephes* в североамериканские озера, которая произошла примерно в 80-х годах XIX века (или, возможно, раньше) и вызвала масштабные перестройки как в их экосистемах, так и в экономике окружающих территорий. Долгое время точная идентификация их вызывала затруднения. Исследование коллекции представителей рода из ряда канадских озёр выявило присутствие там одного морфологически высоко изменчивого вида – *B. cederströmii*. Данный вид является биологически наиболее успешным представителем рода, имеющим почти голарктическое распространение.

Проведена также частичная ревизия рода *Cercopagis* Sars, 1897 с переописанием типового вида рода *C. socialis* (Grimm, 1877) и вида *C. pengoi* (Ostroumov, 1892). Описанный параллельно с ним близкий род *Apagis* Sars, 1897 был упразднён, поскольку его особи представляют собой лишь временную стадию жизненного цикла – самок первого поколения, вышедших из покоящихся яиц. Другие виды, *C. micronyx* Sars, 1897, *C. longiventris* Mordukhai-Boltovskoi, 1962, *C. spinicaudata* Mordukhai-Boltovskoi, 1962, а также представители форм «*Apagis*» описаны лишь кратко, поскольку имевшиеся ранее обширные коллекции зоопланктона из водоёмов Понто-Каспийско-Аральского бассейна не сохранились, в частности, также и имевшийся в них материал по остальным трём видам рода – *C. prolongata* Sars, 1897; *C. robusta* Sars, 1897; *C. anonyx* Sars, 1897.

Один из видов рода, *C. pengoi*, необычайно расширил свой ареал, проникнув сначала из Понто-Азова по речной системе в Балтику, а затем и в озера Северной Америки. Современные данные о фауне рода *Cercopagis* в Каспийском море, состоящей ранее из восьми видов, скудны и недостаточно достоверны. Есть основания полагать, что в последние десятилетия видовое разнообразие рода претерпело существенную деградацию (сокращение численности, вымирание) в связи с масштабными изменениями экосистем водоемов указанного бассейна, в частности, в связи с высыханием Аральского моря и появлением в Каспийском море многочисленных видов-вселенцев.

М. В. Косова¹, О. Ю. Деревенская², Е. Н. Унковская³
(¹Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань;
²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань;
³Волжско-Камский государственный природный биосферный
заповедник, пос. Садовый, Республика Татарстан)
mary.burunina96.5@yandex.ru

ЗООПЛАНКТОН БЕССТОЧНЫХ ОЗЕР ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Бессточные озера Круглое, Крутое и Шатуниха расположены на территории Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Озера суффозионного происхождения приурочены к долинам рек Сумка и Сер-Булак. Водоемы заповедника играют ключевую роль в поддержании локального биоразнообразия и гидрологического баланса. Как изолированные водоемы, они особенно уязвимы к антропогенным и климатическим воздействиям, а их зоопланктонные сообщества служат индикаторами экологического состояния водных экосистем.

Целью работы являлось изучение видового состава, структуры и количественных показателей зоопланктона бессточных озер заповедника.

Пробы зоопланктона отбирали с мая по сентябрь в 2021-2023 гг. в литоральной зоне озер с использованием сети Апштейна по общепринятым методам. Параллельно отбирали пробы для гидрохимического анализа. Видовую идентификацию осуществляли по определителям.

Бессточные озера имеют площадь менее 0,01 км² с максимальными глубинами 3 м (Круглое, Шатуниха) и 1,5 м (Крутое). Среднегодовая минерализация воды в оз. Круглое составляла 61,7 мг/л, в оз. Крутое – 48,1 мг/л, а в оз. Шатуниха зарегистрирован наибольший показатель – 90,1 мг/л. По водородному показателю вода в озерах Круглое и Крутое характеризовалась как слабокислая (6,83 и 6,71 соответственно), тогда как в Шатунихе отмечена более щелочная среда (pH 8,00).

В оз. Круглое видовое богатство насчитывало 42 вида зоопланктона (Rotifera – 27; Cladocera – 10; Copepoda – 5). Зоопланктоценоз озера характеризовался высокими средними количественными показателями (612 тыс. экз./м³ и 1,94 г/м³) с преобладанием коловраток *Gastropus hyptopus* (Ehrenberg, 1838), *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850, *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851) и науплиальных стадий веслоногих ракообразных.

В озере Крутое зоопланктонное сообщество было представлено 54 видами (Rotifera – 36; Cladocera – 12; Copepoda – 6). Численность и биомасса отличались невысокими средними значениями (221 тыс. экз./м³ и 0,57 г/м³ соответственно). Доминировали ветвистоусые рачки *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1776) и науплии веслоногих ракообразных.

В оз. Шатуниха зоопланктон отличался относительно высоким видовым богатством – 58 видов (Rotifera – 29; Cladocera – 23; Copepoda – 6), но низкими количественными характеристиками (247 тыс. экз./м³ и 0,68 г/м³). В число доминантов входили *Brachionus diversicornis* (Daday, 1883) и разновозрастные стадии веслоногих рачков.

Бессточные озера демонстрировали значительные различия в видовом составе. Наибольшая экологическая устойчивость и оптимальные условия для развития зоопланктонного сообщества наблюдались в оз. Шатуниха, что подтверждалось максимальными значениями видового богатства и высокой степенью выравненности структуры сообщества. На оз. Круглое оказывается умеренное антропогенное воздействие, озера Крутое и Шатуниха менее подвержены воздействию.

УДК 574.472, 576.893.17

К. В. Кренева
(Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону)
kreneva@ssc-ras.ru

ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ СООБЩЕСТВА ЦИЛИАТОПЛАНКТОНА АЗОВСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ РОСТА УРОВНЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

В условиях прогрессирующего осолонения Азовского моря продолжают-ся процессы пантификации и медитеранизации планктонных сообществ. По литературным данным до 2000 г. для Азовского моря было указано 9 видов тинтинний [Пицык, Новожилова, 1951; Долгопольская, Паули, 1964; Мордухай-Болтовской, 1960]. После ревизии видового состава тинтинний Азовского моря в 2016 г., можно было говорить о наличии здесь 11 видов тинтинний, 3 из которых являлись видами-вселенцами: *Eutintinnus lususundae* Entz, 1885 (2001-2002 гг.), *Tintinnopsis tocanthinensis* Kofoed & Campbell, 1929 и *Eutintinnus pectinus* Kofoed, 1905 (2011 г.) [Кренева, 2003, 2016]. К настоящему моменту, по нашим данным, на акватории Азовского моря насчитывается 15 представителей подотряда *Tintinnina* Kofoed & Campbell, 1929.

На акватории, прилегающей к Таганрогскому заливу и во внутренних водоёмах Камышеватской косы в летний период 2024 г. был обнаружен *Tintinnopsis urnula* Meunier, 1910. В литературе он приводится как редкий неритический вид для приустьевых районов северо-западной части Чёрного моря. В Азовском море ранее не встречался. Форма и размеры раковин из Азовского моря, по результатам промеров (25 экз.) схожи с литературными, но отличаются от черноморских образцов немного меньшими размерами. Длина лорики составляет 22-25 μm , максимальный диаметр лорики 13 μm [Гаврилова, Довгаль, 2019]. Численность вида в Азовском море была невысока – 0,07 млн экз./м³.

Ранее натурализовавшиеся средиземноморские виды *Eutintinnus lususundae* и *Eutintinnus pectinus* встречаются в единичных экземплярах на открытой части акватории. В августе 2014 г. нами было зарегистрировано распространение *Eutintinnus lususundae* на акватории Бейсугского лимана.

Tintinnopsis tocanthinensis встречается на всей акватории моря. В августе 2023 г. выступал в качестве доминанта в центральной части моря, численность до 0,9 млн экз./м³.

В 2023-2024 гг. мы наблюдали значительное расширение ареалов черноморских видов инфузорий, таких как *Leprotintinnus pellucidus* (Cleve, 1899), *Strombidium strobilum* (Lohmann, 1908) Wulff, 1919 и *Strombidium cornucopiae* (Wailes, 1929) Kahl, 1932. По литературным данным и данным наших исследований (с 2000 г.) эти виды развивались в пределах узких ареалов: в самом Керченском проливе (*Str. strobilum* и *Str. cornucopiae*) и примыкающей к нему северо-западной части моря (*L. pellucidus*).

В ноябре 2023 г., *L. pellucidus* встречался на большей части открытой акватории моря, до уровня минерализации в 15,9 г/л. Наиболее высокий уровень численности наблюдался в районе, прилегающем к Таганрогскому заливу (до 0,2 млн экз./м³).

В 2014-2015 гг., было отмечено расширение ареала *Strombidium cornucopiae* по акватории кубанских лиманов – Курчанского, Бейсугского и Кирпилли. В апреле-мае 2024 г. *Str. cornucopiae* встречался на большей части открытой акватории моря (до 11-12 г/л). *Str. strobilum* также активно развивался и на акватории Таганрогского залива, до уровня минерализации в 9 г/л, а единичные представители этого вида встречались при 5 г/л. В центральной части моря и в Таганрогском заливе, в апреле-мае 2024 г., этот вид выступал в качестве доминанта и субдоминанта (до 0,35 млн экз./м³).

Таким образом, с 2001 г. на акватории Азовского моря появилось и натурализовалось 5 представителей подотряда *Tintinnina* и ещё для 3 видов, относящихся к тому же классу олиготрихид, наблюдается расширение ареала. Три вида из вышеперечисленных выступают в качестве доминантов и субдоминантов и входят в состав комплекса массовых видов Азовского моря и Таганрогского залива.

УДК 574.52

А. В. Крылов¹, Р. З. Сабитова¹, А. О. Ралдугина², Ф. Н. Шкиль²

¹Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл.:

²Институт проблем экологии и эволюции
им. А. Н. Северцова РАН, Москва)

**krylov@ibiw.ru; sabitova@ibiw.ru;
arinraldugina@gmail.com; fedorshkil@gmail.com**

ЗООПЛАНКТОН РАЗНОТИПНЫХ УЧАСТКОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА ТАНА (ЭФИОПИЯ) В НАЧАЛЕ И КОНЦЕ СУХОГО СЕЗОНА

Озеро Тана относится к числу крупнейших водоемов Африки (~3050 км²), расположено на высоте 1830 м над уровнем моря, из него берет начало Голубой Нил. Ресурсы озера играют исключительную роль в жизни населения Эфиопии [Vijverberg et al., 2009], что определяет актуальность изучения его биологического режима, включая состояние одного из важнейших звеньев трофической сети – сообществ зоопланктона.

Ранее проведенные работы показали значительную роль в формировании качественного и количественного состава зоопланктона мутности воды в сезон дождей [Dejen et al., 2004; Imoobe, Akoma, 2008; Akoma, 2010], температуры воды [Dejen et al., 2004] в сухой сезон, а также хищников – планктоноядных рыб и личинок хаборид, определяющих различия сообществ центральных глубоководных и прибрежных мелководных участков [Wudneh, 1998; Dejen et al., 2002, 2004; Imoobe, Akoma, 2008; Akoma, 2010]. Анализ научной литературы показал, что прибрежные участки озера наименее изучены и с целью частичного закрытия этого пробела в 2018, 2022 и 2023 гг. в начале и конце сухого сезона проведены исследования зоопланктона, рыбного населения и питания рыб (*Barbus tanapelagius* Graaf, Dejen, Sibbing & Osse, 2000 и *B. trispilopleura* Boulenger, 1902) мелководий Бахар-Дарского залива оз. Тана.

Результаты изучения зоопланктона показали, что в начале сухого сезона максимальные количественные характеристики сообществ наблюдались на участках открытой воды, минимальные – в зарослях макрофитов. В конце сухого сезона наибольшей численностью и биомассой отличался зоопланктон в зарослях гидатофитов при степени зарастания 10-50%, в зарослях гелофитов при степени зарастания 100% количественные показатели были статистически значимо ниже. Анализ желудочно-кишечного тракта двух видов рыб выявил, что основу питания барбусов составляют планктонные ракообразные. Кроме ракообразных в пищевом комке рыб отмечены личинки хирономид, диатомовые, зеленые и динофитовые водоросли, цианобактерии, раковинные амёбы и насекомые.

Выявлено, что особенности количественного развития и структуры зоопланктона в начале сухого сезона в зоне зарослей и на их границе по сравнению с участками открытой воды, а также по сравнению с данными, полученными во второй половине сухого сезона, свидетельствуют о ведущей роли контроля со стороны рыбного населения в формировании сообществ планктонных беспозвоночных. Рыбное население определяет различия в соотношении количественных характеристик ракообразных и коловраток, изменения общей численности и биомассы зоопланктона, а также величин индекса Шеннона сообществ. В светлое время суток на границе зарослей макрофитов формируются наиболее благоприятные условия для питания молоди рыб и имеется возможность укрытия от хищников, в результате чего сообщества зоопланктона здесь характеризуются минимальными численностью и биомассой. Сходные результаты представлены для ряда водоемов южных широт [Burks et al., 2002; Lewin et al., 2004; Iglesias et al., 2007; Meerhoff et al., 2007a, b].

Следовательно, полученные результаты свидетельствуют о преобладающей роли рыбного населения в формировании в начале сухого сезона относительно бедных количественных характеристик зоопланктона, что ранее связывали с низкой температурой воды [Dejen et al., 2004].

К. В. Куцанов
(Тюменский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(«Госрыбцентр»), Тюмень)
k.kucanov@gosrc.vniro.ru

БИОРАЗНООБРАЗИЕ СОЛЕННЫХ ОЗЕР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В период с 2020 г. по 2024 г. проведены комплексные исследования гидробионтов гипергалинных водоёмов юга Западной Сибири. В ходе работ обследовано 74 озера, расположенные на территории Челябинской (6 озёр), Курганской (18 озёр), Тюменской (2 озера), Омской (2 озера) и Новосибирской (46 озёр) областей. Совокупная площадь исследованных озёр составила около 404 км².

Гидробиологические исследования осуществлялись в весенне-летний (май-июнь) и летне-осенний (август-сентябрь) периоды. В рамках работ выполнен отбор проб зоопланктона и зообентоса, а также проведён анализ параметров водной среды.

Климатические условия в период исследований характеризовались значительной межгодовой изменчивостью. В 2020-2023 гг. в исследуемых водоёмах наблюдалось снижение водности, обусловленное повышением среднегодовых температур и дефицитом атмосферных осадков, что способствовало усилению процессов минерализации воды и частичному пересыханию ряда озёр. В 2024 г., напротив, отмечено существенное увеличение уровня водности, связанное с изменением гидроклиматических условий.

Минерализация рапы исследуемых озёр за анализируемый период варьировала в широком диапазоне: 2020 г. – от 35 г/дм³ (оз. Ильеней-Требушинное) до 425 г/дм³ (оз. Белое-Киргинцево); 2021 г. – от 44 г/дм³ (оз. Ильеней-Требушинное) до 333 г/дм³ (оз. Безымянное-Подольск); 2022 г. – от 47 г/дм³ (оз. Ильеней-Требушинное) до 360 г/дм³ (оз. Цыганское-Водино); 2023 г. – от 52 г/дм³ (оз. Ильеней-Требушинное) до 354 г/дм³ (оз. Горькое-Краснознаменское); 2024 г. – от 15 г/дм³ (оз. Солёное-Барсучье) до 235 г/дм³ (оз. Красновишнёвое).

Зоопланктонное сообщество исследуемых водоёмов отличалось низким видовым разнообразием, но характеризовалось относительно высокой численностью. В период исследований идентифицировано 6 видов, из которых 4 принадлежат к классу ракообразных (*Crustacea*): *Artemia* Leach (*Branchiopoda*, *Anostraca*), *Cletocamptus retrogressus* Schm. (*Copepoda*, *Harpacticoida*), *Moina mongolica* Daday (*Branchiopoda*, *Cladocera*), *Branchinecta media* Edwards (*Branchiopoda*, *Anostraca*). Бентофауна представлена личинками двукрылых: *Ephydra* sp. (*Diptera*, *Ephydridae*), *Chironomidae* gen. sp. (*Diptera*, *Chironomidae*).

Установлено, что с увеличением солёности воды в озёрах наблюдается закономерное сокращение видового разнообразия, сопровождающееся увеличением биомассы артемии и снижением биомассы других видов. При минерализации свыше 100 г/дм³ развитие зоопланктона происходит преимущественно в форме «монокультуры» артемии, в то время как остальные виды встречаются лишь единично.

Максимальный уровень солёности, при котором отмечено присутствие взрослых особей артемии, составил 360 г/дм³ (оз. Цыганское-Водио, сентябрь 2022 г.; численность – 1,0 экз./л, биомасса – 6,0 мг/л). Младшие возрастные стадии артемии зафиксированы при минерализации до 330 г/дм³ (оз. Малое Медвежье, сентябрь 2022 г.; численность – 1,0 экз./л, биомасса – 0,3 мг/л).

Личинки *Chironomidae* (3,3 экз./л, биомасса – 0,9 мг/л) зарегистрированы при максимальной минерализации 214 г/дм³ (оз. Горькое-Ирбизино, сентябрь 2022 г.), веслоногие рачки *C. retrogressus* (0,6 экз./л, биомасса – 0,01 мг/л) – при 330 г/дм³ (оз. Малое Медвежье, сентябрь 2022 г.), личинки *Ephydra* (0,2 экз./л, биомасса – 1,3 мг/л) – при 348 г/дм³ (оз. Горькое-Рождественка, сентябрь 2022 г.). Ветвистоусый рачок *M. mongolica* встречался при минерализации 80 г/дм³ (оз. Солёное-Краснознаменское, сентябрь 2022 г.; численность – 38 экз./л), а в виде эфиппиев фиксировался в составе бентоса при минерализации от 15 до 405 г/дм³. Жаброногий рачок *B. media* не отмечался при минерализации свыше 89 г/дм³ (оз. Горькое-Круглое, июнь 2024 г.; численность – 2,3 экз./л, биомасса – 32,9 мг/л).

УДК 574.583: 574.522

Е. К. Ланге¹, Е. Е. Ежова^{1,2}, С. А. Щербаков^{1,2}, А. В. Кирьянова³
(¹Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва;
²Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград;
³Институт Балтийского моря, ООО)
evgenia.lange@atlantic.ocean.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ВЕРХНЕГО ПРУДА (г. КАЛИНИНГРАД) В ПЕРИОД ТОКСИЧНОГО ЦВЕТЕНИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

В пресноводных водоемах наиболее частыми возбудителями цветения цианобактерий являются виды рода *Microcystis*, относящиеся к мелкоклеточным колониальным видам хлорококковых водорослей. Массовая вегетация токсичных штаммов *Microcystis*, продуцирующих гепатотоксины (микроцистины), приводит к экстремально негативным последствиям для водных экосистем, вызывая гибель гидробионтов, включая бентосные организмы и рыбное население, водоплавающих птиц и обуславливая ухудшение качества вод для водопользователей. В городской среде в зоне высокого риска развития вредоносных цветений цианобактерий (ВЦЦ) оказываются слабопроточные искусственно созданные небольшие водоемы, активно используемые в рекреационных целях жителями города. В г. Калининграде к такого рода водоемам относится система

из двух прудов – Верхний и Нижний пруды, созданные в XIII веке на ручье Лёба. Пруды являются одним из важнейших элементов гидрологической системы города. Акватория прудов и прилегающие участки водосборного бассейна являются местом обитания и часто гнездования различных видов птиц (лебеди, чайки, кряквы, лысухи). Объектом любительского лова в прудах являются некоторые виды рыб: карась, линь, окунь и другие. Начиная с 2019 г. в Верхнем пруду в летние месяцы отмечается гиперцветение токсичных штаммов цианобактерий рода *Microcystis*. Цель настоящей работы – оценить экологическое состояние Верхнего пруда по гидробиологическим показателям в разные сезоны 2024 г. В данном исследовании анализировались структурные и функциональные показатели фитопланктона, включая его пигментный состав, состояние зоопланктона, бентоса и водоплавающих птиц.

Весной (март-май) 2024 г. продуктивность фитопланктона Верхнего пруда была высокой: содержание хлорофилла *a* (Хл *a*) не опускалась ниже 16 мкг/л. В южной части возникли эвтрофные условия (Хл *a* в основном не превышал 29 мкг/л), в северной части – гиперэвтрофные (Хл *a* 35-63 мкг/л, в среднем 44 мкг/л). В апреле в северной части пруда зафиксирован максимум Хл *a* (до 725 мкг/л), обусловленный вспышкой вегетации диатомовых водорослей. В летнем сезоне (август) в северной части пруда наблюдалось гиперцветение потенциально токсичной цианобактерии *Microcystis aeruginosa* (максимум биомассы составил около 1,5 г/л). Величина Хл *a* превышала 100 мкг/л, что указывало на гиперэвтрофные условия. В зоне локального увеличения биогенной нагрузки за счет сброса сточных вод показатели функциональной активности фитопланктона: Хл *a* (до 37430 мкг/л), Хл *c1+c2* (до 1375 мкг/л) и феофитина *a* (до 568 мкг/л) увеличивались на один-три порядка. На отдельных участках водоема, не затронутых экстремальным развитием фитопланктона, в зоопланктоне образовалась монокультура *Daphnia pulex*, окрашенная в красный цвет из-за синтеза гемоглобина, хотя в воде пруда не было дефицита кислорода (6-14,6 мл O₂/л). Возможно, увеличение гемоглобина было реакцией на ухудшение качества водной среды при ВЦЦ. На участке пруда, где было отмечено наибольшее скопление фитомассы цианобактерий, зообентос характеризовался простейшей структурой с преобладанием хирономид и олигохет, обилие донных животных в среднем сокращалось в 30 раз по численности (до 3,4 тыс. экз./м²) и в 7,5 раз по биомассе (10 г/м²). Начиная с середины июля и весь август на пруду наблюдалось массовая гибель водоплавающих птиц (около 70), а также птиц, поедавших их, среди которых – серебристая чайка, серая ворона, голуби. Таким образом, весной-летом 2024 г. в северной части Верхнего пруда отмечались гиперэвтрофные условия. Летнее гиперцветение токсичной цианобактерии *M. aeruginosa* стало причиной снижения биоразнообразия планктонных и бентосных сообществ гидробионтов, снижению их обилия и гибели птиц, связанной с токсичным воздействием цианотоксинов.

25 ЛЕТ МОНИТОРИНГА БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КУРШСКОГО ЗАЛИВА. ФИТОПЛАНКТОН

Куршский залив – крупнейшая солонатоводная морская лагуна в Южной Балтике, в российской части – практически пресноводная, играет важнейшую роль в экономике Калининградского региона. Водоем имеет высшую рыбохозяйственную категорию и высокую рекреационную значимость, на Куршской косе расположен Национальный парк федерального значения «Куршская коса» (объект Всемирного наследия ЮНЕСКО). Залив характеризуется гиперэвтрофными условиями, обширными и длительными цветениями потенциально токсичных и токсичных цианобактерий, губительным воздействием цианотоксинов на гидробионты, птиц, животных и предположительно – здоровье человека. Начиная с 2001 г. сотрудники лаборатории морской экологии (ЛМЭ) и ряда других подразделений АО ИОРАН ведут мониторинг состояния прибрежной мелководной зоны залива по гидрохимическим и гидробиологическим показателям. В период 2001, 2005-2011, 2014 гг. в рамках различных исследовательских тем и проектов исследовали фитопланктон также в открытой части залива на 15 станциях.

Исследование зимнего фитопланктона Куршского залива в период ледостава выявило изменения в структуре сообщества микроводорослей. В середине 70-х - начале 80-х годов прошлого века биомассу фитопланктона определяли диатомовые (более 60%), в основном *Aulacoseira islandica*, зеленые и цианобактерии (10-15%). В феврале 2010 г. также отмечено доминирование диатомей, но доля зеленых сократилась в среднем до 3% и в качестве субдоминантов появились криптомонады. В 1975-1976 гг. *Aphanizomenon flosaquae* входила в число массовых видов, частота круглогодичной встречаемости которых составляла более 70%. В 2000-х годах произошло изменение состава летнего доминантного комплекса и увеличение частоты и продолжительности «цветения» воды цианобактериями. В 2010 г. отмечено повсеместное развитие потенциально токсичной цианобактерии *Planktothrix agardhii* тогда, как вид *Aph. flosaquae* практически не встречался. По структуре фитопланктона выделялись центральная и южная часть залива, поверхностный и придонный горизонты. Большей продуктивностью отличалась южная часть, в зоне влияния стока р. Деймы. До 2000-х годов в летне-осенний период преобладал вид *Aph. flosaquae*, часто в комплексе с *Microcystis aeruginosa*. В 2000-е годы основным доминантом периодически становится *P. agardhii*. Так, в 2007 г. он составил до 50% биомассы фитопланктона, в то время как *Aph. flosaquae* – менее 1%, хотя температурный режим благоприятствовал его вегетации. Обнаружена обратная корреляция между биомассами *Aph. flosaquae* и *P. agardhii* ($R_{\text{спирм}} = -0,89$) и α -разнообразием фитопланктоценозов. Анализ данных по прибрежному фитопланктону, полученных на 6 мони-

торинговых станциях в период ежегодных исследований западной литорали залива, показал, что цианобактерия *P. agardhii* в качестве доминантного вида в разные сезоны отмечается с 2001 г. В 2000-е годы наибольшего развития достигла в 2007 г. (14 г/м³). Отмечен рост биомассы *P. agardhii* в 2020-х годах (max 25 г/м³) по сравнению 2010-ми годами (max 11 г/м³) и ранее. На фоне глобального изменения климата происходят температурные сдвиги в умеренной климатической зоне в сторону увеличения температуры окружающей среды, в частности – в весеннем сезоне до летних значений. Так, в апреле 2024 г. в литоральной зоне залива формировался летний комплекс фитопланктона с преобладанием цианобактерий и доминированием преимущественно *P. agardhii*. На фоне доминирования цианобактерии *P. agardhii* в 2007 г. в Куршском заливе обнаружен инвазивный вид – цианобактерия *Planktolyngbya brevicellularis* (биомасса до 40 мг/м³). В последующие годы (2008-2020 гг.) *P. brevicellularis* зафиксирована почти в 50% летне-осенних проб. При этом ее биомасса превысила 180 мг/м³. Обнаружена положительная корреляция между биомассами *P. brevicellularis* и *P. agardhii* ($R_{\text{Spimen}}=0,68$; $p<0,000$; $n=87$). Источником инвазии *P. brevicellularis* в Куршском заливе рассматривается водная система Мазурских озер (Польша), где этот вид периодически доминирует, начиная с 1998 г.

