



ВЛАДИМИР ЯКОВЛЕВИЧ ЛЕВАНИДОВ
(20.03.1913 – 5.11.1981)

FAR EASTERN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF THE EAST ASIA
TERRESTRIAL BIODIVERSITY
PRIMORSKY BRANCH OF THE HYDROBIOLOGICAL SOCIETY
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

VLADIMIR YA. LEVANIDOV'S BIENNIAL MEMORIAL MEETINGS

Issue 10

Vladivostok, March 20–22, 2023

Vladivostok
2023

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
БИОРАЗНООБРАЗИЯ НАЗЕМНОЙ БИОТЫ ВОСТОЧНОЙ АЗИИ
ПРИМОРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Выпуск 10

Владивосток, 20–22 марта 2023 г.

Владивосток
2023

УДК 577.472(16) (571.6)

Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 10. – Владивосток: ИП Сердюк О.А., 2023. – 320 с. ISSN 2658-3267 (Print), 2658-5634 (Online).

В сборник включены 27 статей участников десятых чтений памяти В.Я. Леванидова (20–22 марта 2023 г.) – сотрудников ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии, Института водных и экологических проблем, Института биологических проблем Севера, Тихоокеанского института географии и его Камчатского филиала ДВО РАН, Института экологии Волжского бассейна, Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Института проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН, Института водных и экологических проблем, Лимнологического института СО РАН, Тихоокеанского, Сахалинского и Байкальского филиалов ВНИРО, а также Иркутского государственного университета.

В представленных статьях на современном уровне освещены проблемы пресноводной гидробиологии и ихтиологии, которые в свое время разрабатывал В.Я. Леванидов, рассмотрены вопросы биоразнообразия пресноводных организмов Евразии. Показаны современное состояние и перспективы изучения экосистем рек и озёр. Приведены данные по фауне, систематике, биологии и распространению амфибиотических насекомых, ракообразных, моллюсков, пресноводных рыб, а также флоре водорослей.

Книга будет интересна и полезна гидробиологам, ихтиологам, гидроэнтомологам, альгологам, специалистам природоохранных и рыбохозяйственных организаций, а также преподавателям и студентам биологических факультетов