Таким образом, в последние десятилетия произошли структурные изменения доминантного комплекса фитопланктона залива, фиксируется преобладание вида осцилляториевого комплекса – потенциально токсичной цианобактерии *P. agardhii*, развивающейся в условиях турбулентности, пониженной прозрачности и высоком соотношении N:P, что указывает на изменение условий в заливе и возможном его развитии по планктотрихеевому типу с распространением цианобактерий S₁-типа.

УДК 574.583

Е. В. Лобуничева, Н. Н. Макаренкова
(Вологодский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Вологда)
lobunicheva_ekat@mail.ru

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ (НА ПРИМЕРЕ Р. СОДЕМА, ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Река Содема длиной 19 км берет начало из болота и впадает в р. Вологда. Лишь 6% площади водосбора реки занимают леса, 42% – поля, 52% – населенные пункты. Водоток является приемником сточных вод предприятий и ливневой канализации г. Вологды. Ширина водотока в межень в верхнем и среднем течении до 1,5 м, скорость течения – 0,01-0,06 м/с, в нижнем течении до 5,0 м и 0,1-0,5 м/с соответственно. В верховьях летом река пересыхает, зимой – в черте города практически не замерзает. Вода в реке слабощелочная, минерализация возрастает в пределах города. Концентрации нитритного азота и фосфатов в воде превышают ПДК на всем протяжении реки. В межень содержание кислорода в реке снижается в городе до 2 мг/л.

Исследования фито- и зоопланктона р. Содема выполнялись ежемесячно в мае-октябре 2021 г. стандартными гидробиологическими методами.

Весной характер фитопланктона р. Содема определяли диатомеи (74% численности и 93% биомассы). Доминировали *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Navicula* sp. Диатомовым сопутствовали криптофитовые, зеленые и другие водоросли. Биомасса фитопланктона равнялась $0,5 \pm 0,24$ г/м³, численность – $0,7 \pm 0,27$ млн кл./л. В начале лета альгосообщество имело диатомово-зеленый характер. Одновременно вегетировало максимальное количество таксонов. Доминировали *Euglena viridis* (O.F. Müller) Ehrenberg, виды родов *Navicula* Bory, *Nitzschia* Hassall, *Ulnaria ulna*, *Oscillatoria limosa* C. Agardh ex Gomont. При дальнейшем прогревании воды все большее значение приобретали цианобактерии (73% численности и 37% биомассы), в частности *Oscillatoria limosa*, 43% общей биомассы формировали эвглениды. Биомасса микроводорослей летом составляла $4,3 \pm 1,05$ г/м³, численность – $6,9 \pm 3,69$ млн кл./л. В августе начали прослеживаться черты обеднения сообщества. Осенью фитопланктон характеризовался как диатомовый, биомасса была $1,3 \pm 0,46$ г/м³ при численности $2,0 \pm 0,73$ млн кл./л. Доминировали *Navicula cryptocephala* Kützinger, *Nitzschia vermicularis* (Kützinger) Hantzsch.

Весенний зоопланктон р. Содема представлен почти исключительно копеподами разного возраста. Кладоцеры регистрировались лишь в черте города, где температура воды в реке была на 2-3°C выше. Средняя численность зоопланктона составляла $2,2 \pm 0,6$ тыс. экз./м³, биомасса – 4 ± 1 мг/м³. В городе обилие было значительно выше. Сходные величины численности и биомассы регистрировались и в начале лета на большем протяжении реки. Лишь в устьевом участке обилие зоопланктона в июне было на порядок выше из-за многочисленных скоплений *Daphnia galeata* и *Polyphemus pediculus*. На прочих участках реки доминировали циклопы (*Ectocyclops phaleratus*, *Eucyclops serrulatus*, *Mesocyclops leuckarti*). В среднем течении реки доминантом являлась также *Euchlanis meneta*. В межень в верхнем течении на обводненных участках реки численность зоопланктона увеличивалась до $15,0 \pm 1,8$ тыс. экз./м³, а биомасса – до $1,0 \pm 0,6$ г/м³, преимущественно благодаря развитию *Moina brachiata*, *Acanthocyclops vernalis*. Средняя численность зоопланктона в р. Содема в межень – $1,5 \pm 0,7$ тыс. экз./м³, биомасса – до $0,01 \pm 0,004$ г/м³. Осенью численность зоопланктона уменьшалась более чем в 3 раза, биомасса была сходна с весенними показателями. Закономерно ниже была доля в общей численности науплиусов циклопов.

Сезонные изменения планктона р. Содема обусловлены высокой антропогенной нагрузкой. Несмотря на мезотрофный характер сообществ, в межень отмечается ухудшение состояния водотока из-за роста обилия планктона и доминирования цианобактерий и эвгленид. Даже при крайне низком уровне воды в верхнем течении регистрируется высокое обилие зоопланктона. Интенсивное загрязнение воды на прочих участках реки не позволяет развиваться многим видам зоопланктеров.

А. М. Лях
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
me@anonlyakh.ru

БИБЛИОДАЙВЕР – ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПУБЛИКАЦИЯМИ О МИКРОВОДОРОСЛЯХ

В публикациях накоплено огромное количество разнообразных данных. В связи с чем любое научное исследование представляет собой анализ большого количества опубликованных работ, синтез новых или подтверждение существующих идей и последующий выпуск публикаций. При этом новые публикации получают связанными библиографическими ссылками с существующими работами. В итоге, мы получаем связанную сеть (граф) публикаций, содержащую море информации о разных областях человеческих знаний, в которое мы ныряем в процессе научной работы.

Работа с научными публикациями состоит из регулярных погружений и всплытий в море публикаций вдоль временной шкалы. Для этого исследователь *выбирает первоисточники*, сведения из которых использует для первоначальной интерпретации полученных данных и накопления фактологической базы. Если данных недостаточно, он *исследует публикации, на которые ссылаются первоисточники*, то есть погружается по времени в море публикаций. Зачастую ученый не ограничивается работами, упомянутыми в первоисточниках, а спускается глубже по ссылкам из процитированных работ. Так происходит в экологических или таксономических исследованиях, где нужно собрать как можно больше сведений о признаках и среде обитания организмов, относящихся к анализируемому таксону. В этом случае погружение может достигнуть работ XIX века и даже более раннего временного периода. Наконец, хороший исследователь *изучает публикации, которые ссылаются на первоисточники*, чтобы разобраться в современном состоянии вопроса. То есть он осуществляет всплытие от первоначального уровня публикаций к современным актуальным работам.

Циклы погружения и всплытия исследователь чаще всего выполняет при помощи интерфейса библиографических баз, де факто ставшим стандартом. Так, на сайтах многих издательств и библиографических баз (например, elibrary.ru) на странице публикации исследователь видит список процитированных работ (references) и список работ, которые на нее ссылаются (cited by). Это позволяет как погрузиться, так и подняться на ближайший библиоуровень. То есть данный интерфейс охватывает только короткую двухзвеньевую цепочку связей между публикациями: [публикации ссылающиеся на] → [публикацию] → [процитировавшую публикации]. Причем, после перехода к любой из публикаций в упомянутых списках связь с одним из уровней обрывается и вы-

страивается связь с новым уровнем. Другими словами упомянутый интерфейс дает крайне узкое, близкодействующее представление об обширном графе библиосвязей. Работу по выстраиванию полной цепочки библиозависимостей исследователь выполняет самостоятельно, подручными средствами, или не выполняет вовсе.

Чтобы улучшить эту ситуацию, я предлагаю инструмент *Библиодайвер*, позволяющий неограниченно глубоко погружаться и всплывать от заданной публикации вверх и вниз по уровням процитированных и ссылающихся работ. Для запуска программы необходимо указать doi публикации и предпочитаемый уровень погружения и всплытия. Проведенные эксперименты показали, что при погружении на три уровня, число собранных литературных источников может достигнуть нескольких тысяч. Понятно, что со столь обширным списком литературы работать неудобно. Поэтому Библиодайвер позволяет проследить связи только между публикациями, соответствующими заданной тематике, что уменьшает их итоговое количество. На данный момент Библиодайвер позволяет выбирать публикации о планктонных микроводорослях, в частности, о диатомовых.

Библиодайвер доступен по ссылке: micro-algae.ru/bibliodiver.

Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ ИнБЮМ №124030400057-4

УДК 574.24

А. М. Лях, Т. В. Рауэн, В. С. Муханов
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
me@anonlyakh.ru

ВЛИЯНИЕ ГОЛОДА, МИКРОПЛАСТИКА И ЖИВОГО КОРМА НА ДВИЖЕНИЕ *OXYRRHIS MARINA* В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Изучение влияния пластикового загрязнения океана на морскую биоту в целом и на планктонные сообщества в частности – актуальная задача современности. В наших исследованиях мы оценивали воздействие микропластика на двигательные характеристики гетеротрофной динофлагелляты *Oxyrrhis marina*. Ранее было отмечено, что *O. marina* активно потребляет пластиковые микросферы даже в присутствии живого корма, и его двигательная активность при этом меняется. Однако методика оценки параметров трехмерного спиралевидного движения клеток при потреблении микропластика требует усовершенствования. В связи с этим мы провели новые эксперименты, оценив движения *O. marina* новым способом.

Мы измеряли численность, размер и скорость движения клеток *O. marina* в экспериментах с тремя диетами: в голодном состоянии, при наличии привычного корма – живой микроводоросли *I. galbana*, и при наличии микропластиковых сфер (размером 6 мкм). Численность клеток определяли с помощью проточного цитофлюориметра; размер и скорость движения оценивали по видеозаписи,

снятой на фотоаппарат, соединенный со световым микроскопом. Измерения для каждой диеты выполнены в пяти ключевых временных точках: в начальный момент и через 2 часа, 4 часа, 24 часа (1 сутки) и 120 часов (5 суток) после начала эксперимента. Всего было получено 15 экспериментальных групп данных, объединяющих три диеты с пятью временными отсчетами в каждой. В качестве статистических показателей использованы медиана и квартильные значения ($Q_{.25}$ и $Q_{.75}$), обеспечивающие более полное представление о вариативности результатов.

Медиана всех скоростей движения оксирисов менялась от 95 до 280 $\text{мкм}\cdot\text{с}^{-1}$ ($Q_{.25}=45\text{-}175 \text{ мкм}\cdot\text{с}^{-1}$, $Q_{.75}=145\text{-}355 \text{ мкм}\cdot\text{с}^{-1}$). Медианная длина клетки изменялась от 30 до 36 мкм , ширина – от 23 до 28 мкм , медиана пропорций равнялись 0,70-0,76.

Для статистического сравнения данных использован перестановочный тест (oneway_test из R библиотеки coin). С его помощью мы оценили различия между медианными скоростями движения оксириса, измеренных при разных диетах в одинаковые часы. Мы сосредоточились на поиске статистически значимых отличий ($p<0,05$) между медианной скоростью движения оксириса в присутствии микропластика ($V_{\text{oxy-mpl}}$) и медианными скоростями при иных диетах (V_{oxy} , $V_{\text{oxy-iso}}$).

В начале эксперимента медианные скорости при каждой диете очевидным образом не отличались и равнялись 220-240 $\text{мкм}\cdot\text{с}^{-1}$ ($Q_{.25}=95\text{-}155 \text{ мкм}\cdot\text{с}^{-1}$, $Q_{.75}=310\text{-}355 \text{ мкм}\cdot\text{с}^{-1}$). А вот в дальнейшие часы результаты оказались неоднородными. Во второй час эксперимента зафиксировано отличие скоростей $V_{\text{oxy-mpl}}<V_{\text{oxy}}$. На четвертый час эксперимента отличия между скоростями исчезли ($V_{\text{oxy-mpl}}\approx V_{\text{oxy}}\approx V_{\text{oxy-iso}}$) и сами скорости снизились до 100-130 $\text{мкм}\cdot\text{с}^{-1}$ ($Q_{.25}=45\text{-}90 \text{ мкм}\cdot\text{с}^{-1}$, $Q_{.75}=170\text{-}265 \text{ мкм}\cdot\text{с}^{-1}$). Затем, снова зафиксированы отличия $V_{\text{oxy-mpl}}>V_{\text{oxy}}$ и $V_{\text{oxy-iso}}$ (на первые сутки) и $V_{\text{oxy-mpl}}>V_{\text{oxy-iso}}$ (на пятые сутки).

В целом, при помощи новой методики мы получили более достоверные значения скоростей движения *O. marina*, что позволило сделать следующие выводы.

1) Живая пища снижает скорость движения оксириса, но способствует росту численности популяции до насыщения, после чего численность снижается.

2) Голод снижает подвижность, но численность оксириса сохраняется без значительных изменений.

3) Микропластик вызывает нестабильность в движении и приводит к меньшему приросту численности по сравнению с живым кормом, но не вызывает резкого падения численности, как в контроле.

Полученные данные определяют вероятность того, что *Oxyrrhis marina* воспринимает микропластик как корм из-за наличия биопленки на его поверхности. Однако его повторное потребление не приносит питательной ценности, а лишь увеличивает энергозатраты и изменяет двигательное поведение.

Работа выполнена в рамках госзаданий ФИЦ ИнБЮМ №124030400057-4 и №124022400152-1

О. А. Ляшенко
(Санкт-Петербургский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»,
(«ГОСНИОРХ» им. Л. С. Берга), Санкт-Петербург)
lyashenko_oa@niorh.vniro.ru

ФИТОПЛАНКТОН ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В XXI ВЕКЕ

Исследования фитопланктона восточной части Финского залива – мелководного и глубоководного районов, Копорской и Лужской губ, Выборгского залива в XXI веке были проведены в 2000-2001 и 2007-2023 гг.

В период исследований в планктоне были отмечены водоросли 10 систематических групп – Cyanoprokaryota, Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Raphidophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Xanthophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyta, Charophyta, а также фотосинтезирующая инфузория *Myrionecta rubra*. В последние годы единично отмечена вторая известная для фитопланктона Балтийского моря инфузория – *Laboea strobila*. Основу численности и биомассы фитопланктона всех районов в безледный период составляли цианопрокариоты, диатомовые, криптофитовые водоросли, в меньшей степени или в отдельные периоды сезонной сукцессии – динофитовые, зеленые, эвгленовые, желтозеленые, харовые.

Весенний период на большей части акватории характеризовался преобладанием по биомассе диатомовых и динофитовых, основными доминантами были *Diatoma tenuis*, *Pauliella taeniata*, *Apocalathium aciculiferum*, *Peridiniella catenata*, *Tabellaria fenestrata*, в глубоководном районе – также *M. rubra*. В мелководном районе, в наибольшей степени испытывающем влияние поступления вод р. Невы, в состав доминантов входила *Tribonema affine*.

Ранним летом по численности преобладали цианопрокариоты, по биомассе – цианопрокариоты, криптофитовые, диатомовые, зеленые, эвгленовые (*Aphanizomenon flos-aquae*, *D. tenuis*, *Monoraphidium contortum*, *Eutreptiella gymnastica*, водоросли рода *Cryptomonas*).

В середине лета – начале осени основу численности и биомассы фитопланктона составляли цианопрокариоты (*A. flos-aquae*, *Planktothrix agardhii*, *Woronichinia compacta*). В доминирующий комплекс входили диатомовые, криптофитовые, зеленые водоросли.

Осенью при заметном снижении количественных показателей развития фитопланктон также характеризовался преобладанием цианопрокариот в составе летних доминантов, что подтверждает представление об отсутствии в восточной части Финского залива специфического осеннего комплекса планктонных водорослей.

Максимальные величины биомассы фитопланктона на большей части исследованной акватории были отмечены в весенний период, летние биомассы обычно были значительно ниже и далее снижались в течение осени. Летним максимумом биомассы фитопланктона характеризовался только мелководный район. Сравнение средних по районам биомасс фитопланктона в августе-

сентябре в межгодовом аспекте показало, что, несмотря на значительную вариабельность, они оставались в пределах величин, отмеченные на соответствующем этапе сезонной сукцессии в конце XX века.

Исследованные районы отличаются особенностями гидрологических и гидрохимических режимов, что выражается в количественном развитии и структуре их фитопланктона.

Наиболее продуктивной, как и в прошлом веке, остается акватория Выборгского залива, наименьшие биомассы фитопланктона характерны для западной части глубоководного района, а также Лужской и Копорской губ, которые из-за открытости их акваторий для нагонных явлений отличаются наибольшей вариабельностью количественных показателей фитопланктона.

Средние для всей исследованной акватории за период наблюдений величины биомассы фитопланктона составили: весной – $4,54 \pm 0,89$ г/м³, летом – $1,63 \pm 0,01$ г/м³, осенью – $0,42 \pm 0,07$ г/м³. По величинам биомассы и характеру сезонной сукцессии основную часть акватории восточной части Финского залива можно охарактеризовать как мезотрофную. В XXI веке фитопланктон этой акватории сохраняет характерные для прошлого века доминирующий комплекс и уровень количественного развития.

УДК 574.583

П. Р. Макаревич
(Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск)
makarevich@mmbi.info

ЧУЖЕРОДНЫЕ ПЕЛАГИЧЕСКИЕ МИКРОВОДОРОСЛИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Одним из ключевых направлений в биоокеанологии последних десятилетий стало изучение современных климатических трендов и их влияния на морские экосистемы. В высоких широтах естественные климатические флуктуации достигают наибольшего размаха и для региона Баренцева моря проблема глобального потепления особенно актуальна. Положительные температурные аномалии влияют на процесс формирования биологического разнообразия баренцевоморских сообществ пелагических микроводорослей, проявляясь случаями проникновения тепловодных планктонных форм в арктические воды.

В основу работы положены исследования, выполненные в водах Баренцева моря в период с 2007 г. по 2019 г. Флористический анализ полученных альгологических материалов показал присутствие в пелагиали 17 чужеродных видов микроводорослей, из которых 16 – динофлагелляты (класс Dinophyceae), 1 – диатомовая водоросль *Proboscia indica* (H. Peragallo) Hernández-Becerril, 1995 (класс Bacillariophyceae). Основу новых находок микроводорослей составляли виды тропического и тропическо-бореального происхождения. Следует отметить, что ранее находок таксонов такого фитогеографического статуса в Баренцевом море зарегистрировано не было.

Значительная часть чужеродных видов микроводорослей обнаружена в пределах Прибрежной и Основной ветвей Мурманского течения и севернее, в области Центральной ветви Нордкапского течения, т.е. встречи были привязаны исключительно к теплым струям течений, приходящим из Атлантического океана. Ослабление силы адвекции атлантических водных масс является основным фактором, ограничивающим присутствие вселенцев в центральной и восточной частях Баренцева моря. Максимальное разнообразие чужеродных видов приурочено к наиболее теплым годам, т.е. к годам с максимальными объемами притока и уровнями теплосодержания атлантических водных масс. Наибольшие концентрации клеток микроводорослей фиксируются в осенне-зимний сезон, на который приходится максимальный объем поступления в водоем атлантических вод.

В настоящее время доля пелагических микроводорослей, новых для Баренцева моря, в общем таксономическом разнообразии незначительна, не наблюдается их массового развития и они не создают устойчивую популяцию. Все найденные чужеродные виды имели невысокие численности, от единичных встреч до нескольких десятков клеток и составляли в сумме от нескольких процентов до доли процента от общей численности и биомассы в пробе. Такие низкие численности и частота встречаемости инвазионных видов не могут существенно повлиять на структуру микроводорослевого сообщества Баренцева моря, поэтому речь идёт не о вытеснении бореально-арктических аборигенных видов, а лишь о возможности чужеродными видами занимать свободное пространство экологических ниш.

За время наблюдений, все впервые зарегистрированные для Баренцева моря виды микроводорослей, не присутствовали в планктоне круглогодично и не встречены ежегодно. Исключение составляет динофитовая водоросль *Oxytoxum caudatum* Schiller, 1937. Указанный вид присутствовал в пелагиали на протяжении почти всего периода исследований, во все сезоны и на всей акватории зон регулярной и ослабленной инвазии. Его численность на порядок превышала концентрации других чужеродных организмов. Можно предположить, что *Oxytoxum caudatum* – единственный представитель несвойственной Баренцеву морю пелагической альгофлоры, у которого наблюдается процесс адаптации к новым условиям среды.

Таким образом, в настоящее время, появление чужеродных видов микроводорослей в Баренцевом море не привело к перестройке структуры аборигенных сообществ планктонных альгоценозов и не оказало какого-либо негативного влияния на пелагическую экосистему в целом.

В. С. Маркова^{1,2}, Н. В. Поспелова²
(¹Севастопольский государственный университет, Севастополь;
²Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
nikasergeevnamarkova@mail.ru

ВРЕДНОСНЫЕ ВИДЫ МИКРОВОДОРΟΣЛЕЙ В РАЙОНАХ МОРСКИХ ФЕРМ В ПРИБРЕЖЬЕ СЕВАСТОПОЛЯ

В Черном море научный интерес к вредоносным микроводорослям (ВМВ) обусловлен социальными и экономическими факторами – возможной угрозой здоровью населения и функционированию марихозяйств, так как токсины накапливаются в тканях моллюсков, культивируемых в прибрежье Крыма [Поспелова и др., 2016].

Цель работы – исследовать видовой состав и численность токсичных микроводорослей (ТМВ) в прибрежье Крыма (Чёрное море). Исследование проводилось с июня 2018 г. по декабрь 2022 г. в акваториях мидийно-устричных ферм, расположенных на внешнем рейде Севастопольской бухты и в Ласпинской бухте, с использованием стандартных гидробиологических методов.

Из 20 наиболее часто встречаемых в исследуемом регионе видов ВМВ и ТМВ было обнаружено 4 вида из группы диатомовых и 8 – из динофитовых.

В 2018 г. в районе марифермы на внешнем рейде г. Севастополя из ВМВ доминировали в летний период: в июне – диатомовые *Pseudo-nitzschia seriata*, *Thalassionema nitzschioides*; динофитовая *Prorocentrum balticum* (численность не достигала уровня «цветения» воды); в июле и августе, вследствие прогрева воды и снижения количества биогенных элементов, численность ВМВ снизилась. Моллюски, выращенные на этой ферме, не представляли угрозы для здоровья человека. В 2022 г. ВМВ размножались с февраля по декабрь. Из диатомовых доминировала *Pseudo-nitzschia calliantha* (опасной концентрации – более 100000 кл./л – не достигала) [Bompaïs, 1991; ГЕОНАВ, 2001]; из динофитовых – *Prorocentrum balticum*. Это эвритермные виды, которые могут встречаться круглогодично [Рябушко, 2003 а]. Наибольшая численность была зафиксирована после снижения температуры воды в осенне-зимний период. Таким образом, в 2018 г. и 2022 г. в данной акватории сложилась благоприятная обстановка в отношении ВМВ.

В районе марифермы в Ласпинской бухте в 2021 г. виды ВМВ отмечались с мая по август. Из динофитовых преобладали *Prorocentrum balticum* и *Scirrsiella trochoidea*, а также присутствовали *Dinophysis acuminata* и *D. rotundata*, продуцирующие домоевую и окадаевую кислоты [Рябушко, 2003 б]. Для марикультуры водоросли рода *Dinophysis* являются одними из самых опасных – угроза отравления моллюсками отмечается при концентрации водорослей в воде всего 200 кл./л [Bompaïs, 1991]. В мае 2021 г. численность *D. acuminata* в Ласпинской бухте превышала допустимую концентрацию и составила 270 кл./л.

Выводы. На мидийно-устричной ферме, расположенной на внешнем рейде г. Севастополя, в период исследования наблюдалась относительно благоприятная обстановка – численность ВМВ не превышала опасных концентраций для марикультуры. В районе марифермы в Ласпинской бухте в 2021 г. отмечена высокая численность токсичных видов микроводорослей, что могло негативно отразиться на качестве продукции фермы. Полученные данные подчеркивают необходимость контроля динамики ВМВ вблизи мариферм для оповещения населения и владельцев морских ферм.

Работа выполнена в рамках темы госзадания НИЦ ПСГ – филиала ФИЦ ИнБЮМ №125012100509-6 «Оценка и развитие рыбохозяйственного потенциала перспективных районов северного Причерноморья»

Список использованной литературы

Поспелова Н. В. Микроводоросли в спектре питания культивируемых мидий (Крым, Черное море) / Н. В. Поспелова, Д. С. Балычева, Л. И. Рябушко // Морские исследования и образование (MARESEDU-2016): труды V Междунар. научно-практич. конф. (Москва, 18-21 октября 2016 г.) – Москва: Феория, 2016. – С. 434-438.

Рябушко Л. И. Атлас токсичных микроводорослей Чёрного и Азовского морей / Л. И. Рябушко; НИЦ Вооруженных Сил Украины «Государственный океанариум». – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003 а. – 140 с.

Рябушко Л. И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна / Л. И. Рябушко; НАНУ, Институт биологии южных морей НАН Украины, Океанологический центр НАНУ, Операционный Центр Международного института океана в Украине. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003 б. – 288 с.

Bompais X. Les filieres pour l'elevage des moules. Guide pratique / X. Bompais. – Plouzane: IFRENER, 1991. – 250 p.

GEOHAB (Global Ecology and Oceanography of Harmful Algae Blooms), Science Plan // Eds P. Glibert, G. Pitcher / Baltimor, Paris: SCOR and IOC. – 2001. – 86 p.

УДК 574.583

*Е. А. Масюткина, Е. В. Кривоускова
(Калининградский государственный технический университет, Калининград)
elena.masyutkina@klgtu.ru; ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru*

ВИДОВОЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Зоопланктон играет важнейшую роль в функционировании водных экосистем, как один из элементов пищевой цепи. Видовое разнообразие сообщества зоопланктона, количественные характеристики и пространственная структура тесно связаны с различными факторами, как естественными, так и антропогенными. Изменения в данных параметрах способны прямо или косвенно отражать динамику процессов, происходящих в водоемах.

Озеро Виштынецкое является уникальным водоемом на территории Калининградской области. Это единственный проточным крупный пресноводный

водоемом на территории региона. На протяжении долго времени его трофический статус определялся как олиготрофный с некоторыми чертами мезотрофности в прибрежной части Утинового залива и Тихой бухты. Современные исследования демонстрируют изменения абиотических характеристик экосистемы, что в свою очередь связывают с климатическими изменениями и возрастающей антропогенной нагрузкой. С 2024 г. озеро, за исключением нескольких участков в литорали, вошло в состав Национального парка «Виштынецкий» и получило охранный статус. Поэтому важным шагом для создания программ мониторинга является наличие актуальных данных о различных показателях среды.

Целью данного исследования было описание видового разнообразия сообщества зоопланктона оз. Виштынецкого, с целью дальнейшего использования полученных результатов в качестве фона для последующих мониторинговых наблюдений.

В работе представлены результаты исследования фауны зоопланктона озера в период с 2006 г. по 2023 г. Обширная сетка станций охватывала различные зоны и биотопы озера: литораль (с глубинами до 5 м), сублитораль (с 5 до 15 м), профундаль (более 15 м), а также достаточно изолированный, более мелководный и заросший водной растительностью Утиный залив.

Отбор проб проводился ежегодно в летний период, кроме того периодически проводили исследования зимой, весной и осенью. Пробы зоопланктона отбирали путем тотального облова средней сетью Джели (с размером ячеей 90 мкм), а также с выделенных горизонтов батометром Молчанова. Полученный материал позволяет достаточно полно описать видовой состав и структуру зоопланктона, пространственное и вертикальное распределение, проследить межгодовые колебания.

За рассматриваемый период исследований фауна зоопланктона озера представлена 100 видами, в т. ч. 42 вида относятся к ветвистоусым ракообразным (н/отр Cladocera), 30 – к веслоногим ракообразным (п/класс Copepoda), 27 – к коловраткам (тип Rotifera) и 1 таксон ракушковых раков (отр. Conchostraca). Наибольшее видовое разнообразие отмечается в зоне литорали, где зарегистрировано около 94% всех найденных видов, в основном за счет увеличения количества зарослевых видов кладоцер. В зоне сублиторали разнообразие зоопланктона снижается (до 59%), а глубоководной зоне профундали увеличивается (до 70% от всех отмеченных таксонов).

Зоопланктон озера представлен преимущественно космополитами и видами, широко распространенными в палеарктике. Около трети общего количества видов составляют истинно планктонные формы, еще треть относятся к группе фитофильных животных. В меньшей степени представлены планктонобентические виды и фитофильно-планктонные (примерно по 11%). Доля строго донных и эвритопных видов минимальна (по 3%). В зонах сублиторали и профундали около 50% всех видов являются эупланктонными.

Анализируя видовой состав зоопланктона по способу питания, отмечено примерно равное соотношение (около 25% на каждый) трех основных типов

кормодобывания: вертикаторы, виды способные к активному захвату и первичные фильтраторы. Виды с остальными типами питания составляют в целом около 25%.

УДК 574.583

А. С. Мельник¹, Ю. Ю. Полунина¹, О. А. Дмитриева^{1,2}, А. Ю. Шартон¹
(¹Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва;
²Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград)
**AnastassizaHabar@mail.ru; jul_polunina@mail.ru;
phytob@yandex.ru**

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В 2018 ГОДУ

Планктонные сообщества, являясь первыми звеньями пищевых сетей, одними из первых реагируют на антропогенное загрязнение и эвтрофирование водоемов. Реакции сообществ выражаются, либо в массовом развитии, либо в угнетении роста, показателей количественного развития и физиологических процессов, что отражается на всей пищевой сети и общем состоянии водных экосистем [Podkuiko, 2013]. Юго-восточная часть Балтийского моря испытывает значительное влияние речного стока и выноса, насыщенных биогенными элементами вод из высокотрофных лагун – Куршской и Калининградской (Вислинской). Цель исследования – оценить особенности пространственного распределения планктонных сообществ в июле аномально теплого 2018 г. в юго-восточной части Балтийского моря.

Материалом для работы послужили пробы фитопланктона и зоопланктона, отобранные 27 по 30 июля 2018 г. в 43-м рейсе НИС «АКАДЕМИК БОРИС ПЕТРОВ» в границах территориальных вод России в Юго-Восточной Балтике (далее ЮВБ). Пробы фитопланктона объемом 1 л отбирали из поверхностного горизонта (0-1 м). Пробы зоопланктона отбирали сетью WP-2 (Ø=56 см, ячея 100 мкм). Проводили облов с верхнего квазиоднородного слоя (ВКС). Выбор горизонтов отбора проб зоопланктона проводили по результатам вертикального STD-зондирования (зонд Idronaut OS316 Plus). Обработку проб фито и зоопланктона выполняли стандартными методами [Методические..., 1984; Методические..., 1988; Радченко и др., 2010]. Всего проанализировано 27 проб фито- и 24 пробы зоопланктона.

В период исследования численность фитопланктона варьировала от 373 орг./л до 75,5 тыс. орг./л и в среднем составила $10,7 \pm 6,8$ тыс. орг./л. Биомасса от 0,2 до 1,0 мг/л и в среднем составила $0,4 \pm 0,1$ мг/л. Кластерный анализ структуры фитопланктона по методу Брея-Кертиса показал, что на уровне сходства 50% выделялось 5 групп станций. Группы станций рассматривали не как отдельные сообщества, а как фитоценотические группировки с различающейся структурой (далее ФЦГ 1-5). Уровень сходства в группировках варьировал от

54% до 70%. Основными видами, вносящими вклад в сходство, были *Aphanizomenon floseaquae*, *Nodularia spumigena*, *Cyclotella choctawhatcheeana*, *Pyrophacus horologium*, *Woronichinia compacta*, *Cyanodictyon planctonicum*, виды рода *Chrysochromulina* sp., *Pseudoanabena limnetica*, *Teleaulax amphioxeia*, *Actinocyclus octonarius*, *Aphanocapsa planktonica*.

Численность зоопланктона варьировала от 5,7 тыс. экз./м³ до 234,4 тыс. экз./м³ и в среднем составила 70,4±21,4 тыс. экз./м³. Биомасса от 152,3 мг/м³ до 3,2 г/м³ и в среднем составила 1,04 г/м³±324 мг/м³. Кластерный анализ структуры зоопланктона показал, что на уровне сходства 50% выделялось 6 групп станций. Группы станций рассматривали не как отдельные сообщества, а как зооценотические группировки с различающейся структурой (далее ЗЦГ 1-6). Уровень сходства в группировках варьировал от 72% до 79%. Основными таксонами вносящими вклад в сходства были – *Eubosmina maritima*, *Keratella quadrata*, *Acartia tonsa*, *Acartia bifilosa*, ювенильные стадии *Bosmina*, копеподидные стадии *Acartia*, науплиусы *Calanoida*, науплиусы *Calanoida*, копеподидные стадии *Calanoida*, копеподидные стадии *Centropages*, копеподидные стадии *Temora*, личинки *Bivalvia*.

В целом, по характеру пространственного распределения количественных показателей развития планктонных сообществ, выделялось три основных района – мелководная прибрежная зона изобаты 10-15 м, относительно глубоководная зона, охватившая изобаты от 30 до 60 м и глубоководная зона от 60 до 100 м. Районы характеризовались своеобразием структуры слагающих их ценотических группировок.

УДК 574.583 (265.5)

**С. В. Найдено, М. А. Шебанова,
Н. А. Кузнецова, К. В. Радченко, В. Е. Метревели**
(Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(«ТИНРО»), Владивосток)
**svetlana.naidenko@tinro.vniro.ru; marina.shebanova@tinro;
natalia.kuznetsova@tinro.vniro.ru; kseniia.radchenko@tinro.vniro.ru;
vadim.metreveli@tinro.vniro.ru**

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ И ОБИЛИЯ ЗООПЛАНКТОНА ЛЕТОМ В ЭПИПЕЛАГИАЛИ ТИХООКЕАНСКИХ ВОД КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ И КАМЧАТКИ

Проанализированы гидробиологические и гидрологические материалы, собранные в 19-и комплексных экспедициях в июне – начале июля 2004-2023 гг. в эпипелагиали тихоокеанских вод Курильских островов и Камчатки (между 40°с.ш. и 56°с.ш.). В последние годы в данном регионе наблюдается увеличение температуры поверхности воды и минимальной температуры ядра зимнего охлаждения холодного промежуточного слоя (далее по тексту ХПС). При этом термические условия даже в смежные теплые годы различаются. На фоне об-

щего потепления произошли изменения в составе и структуре зоопланктонных сообществ эпипелагиали данного региона. В размерной структуре зоопланктона увеличилось количество мелко- и среднеразмерного планктона. Их суммарная среднегодовая доля в 2015-2023 гг. составила 15%, что было 2,3 раза выше, чем в предыдущие годы. В планктонных сообществах возросло обилие как молоди беспозвоночных, так и некоторых видов мелкоразмерных копепод. В частности, увеличилась биомасса молоди гиперииды *Themisto pacifica* и умеренно холодноводного вида копепод *Oithona similis*. У этих видов после 2004 г. наметился тренд некоторого снижения и затем с 2015 г. постепенного увеличения обилия и доли в планктоне, что почти совпало с общей тенденцией изменения поверхностной температуры и минимальной температуры в ХПС. Максимальные показатели обилия *T. pacifica* (42-49 мг/м³) и *O. similis* (180-240 мг/м³) в верхнем 50-метровом слое отмечались в 2021 г. и 2022 г. Возможно, благоприятные условия этих лет повлияли на успешность нереста данных планктёров. Биомасса крупноразмерных копепод *Eucalanus bungii* и некоторых видов р. *Neocalanus* (особенно *N. cristatus*), принадлежащих к разным экологическим (тепловодным или холодноводным) группировкам, также изменялась в годы с аномальными климатическими показателями. В районе исследований повышенная биомасса (более 400 мг/м³) умеренно холодноводного вида *E. bungii* наблюдалась главным образом в теплые годы. Биомасса *N. cristatus* – самого холодноводного из группы субарктических видов, наоборот в теплые годы (при минимальных температурах ХПС выше 1,5°C) не превышала 500 мг/м³, что является пониженным показателем для этого вида. Тенденция снижения обилия в очень теплые годы прослеживалась и у океанического умеренно холодноводного вида *N. plumchrus*. Именно за счет того, что состав планктонных сообществ формируется видами с разной экологией и биологией, а набор факторов, влияющих на урожайность поколений гидробионтов весьма разнообразен, значительных межгодовых изменений общей биомассы зоопланктона не наблюдалось. Обилие зоопланктона в 50-метровом слое эпипелагиали варьировало от 986 до 2772 мг/м³, а в 200-метровом слое – от 532 до 1383 мг/м³. То есть межгодовые различия биомассы зоопланктона в среднем для всей исследуемой акватории не превышали 3 раза. В наиболее теплые 2021-2023 гг. биомасса зоопланктона была выше среднегодовой всего в 1,3 раза. Полученные данные характеризуют состояние зоопланктонных сообществ в разные по гидрологии годы и могут быть использованы для мониторинга кормовых условий рыб и кальмаров эпипелагиали тихоокеанских вод Курильских островов и Камчатки в летний период.

М. А. Насырова, Н. Е. Гоголева, А. С. Балкин, А. О. Плотников
(Институт клеточного и внутриклеточного
симбиоза УрО РАН, Оренбург)
marina_lavrenova_95@mail.ru

АНАЛИЗ СООБЩЕСТВ ПРОТИСТОВ КАРСТОВОЙ ПЕЩЕРЫ ШУЛЬГАН-ТАШ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН, РОССИЯ)

Карстовые пещеры – это специфические экосистемы, которые обладают уникальным микроклиматом, газовым составом, и определяются морфологией карста. Пещеры являются местом обитания организмов с уникальными и потенциально полезными свойствами.

Несмотря на лимитирующие факторы (отсутствие света, низкая температура, ограниченное количество питательных веществ, пониженная концентрация кислорода), пещеры населены разнообразной гетеротрофной биотой – от бактерий и протистов до млекопитающих. К настоящему времени появились данные о разнообразии бактерий в пещерах, в то же время протисты в пещерах и расположенных в них водоемах практически не изучены. Протисты представляют собой одноклеточные и колониальные эукариотические организмы, которые служат ключевыми звеньями морских, пресноводных, и почвенных микробных сообществ.

Целью нашего исследования была оценка биоразнообразия протистов в подземных водоемах и водотоках пещеры Шульган-Таш (53°02'с.ш., 57°03'в.д.) современным методом ДНК метабаркодинга по гену 18S рРНК, выделение новых культур протистов и их описание. Пещера Шульган-Таш является одной из крупнейших карстовых пещер на западном склоне Южного Урала, памятником природы, истории и культуры. В Восточной Евразии это единственная пещера с уникальной наскальной живописью эпохи позднего палеолита.

Результаты ДНК метабаркодинга свидетельствуют о широком разнообразии протистов в водоемах и водотоках пещеры Шульган-Таш. Выявлено 9 супергрупп эукариот, 16 отделов, 61 класс, 133 отряда, 186 семейств и 272 рода без учета неидентифицированных таксонов. Во всех биотопах наиболее распространенными были представители супергрупп Obazoa, представленные в основном Opisthokonta, и TSAR, представленные в основном Stramenopiles, Alveolata и Rhizaria.

Из отобранных проб воды и матов были получены клональные культуры гетеротрофных протистов *Cercomonas* sp., *Vivaspumella* sp., *Sandona* sp. и *Naegleria* sp. Секвенирование полного гена 18S рРНК данных культур показало, что последовательности 4 из 9 культур значительно отличаются от последовательностей известных видов и образцов природной ДНК, депонированных в GenBank (NCBI), и могут представлять новые виды протистов.

Одной из интересных находок оказался штамм амeboидного протиста, ген 18S рРНК которого наиболее близок (сходство – 95,19%; покрытие – 100%) гену 18S рРНК *Naegleria fowleri* (OD958550.1, NCBI GenBank). ITS регион исследуемого нами штамма имеет высокий уровень сходства (идентичность – 99,85%; покрытие – 100%) с *Naegleria* sp. AB05 (LC106134.1, NCBI GenBank), найденной на влажном торфяном лугу о. Шпицберген. Род *Naegleria* является наиболее хорошо изученным представителем гетеролобозных амeб класса Heterolobosea. Представители данного класса обычно являются амeбофлагеллятами, имеющими стадии амeб и жгутиконосцев в своем жизненном цикле. *N. fowleri* является известным возбудителем менингоэнцефалита у человека с высокой летальностью. Чтобы уточнить систематическое положение выделенного штамма, требуется изучение его морфологии и морфометрии.

ДНК метабаркодинг по гену 18S рРНК позволил не только идентифицировать таксоны протистов, которые вероятно присутствуют в водных биотопах пещеры Шульган-Таш, но и оценить их относительное обилие и возможные функциональные роли в экосистеме подземного озера и водотоков пещеры.

Несмотря на экстремальные условия, сформированные в пещере Шульган-Таш, было обнаружено широкое разнообразие протистов. Не исключено, что для выживания в таких экстремальных условиях, протисты формируют симбиотические связи с прокариотами, что требует дальнейшего исследования.

Работа частично выполнена в ЦКП «Персистенция микроорганизмов» Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН

Благодарности

Коллектив авторов благодарит Государственный природный заповедник «Шульган-Таш» в лице директора М. Н. Косарева и «Центр охраны и использования объектов культурного наследия» в лице директора Д. А. Гайнуллина за долгосрочную поддержку исследований в пещере Шульган-Таш.

УДК 574/577:591.95(261.245)

Е. Н. Науменко, А. А. Гусев

(¹Калининградский государственный технический университет, Калининград;

²Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград)
elenan.naumenko@gmail.com

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВИДОВ-ВСЕЛЕНЦЕВ НА ПОТОКИ ЭНЕРГИИ В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Вислинский залив находится в юго-восточной части Балтийского моря и в силу своего расположения подвержен интенсивному антропогенному воздействию, на его акватории находятся 5 портов. Одним из результатов судоходства являются биологические инвазии. Основным вектором проникновения чужеродных видов в планктонное и донное сообщества Вислинского залива служат

балластные воды судов. Среди наиболее масштабными были вселения: в планктонное сообщество – *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891) и донное *Marenzelleria neglecta* Sikorski and Bick, 2004 и *Rangia cuneata* (G. B. Sowerby I, 1831). Целью работы была оценка воздействия видов-вселенцев на потоки энергии за период с 1999 г. по 2020 г.

Первое масштабное вселение в донное сообщество связано с проникновением и акклиматизацией *M. neglecta* в 1988 г. Результатом этой экспансии послужило изменение сложившейся структуры бентосного сообщества, вплоть до временного исчезновения из него руководящей группы – хирономид, что повлекло за собой ухудшение кормовой базы основного промыслового вида – леща [Науменко и др., 2014]. Продукция хирономид снизилась, в то время как продукция полихет (в основном марензеллерий) увеличилась. В результате потоки энергии пошли через донное сообщество. Экосистема постепенно начала плавный переход от «top-down» контроля к «bottom-up» контролю.

Второе масштабное вселение было зафиксировано в 1999 г. в планктонное сообщество – Вислинском заливе был впервые зарегистрирован хищный вид кладоцер *C. pengoi* [Науменко, Полунина, 2000]. Результатом его вселения явилась перестройка сообщества зоопланктона. До вселения *C. pengoi* доля веслоногих ракообразных в биомассе зоопланктона Вислинского залива составляла 70%. Вселение и натурализация крупного хищника в планктонное сообщество (1999-2008 гг.) способствовал снижению значения Copepoda в биомассе до 30%. Одновременно возросла роль Rotifera (44%). В летний период преобладали науплиальные и младшие копеподитные стадии *E. affinis* и *A. tonsa*, что выражалось в снижении биомассы копепод и продукции зоопланктона [Науменко, Телеш, 2019]. Несмотря на увеличение продукции Cladocera, произошло ухудшение кормовой базы планктоноядных рыб, так как церкопагисы, которые определяли продукцию Cladocera, слабо потребляются рыбами-планктофагами [Науменко, Ушакова, 2017].

В 2010 г. произошло новое крупномасштабное вселение в донное сообщество – двустворчатых моллюсков *R. cuneata* [Рудинская и др., 2012]. Вид характеризуется высокой фильтрационной активностью. В результате в летний период первичная продукция, ассимиляционное число, деструкция в летний период снизились, а прозрачность воды повысилась [Александров, 2024]. Произошло снижение биомассы хирономид ($R^2=0,9$), основы кормовой базы бентофагов. В планктоне резко снизилась биомасса копепод-фильтраторов. Ухудшение кормовой базы рыб-планктофагов вызвало снижение вылова чехони ($R^2=0,9$) и хищников (судака, $R^2=0,6$). Наблюдался переход экосистемы к «bottom-up» контролю.

Таким образом, воздействие видов-вселенцев в планктонное и донное сообщества привело к изменению потоков энергии в экосистеме Вислинского залива.

А. А. Новиков¹, Д. Н. Шарафутдинова¹,
Т. Ю. Майор², Е. Н. Абрамова³, Е. С. Чертопруд⁴
¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань;
²Лимнологический институт Сибирского отделения РАН, Иркутск;
³Усть-Ленский государственный природный заповедник, Тикси;
⁴Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва)
aleksandr-novikov-2011@list.ru

СКРЫТОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ БЕСЛОНОГИХ РАКОВ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕНЕТИКИ И ЧИСЛЕННОЙ ТАКСОНОМИИ ДЛЯ РАБОТЫ С КОМПЛЕКСАМИ ВИДОВ

Род *Eucyclops* Claus, 1893 (Copepoda, Cyclopoida, Cyclopidae) насчитывает более 100 видов. Это один из наиболее сложных для видового определения родов циклопид. С другой стороны, род *Megacyclops* Kiefer, 1927 насчитывает всего 17 валидных видов и подвидов, среди которых только 3 отмечены для территории России.

Для анализа были использованы пробы зоопланктона и мейобентоса из разных регионов России: Удмуртия, Татарстан, Анабарское плато (Красноярский край), Плато Путорана (Красноярский край), Якутия, Магаданская область. По результатам молекулярно-генетического анализа был выявлен ряд потенциально новых видов из этих родов. Для поиска морфологических различий между видами были использованы методы фенетики и численной таксономии: морфометрические показатели, наличие/отсутствие отдельных элементов (пор на конечностях, рядов шипов и т.д.) и количество шипиков в отдельных группах на антеннах и четвертой паре плавательных ног. Сравнение данных проведено с помощью различных методов многомерного анализа: кластерный анализ, PCoA, nMDS и другие.

В результате было показано, что на территории России встречаются минимум 7 видов рода *Megacyclops*, из которых 3 новые для науки, и 32 вида рода *Eucyclops*, из которых 13 новые для науки. Фенетический анализ позволил найти морфологические различия между комплексами видов, близкими по морфологии *Eucyclops speratus* (Lilljeborg, 1901), *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851), *Megacyclops viridis* (Jurine, 1820) и других. В ходе работы был описан *Eucyclops sibiricus* Novikov, Sharafutdinova, Abramova, Mayor & Chertoprud, 2025 из комплекса *E. speratus*, который отличается количеством сетулл на внутренней стороне первого и второго сегментов экзоподита четвертой пары плавательных ног.

В целом, находка большого числа видов рода *Eucyclops* связана с высоким разнообразием рода и фрагментарной изученностью выбранных территорий России. Однако, среди рода *Megacyclops* обнаружение трех новых видов скорее всего связаны с неполнотой идентификационных ключей, а также с невнимательным отношением к таким крупным и, казалось бы, хорошо изученным цик-

лопам. Таким образом, применение фенетического подхода и численной таксономии кажется нам обязательным для использования в идентификации, таксономии и интегративных описаниях сложных групп видов копепод.

Благодарности

Выражаем благодарность сотрудникам Усть-Ленского природного заповедника и Объединенной дирекции заповедников Таймыра за помощь в организации полевых работ. Секвенирование выполнено в Приборном центре коллективного пользования физико-химического ультрамикрoанализа ЛИН СО РАН (ЦКП «Ультрамикрoанализ»).

УДК 574.58

**А. А. Новичкова¹, А. Н. Рак¹, Л. В. Воробьева³,
П. Г. Гарибян², И. А. Дадыкин², Е. С. Чертопруд²**

¹Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва;

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова, Москва;

³Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии, Москва)
anna.hydro@gmail.com

ЗАКОНОМЕРНОСТИ В РАЗНООБРАЗИИ И СТРУКТУРЕ ТАКСОЦЕНОВ ПЛАНКТОННЫХ И БЕНТОСНЫХ РАКООБРАЗНЫХ ГОРНЫХ ОЗЕР НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Большой Кавказ – одна из крупнейших молодых горных систем Азии с длинным пологим северным и коротким крутым южным склонами. Формирование сообществ гидробионтов в регионе происходит в условиях резких изменений сезонного температурного режима, низкой минерализации вод и обедненности кормовой базы. Актуальность исследований горных водных экосистем в последнее время возрастает, так как они высокочувствительны, и быстро реагируют на изменения условий среды. На Северном Кавказе наиболее подробно изучены крупные донные беспозвоночные водотоков предгорий, в то время как зоопланктон и мейобентос горных озер, представленные преимущественно микроракообразными, остаются «белым пятном». Цель исследования: охарактеризовать видовое богатство и структуру таксоценов планктонных и бентосных ракообразных (Cladocera, Anostraca, Copepoda и Ostracoda) в горных озерах Северного Кавказа, выявить факторы среды, определяющие их формирование. Отбор проб зоопланктона и мейобентоса выполнен в сентябре 2023 г. в окрестностях хребта Загедан (Урупский район, Карачаево-Черкессии). Изучены Ацгаринские, Загеданские и Урупские озера, расположенные в трех горных долинах на высоте 2448-2598 м над уровнем моря. В изученных горных озерах обнаружено 12 видов Cladocera, 18 видов Copepoda, один вид Anostraca и пять видов Ostracoda. Из них 13 видов ракообразных были отмечены впервые для горных водоемов Северного Кавказа. Остракода *Candona sanociensi* Sywula, 1971 впервые обнаружена на территории России. Жаброног *Chirocephalus* sp. вероятно, представляет собой новый

неописанный вид. Большинство видов ракообразных (75% от видового богатства) имели широкие ареалы или являлись космополитами. Только три вида – *Paracyclops imminutus* Kiefer, 1929, *Bryocamptus echinatus* (Mrázek, 1893) и *Candona sanociensi* были характерны для Западной Евразии; два вида – *Ilyocryptus* cf. *raridentatus* Smirnov, 1989 и *Bryocamptus zschokkei caucasicus* Borutzky, 1960 тяготели в распространении к Восточной Азии; один вид – *Acanthocyclops venustus* (Norman et Scott T., 1906) являлся широко распространенным в арктических широтах.

Показано, что видовое богатство основных таксономических групп ракообразных различается в водоемах разных высотных поясов и долин с разной экспозицией склонов. Наибольшее разнообразие наблюдается в водоёмах, находящихся в условиях умеренного климата предгорных районов и горных долин с восточной ориентацией склонов. Проведён анализ структуры сообществ ракообразных, в рамках которого выявлено, что видовое богатство и численность ракообразных исследованных водоемов наряду с рядом других факторов в наибольшей степени зависели от состава макрофитов в водоеме, который объяснял 49% и 66% изменчивости мейобентосных и планктонных таксоценов, соответственно. Формирование таксоценов планктонных и мейобентосных ракообразных в водоемах горных массивов происходит под воздействием фактора высоты, который определяет градиенты изменчивости ряда гидрохимических, гидрологических и биотических характеристик водоемов. Общие принципы формирования таксоценов в бореальных горных массивах напоминают таковые для арктических островов и, в меньшей степени, для континентальных районов. Анализ влияния факторов среды на фауну ракообразных в горных водоемах подтверждает арктомонтанный параллелизм организации водных экосистем.

Исследование проведено при поддержке гранта РНФ №23-14-00128

УДК 574.583

А. П. Перминова^{1,2}, Ю. Ю. Фориная¹
(¹Красноярский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(«НИИЭРВ»), Красноярск;
²Сибирский федеральный университет, Красноярск)
perminova@niierv.vniro.ru; forina@niierv.vniro.ru

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗООПЛАНКТОНА ЛЕВОБЕРЕЖНЫХ ДЕЛЬТОВЫХ ПРИТОКОВ РЕКИ ЕНИСЕЙ

Дельтовые притоки Енисея, расположенные на севере Красноярского края, остаются одними из наименее изученных гидрологических объектов российской Арктики. Несмотря на эпизодический характер исследований, обусловленный труднодоступностью и суровыми климатическими условиями, установлено, что дельтовые участки имеют ключевое значение для поддержания биоразнообразия. Благодаря сочетанию разнородных микробиотопов и сезонной

динамики водного режима, они обеспечивают условия для нереста, питания и развития ранних стадий гидробионтов, включая важные промысловые виды.

В 2023-2024 гг. специалисты Красноярского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ») провели комплексную оценку состояния водных биологических ресурсов четырёх левобережных дельтовых притоков Енисея – Пелятки, Танама, Лакурьи и Лапхая. Указанные водные объекты расположены в зоне арктического резко континентального климата. Устойчивый снежный покров, короткий безморозный период (75-80 дней) и основная масса осадков, выпадающая в тёплый период года, определяют особенности гидрологического и экологического режима этих водных объектов. В основу исследования легли 36 проб, собранных в соответствии со стандартной методикой и обработанные классическим счётным методом с использованием определителей.

В составе зоопланктона левобережных дельтовых притоков р. Енисей зарегистрировано 44 таксона, из них коловраток – 29, кладоцер – 11, копепод – 4. Наиболее разнообразное зоопланктонное сообщество отмечено в реке Лапхай (30 таксонов), наименее – в реках Пелятка и Лакурья (19 таксонов). Коловратки, будучи наиболее массовой группой в зоопланктонном сообществе всех исследованных рек, занимали существенную долю в общей численности – от 68% до 79%, а в реке Лапхай – и в биомассе – 64%. На большинстве разрезов и станций доминантами по численности были мелкий тонкий фильтратор *Keratella cochlearis* и обитатель озёр тундровой зоны *Kellicottia longispina*, а субдоминантами – виды рода *Ploesoma* и крупная хищная космополитная *Asplanchna priodonta*. Примечательно, что в фауне коловраток четко выделяется два ключевых комплекса видов по зональной приуроченности – обитатели умеренной зоны и космополиты (*Bipalpus hudsoni*, представители родов *Ploesoma*, *Conochilus*), а также типично арктические холодолюбивые организмы (*Notholca caudata*, *Notholca acuminata*, *Synchaeta lakowitziana*). Наряду с типично планктонными, активно перемещающимися *Polyarthra* sp., *Keratella quadrata*, *Filinia longiseta* существенного разнообразия достигают фитофилы – представители родов *Euchlanis*, *Lecane*, в т. ч. предпочитающие кислые воды и болота (представители родов *Trichotria*, *Bdelloida*, *Eudactylota eudactylota*).

Ветвистоусые рачки, преимущественно за счёт массового развития *Bosmina* spp., доминировали по биомассе в реках Пелятка, Танама и Лакурья – их средняя по водотокам доля вклада в общую биомассу менялась от 66 до 76%. Наибольшее видовое разнообразие Cladocera отмечено в нижнем течении реки Танама, где поток замедляется, приобретая равнинный характер: здесь одновременно встречались как крупные хищные формы, характерные для открытых вод северных широт (*Leptodora kindtii*, *Bythotrephes longimanus*, *Holopedium gibberum*), так и фитофильные виды (*Chydorus sphaericus*, *Alona rectangula*, *Macrotrix hirsuticornis*). В остальных реках на фоне доминирующего положения босмин единично встречались фитофильные *Sida crystallina*, *Disparalona rostrata* и *Daphnia* sp.

Веслоногие рачки во всех исследованных притоках, в основном, представлены молодью — копеподами и науплиями, половозрелые особи *Diacyclops bicuspidatus*, *Heterocope appendiculata* и *Cyclops strenuus* встречались единично.

Зоопланктон дельтовых притоков Енисея представлен типичным для Арктики коловраточно-клагоцерным сообществом с участием арктических, космополитных и фитофильных форм, отражающих высокое биоразнообразие при коротком продуктивном сезоне и экстремальных климатических условиях. Дельтовые участки выполняют важную функцию прибрежных биологических «узлов» — зон воспроизводства, питания и накопления биомассы гидробионтов, включая ранние стадии промысловых организмов.

УДК 593.1:576.08

С. А. Печковская, С. О. Скарлато, Н. А. Филатова
(Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург)
sapechkovskaya@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ MALDI-TOF ДЛЯ ЭКСПРЕССНОГО СКРИНИНГА ЭКСТРАКТОВ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТ *PROROCENTRUM CORDATUM* С ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ И МИГРАСТАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Морские динофлагелляты продуцируют широкий спектр биологически активных метаболитов, включая уникальные пигменты и белки, роль которых в природе исследована неполно. В то же время, некоторые из этих соединений с противовирусными, антибактериальными, противогрибковыми и противоопухолевыми свойствами успешно применяются в пищевой и фармацевтической промышленности. В настоящее время активно ведется поиск новых природных соединений-мигастатиков, которые подавляют подвижность раковых клеток, тем самым предотвращая метастазирование. Метод экстракции биологически активных соединений с использованием различных растворителей широко применяется и отличается низкой стоимостью, простотой выполнения и универсальностью. Масс-спектрометрический анализ MALDI-TOF служит быстрым и эффективным инструментом для качественного анализа и идентификации экстрагированных соединений. Этот метод позволяет выборочно ионизировать группы молекул с их последующим разделением по массе, обеспечивая высокую чувствительность и селективность. MALDI-TOF эффективно выявляет пигменты, присутствующие в низких концентрациях, некоторые из которых могут служить важными биомаркерами для филогенетического профилирования проб фитопланктона с целью идентификации видового состава. Целью нашей работы было получить этанольные (EtE) и водные (AqE) экстракты морских динофлагеллят *Prorocentrum cordatum*, формирующих вредоносные «цветения воды», и проанализировать состав пигментов в EtE и белков в AqE с по-

мощью масс-спектрометрии. Оценку противоопухолевой и мигростатической активности экстрактов проводили на адгезивной клеточной линии МГ22а и суспензионной К562. Нами были подобраны оптимальные условия экстрагирования биоактивных соединений из биомассы клеток *P. cordatum*. Клетки микроводорослей предварительно разрушали в гомогенизаторе с использованием смеси шариков из оксида алюминия и карбида кремния. Для получения пигмент-содержащих экстрактов использовали 96% этанол, а для получения белковых экстрактов – фосфатно-солевой буфер PBS с добавлением ингибиторов протеаз. Исследование с помощью MALDI-TOF выявило присутствие перидинина и хлорофилла *a* в EtE и позволило охарактеризовать наиболее распространенные группы белков в AqE, включая шапероны, цитопротекторные и антиоксидантные белки. Колориметрический анализ MTS показал, что как EtE, так и AqE не оказывали токсического воздействия на клетки МГ22а, но были токсичны для клеток К562. Методом проточной цитометрии было установлено, что обработка EtE клеток МГ22а индуцировала арест клеточного цикла в фазе G2/M и не влияла на клеточный цикл К562, в то время как обработка AqE способствовала накоплению клеток в S-фазе в обеих культурах. Исследование клеточной адгезии показало, что EtE значительно снижает адгезионную способность клеток МГ22а, уменьшая количество прикрепленных клеток в 4,8 раза. Скрэтч-тест анализ продемонстрировал, что обработка EtE снижает миграцию клеток МГ22а в 2,5 раза. Обработка AqE не влияла ни на адгезию, ни на подвижность клеток из культуры МГ22а. Таким образом, EtE из динофлагеллят *P. cordatum*, содержащий пигменты хлорофилл *a* и перидинин, был низкотоксичным и демонстрировал выраженную антипролиферативную, мигростатическую и антиадгезионную активность в отношении клеток МГ22а.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 25-14-68016 [22-14-00056 (Продление)]

УДК 574.58.001.573+519.6

К. А. Подгорный¹, А. С. Семенова^{1,3}, О. А. Дмитриева^{1,2}

⁽¹⁾Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград;

⁽²⁾Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва;

⁽³⁾Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок)

karborok@mail.ru; a.s.semenowa@mail.ru; phytob@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛИ МЕРТВЫХ ОСОБЕЙ В СООБЩЕСТВЕ ЗООПЛАНКТОНА ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТАМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В настоящее время при проведении гидробиологических исследований количественная оценка доли мертвых особей в сообществе зоопланктона выполняется достаточно редко. Вместе с тем необходимо иметь в виду, что игнориро-

вание этого параметра может приводить к неверному пониманию реальных механизмов биогидрохимических процессов в водных экосистемах [Дубовская, 2009; Семенова, 2011; Tang et al., 2014], существенным ошибкам в расчетах биотических балансов и времени оборота различных компонентов экосистем. Правильная оценка смертности планктонных и бентосных организмов критически важна и при разработке математических моделей водных экосистем. Во многих случаях результаты моделирования оказываются чрезвычайно чувствительными к выбору значений коэффициентов смертности. Цель работы: выполнить сравнительную оценку определения доли мертвых особей в сообществе зоопланктона Вислинского залива (ВЗ) Балтийского моря по данным многолетних наблюдений и их значений, полученных в результате проведения имитационного моделирования.

Исследования зоопланктона российской части ВЗ были выполнены в 2008-2021 гг. Пробы отбирали ежемесячно с марта-апреля по октябрь-декабрь на 5-9 стандартных мониторинговых станциях АтлантНИРО. Для отбора проб зоопланктона использовали 5-6-литровый батометр. Пробы отбирали в поверхностном, среднем и придонном слое воды и концентрировали через мельничный газ №70 (размер ячеек 68 мкм). После отбора пробы зоопланктона прижизненно окрашивали 7,5%-ным раствором анилинового голубого красителя [Дубовская, 2008; Bickel et al., 2008; Seepersad, Crippen, 1978]. При гибели мембрана клетки становится для него проницаемой и в результате он окрашивает погибшие клетки организмов. После окрашивания пробы промывали и фиксировали 40%-ным формалином с сахарозой [Haney, Hall, 1973] до конечной концентрации в пробе 2-4%. Обработка и анализ проб были выполнены по стандартной методике.

Для ВЗ Балтийского моря нами разработана математическая модель ее экосистемы [Подгорный, 2018]. Для ряда лет (1998-2000) проведено моделирование процессов трансформации соединений биогенных элементов, показана высокая степень соответствия результатов моделирования данным мониторинговых наблюдений [Подгорный, Дмитриева, 2022; Подгорный и др., 2024; Podgornyy, Dmitrieva, 2024]. Математическая формулировка и описание процессов потребления веществ гидробионтами, выделения ими продуктов обмена и отмирания гидробионтов выполнена с учетом условий полисубстратной среды. В модели процесс отмирания планктонных и бентосных организмов регулируется биомассой гидробионтов, а также удельными скоростями потребления ими биогенных элементов. Кроме того, величины биомасс гидробионтов регулируются также трофодинамическими взаимодействиями организмов в сообществах.

Сравнительная оценка результатов моделирования доли мертвых особей зоопланктона ВЗ и данных многолетних наблюдений показала, что модельные значения хорошо соответствуют медианным значениям и нижнему квартилю этой величины, которые получены по данным многолетних наблюдений. Временная динамика и положение верхнего квартиля свидетельствуют о достаточно высокой межгодовой изменчивости доли мертвых особей в экосистеме ВЗ. Это означает, что при моделировании и расчете скорости отмирания зоопланктонных организмов помимо трофодинамических взаимодействий в сообществе необходимо дополнительно учесть влияние ряда ключевых для ВЗ абиотических факто-

ров (изменений солености воды, концентрации неорганической взвеси, интенсивности ветроволновых процессов).

Исследования проведены в рамках госзаданий ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» №076-00001-24-00 и ИО РАН им. П.П. Ширшова №FMWE-2024-0021

УДК 595.341.4

В. Н. Подшивалина^{1,2}, А. С. Семенова^{3,4}, Н. Г. Шевелева⁵

¹Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, Чебоксары;

²Государственный природный заповедник «Присурский», Чебоксары;

³Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград;

⁴Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок;

⁵Лимнологический институт Сибирского отделения РАН, Иркутск)

verde@mail.ru; a.s.semenowa@mail.ru; shevn@lin.irk.ru

К ВОПРОСУ О ВСТРЕЧАЕМОСТИ *CYCLOPS STRENUUS* FISCHER, 1851 В РОССИИ

Веслоногий рачок *Cyclops strenuus* Fischer, 1851 – обычный обитатель пресных водоемов России, имеющий широкий ареал в Голарктике [Einsle, 1993]. Вид отмечается как в небольших постоянных и временных водоемах, прудах, реже – в литорали озер [Błędzki & Rybak, 2016], так и в соленых озерах Забайкалья [Афонина, Итигилова, 2018]. Притом, что вид считается очень широко распространенным и встречаемым повсеместно существуют проблемы его правильной таксономической идентификации, зачастую его могут путать как с другими видами рода *Cyclops* – *C. vicinus*, *C. scutifer*, *C. bohater* и другими, массовыми в пелагиали крупных водоемов, так и с некоторыми представителями родов *Acanthocyclops* и *Megacyclops*. Ввиду этого некоторые черты биологии этого вида также остаются слабоизученными. В связи с этим целью работы было выявить особенности биологии и встречаемости *Cyclops strenuus*, а также установить ряд отличительных признаков этого вида для его надежной идентификации.

Материал для исследования был собран в ряде малых водоемов и водотоков Среднего Поволжья и Калининградской области стандартными методами [Методы..., 2024], в крупных водоемах вид отмечен не был. Исследования микропризнаков вида были выполнены на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) FEI Company Quanta 200 на базе Приборного центра коллективного пользования Лимнологического института СО РАН.

В ходе исследований в Калининградской области и Среднем Поволжье *Cyclops strenuus* отмечен в небольших постоянных относительно мелководных водоемах разного типа – в лесных озерах и заболоченных водоемах, пересыхающих канавах заброшенного торфоместорождения, в запрудах на ручьях, в копанях на месте песчаных карьеров и в небольшом пойменном озере. Рачков отмечали в апреле-мае и октябре-ноябре. В летний период этот вид уходит в диапаузу, что связано не только с температурными условиями, но и с тем, что малые водоемы и водотоки, в которых он обитает, зачастую пересыхают. При этом известно, что для нормальной жизнедеятельности *C. strenuus* необходима температура воды 3-21°C

и, в целом, рачок обладает большой температурной толерантностью [Вербицкий и др., 2017]. Это соответствовало и нашим наблюдениям.

Виды р. *Cyclops* известны своей морфологической пластичностью, большим числом локальных форм, экотипов, подвидов с одной стороны и недостаточностью четких морфологических отличий между видами – с другой [Hołyńska, Dahms, 2004]. Тем не менее, для *C. strenuus* на уровне микропризнаков в строении антенн, антеннул и других образований цефалоторакса имеются надежные для дифференциации с другими близкими видами характеристики [Hołyńska, Dahms, 2004]. На примере экземпляров рачков из водоемов Калининградской области и Среднего Поволжья проведен морфологический анализ с использованием световой электронной микроскопии в целях поиска различий популяций и отличий от близкородственных таксонов.

УДК 574.583(261.24)(261.47)

Ю. Ю. Полунина¹, И. Е. Драпун², Д. М. Казакова^{1,3},
А. Д. Губанова², О. В. Кривенко², О. Н. Кулешова², Ю. С. Баяндина²

(¹Институт океанологии им. П. П. Шишова РАН, Москва;

²Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь;

³Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград)

jul_polunina@mail.ru

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОТЛИЧИЯ ВИДОВ РОДА *PSEUDOCALANUS* (CALANOIDA: CLAUSOCALANIDAE) В БАЛТИЙСКОМ И ЧЕРНОМ МОРЯХ

Виды *Pseudocalanus acuspes* (Giesbrecht, 1881) и *P. elongatus* (Boeck, 1965) имеют сходные размеры и форму тела, морфологически сложно различимы, и часто их идентификация возможна только с помощью молекулярно-генетических методов, которые не всегда доступны для рутинной обработки проб зоопланктона. Поэтому важно выявить визуально заметные морфологические различия между этими видами. Единственный экологически значимый вид рода *Pseudocalanus* в Балтийском море – *P. acuspes*. Однако *P. elongatus* может проникать в южную часть Балтики с адвекциями вод из Северного моря, где оба вида встречаются совместно. Современное полное морфологическое описание особей *P. elongatus* из Черного моря отсутствует в литературе, однако генетические исследования подтвердили наличие только этого вида в акватории. Цель – выявить морфологические и генетические отличия видов рода *Pseudocalanus* в Балтийском и Черном морях.

Для морфологического анализа и анализа фрагментов гена COI мтДНК были отобраны самки *Pseudocalanus* в юго-восточной части Балтийского моря и в Черном море. Сравнение внешних морфологических и морфометрических характеристик выявило несколько отличительных черт между балтийским *P. acuspes* и черноморским *P. elongatus*. Основное отличие между двумя этими видами – степень округлости верхней части цефалосомы в латеральной проек-

ции [Frost, 1989]. Нами обнаружены также отличия в соотношениях длины просомы к уросоме (PrL/UrL), длины антеннулы к общей длине тела ($A1L/L$) и длины генитального сегмента к длине просомы (GL/PrL). Для *P. acuspes* эти соотношения следующие: $PrL/UrL > 2,2$; $A1L/L$ (%) < 87 ; $GL/PrL > 16,8$. Для *P. elongatus* – $PrL/UrL < 2,2$; $A1L/L$ (%) > 92 ; $GL/PrL < 16,5$. Отличия подтверждены статистически ($p < 0,001$).

Проведенный нами анализ фрагмента митохондриального гена COI образцов *Pseudocalanus* подтвердил их видовую принадлежность. Филогенетические исследования показали, что обе региональные популяции образуют устойчивые подгруппы внутри видовых кластеров на дереве COI. Особи *P. elongatus* из Черного моря отличаются от всех других гаплотипов этого вида. Последние образуют единую кладу без географически обоснованного разделения. Клада *P. acuspes* включает две подгруппы, и образцы из Балтийского моря входят в один кластер с образцами из Балсфьорда (Норвежское море). Высказано предположение, что *P. acuspes*, массово обитающий в арктических водах, является реликтовым видом периода Иольдиева моря, когда около 10-9 тыс. лет назад воды Северной Атлантики и Арктики зашли в акваторию будущей Балтики. *P. acuspes* демонстрирует более высокий уровень генетической структурированности, чем *P. elongatus*. Различия между подгруппами *P. acuspes* в среднем составляют 2,30%, в то время как различия внутри них составляют 0,53%. Аналогичные параметры для идентифицированных подгрупп *P. elongatus* отличаются менее чем в два раза. Дальнейшие исследования морфологического и генетического разнообразия *Pseudocalanus* в изолированных морских бассейнах необходимы для углубления нашего понимания разнообразия и эволюции копепод.

Работа выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема FMWE-2024-0021) и ИНБЮМ (темы №124030400057-4 и №124022400148-4)

УДК 591.524.12.

Н. В. Полякова¹, М. Ю. Юрчак², А. В. Кучерявый¹

(¹Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва;
²Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург)
nvpnataly@yandex.ru

УЧАСТИЕ ОРГАНИЗМОВ ЗОО- И ФИТОПЛАНКТОНА В ПИТАНИИ ЛИЧИНОК РЕЧНОЙ МИНОГИ *LAMPETRA FLUVIATILIS*

Личинки миног – пескоройки характеризуются длительным (4-6 лет) периодом развития, в ходе которого особи ведут, главным образом, скрытный образ жизни, закапываясь в грунт и осуществляя фильтрацию пищевых компонентов из него и придонного слоя воды. Вместе с песком и частичками детрита, в кишечник попадают водоросли и мелкие беспозвоночные.

Диатомовые водоросли в пищевом комке пескороек указаны многими авторами, но зачастую отсутствуют данные об доле других групп водорослей и сезонных изменениях в составе пищевого комка. Сведения про вклад животных мейобентоса и зоопланктона отрывочны и сводятся к упоминанию отдельных организмов, без количественных и таксономических характеристик.

Целью работы было визуально оценить состав пищевых компонентов кишечника пескороек и возможный вклад именно планктонных организмов, а также их сезонные изменения.

Сбор материала проведён в реках Ленинградской области с мая по ноябрь в 2017 г. и 2018 г. – в реках Чёрная, Серебристая, Каменка и в мае, июле и октябре 2022 г. и 2023 г. – в р. Систа. Для этого с помощью сети Киналёва были отобраны личинки длиной 35-130 мм. Параллельно проводили отбор проб фитопланктона ($V=1$ л), микрофитобентоса ($V=20$ мл), зоопланктона ($V=100$ л, проливали через сеть Апштейна).

В итоге показано, что во всех исследованных реках основу биотического компонента пищевого комка составляют диатомовые водоросли. В мелких реках (Серебристая, Каменка) это донные формы – виды родов *Navicula*, *Cymbella*, *Amphora*, *Nitzschia*, *Pinnularia*. В более крупных реках, с глубиной выше 1 м, большой вклад вносят планктонные формы – *Aulacoseira subarctica* и *A. islandica* в р. Чёрная и *Ulnaria* sp. – в р. Систа. Кроме диатомовых, постоянно присутствуют в значимых количествах зелёные водоросли – представители родов *Closterium*, *Scenedesmus* и *Monorhaphidium*. Периодически отмечены эвгленовые и харовые водоросли. Сине-зелёные водоросли постоянно присутствуют в кишечниках, но ввиду значительной трудности подсчёта они указаны качественно. При этом, в составе фитопланктона и фитобентоса рек эта группа составляет значительную долю, в отдельных случаях достигая 70% от общей численности. Максимальное число клеток водорослей в кишечниках пескороек отмечено в летние месяцы. В среднем в одном кишечнике в р. Чёрной содержалось $75,0 \pm 25,1$ тыс. кл., в р. Серебристой – $13,5 \pm 6,0$ тыс. кл., в р. Систе – $82,5 \pm 17,7$ тыс. кл. К сентябрю эта величина заметно снижается, в конце октября – начале ноября встречаемость водорослей в кишечниках единична. Данная ситуация полностью отражает динамику сообществ водорослей в реке.

Зоопланктон как кормовой объект представляет интерес только в р. Чёрная, где отмечено большое количество коловраток в кишечниках в мае и начале июня. Так, в июне 2017 г., в кишечниках пескороек обнаружено от 200 до 650 экз. коловраток. В первую очередь это *Keratella cochlearis*, массово присутствовавшая в этот момент в составе зоопланктона (до 70 тыс. экз./м³). Кроме неё, в кишечниках постоянно присутствовали типично планктонные формы *Kellicottia longispina* и *Keratella quadrata*. Так же отмечена придонная коловратка *Colurella obtusa*.

Таким образом, показано, что организмы зоо- и фитопланктона играют существенную роль, как кормовые объекты пескороек, и их вклад подвержен

значительным сезонным изменениям, что полностью отражает сезонную динамику этих организмов в реке.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, грант №24-14-00111

УДК 574.583

А. М. Попова
(Средневолжский филиал
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Волгоград)
L_gela97@mail.ru

ЗООПЛАНКТОН ВОДОЕМОВ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОЙ ЗИМЫ 2025 г.

Зоопланктонные сообщества водоемов Волго-Ахтубинской поймы занимают важную роль в экосистеме, где антропогенные и природные факторы создают уникальные условия для их функционирования. Специфика водоемов Волго-Ахтубинской поймы связана с ежегодным влиянием весеннего половодья и практически полным промерзанием зимой мелководных озер.

В условиях теплой зимы 2025 г. в феврале были проведены исследования подледного зоопланктона на 5 водоемах Волго-Ахтубинской поймы: ер. Гнилой, ер. Старая Ахтуба, оз. Дубок, оз. Самсоновское и оз. Большая невидимка, которые различаются как по длительности водной фазы, так и по характеру ландшафта и морфометрическим характеристикам. Пробы отбирали с лунки батометром, путем процеживания через сеть Апштейна 10 л воды.

На исследованных водоемах в среднем отмечена толщина ледового покрова – 11 см, температуры воды – +3,7°C, содержание растворенного кислорода колебалось от 16,7 мг/л (137,1% насыщения) до 25,4 мг/л (195% насыщения), что может быть связано с интенсификацией процессов водообмена при ослаблении ледового покрова.

Всего выявлено 18 видов зоопланктона, среди которых 11 видов коловраток и 7 ракообразных: 3 – ветвистоусых и 4 веслоногих рачков. Планктонные круглогодичные формы (8 видов) составляли 44%, холодолюбивые виды 22% (4 вида), а на летние виды приходилось 33% (6 видов).

В формировании зимнего зоопланктона основу численности в ериках (63-98%) и озерах (59-92%) составляли коловратки, а биомассы веслоногие ракообразные (28% и 82%). Ветвистоусые ракообразные малочисленны в период исследований и отмечены только в оз. Самсоновское и в ер. Гнилой.

Во всех исследованных водоемах среди коловраток доминировали круглогодичные формы – *Keratella quadrata* (77,5 тыс. экз./м³), *K. cochlearis* (81 тыс. экз./м³) и холодолюбивые виды коловраток – *Polyarthra dolichoptera*

(133,3 тыс. экз./м³), *Synchaeta lakowitziana* (20 тыс. экз./м³). Среди кладоцер в озерах доминировали круглогодичные *Bosmina longirostris*. (13,3 тыс. экз./м³). Численность и биомассу веслоногих формировали науплиальные и копеподитные стадии р. *Cyclops*. Доминировали зимний *Cyclops kolensis* (10 тыс. экз./м³), единично отмечены р. *Thermocyclops*, *Paracyclops*.

Средние количественные показатели по исследованным озерам составляют 157 тыс. экз./м³ и 0,36 г/м³. Максимальные значения отмечены в оз. Дубок – 245 тыс. экз./м³ и 0,84 г/м³, а минимальные в оз. Самсоновское – 56 тыс. экз./м³ и 0,13 г/м³, где основу численности составляют коловратки, а биомассы веслоногие рачки.

По исследованным ерикам средние количественные значения составляют 570 тыс. экз./м³ и 0,64 г/м³. Здесь основу количественных показателей составляют коловратки, так в ер. Старая Ахтуба отмечена их высокая численность и биомасса – 1040 тыс. экз./м³ и 0,43 г/м³.

Таким образом, в условиях теплой зимы 2025 г., средние значения численности и биомассы по всем водоемам составили 322 тыс. экз./м³ и 0,47 г/м³. В водоемах Волго-Ахтубинской поймы отмечено увеличение содержания кислорода и температуры воды, что могло способствовать активному развитию зоопланктона. Несмотря на сохранение типичной для зимнего периода структуры сообществ (доминирование коловраток по численности и веслоногих ракообразных по биомассе), наблюдается снижение доли холодолюбивых видов, что может быть связано с изменением ледового режима. Дальнейшие исследования позволят оценить долгосрочные последствия климатических изменений для зоопланктона поймы.

УДК 591.524.12.087(268.45)

И. П. Прокопчук
(Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(«ПИНРО» им. Н.М. Книповича), Мурманск)
irene_pr@pinro.ru

ЗООПЛАНКТОН КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

В настоящей работе выполнен анализ таксономического состава, численности и биомассы зоопланктона Кольского залива Баренцева моря в 2021–2025 гг. Идентифицировано 88 таксонов зоопланктона. Отмечены существенные сезонные и межгодовые колебания численности и биомассы зоопланктона в различных коленах Кольского залива.

Ключевые слова: зоопланктон, копеподы, численность, биомасса, Кольский залив

Исследования зоопланктона Кольского залива были начаты ещё в начале XX века и первые сведения о таксономическом составе зоопланктона опубликованы К.М. Дерюгиным в книге «Фауна Кольского залива и условия ее существования» [Дерюгин, 1915]. Целенаправленное изучение зоопланктона Кольского залива возобновилось только в 90-е годы прошлого века, а наиболее полный обзор состояния зоопланктона в 2000-2006 гг. был выполнен сотрудниками ММБИ [Кольский залив ..., 2009].

Отбор проб зоопланктона в Кольском заливе выполнялся в различные сезоны 2021-2025 гг. Зоопланктон отбирался сетью Джеди (диаметр входного отверстия 37 см, размер ячеек сита 180 мкм) вертикальным ловом от дна до поверхности. Пробы фиксировались 4%-ным формальдегидом. Всего было собрано и обработано 80 проб зоопланктона. Так как Кольский залив является заливом фьордового типа значительной протяженности, анализ таксономического состава, численности и биомассы зоопланктона выполняли по трём коленам – южному, среднему и северному.

В составе зоопланктона идентифицировано 88 таксонов, относящихся к 15 типам. Индекс видового разнообразия Шеннона варьировал от минимального 1,0 в июне 2022 г. до максимального 2,8 в июле 2023 г., но в целом был достаточно стабильным.

Общая численность и биомасса зоопланктона увеличивались по мере удаления от устья залива и составляли $2195,2 \pm 682,6$ экз./м³ и $88,6 \pm 27,5$ мг/м³ в северном колене, $5008,4 \pm 647,4$ экз./м³ и $166,7 \pm 19,4$ мг/м³ в среднем колене и $7993,9 \pm 1188,5$ экз./м³ и $235,1 \pm 37,1$ мг/м³ в южном колене залива соответственно. В южном колене Кольского залива высокая численность зоопланктона отмечалась в июле и сентябре, а наибольшая биомасса – в сентябре. В среднем колене наибольшие значения этих параметров наблюдались в июле и сентябре, а в северном колене высокая численность отмечалась в июле, а высокая биомасса в сентябре.

Основной вклад в формирование общей численности зоопланктона в южном и среднем коленах Кольского залива вносили веслоногие ракообразные (59% и 65%) и меропланктонные организмы (36% и 14%), а в среднем колене залива 18% от общей численности зоопланктона составляли оболочники. В зоопланктоне северного колена залива наиболее многочисленными были кладоцеры (39%), копеподы (29%) и меропланктон (25%). Общую биомассу зоопланктона северного и среднего колен формировали копеподы, тогда как биомассу зоопланктона южного колена почти в равных долях составляли копеподы, меропланктон и желетелые организмы (преимущественно молодь гребневиков).

В сообществах копепод по численности доминировали мелкие виды – *Oithona similis*, *Pseudocalanus* sp. и *Temora longicornis*. Доля крупного *Calanus finmarchicus* в общей численности копепод составляла 13% и 14% в северном и среднем коленах залива, а в южном колене была существенно ниже (3,2%). В то же время, значение *C. finmarchicus* в общей биомассе копепод было наибольшим в северном колене и постепенно уменьшалось по мере

удаления от устья залива, а доминирующая роль в биомассе переходила к мелким копеподам.

УДК 574.583 (285.2) (571.11)

**Л. Ф. Разова, К. В. Куцанов, Е. В. Бразников,
А. Г. Герасимов, Я. А. Зайцева**
(Тюменский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(«Госрыбцентр»), Тюмень)
l.razova@gosrc.vniro.ru

ЗООПЛАНКТОН СОЛОНОВАТЫХ ОЗЕР КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Курганская область (Зауралье) расположена в южной части Западно-Сибирской равнины, в бассейне рек Тобол и Исеть. На юге область граничит с Казахстаном.

В летний период 2023 г. и 2024 г. проведены гидробиологические исследования озёр Горевое, Кукуйлы и Кокорино, расположенных на территории Курганской области. Общая площадь исследуемой акватории составила 123 га. Согласно классификации [Иванов, 1948], все изученные водоёмы относятся к категории очень малых озёр.

Отбор проб зоопланктона проводили сетью Джели из мельничного газа №48 и входным отверстием площадью 0,03 м². Пробы отбирали методом тотального лова путём фильтрации объёма воды от дна до поверхности через рабочую площадь сети, фиксировали 4%-ным раствором формалина. Обработка собранного материала проводилась по общепринятой методике [Руководство по методам ..., 1983]. Биомассу определяли, исходя из численности организмов, используя зависимость массы от длины тела [Балушкина, Винберг, 1979].

Температура воды в период исследований в 2023 г. составляла в среднем 25,3°C, в 2024 г. – 21,9°C. Содержание кислорода в 2023 г. достигало 9,3 мг/л, в 2024 г. – 10,5 мг/л. Минерализация воды варьировала от 1,6 до 4,9 г/л в 2023 г. и от 1,1 до 3,5 г/л в 2024 г. Согласно классификации, исследуемые озёра относятся к солоноватым.

В озерах видовой состав кладоцеры был представлен: молодь кладоцер, *Daphnia longispina*, *D. pulex*, *D. carinata*, *Pleuroxus pediculus*. Среди копепод отмечены: молодь копепод, *Arctodiaptomus acutilobatus*, *A. bacillifer*, *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops vicinus*, *C. kolensis*. В сообществе коловраток встречались: *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *Brachionus quadridentatus*, *Filinia longiseta*.

В 2023 г. общая численность зоопланктона в озерах была: Горевое – 3519,4 экз./м³, Кукуйлы – 2292,9 экз./м³, Кокорино – 21351,6 экз./м³. В 2024 г. общая численность зоопланктона сократилась и составила в озерах: Горевое – 966,7 экз./м³, Кукуйлы – 1896,5 экз./м³, Кокорино – 7735,3 экз./м³. Изменения численности зоопланктона могут быть обусловлены промысловой добычей (выловом) кладоцер и копепод и абиотическими факторами среды.

В 2023 г. общая биомасса зоопланктона в озерах составила: Горевое – 323,0 мг/м³, Кукуйлы – 33,0 мг/м³, Кокорино – 903,0 мг/м³. В 2024 г. общая

биомасса в озерах была: Горевое – 34,0 мг/м³, Кукуйлы – 94,0 мг/м³, Кокорино – 783,0 мг/м³.

По количественным показателям развития зоопланктона вегетационного периода озёра Кукуйлы, Кокорино и Горевое могут быть отнесены к малокормным водоёмам [Пидгайко и др., 1968].

УДК [574.583(28):581]:579.266(282.247.413.31)

Е. Г. Сахарова, Л. Г. Корнева
(Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл.)
katya.sah@mail.ru

**ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА
МЕЗОТРОФНОГО ОЗЕРА ПЛЕЩЕЕВО (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ)
В ПЕРИОД МАССОВОГО «ЦВЕТЕНИЯ» ВОДЫ
ЦИАНОПРОКАРИОТАМИ *GLOEOTRICHIA ECHINULATA*
(SMITH ET SOWEBRY) RICHTER**

Озеро Плещеево – крупный глубоководный водоем средней полосы России, на юго-восточном берегу которого находится один из древнейших русских городов – Переславль-Залесский. В 1988 г. был образован национальный парк «Плещеево Озеро». Водоем является источником питьевого водоснабжения прилегающего к нему города, а также имеет высокое рекреационное, природоохранное и научное значение.

Комплексные исследования фитопланктона оз. Плещеево проводили в 60-80-е годы прошлого века и в 2014-2016 гг. Для озера в период этих исследований было характерно два пика биомассы фитопланктона: весенний, составленный диатомовыми водорослями *Aulacoseira islandica* (O.F. Müll.) Sim. и летний, представленный динофлагеллятами *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll.) Dujard., *Diplopsalis acuta* (Apstein) Entz. и диатомеями *Asterionella formosa* Hassal. Биомасса цианопрокариот была незначительной, лишь в июле-августе отмечалось активное развитие в поверхностном слое воды видов рода *Dolichospermum*, биомасса которых не превышала 1 мг/л. В целом до 2017 г. экологическое состояние озера по показателям фитопланктона было удовлетворительным, оно характеризовалось как мезотрофное, α -мезосапробное с невысокими биомассами цианопрокариот.

С 2017 г. и по настоящее время в оз. Плещеево наблюдается «цветение» воды, вызванное цианопрокариотами *Gloeotrichia echinulata*, что является причиной локальных заморов рыбы. В связи с этим цель нашей работы – выявить изменения структуры фитопланктона озера после появления в нем *Gloeotrichia echinulata*. Исследования проводились по всей акватории озера в 2021 г., 2023-2024 гг. Было выявлено, что структура фитопланктона водоема претерпела некоторые изменения. Диатомовые водоросли *Aulacoseira islandica* по-прежнему доминировали по биомассе весной, к ним присоединялась центрическая *Thalassiosira* sp., ранее не отмеченная в озере. Летний максимум отмечался снижением доли диатомовых водорослей в фитопланктоне и повышением вклада в

биомассу золотистых водорослей из рода *Dinobryon* (*D. bavaricum* Imhof, *D. divergens* Imhof, *D. sociale* (Ehr.) Ehr.). Они могли вносить до 34% в общую биомассу водорослей летом. При этом повышения общей биомассы фитопланктона во время исследований по сравнению с предыдущим периодом до 2017 г. не наблюдалось, за исключением всплесков биомассы *Gloeotrichia echinulata*, которая на отдельных мелководных участках озера составляла 68 мг/л.

Таким образом, в озере отмечено увеличение роли золотистых водорослей. Способные к фаготрофному питанию, они могут свидетельствовать об увеличении органической нагрузки на водоем, вызванной последствиями «цветения» цианопрокариот и увеличившейся антропогенной нагрузкой.

Работу проводили в рамках госзадания №124032100076-2

УДК 574.583

**Е. А. Севостьянова¹, А. С. Семенова^{2,3}, О. А. Дмитриева^{2,4},
В. В. Моисеенко^{1,2}, Н. А. Цупикова¹**

¹Калининградский государственный технический университет, Калининград;
²Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград;
³Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл.;

⁴Институт океанологии им. П. П. Шишова РАН, Москва)
**ekaterina.lozitskaya@klgtu.ru; a.s.semenowa@mail.ru; phytob@yandex.ru;
moiseenko@atlant.vniro.ru; tsoupikova@klgtu.ru**

ПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ВОДОЕМОВ г. КАЛИНИНГРАДА

Городские водоемы подвержены множеству антропогенных воздействий, таких как загрязнение, изменение гидрологии и интродукция инвазивных видов. Эти факторы могут существенно влиять на состав и структуру планктонных сообществ. Изучение изменений в планктоне может служить индикатором экологического состояния водоема и помочь в разработке мер по его охране и восстановлению.

Целью данной работы было изучение планктонных сообществ некоторых городских водоемов г. Калининграда.

Отбор проб проводился в летний период 2011, 2021 и 2022 гг. в прибрежной и центральной частях прудов: Верхний, Нижний, Поплавок, Пелавский; озерах Голубое, Карповское и Шенфлиз. Сбор, обработку и анализ полученных данных выполняли по стандартной методике [Методы ..., 2024]. С целью установления показателей смертности зоопланктона (доли мертвых особей от численности/биомассы зоопланктона) было выполнено его окрашивание анилиновым голубым красителем [Семенова, 2024]. Кроме изучения планктонных сообществ были выполнены исследования ряда гидрохимических параметров (содержание кислорода, БПК₅, содержание биогенных элементов). По показателям фито- и зоопланктона также были рассчитаны различные индексы, которые отражают как качество воды, так и степень эвтрофирования водоемов [Karabin,

1985; Андроникова, 1996; Mishke, 2002; Moss et al., 2003; Padisak, 2006; Семенченко, Разлуцкий, 2011].

Численность и биомасса фитопланктона исследованных водоемов значительно варьировала в летний период 2011 г. – 6823-663300 млн кл./м³ и 2,82-29 г/м³, в летний период 2021-2022 гг. – 3009,2-833973 млн кл./м³ и 0,59-297,7 г/м³. Минимальные количественные показатели в 2011 г., были отмечены в оз. Шенфлиз, максимальные в оз. Карповском. В 2021-2022 гг. минимальные показатели отмечены в оз. Пелавское максимальные – в пруду Нижнем. Численность и биомасса зоопланктона исследованных водоемов изменялись в очень широких пределах в летний период 2011 г. – 31-138 тыс. экз./м³ и 0,1-4,9 г/м³, в летний период 2021-2022 гг. – 13-432 тыс. экз./м³ и 0,3-12,5 г/м³. Максимальные количественные показатели как в 2011 г., так и в 2021-2022 гг. были отмечены в пруду Верхний, минимальные – в оз. Голубое. Максимальные показатели смертности зоопланктона были отмечены в прудах Верхний, Нижний и Поплавок, минимальные – в пруду Пелавский, озерах Голубое и Шенфлиз.

В целом, как по гидрохимическим показателям, так и по показателям фито- и зоопланктона наиболее неблагоприятное состояние наблюдалось в прудах Нижний и Верхний.

Часть результатов получена в ходе выполнения инициативной НИР 01-44-002.2 «Изучение экологического состояния городских прудов Калининграда» в ФГБОУ ВО «КГТУ»

УДК 574.583

А. С. Семенова^{1,2}, О. А. Дмитриева^{1,3}

¹ Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград;
² Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок;
³ Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва)
a.s.semenowa@mail.ru; phytob@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА

Вислинский залив является крупнейшей лагуной Балтийского моря и имеет важное рыбохозяйственное значение. На него оказывается сильное антропогенное воздействие, проявляющееся в загрязнении водоема неочищенными коммунальными стоками, сточными водами предприятий, нефтепродуктами. Индикаторная планктонных сообществ в процессах загрязнения и эвтрофирования водоемов показана в ряде работ отечественных и зарубежных ученых, и в современный период разработаны ряд как отечественных, так и зарубежных классификаций с использованием их показателей, которые могут быть использованы для оценки качества воды и степени эвтрофирования водоемов [Karabin, 1985; Андроникова, 1996; Mishke, 2002; Moss et al., 2003; Padisak, 2006; Семенченко, Разлуцкий, 2011]. Однако оценки с использованием различных индексов и

показателей не всегда однозначны и совпадают между собой. Исходя из этого целью работы было сравнение различных подходов к оценке качества воды Вислинского залива на основании индикаторных характеристик планктонных сообществ.

Исследования фито- и зоопланктона Вислинского залива проводили в вегетационные периоды (с марта по ноябрь-декабрь) 2002-2022 гг. Пробы фито- и зоопланктона отбирали в пелагиали водоема 1 раз в месяц на 5-9 стандартных станциях. С целью установления показателей смертности зоопланктона (доли мертвых особей от численности/биомассы зоопланктона) было выполнено его окрашивание анилиновым голубым красителем [Семенова, 2024]. Сбор, обработка и анализ полученных данных выполняли по стандартной методике [Методы ..., 2024]. Для оценки качества воды по фитопланктону были использованы: индекс видового разнообразия Шеннона (H), индекс Панта-Букка в модификации Сладечека, Венгерский индекс качества воды Q [Padisak, 2006], суммарная биомасса фитопланктона [Mishke, 2002]. Для оценки качества воды по зоопланктону было рассчитано более 20 показателей, используемых в российских и зарубежных классификациях [Андроникова, 1996; Moss et al., 2003; Семенченко, Разлуцкий, 2011), отражающих качество воды и степень эвтрофирования водоемов.

В результате проведенных исследований было установлено, что информативность индекса сапробности и индекса Шеннона по фитопланктону невелика, поэтому эти показатели в целом малопригодны для оценки качества воды в водоемах эвтрофного и гипертрофного типа, таких как Вислинский залив. Применение Венгерского Q-индекса для решения подобных задач оказалось более информативным. Экологическое состояние Вислинского залива на основании значений биомассы и таксономического Q-индекса в течение вегетационного сезона, характеризовалось как «удовлетворительное» и «среднее», а в отдельных случаях (весной) – как «хорошее». Из всех изученных показателей зоопланктона наиболее информативными отражающими как качество воды, так и степень эвтрофирования заливов оказались показатель трофии (E/O) и коэффициент трофии (E), доля численности крупных Cladocera в общей численности Cladocera (KK) и доля мертвых особей в зоопланктоне. По показателям зоопланктона трофический статус Вислинского залива соответствовал переходному между эвтрофным и гипертрофным, качество воды в ней оценивается как «посредственное». В годы после вселения и успешной натурализации в водоеме двустворчатого моллюска *Rangia cuneata*, его фильтрационная деятельность способствовала улучшению качества воды залива, которая прослеживается как в уменьшении доли мертвых особей в зоопланктоне, так и по индексам, отражающим качество воды. В последние годы (начиная с 2021 г.) вместе со снижением количественных показателей моллюска-вселенца происходит снижение качества воды залива, что отражается и на индикаторных характеристиках фито-и зоопланктона.

Исследования выполнены в рамках госзаданий ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» №076-00001-24-00, ИБВВ РАН №124032500016-4 и ИО РАН им. П.П. Ширшова №FMWE-2024-0021

ИЗУЧЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ФАЗ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ВРЕДНОСНЫЕ ЦВЕТЕНИЯ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ МОРЕЙ – ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ «КРАСНЫХ ПРИЛИВОВ»

Массовые вспышки размножения планктонных микроорганизмов в прибрежных водах морей и океанов, формирующие «цветения воды», остаются одной из актуальных и до сих пор неразрешенных проблем современной водной экологии и охраны окружающей среды. Такие цветения могут быть вызваны многими видами водорослей, однако особенно заметную роль среди них играют планктонные динофлагелляты. Эти жгутиконосцы периодически способны размножаться в огромных количествах, что приводит к радикальному снижению содержания кислорода в воде при их отмирании, вызывающее гибель большого числа морских животных. Более того, динофлагелляты выделяют в среду вторичные метаболиты, многие из которых являются токсинами и представляют существенную опасность для водных организмов и человека. Из 200 наиболее известных таксонов морского фитопланктона, которые достоверно выделяют токсины, более 100 видов относятся к динофлагеллятам. Причины возникновения вредоносных цветений динофлагеллят многие годы связывали преимущественно с экологическими и гидрографическими характеристиками потенциально опасных областей водной среды, а также с ее физико-химическими особенностями и степенью антропогенного загрязнения. В последние два десятилетия немало усилий было также направлено на выявление и изучение морфологических, молекулярно-генетических и физиологических особенностей организации клеток самих динофлагеллят, которые способствуют периодическим массовым вспышкам численности этих протистов. В результате стало понятно, что все эти особенности могут по-разному проявляться на разных стадиях сложных жизненных циклов динофлагеллят, обычно включающих чередование вегетативной и половой фаз, в связи с чем изучению жизненных циклов необходимо уделить особое внимание. Вместе с тем, к настоящему времени жизненные циклы относительно подробно изучены пока не более чем у 2-3% видов динофлагеллят. Причем к исследованию механизмов регуляции этих циклов приступили только в начале XXI века с появлением первых транскриптомных и геномных данных по динофлагеллятам. В настоящем докладе будут обобщены результаты исследований жизненного цикла модельного объекта – потенциально токсичных панцирных жгутиконосцев *Prorocentrum cordatum* (основной синоним: *P. minimum*) и нескольких других токсичных и потенциально токсичных видов динофлагеллят, к которым привлечено особое внимание в современной научной литературе. Специальный акцент намечено сделать на роли способов питания, полового процесса, долговременных покоящихся и временных экдизиальных цист в жизненном

цикле динофлагеллят, способных вызывать массовые «цветения воды». Сведения об этих стадиях жизненного цикла имеют ключевое значение для прогнозирования сроков начала и окончания «красных приливов», математического моделирования их мощности и особенностей протекания, а также для контроля качества среды в прибрежных водах морей и океанов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 25-14-68016 [22-14-00056 (Продление)]

УДК 574.583

К. А. Смирнова, А. А. Крутинская, Д. С. Дудакова
(Институт озераедения РАН, Санкт-Петербург)
katzouk@mail@gmail.com

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗООПЛАНКТОНА ПРУДОВ ПАРКА ПОБЕДЫ (г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ) В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Парк Победы в Санкт-Петербурге является культурной достопримечательностью, пруды на его территории несут эстетическую и рекреационную функции, подвергаясь в то же время значительной антропогенной нагрузке. Для оценки воздействия неблагоприятных факторов на эти водоёмы было проведено изучение их видового разнообразия, а также биоиндикационные свойства встреченных нами зоопланктонных организмов.

В работе приводятся результаты, полученные в ходе гидробиологических исследований на Матросском и Капитанском прудах парка Победы Санкт-Петербурга в 2024 г, в период с августа по ноябрь. Пробы зоопланктона в прибрежных участках брали путем фильтрации 100 л воды через планктонную сеть Апштейна (газ №70). Пробы фиксировали 4%-ным раствором формалина, обрабатывали в камере Богорова под бинокуляром по стандартной методике. Представители зоопланктона были определены до наименьшего возможного таксона.

Всего были обнаружены представители 14 таксонов, наиболее широко был представлен таксон Rotifera (7 видов), они доминировали по численности практически на всех станциях. Из этих 7 видов наибольшие численность и биомасса отмечены для вида *Asplanchna* sp., *Keratella quadrata* и *Keratella cochlearis* (263 тыс. экз./м³; 90 тыс. экз./м³ и 72 тыс. экз./м³, соответственно). Данные показатели были зафиксированы в конце сезона (октябрь, ноябрь), в то время как в августе доминировали представители таксона Copepoda, в частности видом *Mesocyclops leuckarti* (63 тыс. экз./м³; 160 мг/м³), также был отмечен вид *Eudiaptomus* sp. (до 35 тыс. экз./м³).

Таксон Cladocera был представлен видами *Bosmina* spp., *Chydorus ovalis*, *Daphnia cristata*, *Daphnia cucullata*, *Daphnia galeata*, *Leptodora kindtii*.

Таким образом, можно сказать, что видовой состав зоопланктона в рассмотренных нами прудах осенью представляет собой комплекс массовых форм, типичных для фауны стоячих водоемов ленинградской области. Основу численности составляют коловратки и представители таксона Cyclopoida.

Е. С. Соломонова, Н. Ю. Шоман, А. И. Акимов, О. А. Рылькова
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
solomonov83@mail.ru

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ НА ФИЗИОЛОГИЮ ЧЕТЫРЕХ ВИДОВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ИЗ РАЗНЫХ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ГРУПП

Исследована реакция микроводорослей из разных таксономических групп, выращенных в одинаковых условиях культивирования, на присутствие наночастиц (НЧ) оксида меди в среде. В работе использовались методы проточной цитометрии, переменной флуоресценции, сканирующей и световой микроскопии. Было показано, что НЧ CuO влияют практически на все аспекты функционирования водорослей, приводя к увеличению выработки активных форм кислорода, снижению ферментативной активности, деполяризации мембран митохондрий, изменению целостности клеточных покровов, увеличению объема клеток и увеличению числа погибших клеток/неактивных клетки в культуре. Несмотря на схожий механизм действия изучаемого загрязнителя, разные виды водорослей сильно различаются по степени устойчивости к воздействию НЧ CuO, что обусловлено видоспецифическими особенностями их морфологии и физиологии. По уровню устойчивости к воздействию НЧ CuO изучаемые виды водорослей следует расположить в один ряд: *Dunaliella salina* > *Isochrysis galbana* > *Thalassiosira weissflogii* > *Prorocentrum cordatum*. Существующая гипотеза о защитной "барьерной" роли клеточной стенки от механического воздействия металлических наночастиц не была подтверждена в нашем исследовании. Наличие плотной армированной целлюлозной оболочки у *P. cordatum* и плотной кремниевой оболочки у *T. weissflogii* не обеспечивало клеткам большей устойчивости к воздействию НЧ CuO по сравнению с *D. salina* и *I. galbana* с ультратонкими клеточными мембранами. Процентное содержание ионов меди Cu^{2+} , высвобождаемых из наночастиц CuO, составляет около 2%, что не может быть основной причиной токсического воздействия NPs на клетки водорослей. Негативное воздействие наночастиц CuO на изучаемые виды в большей степени обусловлено механическим воздействием, вызывающим деформацию и повреждение клеточных мембран, а также агрегацию наночастиц на поверхности клеток. Фотосинтетический аппарат изученных видов водорослей характеризуется высокой функциональной устойчивостью к воздействию наночастиц оксида меди. Снижение значений параметров флуоресценции (F_v/F_m , $rETR$) может свидетельствовать о необратимом нарушении фотосинтетического аппарата клеток и гибели культуры. Эти параметры могут быть использованы в качестве индикаторов летального действия исследуемого загрязнителя на микроводоросли.

Результаты представленного экспериментального исследования не могут быть напрямую экстраполированы на природные альгоценозы, поскольку они не учитывают всего многообразия биотических и абиотических факторов, одновременно влияющих на сообщество фитопланктона. Однако они способствуют общему пониманию физиологических процессов, происходящих в клетках, а также механизмов резистентности и стратегий адаптации водорослей при воздействии наночастиц металлов. Очевидна необходимость составления комплексной токсикологической характеристики наноматериалов с использованием биологических объектов различной трофической принадлежности.

Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ ИнБЮМ №124030400057-4 и 124022400152-1

УДК 574.583/633

**Н. А. Старцева¹, П. В. Кулизин¹, Е. Л. Воденеева¹,
З. А. Жаковская², Е. Н. Чернова²**

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

*²Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский
центр РАН, Санкт-Петербург)
startseva@bio.unn.ru*

МИКРОЦИСТИНЫ В БИОМАССЕ ФИТОПЛАНКТОНА ДВУХ ЭВТРОФНЫХ ОЗЕР НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Гепатотоксичные микроцистины являются широко распространенной группой токсинов, продуцируемых цианобактериями родов *Microcystis*, *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon*, *Aphanocapsa*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena* и др. Массовое развитие потенциально токсичных цианобактерий в эвтрофных водоемах, используемых в хозяйственных и рекреационных целях, представляет серьезную угрозу здоровью людей. В связи с высокой опасностью этих природных соединений ВОЗ установила, как максимально действующую, концентрацию наиболее распространенного микроцистина-LR (MC-LR) в воде, равную 1 мкг/л. Также была определена пороговая численность цианобактерий для безопасного использования водоемов в рекреационных целях ($2 \cdot 10^6$ кл./л). На сегодняшний день предельно допустимые концентрации MC-LR в питьевой воде имеют ВОЗ и 22 государства. В Российской Федерации содержание цианотоксинов в воде не регламентируется.

В данной работе представлены результаты альгологических исследований, проведенных в июне-сентябре 2023 г. на двух озерах Нижегородской области, используемых населением в рекреационных целях. Был определен видовой состав, проведена оценка уровня количественного развития фитопланктона и степени «цветения» воды, выявлены потенциально опасные виды цианобактерий. Концентрации микроцистинов в биомассе фитопланктона определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии – масс-спектрометрии высокого разрешения.

Оз. Великое, расположенное в Арзамасском районе Нижегородской области и входящее в озёрно-речную систему Пустынских озёр (55°40'с.ш., 43°35'в.д.), а также оз. Лунское, расположенное в Сормовском районе г. Нижнего Новгорода (55°38'с.ш., 43°80'в.д.), по своим морфометрическим характеристикам являются малыми водоемами, на которых ежегодно отмечается «цветение» воды.

В оз. Великое общая биомасса фитопланктона была максимальной в июле и достигала в пелагиали 4,7 г/м³. Степень «цветения» воды определялась как «умеренная», доминирующими видами выступали *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault (23,9%) и диатомея *Cyclotella* sp. (11,7%), при значительном вкладе эвгленид рр. *Trachelomonas* и *Phacus*. Единственным видом цианобактерий, способным синтезировать микроцистины, являлся типичный представитель летнего планктона эвтрофных озёр *A. flos-aquae*. Внутриклеточные микроцистины были обнаружены в 9 пробах из 16, их максимальная суммарная концентрация (18,9 нг/л) зарегистрирована в июле. Установлено присутствие трех структурных вариантов микроцистинов (MC-LR, MC-RR и [D-Asp3]MC-RR), из которых наибольший вклад вносил MC-RR.

В оз. Лунское биомасса фитопланктона на различных станциях изменялась от 2,2 до 28,1 г/м³. В июне-июле в доминирующий комплекс входили цианобактерии *Limnothrix redekei* (Goor) Meffert и *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek. В августе-сентябре были зарегистрированы наибольшие значения биомассы (>10 г/м³), когда единственным доминантом стала цианобактерия *Limnothrix planctonica* (Wołoszyńska) Meffert. Степень «цветения» воды определялась как «интенсивная». Микроцистины были детектированы во всех пробах. Их максимальные концентрации (до 1462,4 нг/л) наблюдались в начале летнего сезона и снижались в течение лета до 100-360 нг/л. Практически во всех пробах максимальный вклад (44-92%) в общее содержание вносил вариант MC-YR, а минимальный – наиболее токсичный MC-LR (1,7 нг/л в одной пробе).

В целом, в озерах установлено присутствие 7 структурных вариантов микроцистинов, концентрация которых в биомассе водорослей в ряде случаев была значительной, а численность цианобактерий превышала пороговые значения, определенные ВОЗ для безопасного использования водоемов в рекреационных целях. Полученные результаты говорят о необходимости ведения мониторинга цианотоксинов в таких социально значимых водных объектах города и области.

Работа проведена при поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Н. В. Сухонин¹, С. И. Сиделев^{1,2}
(¹Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, Ярославль;
²Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл.)
kolyasyx1@gmail.com; sidelev@mail.ru

ВРЕДОНОСНЫЕ ТОКСИЧНЫЕ ЦВЕТЕНИЯ ВОДЫ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МИКРОЦИСТИН-ПРОДУЦИРУЮЩИХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В ГОРЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ (г. ЯРОСЛАВЛЬ)

Загрязнение водохранилищ соединениями азота и фосфора приводит к антропогенной эвтрофикации, что вызывает токсичные «цветения» воды цианобактериями. В результате ухудшается качество воды и в неё попадают токсины, продуцируемые цианобактериями. Цианотоксины вызывают тяжелые отравления, поражение печени и нервной системы у животных и человека. Современные подходы к экобиомониторингу цианобактериальных «цветений» воды направлены на использование молекулярно-биологических методов детекции у цианобактерий генов, ответственных за биосинтез цианотоксинов, в частности, гепатотоксичных микроцистинов. Это позволяет определить потенциальную цианотоксичность «цветения» водоема и таксономическую принадлежность продуцентов задолго до того, как концентрация самих микроцистинов в воде превысит нормативные показатели безопасности.

Цель работы – поиск молекулярных маркеров токсичности цианобактерий и экобиомониторинг «цветения» воды Горьковского водохранилища в районе водозабора центральной водопроводной станции (ЦВС) г. Ярославля в 2023 г. Пробы воды отбирались каждый месяц с июня по ноябрь включительно. Установлено, что основными «возбудителями» «цветения» воды были два вида цианобактерий – *Microcystis aeruginosa* Kütz. и *Aphanizomenon flos-aquae* Born. et Flah., в меньших количествах были обнаружены *M. wesenbergii* Kom., *M. flos-aquae* Wittr. и *M. viridis* Braun. ПЦР анализ цианобактериальной ДНК, выделенной из проб фитопланктона, показал присутствие во всех образцах гена биосинтеза цианотоксинов микроцистинов *mcuA*, принадлежащего видам рода *Microcystis*. Таким образом, результаты молекулярно-генетического анализа подтвердили потенциальную способность цианобактерий рода *Microcystis*, обитающих в водохранилище, продуцировать опасные гепатотоксины. Показано, что микроцистин-продуцирующие генотипы присутствовали в популяции *Microcystis* уже в начале июня, задолго до формирования «цветения» водохранилища. Пик количественного развития цианобактерий пришелся на конец сентября, когда в прибрежной зоне водохранилища было зафиксировано образование плотных пятен «цветения» за счет сгонно-нагонных явлений. Биомасса видов рода *Microcystis* в период «цветения» водохранилища достигала значений

7,1 мг/л, *Aph. flos-aquae* – 1064 мг/л, концентрация Хл *a* – 2618,3 мкг/л. Установлено, что между БПК₅, биомассой цианобактерий и концентрацией Хл *a* имелаась сильная положительная корреляция ($r_s=0,70-0,88$). Поскольку БПК₅ является показателем загрязнения водоёма легкоокисляющимися органическими веществами, а биомасса и Хл *a* отражают уровень количественного развития цианобактерий, можно сделать вывод о том, что загрязнение воды органическими веществами на исследуемом участке может в значительной степени определяться интенсивностью «цветения» воды цианобактериями. Впервые проведена оценка риска токсического воздействия микроцистинов на население г. Ярославля. Согласно рекомендациям ВОЗ для первоначального скрининга для этого могут быть использованы косвенные альгологические показатели концентрации микроцистинов в воде – биомасса цианобактерий и концентрация Хл *a*. Большинство проб воды из водохранилища по классификации ВОЗ соответствовало уровню потенциального хронического влияния микроцистинов на население, а две пробы, отобранные в период «цветения» воды, относились к уровню опасности, который характеризуется риском острого отравления микроцистинами при потреблении питьевой воды без её очистки от цианотоксинов.

УДК 556.551

**Н. Г. Тарасова¹, С. В. Быкова², О. В. Мухортова¹,
А. С. Семенова^{1,3}, А. И. Цветков¹**

⁽¹⁾Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл.;

⁽²⁾Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Самарская обл.;

⁽³⁾Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Калининград)
muhortova-o@mail.ru

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА В ВОДРАЗДЕЛЬНОМ (ВАРВАРОВСКОМ) ВОДОХРАНИЛИЩЕ ВОЛГО-ДОНСКОГО СУДОХОДНОГО КАНАЛА ИМЕНИ В.И. ЛЕНИНА

Варваровское водохранилище является одним из трех, входящих в систему Волго-Донского судоходного канала (ВДСК); располагается между 9 (волжским) и 10 (донским) шлюзами. Вода в водохранилище нагнетается насосными станциями из Цимлянского водохранилища, и стекает по Волжскому и Донскому склонам ВДСК. От всех водохранилищ Волго-Донского судоходного канала оно отличается наибольшей прозрачностью, наименьшей мутностью воды, большей минерализацией и незначительным трендом снижения ее по продольной оси водохранилища в направлении от Волги к Дону. Вся водная толща прогревалась почти равномерно и была насыщена кислородом на 69-97%.

Изучение компонентов планктонного сообщества проводили в комплексной экспедиции ИБВВ РАН в 2023 г. на 5 станциях акватории водохранилища; верти-

кальное распределение в толще воды с шагом 1 м исследовали на станции Нариман, расположенной после 9-го шлюза.

В составе фитопланктона было зарегистрировано 146 таксонов водорослей, рангом ниже рода. Основную роль в формировании видового богатства играли зеленые, диатомовые водоросли и цианобактерии. Средний коэффициент видового сходства между станциями водохранилища составляет 55,5%. Максимальные показатели численности (58,4 млн кл./л) и биомассы (3,7 мг/л) фитопланктона регистрировали на глубине 1 м. Комплекс доминирующих видов водорослей и по численности на всей акватории водохранилища и на всех вертикальных горизонтах практически полностью состоит из цианобактерий. Однако, в его состав входят разные виды как на разных станциях, так и на разных глубинах.

Водоем характеризовался максимальным среди водохранилищ канала видовым богатством инфузорий (58 видов), численностью (2876 тыс. экз./м³) и биомассой (120 мг/м³). Сходство видового состава инфузорий между смежными станциями было довольно высоким – 50-71%. В водохранилище в большинстве станций преобладали представители детритной пищевой цепи – бактерио-детритофаги и гистофаги и отмечался максимальный вклад миксотрофов в общие показатели сообщества инфузорий. Вертикальное распределение численности и биомассы (с максимумом на горизонте 3 м и минимумом на 1 м) в условиях гомотермии и достаточного насыщения кислородом обусловлено, вероятно, выеданием зоопланктоном. В целом, вариабельность показателей видового разнообразия, выравненности, характеристик количественного развития сообщества инфузорий при горизонтальном распределении была выше, чем при вертикальном.

В составе зоопланктона было зарегистрировано 68 видов. Основную роли в формировании видового богатства играли коловратки и кладоцеры. Сходство видового состава зоопланктона между смежными станциями было довольно высоким – 50-65%. Наименьшее сходство отмечено при анализе вертикального распределения зоопланктона (коэффициент видового сходства между поверхностным и придонным горизонтом составил 30%). Вертикальное распределение зоопланктона не однородно, максимальные показатели численности и биомассы отмечались с максимумом на горизонтах 1 м и 4 м, минимумом – у поверхности (0 м). Средняя численность зоопланктона на станции Нариман составила 3234 тыс. экз./м³, биомасса – 4,13 г/м³. На акватории водохранилища эти показатели были ниже: соответственно, 226 тыс. экз./м³ и 0,91 г/м³.

Таким образом, в Варваровском водохранилище отмечается вертикальная и горизонтальная неоднородность распределения основных компонентов планктона. При отсутствии температурной стратификации биотические взаимодействия выступают в качестве основного регулирующего фактора.

Н. Г. Тарасова¹, С. В. Быкова², О. В. Мухортова¹, Н. Г. Шерышева²

*(¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл.;*

*²Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Самарская обл.)
muhortova-o@mail.ru*

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ САМАРО-КИНЕЛЬСКОЙ ПОЙМЫ В ПЕРИОД ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНОГО ЦВЕТЕНИЯ

Река Самара – левый приток Волги, впадающая в Саратовское водохранилище, в районе устья река образует своеобразную дугу. В долине Самары насчитывается свыше 2,5 тысяч малых озёр и водохранилищ общей площадью около 63,7 км². Основным притоком Самары является р. Большой Кинель, который впадает в Самару на 44 км от ее устья. Место слияния рек имеет статус памятника природы регионального значения Самаро-Кинельская стрелка.

В данной работе рассматриваются экосистемы разнотипных водоемов Самаро-Кинельской поймы (два пойменных озера – Яицкое и Широкое; пруда у пос. Самарский; Кутулукского водохранилища, расположенного на р. Кутулук, правом притоке р. Б. Кинель) в летний период 2024 г., во время цианобактериального цветения.

В составе фитопланктона всех водоемов было зарегистрировано 150 таксонов водорослей, рангом ниже рода. Наибольшим видовым богатством водорослей отличались пойменные озера, наименьшим – пруд. Несмотря на близкое географическое положение фитопланктон водоемов значительно отличался: коэффициент видового сходства составил в среднем всего 28%. Максимальные показатели численности и биомассы фитопланктона были зарегистрированы в пруду у пос. Самарский, минимальные – в Кутулукском водохранилище. При этом эти показатели в водоемах отличались очень сильно: так, численность фитопланктона была выше в пруду в 120, а биомасса в 236 раз, чем в водохранилище. Исследования проводили в летний период, в состав доминирующих комплексов видов водорослей в каждом водоеме входили только цианобактерии, однако они были представлены разными видами.

В сообществе инфузорий водоемов Самаро-Кинельской поймы было выявлено 73 вида. Наибольшим видовым богатством и видовым разнообразием инфузорий отличались озера с наиболее сходным видовым составом (51% по Сьерсену) – Широкое и Яицкое. Максимальная численность инфузорий регистрировалась в оз. Широкое, биомасса – в пруду у пос. Самарский. В Кутулукском водохранилище распределение численности и биомассы инфузорий по акватории было крайне неравномерным, а структурообразующие виды инфузорий были представлены видами, характерными для водохранилищ рек умеренной

зоны: это тинтиниды, а также колониальные и эпиланктонные перитрихи, развивающиеся в массе в период «цветения» воды. В пойменных водоемах, наряду с мелкими представителями родов *Halteria*, *Rimostrombidium*, значимую роль играли крупные альгофаги *Linostomella vorticella*, особенно в более минерализованном пруду у пос. Самарский, которые составляли 33% от общей численности и 95% от общей биомассы.

В составе зоопланктона всего было зарегистрировано 59 видов. Максимальное видовое разнообразие отмечено в оз. Яицком (21), минимальное – Кутулукском водохранилище (13). В доминирующий комплекс состоял, в основном, из копеподитов и их науплиусов. Коэффициент видового сходства составил в среднем 48%. Показатели количественного развития в водоемах отличались значительно: в озерах численность зоопланктона была выше в 2, а биомасса в 3 раза, чем в водохранилище.

Таким образом, в развитии всех компонентов планктона прослеживались сходные тенденции:

- несмотря на взаимосвязь водоемов в период половодья и территориальную близость, в период «цветения» в них развивались в целом довольно своеобразные планктонные сообщества гидробионтов;

- наибольшим количественным развитием (для инфузорий по биомассе) всех компонентов планктона характеризовался более минерализованный пруд у пос. Самарский, наименьшим – Кутулукское водохранилище.

УДК 593.1:581

И. В. Телеш^{1,2}
(¹Зоодогический институт РАН, Санкт-Петербург;
²Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург)
Irena.Telesheva@zin.ru

НА ПУТИ К МОДЕЛИРОВАНИЮ «КРАСНЫХ ПРИЛИВОВ»: ОЦЕНКА ВКЛАДА КЛЕПТОПЛАСТИИ В ПРОЛИФЕРАЦИЮ МИКСОТРОФНЫХ ПРОТИСТОВ

В прибрежных акваториях разнотипных водоемов по всему миру в последние десятилетия учащаются случаи массового размножения микроорганизмов, формирующих большие скопления биомассы в поверхностных горизонтах, называемые «цветением воды», а в случае динофлагеллят – «красными приливами». При разложении этих скоплений ухудшается качество природных вод, что наносит вред флоре и фауне, рыболовству и рыбоводству, аквакультуре, туризму и здоровью населения. Скорость роста и эффективность размножения водных организмов в значительной степени определяются их трофическими стратегиями, которые ответственны также за конкурентные преимущества видов, размеры их экологических ниш и возможности расширения ареала. Среди планктонных протистов многие «успешные» виды, в том числе вселенцы, способны к миксотрофному питанию, т.е. они сочетают автотрофию (за счет фото-

синтеза) с гетеротрофией (в виде осмо- и фаготрофии). В наши дни у всё большего числа автотрофных микроорганизмов в фитопланктоне обнаруживается миксотрофия, повышающая устойчивость этих форм к изменению условий среды – например, к изменению состава азотсодержащих соединений или снижению освещенности, затрудняющему фотосинтез.

Существует немало сведений о физико-химических и биотических предпосылках «красных приливов» миксотрофных динофлагеллят. В том числе, нами впервые было статистически доказано на большом материале за 44 года наблюдений в прибрежных водах Балтийского моря, что виды динофлагеллят с более широкими экологическими нишами чаще дают вспышки численности и вызывают «цветения воды» [Telesh I., Schubert H. & Skarlato S., 2024; Wide ecological niches ensure frequent harmful dinoflagellate blooms, *Heliyon* 10 (4). – URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26495>]. Предложенная в этой работе концептуальная модель позволяет приблизиться к прогнозированию «красных приливов». Однако важнейшие молекулярно-клеточные механизмы, обеспечивающие массовую пролиферацию протистов, приводящую к «цветениям», до сих пор исследованы неполно.

Один из наименее изученных внутриклеточных механизмов – клептопластия. Это явление приобретения, накопления и использования в качестве дополнительных «реакторов» фотосинтеза так называемых клептопластов, т.е. не ассимилированных хлоропластов микроводорослей, поглощённых клеткой миксотрофа при его фаготрофном питании. Клептопластия отмечается у широкого спектра не только одноклеточных организмов (динофлагелляты, инфузории, фораминиферы), но и у некоторых многоклеточных (плоские черви *Rhabdocoela*, морские слизни *Opisthobranchia* из рода *Elysia*). Установлено, что клептопласты могут не просто сохраняться, но и фотосинтезировать в клетке «хозяина» в течение многих месяцев. Однако вопрос о том, насколько велик вклад клептопластов в общий фотосинтез и рост клеток протистов, до недавнего времени оставался открытым.

В ходе исследования клеточных и молекулярных механизмов, определяющих «цветения» динофлагеллят в прибрежных экосистемах Балтийского моря, разработана математическая модель клептопластии на основе базового уравнения Ж. Моно и оригинальной системы дифференциальных уравнений для простой биологической системы: 1 клетка протиста, 1 неорганический ресурс, 1 органический ресурс. Модель протестирована с использованием экспериментальных данных по питанию планктонных потенциально токсичных динофлагеллят *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J. D. Dodge, 1975 криптофитовыми микроводорослями *Teleaulax* sp. Предложен оригинальный Индекс клептопластии, отражающий вклад клептопластии в формирование «цветений» миксотрофных протистов. Моделирование показало, что клептопластия может на 40% увеличить скорость деления клеток *P. cordatum*, способствуя быстрому росту их популяции и формированию вредоносных «красных приливов».

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 25-14-68016 [22-14-00056 (Продление)]

О. А. Тынников, Е. А. Селиванова
(Институт клеточного и внутриклеточного
симбиоза УрО РАН, Оренбург)
senior.tynnikov@yandex.ru; selivanova-81@mail.ru

РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ФИЛУМА CHLOROPHYTA В ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМАХ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

На территории Крымского полуострова находится большое число гипергалинных водоемов, как морского происхождения, так и континентальных. В экстремальных условиях высокой солености галофильные микроводоросли филума Chlorophyta являются одним из основных продуцентов органического вещества. Многие из них рассматриваются как важные или перспективные биотехнологические объекты. Благодаря активному изучению зеленых микроводорослей Крымских гипергалинных водоемов в прошлом столетии было описано значительное число видов и морфологических вариантов [Масюк, 1973; Прошкина-Лавренко, 1945]. Однако по многим из них отсутствуют молекулярно-генетические данные. Целью нашего исследования было оценить генетическое разнообразие и распространение галофильных микроводорослей Chlorophyta в гипергалинных водоемах Крыма методами высокопроизводительного секвенирования, а также определить филогенетическое положение и таксономическую принадлежность выделенных культур галофильных микроводорослей. По данным ДНК-метабаркодинга по V4 фрагменту гена 18S рРНК (MiSeq (Illumina)), анализировались показатели разнообразия филума Chlorophyta в планктонных и бентосных пробах из водоемов соленостью от 59 до 380 г/л Керченской, Евпаторийской, Тарханкутской, Перекопской групп и залива Сиваш. Исследованные водоемы были условно разделены на три группы в зависимости от солености 59-100 г/л, 101-200 г/л, 201-308 г/л. Были выделены и изучены 22 клональные культуры зеленых микроводорослей, относящихся к родам *Dunaliella*, *Asteromonas*, *Tetraselmis*, *Picochlorum*. У выделенных культур оценивали морфологические особенности, диапазон галотолерантности и оптимальную соленость для роста, таксономическую принадлежность и филогенетическое положение по анализу нуклеотидных последовательностей гена 18S рРНК и фрагмента ITS1+5.8S+ITS2.

Показатели альфа-разнообразия Chlorophyta на уровне рода уменьшались по мере повышения солености водоемов, однако на уровне ASV (сиквенс-вариантов ампликонов) подобная закономерность отсутствовала. Анализ бета-разнообразия продемонстрировал, что образцы группировались в соответствии с уровнем солености в три кластера. Общими родами оказались *Dunaliella* и *Picochlorum*. Однако если для *Dunaliella* было характерно увеличение относительного обилия в образцах с большей соленостью, то для *Picochlorum*, напротив, более высокое относительное обилие было отмечено в образцах с соленостью ниже 100 г/л. Каждая группа водоемов характеризовалась своим набором доминирующих родов и сиквенсов, не идентифицированных до уровня рода,

относительное обилие которых в некоторых образцах достигало 84-93%, среди них наибольшую долю составляли *Chlorellales* sp., *Trebouxiophyceae* sp. при солености ниже 100 г/л, *Chlorodendraceae* sp. – при солености от 101 до 200 г/л, *Chlamydomonadales* sp. – при солености выше 201 г/л.

Изучение филогенетического положения выделенных культур позволило выявить среди них, наряду с известными видами *Dunaliella salina*, *D. viridis*, *Asteromonas gracilis*, *Tetraselmis indica*, изоляты, не имеющие ближайших гомологов сходство с которыми было меньше видового уровня.

Таким образом, полученные данные по генетическому разнообразию галофильных микроводорослей Chlorophyta расширяют представления об их географическом распространении, позволят охарактеризовать новые таксоны и уточнить филогенетическое положение описанных ранее таксонов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №25-24-20144, <https://rscf.ru/project/25-24-20144/> на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Персистенция микроорганизмов» ИКВС УрО РАН

Благодарности

Авторы выражают благодарность А. О. Плотникову, В. Я. Катаеву и А. С. Балкину за отбор проб.

Список использованных источников

Масюк Н. П. Морфология, систематика, экология, географическое распространение рода *Dunaliella* Teod. и перспективы практического использования. – Киев: Наукова думка, 1973. – 244 с.

Прошкина-Лавренко А. И. Новые роды и виды водорослей из соленых водоемов СССР // Ботанические материалы отдела споровых растений БИН АН СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1945. – Т. 5, №10-12. – С. 142-154.

УДК 574.5

**М. В. Уманская¹, М. Ю. Горбунов¹, С. В. Быкова¹, Н. Г. Тарасова^{1,2},
А. А. Агапов¹, Е. С. Краснова¹, Н. Г. Шерышева¹, О. В. Мухортова^{1,2}**
(¹Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Самарская обл.;
²Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл.)
mvumansk67@gmail.com

АССОЦИАТИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЛАНКТОННЫХ ПРОКАРИОТ И ПРОТИСТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНОГО ЦВЕТЕНИЯ В ПРЕСНЫХ ВОДОЕМАХ

Цианобактериальные цветения в последние десятилетия широко распространяются в континентальных водоемах. Их видовой состав, интенсивность и продолжительность сильно влияют на состав и структуру планктонных сообществ. В летний период 2023 г. в исследованных водоемах Самарской области обнаружено интенсивное цианобактериальное цветение, причем в разных пробах

доминирование того или иного вида цианобактерий было выражено в разной степени. В акватории Куйбышевского водохранилища цветение было вызвано *Aphanizomenon flos-aquae*, в большинстве малых озер – *Planktothrix agardhii*. В одном из озер было обнаружено цветение *Raphidiopsis rachiborskii*, а в другом – *Anabaenopsis elenkinii*. Кроме того, в некоторых водоемах наблюдались смешанные цветения без выраженного доминирования какого-либо одного вида.

По данным метабаркодинга гена малой субъединицы рРНК с использованием методов анализа ассоциативных связей (по величинам несходства Брея-Куртиса, PCA) среди прокариот и протистов планктона было выделено несколько специфических ассоциативных комплексов (САК). Некоторые из них связаны с развитием определенных видов цианобактерий – возбудителей цветения.

Так, среди прокариот с цветением *Raphidiopsis rachiborskii* ассоциирован комплекс, состоящий в основном из представителей пор. Chitinophagales (pp. *Lewinella*, *Edaphobaculum*, *Haliscomenobacter* и *Aquirestis*). С цветением *Planktothrix agardhii* ассоциированы два комплекса, в составе одного из которых преобладают некультивируемые планктомицеты сем. Phycisphaeraceae, Planctomycetaceae и Pirellulaceae, а второго – бактерии р. *Terrimicrobium*. САК, включающий в себя *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa* содержит преимущественно бактерии, входящие в фикосферу этих видов. Еще один небольшой комплекс, ассоциированный с *Anabaenopsis elenkinii*, состоит из специфического штамма *Cyanobium* sp., планктомицета пор. Isosphaerales и ацидобактерии *Blastocatellia*, которые весьма малочисленны или практически не встречаются в отсутствие этого вида.

В составе простейших крупный комплекс объединяет ОТЕ, связанные с цветением *Planktothrix agardhii*. В их число входят четыре ОТЕ рода *Cryptomonas*: *C. tetrapyrenoisosa*, ОТЕ, близкий к *C. ozolinii* и нескольким другим видам, и два ОТЕ, далекие от известных видов *Cryptomonas*. Кроме того, в эту группу вошли диатомея *Nitzschia palea*, и диофлагеллята *Toviella* sp., а также гетеротрофные нанофлагелляты: два представителя Stramenopiles, принадлежащие к Chrysophyta и группе MAST-12; три представителя Perkinsidae A31 (Alveolata), и один ОТЕ, принадлежащий к Kinetoplastea (Discoba). В некоторых случаях САК формируются под влиянием видов – субдоминантов цветения. Так, например, один из САК простейших объединяет виды, специфические для Черемшанского залива, в которой в составе цианобактерий велика доля *Dolichospermum flos-aquae* и *Cyanobium* spp. В состав этой группы входят *Chrysochromulina parva* (Haptophyta) и диофлагеллята *Ceratium hirundinella*. Еще три ОТЕ имеют очень неопределенное таксономическое положение, и определяются только до макротаксонов хризофитовых, хоанофлагеллят и центрохелидных солнечников.

Таким образом, проведенный анализ указывает, что в пресных континентальных водоемах в период цианобактериального цветения действительно формируются специфические комплексы планктонных организмов, ассоциированные с различными видами цианобактерий.

Г. В. Феттер, Н. И. Ермолаева
(Институт водных и экологических проблем
Сибирского отделения РАН, Барнаул)
gleb_fetter@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ТРОФИЧЕСКИХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В КРУПНЫХ РЕКАХ НА ПРИМЕРЕ Р. ОБЬ

Несмотря на повышенный интерес к крупным речным экосистемам, наши знания о речном планктоне далеко неполны. Это связано как со сложностью исследования крупных речных систем, так и с недостаточно разработанными методиками работы.

В июле 2019 г. и в июле 2021 г. на участке от плотины Новосибирской ГЭС (до устья 3090 км) до с. Перегребного (до устья 850 км) проведено изучение характера распределения зоопланктона вдоль продольной оси реки Оби и оценка влияния ряда биотических и абиотических переменных на его структуру.

Проведен многофакторный анализ для выявления роли физико-химических параметров в процессе формирования структуры сообщества планктона. В качестве факторов среды в анализ включены температура воды, скорость течения, Eh, pH, температура, прозрачность, содержание растворенного кислорода, концентрации PO_4 , NO_3 , NO_2 , NH_3 и хлорофилла «а». Если в анализ включать данные непосредственных измерений, сопоставляя показатели планктона с физико-химическими параметрами непосредственно в точке отбора проб, то и отдельные группы зоопланктона, и большинство видов демонстрируют низкую зависимость от изученных факторов среды. Совокупная накопленная объясненная дисперсия численных показателей видов внутри сообщества зоопланктона на различных участках русла реки Оби оказалась объяснена всего на 36%. Мы предположили, что нужно учитывать время отклика зоопланктона на воздействие внешних факторов, и в первую очередь трофических. Пик количественного развития фитопланктона в русле реки Оби в 2021 г. был зарегистрирован в створе, находящемся в 928 км от истока, а пик численности фитофильного зоопланктона, соответственно, в створе 1430 км от истока. То есть сдвиг составил примерно 500 км. С учетом времени добегания воды, это расстояние водная масса в реке Оби на данном конкретном участке в период летней межени проходит примерно за 7 суток. Данного временного промежутка вполне достаточно для развития очередной генерации ряда фитофильных видов как коловраток, так и мелких Cladocera, которые, таким образом, демонстрируют отклик, увеличивая численность, или наоборот, снижая таковую в ответ на воздействие угнетающего, но не остро токсичного фактора (снижение температуры, обеднение кормовой базы). Многофакторный анализ методом избыточности RDA с учетом временного сдвига, то есть оценку воздействия факторов среды на структуру зоопланктона, зарегистрированную на 500 км ниже по течению, достоверно объяснил 89,59% общей дисперсии видовой структуры зоопланктона. То есть уровень объясненной дисперсии значительно превышает

таковой, если мы проводим анализ, сопоставляя данные по принципу «моментальной съемки», и не рассматривая сдвиг по течению реки. Таким образом, для выявления отклика зоопланктона на ряд факторов в незарегулированных реках необходимо проводить расчет времени добегания воды, с целью определения местоположения контрольного створа, в том числе с учетом репродуктивных особенностей зоопланктеров.

Необходимо указать, что при таком выборе контрольных створов (со смещением по времени добегания воды) не стоит анализировать все переменные. Например, скорость течения действует по принципу «здесь и сейчас». Высокие скорости не способствуют сохранению в потоке ракообразных, особенно крупных фитофильных, поступающих из придаточной системы. Также эффектом немедленного действия обладают токсины.

УДК 574.587(275.2):591

Е. М. Целищева
(Пермский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Пермь)
tselishcheva@perm.vniro.ru

ЗООПЛАНКТОН ЧУСОВСКОГО ПЛЕСА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Чусовской плес это крупный краевой плес Камского водохранилища, он делится на 3 участка: Чусовской и Сылвенский заливы и Сылвенско-Чусовской участок.

По результатам собранных материалов в летний период (июль-август) 2020, 2022 и 2024 гг. в Чусовском плесе зарегистрировано 77 таксонов (в т.ч. 75 в ранге вида). Среди них, во все годы на всех участках самыми часто встречающимися были виды: коловратки *Asplanchna priodonta* Gosse, *Keratella quadrata* (Müller), *Kellicottia longispina* (Kellicott), кладоцеры *Daphnia galeata* Sars, *Bosmina longirostris* (O.F. Muller), *Bosmina coregoni* Baird, *Bosmina crassicornis* Lilljeborg, *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin), *Leptodora kindtii* (Focke) и копеподы *Eurytemora velox* (Lilljeborg), *Heterocope appendiculata* Sars, *Cyclops strenuus* Fischer, *Mesocyclops leuckarti* (Claus), *Thermocyclops crassus* (Fisher).

Видовая плотность варьировала от 9 до 28 видов и в среднем составила 17 ± 1 , ракообразные формировали 66% видов в зоопланктоне.

Помимо массовых видов на этом участке регулярно встречается большое количество видов вселенцев таких как: *Diaphanosoma orghidani* Negrea, *Eurytemora caspica* Sukhikh et Alekseev, *Heterocope caspia* G.O. Sars, *Acanthocyclops americanus* (Marsh), но особый интерес среди них вызывает, недавно вселившийся *Cercopagis pengoi* (Ostroumov) [Лазарева, 2020]. Вероятно Чусовской плес Камского водохранилища и был точкой его появления, где сейчас регистрируется максимальная по водохранилищу численность *C. pengoi* – до 2 тыс. экз./м³. Наиболее многочислен он в Сылвенском заливе, за исследованный период средняя численность для него на этом участке составила 368 ± 98 экз./м³, при биомассе 70 ± 19 мг/м³.

Средняя численность зоопланктона в исследованные годы составляла 153 ± 21 тыс. экз./м³, основу биомассы формировали ракообразные ($1,1 \pm 0,2$ г/м³). Доминирующим видом был некрупный веслоногий рачок *Bosmina longirostris*, на него приходилось 35% численности и 29% биомассы, так же крупная *Daphnia galeata* слагала до 21% биомассы. Для Сылвенского залива были характерны наиболее высокие показатели биомассы, в среднем они были в два раза выше, чем в Чусовском.

УДК 574.583

К. Н. Цуканова¹, М. В. Иванов¹, Н. В. Полякова²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва)

tsukanovaksenia03@gmail.com; ivmisha@gmail.com;

nvpnataly@yandex.ru

ЛЕТНИЙ ЗООПЛАНКТОН ПОЛУИЗОЛИРОВАННЫХ ВОДОЕМОВ БЕЛОГО МОРЯ

Благодаря послеледниковому поднятию дна на Беломорском побережье сложились благоприятные условия для образования прибрежных лагун, частично изолированных водоёмов. Эти акватории представляют собой промежуточный этап эволюции морского залива в пресноводное озеро. Лагуны ещё не потеряли связь с морем, однако амплитуды приливов и отливов у них уже отличаются. Соответственно, в лагунных водоемах формируется гидрологический режим, отличный от основной акватории. Следствием этого процесса являются изменения, как в планктонных, так и в донных сообществах лагун. На данный момент изучение полуизолированных водоемов в Белом море находится на начальном этапе, и мы решили провести исследование зоопланктонного сообщества лагун отделённых от моря на время отлива.

Первоначально в августе 2024 г. мы обследовали 12 лагун в окрестностях УНБ СПбГУ. Выбрали 5 лагун выстроенных в градиенте изоляции, взяв за основу высоту порога над нулём глубин. Лагуны расположены в губе Чупа, губе Кив и Вороньей губе Кандалакшского залива Белого моря. Пробы зоопланктона в этих 5 лагунах отбирали малой сетью Джели вертикальной протяжкой с 3 м; на побережье – фильтрацией 100 л воды через сеть Апштейна. Для контроля отобрали пробы зоопланктона вертикальной протяжкой в море неподалеку от лагуны.

Зоопланктон в лагунах представлен 20 таксонами, из которых больше всего ракообразных *Copepoda* (9) и *Cladocera* (3). Также велика доля меропланктона, отмечены личинки книдарий, двустворчатых и брюхоногих моллюсков, усоногих раков, полихет и мшанок. Минимальная средняя численность (1500 экз./м³) отмечена в самой открытой лагуне Суханов (таблица 1), самая высокая – в наиболее изолированной, Колюшковой – 9000 экз./м³. По мере увеличения отчленения наблюдается тенденция увеличения численности зоопланктона в лагунах, относительно соседних морских акваторий. При этом линейной зависимости изменения численности от степени изоляции мы пока не наблюдаем.

Таблица 1 – Характеристика исследованных лагун

Лагуна	Высота порога, м	Координаты		Количество таксонов	Численность, экз./м ³		
		широта, с.ш.	долгота, в.д.		при-брежье	толща	в море рядом
Суханов	0,11	66°18'03.0"	33°22'27.4"	11	1500	1500	13000
Амазона	0,94	66°17'53.3"	33°36'08.0"	12	6000	1200	26000
Воронья	1,15	66°12'01.4"	34°09'12.4"	11	3500	6000	6500
Кив	1,72	66°24'27.5"	33°37'13.5"	15	2500	6000	4000
Клюшковая	1,99	66°18'51.0"	33°38'29.8"	11	1200	25000	2600

Nauplii copepoda в лагунах достоверно сосредоточены в прибрежье (Вилкоксон, $p=0,042$). Для толщи воды лагун и соседних участках моря достоверных различий количества науплиев не обнаруживается. Совсем по-другому ситуация разворачивается для *Acartia bifilosa*. Ее наличие более характерно для глубоких слоев лагун, чем для прибрежной зоны (Вилкоксон, $p=0,043$). Также стоит отметить большую встречаемость личинок *Gastropoda*, их численность может достигать 800 экз./м³ и 30% от общего количества, например в лагуне Кив. В море около лагун личинки брюхоногих или отсутствуют или встречаются в небольших количествах. Это может быть связано с большими численностями *Peringia ulvae* в бентосе лагун.

Нам пока не удалось выявить достоверных изменений количественных характеристик зоопланктона, связанных со степенью отчлененности водоема, но это было только первичное исследование с однократным пробоотбором во второй половине лета. Мы надеемся, что дальнейшие более систематические исследования полуизолированных водоёмов позволят лучше понять особенности их биоты и проследить поэтапное развитие морского залива в пресноводное озеро.

УДК 574.583

Е. Н. Чернова¹, Н. А. Белая²
¹Биологический факультет СПбГУ, Санкт-Петербург;
²Институт наук о Земле СПбГУ, Санкт-Петербург)
e.n.chernova@spbu.ru

ЛЕТНИЙ ЗООПЛАНКТОН ОЗЕР НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕБЕЖСКИЙ»

Пробы зоопланктона были отобраны в начале августа 2022 г. в пяти озерах национального парка: оз. Себежское, оз. Ороно, оз. Вятитерьво, оз. Белое, оз. Озерявки. Пробы отбирали двумя способами: планктонной сетью вертикальными протяжками от дна до поверхности на наиболее глубоких станциях и проливом 100 л воды из приповерхностного слоя через планктонный конус при глубине станции менее 5 м.

По полученным данным были рассчитаны индекс Шеннона и индекс сапробности Пантле и Букк в модификации Сладечека.

Кроме того, для оценки состояния сообщества зоопланктона был использован метод ABC, предложенный Уорвиком [Warwick, 1986].

В результате исследования проб зоопланктона было зафиксировано 49 таксонов рангом вида и выше, из них: 19 – коловратки (Rotifera), 17 – ветвистоусые ракообразные (Cladocera), 7 – веслоногие ракообразные (Copepoda), а также личинки моллюсков, ракушковые раки (Ostracoda), водяные клещи (Hydracarina), личинки хаборид (*Chaoborus* sp.), икринки рыб. На станцию количество таксонов варьировало от 13 до 30.

По численности в изученных озерах доминируют ветвистоусые ракообразные (от 30 до 73% от общей численности), доля Cyclopoida и Calanoida чуть меньше (до 50,6% и до 30,5% от общей численности, соответственно). Коловратки доминируют только на одной из станций в оз. Витятерьво, где их доля составляет 45,9% от общей численности, на остальных станциях доля коловраток по численности не превышает 27%. По биомассе на всех станциях доминируют ветвистоусые ракообразные, их доля в общей биомассе варьирует от 46,6% до 94,3%. В оз. Витятерьво чуть меньше половины биомассы представлено Calanoida.

В целом, по биотическим индексам отмечено высокое качество воды в исследованных пяти озерах. Однако, на некоторых станциях наблюдается его снижение, вероятнее всего, связанное с антропогенной нагрузкой от поселка и эколого-просветительского центра «Озерявки». Максимальные значения индекса сапробности (бета-мезосапробная зона), отражающего степень органического загрязнения водного объекта, отмечены на станциях С1-22 в оз. Себежское и Оз3-22 в оз. Озерявки.

На основании значений индекса Шеннона, оз. Белое и оз. Ороно относятся к олиготрофному типу, оз. Витятерьво тоже, скорее, к олиготрофному, оз. Озерявки – к мезотрофному с признаками эвтрофии, в оз. Себежское значения индекса сильно варьируют, что говорит о неоднородности условий в озере.

Анализ взаимного расположения ранговых кумулятивных кривых численности и биомассы (АВС-метод) показал, что в наиболее благополучном состоянии находится зоопланктон оз. Ороно – кривые биомассы на обеих станциях лежат выше кривых численности. Наименьшим благополучием характеризуется сообщество планктонных животных в оз. Озерявки – на трех станциях кривые практически совпадают, а на станции Оз2-22 кривая численности лежит выше. На озерах Белое, Себежское и Витятерьво кривые на разных станциях либо лежат близко друг к другу, что соответствует промежуточному состоянию, либо кривая биомассы проходит выше.

По результатам кластерного анализа получено, что зоопланктон оз. Озерявки наиболее сильно отличается от других озер, что подтверждается и по всем другим показателям. Это озеро наименьшее среди изученных водоемов. Наибольшим сходством по зоопланктону обладают оз. Себежское и оз. Ороно, что закономерно по их наибольшей географической и морфометрической близости; данные озера расположены в начале цепочки гидрологически связанных между собой озер. Вторая группа схожих озер – оз. Витятерьво и оз. Белое отличаются друг от друга размерами, но оба расположены следом за двумя выше упомянутыми озерами в середине цепочки озер.

**ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ
И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
ОБИЛИЯ ИХТИОПЛАНКТОНА
В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ОМАНА В 2013-2015 гг.**

Изучение ранних стадий жизни рыб играет существенную роль в понимании формирования численности поколений рыб, динамики популяций, оценки запасов и управлении промыслом многих видов. Эти исследования имеют важное значение для установления мест нереста рыб, а икринки и личинки рыб являются биоиндикаторами экологического состояния и загрязнения водных экосистем. Большинство видов рыб имеют пелагических икринок и личинок, которых считают частью зоопланктона и называют ихтиопланктон. В прибрежных водах Омана качественный и количественный состав ихтиопланктона изучали в 70-80-х годах XX века, впоследствии такие исследования не проводились. В данной работе изучали пространственную и сезонную изменчивость таксономического состава и обилия икры и личинок рыб вдоль побережья Омана в течение трех лет с января 2013 г. по декабрь 2015 г. Отбор проб проводился ежемесячно в шести районах, расположенных в Персидском заливе (Хасаб), Оманском море (Сохар и Маскат) и Аравийском море (Ашкара, Докум и Сала-ла). Пробы собирали с лодки с помощью планктонной сети Джели (диаметр входного отверстия 60 см, ячея фильтрующего конуса 400 мкм), ранним утром на прибрежных станциях над глубиной около 30 м в каждом районе, как вертикальными тотальными ловами от дна до поверхности, так и горизонтальными букировками на скорости около 2 узлов в течение 5 минут. Объем профильтрованной воды определяли по счетчику, установленному в центре кольца сети. Пробы ихтиопланктона помещали в ёмкости объёмом 500 мл и фиксировали 4%-ным раствором формалина. Всего идентифицированы личинки 112 видов рыб из 67 семейств. Основную часть ихтиопланктона составили личинки из 10 семейств – Mugilidae, Clupeidae, Pomacentridae, Mullidae, Gerreidae, Carangidae, Terapontidae, Sparidae, Sphyraenidae и Blenniidae. Наиболее многочисленными были личинки *Sardinella* spp. В объединенных пробах из шести регионов за три года наибольшая численность личинок рыб наблюдалась во время северо-восточного муссона (547 экз./100 м³), за которым следовал осенний межмуссонный период (428 экз./100 м³). Наибольшее разнообразие личинок отмечено в районах Маската и Ашкары, а наименьшее в районе Хасаба. Согласно статистическому анализу обилия личинок большее сходство получено между северными районами Хасаб и Сохар, а существенные различия наблюдались между ними и южными районами, расположенными в Аравийском море

(Ашкара, Докум и Салала). Канонический анализ соответствий численности основных семейств личинок рыб, температуры воды, биомассы хлорофилла-*a* и биомассы зоопланктона показал, что температура воды является основным влиятельным переменным. Численность личинок во время весеннего межмуссонного периода и юго-западного муссона статистически отличалась от осеннего межмуссона и северо-восточного муссона. Показано, что численность личинок и их видовой состав могут служить индикаторами прогнозирования сезонных уловов некоторых видов рыб, в частности, сардины. По результатам данного исследования в 2024 г. Министерством сельского хозяйства, рыболовства и водных ресурсов Омана опубликован определитель «Личинки рыб прибрежных вод Омана: фотографическое руководство по идентификации» – «Fish larvae of Oman coastal waters: A photographic identification guide» (авторы Т. Chesalina, А. Al-Maawali, М. Chesalin, N. Al-Abri, А. Al-Nahdi). В монографии приведено 380 оригинальных фотографий икры и личинок рыб на разных стадиях развития, дано детальное описание их морфологических и меристических характеристик, а также карты мест поимок.

УДК 581.526.325.3:574.24:528.88(262.5)

Т. Я. Чурилова, О. В. Кривенко
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
tanya.churilova@ibss-ras.ru

ЦВЕТЕНИЕ *GEPHYROCAPSA HUXLEYI* В ЧЕРНОМ МОРЕ: ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СРЕДЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ «ЦВЕТЕНИЯ» И ЕГО МЕЖГОДОВУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Идентификация «цветения» и анализ его динамики проводится по биомассе фитопланктона, которую зачастую регистрируют с использованием концентрации основного фотосинтетически активного пигмента – хлорофилла *a* – в качестве маркера. Дистанционные методы открывают широкие возможности для исследования интенсивности цветения и межгодовых особенностей. На основе объединения результатов натурных наблюдений и спутниковых данных проанализированы частота, интенсивность и площадь «цветения» *Gephyrocapsa huxleyi* в различных районах Черного моря, оценено влияние условий среды на интенсивность «цветения» и межгодовую изменчивость. Использование нормализованных аномалий позволило установить годовые циклы изменчивости исследуемых параметров, выявить общие закономерности и особенности вариабельности в отдельных районах моря. Установлено, что в начале июня во всех районах моря регулярно наблюдается массовое развитие *Gephyrocapsa huxleyi*, для которого характерна межгодовая изменчивость интенсивности и площади «цветения». Высокая освещенность в верхнем перемешанном слое моря является ключевым фактором сдвига в структуре фитопланктонного сообщества и перехода к домини-

нированию и «цветению» *Gephyrocapsa huxleyi* благодаря физиологически детерминированной способности этих водорослей расти без угнетения при крайне высокой интенсивности света, ингибирующей рост других водорослей. В большинстве районов Черного моря летнее «цветение» *Gephyrocapsa huxleyi* не сопровождается увеличением биомассы фитопланктона, изменяется только структура сообщества. Исключение составляют прибрежные воды в зоне влияния речного стока, где «цветение» наблюдается на фоне повышения биомассы фитопланктона. В холодный период года (декабрь, февраль) в прибрежных водах иногда наблюдается увеличение численности *Gephyrocapsa huxleyi*, которое может быть связано с уменьшением биогенной обеспеченности на фоне ослабления берегового стока и/или стабилизации водного столба. Снижение обеспеченности фитопланктона питательными веществами способствует конкурентному росту кокколитофорид в сравнении с другими видами фитопланктона. Развитие *Gephyrocapsa huxleyi* в разные сезоны года может отражать генетическую и физиологическую пластичность *Gephyrocapsa huxleyi*.

Работа выполнена в рамках темы госзадания №124030100106-2

УДК 574.583

Н. В. Шадрин, В. А. Яковенко, Е. В. Ануфриева
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
snickolai@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ЗАРОСЛЕЙ МОРСКОЙ ТРАВЫ *RUPPIA* НА ЗООПЛАНКТОН В КРЫМСКОМ ГИПЕРСОЛЕНОМ ОЗЕРЕ

Подводная растительность (цветковые растения и макроводоросли) является важнейшим компонентом мелководных водоемов, играя значительную роль в пищевых цепях, поддерживая стабильность экосистем и обеспечивая их пластичность. Она существенно влияет на зоопланктон мелководных морских лагун и заливов, пресноводных озер и прудов, но в гиперсоленых водоемах ее ранее не изучали. Морские травы существуют во многих гиперсоленых мелководных озерах и лагунах при солености до 70 г/л. Космополитические виды *Ruppia maritima* Linnaeus, 1753 и *R. cirrhosa* (Petagna) Grande, 1918 являются наиболее галотолерантными морскими травами, и населяют гиперсоленые озера и лагуны по всему миру. Целью данной работы являлся анализ данных многолетнего (2019-2023) мониторинга зарослей морской травы *Ruppia* и их влияния на зоопланктон в небольшом гиперсоленом озере Мойнаки (Крым). Средняя весенняя соленость мало менялась в исследуемые годы, от 50 до 52 г/л. В изменениях средней весенней скорости ветра и температуры наблюдалась некоторая цикличность. Первые молодые побеги *Ruppia* появлялись в озере в марте, а их количество и биомасса увеличивались, наиболее быстро весной.

С 2019 г. по 2023 г. средняя весенняя численность побегов *Ruppia* постепенно экспоненциально увеличивалась. Всего в зоопланктоне зарослей *Ruppia* обнаружено 18 видов, но постоянными и не единичными экземплярами были только 4 вида: *Gammarus aequicauda* (Amphipoda), *Moina salina* (Cladocera), *Eucypris mareotica* (Ostracoda) и *Cletocamptus retrogressus* (Harpacticoida). Общая численность зоопланктона не всегда была выше в зарослях руппии, по сравнению с открытой водой (вне зарослей). С 2019 г. по 2023 г. наблюдалось постепенное снижение средней численности зоопланктона в зарослях *Ruppia*. Численность факультативного хищника *G. aequicauda* в зарослях руппии всегда была в 3,5-5 раз выше, чем вне зарослей. Была отмечена значимая положительная корреляция ($R=0,778$, $p=0,001$) между численностью *G. aequicauda* и численностью побегов *Ruppia* во все годы, но была отрицательная зависимость для *M. salina* и *C. retrogressus*. Гаммарусы интенсивно выедали мойн, что отмечали и ранее. Полученные результаты убедительно демонстрируют, что существует игнорируемое в значительной степени воздействие морской травы на зоопланктон в небольших гиперсоленых водоемах, которое необходимо учитывать. Эти связи важны при планировании управления гиперсолеными водоемами и для развития устойчивой полиаквакультуры в них.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №24-66-00001, <https://rscf.ru/project/24-66-00001/>

УДК 639.2.053.7(26)

М. А. Шебанова, Н. А. Кузнецова
(Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(«ТИНРО»), Владивосток)

marina.shebanova@tinro.vniro.ru; natalya.kuznetsova@tinro.vniro.ru

ВИДОВОЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА В ВОДАХ ЮЖНО-КУРИЛЬСКОГО РАЙОНА И ОТКРЫТЫХ ВОДАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Более 20 лет в открытых водах северо-западной части Тихого океана и водах Южно-Курильского района в экономической зоне ответственности России проводится мониторинг за состоянием планктонного сообщества. Даная акватория является зоной регулярных нагульных миграций массовых видов рыб.

В мае-июле 2021-2024 гг. в районе исследований были выделены воды двух структур субарктической и субтропической с различными модификациями. Во всем 200-метровом слое этот период наблюдался тренд на увеличение притока тепла.

Состояние зоопланктонного сообщества в эпипелагиали в северо-западной части Тихого океана соответствовало раннелетнему периоду. Активное «цветение» фитопланктона наблюдалось в субарктических водах Ойясио и в водах субарктического течения.

В зоне субарктических водных масс средняя биомасса зоопланктона была 860 мг/м³, доля крупной фракции составляла 68-90%, в субтропических водных массах соответственно 1059 мг/м³ и 62-72%, а в зоне смешения 1102 мг/м³ и 54-79%.

Участки с повышенной биомассой копепод, сагитт, эвфаузиид были отмечены в субарктических водах, в пределах фронта Ойясио, в зоне смешения вод – в зоне циклонических круговоротов.

В субарктических водных массах основу планктонного сообщества формировали субарктические (*Neocalanus cristatus*, *Eucalanus bungii*, *Metridia okhotensis*, *Thysanoessa longipes*, *Parasagitta elegans* реже встречались *Acartia longiremis* и *Racovitzanus antarcticus*) и бореальные виды (*Neocalanus plumchrus*, *Pseudocalanus newmani*, *Paraeuchaeta elongate*, *Gaetanus simplex*, *Thysanoessa inermis*). Не редко в этой водной массе присутствовали и южно-бореальные виды (*Metridia pacifica*, *Paracalanus parvus parvus*, *Calanus pacificus*, *Euphausia pacifica*).

В зоне смешения вод в зоопланктоне наряду с субарктическими, бореальными и южно-бореальными видами указанными выше добавились и представители характерные для субтропических вод (*Candacia bipinnata*, *Calocalanus styliremis*, *C. tenuis*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Salpa fusiformis*).

В субтропических водных массах зарегистрировано совместное присутствие видов бореального и южно-бореального комплексов с субтропическим. Из субтропических видов в этой водной массе к уже отмеченным ранее организмам присоединяются представители родов *Oncaea* sp., *Corycaeus* sp., *Scolecithrix* sp.; *Sagitella* sp., *Doliolum* sp., а также виды *Oithona plumifera*, *Pleuromamma abdominalis*, *Pleuromamma xiphias*.

В ночное время во всех водных массах в слое 200-0 м кроме пелагических видов встречались и батипелагические виды *Pleuromamma scutullata*, *Candacia columbiae*, *Heterorhabdus tanneri* и их копеподиты.

В июне 2021-2024 гг. зафиксировано смещение теплых субтропических водных масс в северном направлении, что обеспечило перенос тепла в эти районы и способствовало продвижению субтропических видов (*Oithona plumifera*, *Pleuromamma abdominalis*, *Pleuromamma xiphias*, *Salpa fusiformis*, *Candacia bipinnata*, *Sagitella* sp., *Doliolum* sp.) на север.

В мае-июле 2021-2024 гг. в северо-западной части Тихого океана разнообразный видовой состав планктонного сообщества вполне обеспечивал пищевые потребности рыб.

Общий запас планктона в июне 2021 г. составил 280056 тыс. т, в 2022 г. – 207541 тыс. т., в 2023 г. – 187100 тыс. т, в 2024 г. – 250730 тыс. т.

Н. Ю. Шоман, Е. С. Соломонова, А. И. Акимов, О. А. Рылькова
(Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь)
n-zaichencko@yandex.ru

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ ДИАТОМОВЫХ И ДИНОФИТОВЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ НА ПРИСУТСТВИЕ В СРЕДЕ ГЕРБИЦИДА ГЛИФОСАТА

Загрязнение окружающей среды в настоящее время рассматривается как серьезная проблема всего мирового сообщества как побочный эффект урбанизации и индустриализации. Одним из источников загрязнения является сельскохозяйственное хозяйство, где для повышения урожая сельскохозяйственных культур используется широкий арсенал средств химической защиты, в том числе гербициды. Глифосат на сегодняшний день является самым распространенным неселективным гербицидом системного действия и занимает первое место в мире по объемам производства и применения. Глифосат представляет собой синтетический фосфонат, который ингибирует 5-энолпирувилшикимат-3-фосфатсинтазу в пределах шикиматного метаболического пути, необходимого для производства ароматических аминокислот и роста растительной клетки. Попадая в водоемы разнообразными путями, глифосат становится потенциально опасным поллютантом для альгоценозов.

Проведено комплексное экспериментальное исследование влияния глифосата на морфологические, структурно-функциональные, цитометрические и флуоресцентные параметры микроводорослей. Показано, что водоросли разных систематических групп по-разному реагируют на воздействие глифосата. Глифосат угнетает рост диатомовых водорослей. На примере *Thalassiosira weissflogii* (Grunow) G.A. Fryxell & Hasle, 1977 и *Cyclotella caspia* Grunow, 1878 показано, что цитотоксическое действие глифосата проявляется в замедлении роста водорослей, снижении их конечной биомассы, увеличении продукции активных форм кислорода, деполяризации митохондриальных мембран, изменении морфологии ядер и других внутриклеточных органелл, снижении ферментативной активности клеток и эффективности работы фотосинтетического аппарата. Кроме того при воздействии глифосата отмечено увеличение чувствительности диатомовых водорослей к свету и снижение порога их светового ингибирования.

Противоположный эффект обнаружен при работе с динофитовыми водорослями, глифосат стимулировал их рост. Показано, что *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) Dodge, 1975 способен расти за счет глифосата как единственного источника фосфора сразу после его попадания в среду. Динофитовая водоросль *Prorocentrum micans* Ehrenberg, 1834 использует фосфор из глифосата после его минерализации бактериями. Стимулирование роста водорослей глифосатом сопряжено с повышением метаболической активности клеток и эффективности работы их фотосинтетического аппарата. Видоспецифичность микроводорослей к воздействию глифосата в природных условиях потенциально опасна изменением видовой структуры биоценозов, в частности уменьшением численности диатомовых водорослей и увеличением вклада потенциально токсичных видов динофлагеллят.

Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ ИнБЮМ №124030400057-4

**Г. В. Шурганова^{1*}, А. А. Колесников^{1,2}, А. А. Мольков^{1,3}, И. А. Кудрин¹,
И. А. Капустин^{1,3}, Г. В. Лещев¹, Е. Ю. Чебан⁴**
(¹Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского;
²Нижегородский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Нижний Новгород;
³Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород;
⁴Волжский государственный университет водного
транспорта, Нижний Новгород)
galina.nngu@mail.ru

МЕЖГОДОВАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ И СМЕРТНОСТИ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ГИДРОАГРЕГАТОВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ГЭС

Актуальность изучения многогранных и разноплановых позитивных и негативных последствий создания водохранилищ очевидна, поскольку существует большое число противоречивых мнений о роли гидростроительства и оценки его последствий [Шурганова, 2007]. Одним из существенных факторов негативного воздействия на популяции и сообщества гидробионтов, в частности на зоопланктон, является эксплуатация гидротехнических сооружений. Однако, к настоящему времени не сложилось однозначного мнения о проблеме гибели планктона в гидротурбинах ГЭС [Логинов, Гелашвили, 2016; Сорокин, 1990; Дубовская, 1987; Гладышев и др., 2003 и др.], о влиянии работы ГЭС на отдельные систематические и размерные группы зоопланктона, на показатели его смертности.

Цель данного исследования заключается в выявлении основных закономерностей травмирующего влияния низконапорной Нижегородской ГЭС на видовую структуру, количественные показатели развития, показатели смертности основных групп зоопланктона (Rotifera, Copepoda и Cladocera), а также оценке влияния факторов, их определяющих.

Исследования были проведены в летний период 2021-2024 гг. на постоянных станциях верхнего и нижнего бьефов Нижегородской ГЭС в непосредственной близости от плотины. Нижний бьеф характеризовался значительными скоростями течения, в верхнем бьефе зарегистрирована сложная система перемещения водных масс на разных глубинах.

Для выделения сообществ зоопланктона и определения роли факторов окружающей среды, был проведен анализ избыточности. Была построена матрица расстояний на основе численности видов, а также использованы данные по ряду факторов окружающей среды, наиболее значимыми из которых оказались температура, скорость течения, содержание в воде растворенного кислорода и водородный показатель. Были выделены лимнофильные планктонные сообщества, разделенные плотиной Нижегородской ГЭС и различающиеся по видовой структуре.

В результате проведенного двухфакторного анализа были выявлено статистически значимое снижение общей численности (на большем протяжении периода наблюдений) и общей биомассы зоопланктона (за весь период наблюдений) в нижнем бьефе водохранилища по сравнению с верхним. Анализ изменения численности мертвых особей показал, что в результате прохождения водных масс через турбины ГЭС не происходило значимого ее возрастания. При этом наблюдалось статистически значимое увеличение общей биомассы мертвых особей в нижнем бьефе водохранилища по сравнению с верхним, преимущественно, за счет Cladocera и, в меньшей степени, Rotifera при гибели, главным образом, крупных особей. Copepoda, в основном их науплиальные и копеподитные стадии, обнаруживали наибольшую устойчивость при прохождении через турбины ГЭС. Межгодовые изменения количественных показателей развития зоопланктона как в верхнем, так и в нижнем бьефах водохранилища были менее существенными по сравнению с их изменением под влиянием гидроагрегатов ГЭС.

Таким образом, работа гидросооружений Нижегородской ГЭС приводит к изменениям в видовой структуре сообществ зоопланктона, снижению их количественных показателей и увеличению смертности, оказывая наибольшее воздействие на ветвистоусых ракообразных.

При поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

УДК 574.583 (261.24)

С. А. Щербаков^{1,2}, Е. Е. Ежова^{1,2}, Е. К. Ланге¹

(Институт океанологии им. П. П. Шириова РАН, Москва;

²Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград)

sergey.shcherbakov@atlantic.ocean.ru

СОСТАВ ПИГМЕНТОВ И ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ И ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ ЗИМОЙ 2023 ГОДА

Сведения о зимнем фитопланктоне, в т.ч. данные *in situ* по содержанию фотосинтетических пигментов, для юго-восточной части Балтийского моря (ЮВБ) и в восточной части Финского залива (ВчФЗ) крайне ограничены и нерегулярны. Поэтому исследование таксономического состава, структуры, количественных показателей и пигментного состава фитопланктона этих районов моря важно, как для пополнения массивов данных, так и в связи с наблюдаемыми с 1985 г. климатическими трендами потепления поверхностных вод, а также возросшей с 90-х годов прошлого века вероятностью экстремально высоких поверхностных температур в зимний и летний период в 2-4 раза.

В фитопланктоне ЮВБ в декабре 2023 г. обнаружено 24 таксона микроводорослей, в ВчФЗ – 13. Биомасса фитопланктона в ЮВБ варьировала от 5 до 183 мкг/л, в среднем составляя 83 мкг/л. Доминантный комплекс по биомассе составили 8 видов из цианобактерий и диатомовых. По всей исследованной акватории ЮВБ в число доминантов входила диатомовая *Cerataulina pelagica* (3-47 тыс. кл./л, 9-134 мкг/л), наибольшего развития она достигла в самой западной части акватории, над склоном и центральной частью Гданьской впадины (ст. №1, №32). Эта диатомовая доминировала практически по всей российской акватории, лишь к востоку от Самбийского п-ва выделялся район с глубинами до 40 м (ст. №14, №12), где доминантный комплекс был представлен мелкоклеточными видами цианобактерий *Woronichinia compacta* и *Oscillatoria* spp. и диатомовой *Skeletonema marinoi*.

Обнаруженные в ВчФЗ 13 видов относились к диатомовым, зеленым, криптофитовым водорослям и цианобактериям. Биомасса фитопланктона в пределах Финского залива варьировала слабо, в среднем составляя 26 мкг/л. Доминантный комплекс в мелководном районе ВчФЗ составляли цианобактерия *Woronichinia compacta* и диатомовые *Aulacoseira islandica*, *Coscinodiscus* spp., *Melosira arctica*. В глубоководной части ВчФЗ преобладали цианобактерии *Woronichinia compacta* и *Aphanizomenon flosaquae*. Здесь кроме цианобактерий биомассу фитопланктона формировали также зеленые.

Содержание хлорофилла *a*, основного фотосинтетического пигмента всех групп фитопланктона в декабре 2023 г., было очень низким в ЮВБ, в среднем составляя $0,92 \pm 0,09$ мкг/л, максимальные значения – 1,62 мкг/л (ст. №13), наблюдались в районе прибрежной зоны Куршской косы, минимальные – 0,31 мкг/л (ст. №37) – в районе южного склона Готландской впадины, средние значения для прибрежной зоны превышали таковые на глубоководных станциях ЮВБ.

В акватории ВчФЗ содержание хлорофилла *a* варьировало от 1,0 до 1,9 мкг/л, в среднем составляя 1,4 мкг/л, так же как и в Южной Балтике содержание хлорофилла *a* в мелководных районах было выше, чем в глубоководных.

УДК 574.583

Л. В. Яныгина
(Алтайский государственный университет, Барнаул)
yan_lv@mail.ru

СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ОЦЕНКЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПИТАНИЯ РАКООБРАЗНЫХ *P. ARTEMIA*

Снижение рыбных запасов Мирового океана и внутренних вод, рост населения Земли и увеличение потребности в полноценных продуктах питания привели к существенному росту продукции аквакультуры во всем мире. Одним из факторов, способствовавших этому росту, стало использование в качестве стартовых кормов для многих объектов аквакультуры (рыб и ракообразных)

науплиусов артемии. Значимость артемии как стартового живого корма связана не только с высокой питательной ценностью и небольшими размерами науплиусов, но и с возможностью длительного хранения ее покоящихся яиц, удобством и быстротой получения рачков из цист.

Увеличение продукции аквакультуры предполагает и существенный рост объемов использования цист для производства кормов, однако обитание рачков приурочено к небольшому числу гиперсоленых водоемов, что существенно ограничивает возможности наращивания добычи цист и требует разработки новых подходов к прогнозированию их запаса. Продукция цист в водоеме зависит от ряда факторов, основными из которых являются условия среды обитания, определяющие тип размножения, и численность самок, которая в значительной мере зависит от доступности и качества трофических условий в водоеме. При этом исследования особенностей питания артемий выполнены преимущественно в лабораторных условиях. Этими работами показано, что артемия, являясь безвыборочным фильтратором, способна потреблять самые различные виды корма: микроводоросли, бактерии, дрожжи, детрит, различные отходы сельскохозяйственного производства, а в зависимости от характера потребляемой пищи различается скорость роста, выживаемость, плодовитость, что в конечном итоге влияет и на количество продуцируемых цист. Существенно меньше внимания уделялось оценке особенностей питания в естественных условиях. В работе рассмотрены перспективы и проблемы использования анализа стабильных изотопов углерода и азота для оценки особенностей питания артемии в различных водоемах Обь-Иртышского междуречья.

Работа выполнена за счет средств гранта РНФ №25-16-00099

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- | | | | | | |
|----|--------------------|--------------------------|-----|--------------------|-------------|
| 1 | Абибулаева А. Ш. | 11 | 51 | Дончик П. И. | 62 |
| 2 | Абрамова Е. Н. | 93 | 52 | Драпун И. Е. | 101 |
| 3 | Аганесова Л. О. | 12 | 53 | Дудакова Д. С. | 113 |
| 4 | Агапов А. А. | 26, 124 | 54 | Дюшков Н. П. | 20 |
| 5 | Акимов А. И. | 114, 136 | 55 | Евсеева А. А. | 52 |
| 6 | Аль-Мавали А. | 131 | 56 | Ежова Е. Е. | 73, 75, 138 |
| 7 | Аль-Абри Н. | 131 | 57 | Еремкина Т. В. | 63 |
| 8 | Ануфриева Е. В. | 14, 133 | 58 | Ермолаева Н. И. | 126 |
| 9 | Арашин С. Ю. | 15 | 59 | Жаковская З. А. | 115 |
| 10 | Артемьев Г. М. | 16 | 60 | Жихарев В. С. | 36, 53 |
| 11 | Архипов А. Г. | 20 | 61 | Журавлев М. Д. | 28 |
| 12 | Балкин А. С. | 90 | 62 | Журова Д. А. | 32, 33 |
| 13 | Басырова С. И. | 16 | 63 | Забродин Д. А. | 62 |
| 14 | Баяндина Ю. С. | 101 | 64 | Зайцева Я. А. | 107 |
| 15 | Белая Н. А. | 129 | 65 | Золотарева Т. В. | 36 |
| 16 | Белевич Т. А. | 22 | 66 | Зубова Е. М. | 23 |
| 17 | Березина Н. А. | 23 | 67 | Иванов М. В. | 128 |
| 18 | Богданова К. В. | 30 | 68 | Иванова Н. А. | 55 |
| 19 | Болотов С. Э. | 24 | 69 | Игнатенко М. Е. | 56 |
| 20 | Бонк Т. В. | 30 | 70 | Изволь И. А. | 56 |
| 21 | Бражников Е. В. | 107 | 71 | Казакова Д. М. | 57, 59, 101 |
| 22 | Бубнов В. А. | 36 | 72 | Капустин И. А. | 137 |
| 23 | Быкова С. В. | 26, 118, 120, 124 | 73 | Карасева Е. М. | 60 |
| 24 | Вежновец В. В. | 28, 29 | 74 | Кириянова А. В. | 73 |
| 25 | Вецлер Н. М. | 30 | 75 | Климова Т. Н. | 62 |
| 26 | Воденеева Е. Л. | 32, 33, 115 | 76 | Колесников А. А. | 137 |
| 27 | Воробьева Л. В. | 94 | 77 | Корбут Д. Е. | 63 |
| 28 | Воробьева О. В. | 22 | 78 | Корнева Л. Г. | 65, 108 |
| 29 | Воякина Е. Ю. | 35 | 79 | Коровчинский Н. М. | 66 |
| 30 | Гаврилко Д. Е. | 36, 53 | 80 | Косова М. В. | 46, 68 |
| 31 | Гаврилова Н. А. | 38 | 81 | Краснова Е. С. | 124 |
| 32 | Гарбазей О. А. | 45 | 82 | Кренева К. В. | 69 |
| 33 | Гареев Б. И. | 16 | 83 | Кривенко О. В. | 101, 132 |
| 34 | Гарибян П. Г. | 94 | 84 | Кривопускова Е. В. | 85 |
| 35 | Гвоздарева М. А. | 39 | 85 | Крутинская А. А. | 113 |
| 36 | Герасимов А. Г. | 107 | 86 | Крылов А. В. | 70 |
| 37 | Герасимов Ю. В. | 24 | 87 | Кудрин И. А. | 137 |
| 38 | Глущенко Г. Ю. | 41 | 88 | Кузнецова Н. А. | 88, 134 |
| 39 | Гоголева Н. Е. | 90 | 89 | Кулешова О. Н. | 101 |
| 40 | Голиков А. В. | 16 | 90 | Кулизин П. В. | 32, 33, 115 |
| 41 | Голоколенова Т. Б. | 42 | 91 | Куцанов К. В. | 72, 107 |
| 42 | Горбунов М. Ю. | 26, 44, 124 | 92 | Кучерявый А. В. | 102 |
| 43 | Губанова А. Д. | 45, 101 | 93 | Ланге Е. К. | 73, 75, 138 |
| 44 | Гусев А. А. | 91 | 94 | Лещев Г. В. | 137 |
| 45 | Дадыкин И. А. | 94 | 95 | Лобуничева Е. В. | 76 |
| 46 | Демидов А. Б. | 22 | 96 | Любина О. С. | 39 |
| 47 | Деревенская О. Ю. | 46, 68 | 97 | Лях А. М. | 78, 79 |
| 48 | Джаяни Е. А. | 48 | 98 | Ляшенко О. А. | 81 |
| 49 | Дмитриева О. А. | 49, 51, 87, 98, 109, 110 | 99 | Майор Т. Ю. | 93 |
| 50 | Довгаль И. В. | 11 | 100 | Макаревич П. Р. | 82 |

- 101 Макаренкова Н. Н. 76
- 102 Маркова В. С. 84
- 103 Масюткина Е. А. 85
- 104 Машукова О. В. 62
- 105 Мельник А. С. 87
- 106 Метревели В. Е. 88
- 107 Милютина И. А. 22
- 108 Миронюк О. А. 38
- 109 Мирсаяпова И. Ф. 16
- 110 Моисеенко В. В. 109
- 111 Мольков А. А. 137
- 112 Монашев И. В. 38
- 113 Муханов В. С. 79
- 114 Мухортова О. В. 118, 120, 124
- 115 Найденко С. В. 88
- 116 Насырова М. А. 90
- 117 Наumenко Е. Н. 91
- 118 Новиков А. А. 93
- 119 Новичкова А. А. 94
- 120 Обедиентова Е. С. 53
- 121 Охапкин А. Г. 32
- 122 Перминова А. П. 95
- 123 Петрова Т. Н. 62
- 124 Печковская С. А. 97
- 125 Плотников А. О. 56, 90
- 126 Подгорный К. А. 98
- 127 Подшивалина В. Н. 100
- 128 Полунина Ю. Ю. 57, 59, 87, 101
- 129 Полякова Н. В. 102, 128
- 130 Попова А. М. 104
- 131 Пospelова Н. В. 84
- 132 Прокопчук И. П. 105
- 133 Радченко К. В. 88
- 134 Разова Л. Ф. 107
- 135 Рак А. Н. 94
- 136 Ралдугина А. О. 70
- 137 Рауэн Т. В. 12, 79
- 138 Рылькова О. А. 114, 136
- 139 Сабиров Р. М. 16
- 140 Сабитова Р. З. 70
- 141 Самотой Ю. В. 62
- 142 Сарапкин А. Ю. 36
- 143 Сахарова Е. Г. 108
- 144 Севостьянова Е. А. 109
- 145 Селиванова Е. А. 123
- 146 Семенова А. С. 49, 51, 98, 100, 109, 110, 118
- 147 Сербин А. С. 62
- 148 Сиделев С. И. 117
- 149 Скарлато С. О. 97, 112
- 150 Смирнова К. А. 113
- 151 Соломонова Е. С. 114, 136
- 152 Старцева Н. А. 115
- 153 Сухонин Н. В. 117
- 154 Тарасова Н. Г. 118, 120, 124
- 155 Телеш И. В. 121
- 156 Тепнин О. Б. 30
- 157 Терентьев П. М. 23
- 158 Терешина М. А. 53
- 159 Троицкий А. В. 22
- 160 Тынников О. А. 123
- 161 Уманская М. В. 26, 124
- 162 Унковская Е. Н. 46, 68
- 163 Феттер Г. В. 126
- 164 Филатова Н. А. 97
- 165 Форина Ю. Ю. 95
- 166 Хлопко Ю. А. 56
- 167 Цветков А. И. 118
- 168 Целищева Е. М. 127
- 169 Цуканова К. Н. 128
- 170 Цупикова Н. А. 109
- 171 Чебан Е. Ю. 137
- 172 Чернова Е. Н. 115, 129
- 173 Чертопруд Е. С. 93, 94
- 174 Чесалин М. В. 131
- 175 Чесалина Т. Л. 131
- 176 Чурилова Т. Я. 132
- 177 Шабуров А. Ю. 30
- 178 Шадрин Н. В. 14, 133
- 179 Шарагина Е. М. 32, 33
- 180 Шарафутдинова Д. Н. 93
- 181 Шартон А. Ю. 87
- 182 Шебанова М. А. 88, 134
- 183 Шевелева Н. Г. 100
- 184 Шерышева Н. Г. 120, 124
- 185 Шкиль Ф. Н. 70
- 186 Шнар В. Н. 20
- 187 Шоман Н. Ю. 114, 136
- 188 Шурганова Г. В. 53, 137
- 189 Щербаков С. А. 73, 138
- 190 Юрикова Д. А. 16
- 191 Юрчак М. Ю. 102
- 192 Яковенко В. А. 14, 133
- 193 Яныгина Л. В. 139
- 194 Яценко-Степанова Т. Н. 56

Научное издание

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
V ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«Актуальные проблемы планктонологии»
с таксономическим тренингом
для молодых ученых**

**8-12 сентября 2025 г.
г. Светлогорск
(Калининградская область)**

Подписано в печать 21.07.2025 г. Формат 60х84/16. Уч.-изд. л. 10,5. Печ. л. 8,9.
Тираж 100 экз. Заказ № 38

Издательство федерального государственного бюджетного
Образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
236022, Калининград, Советский проспект, 1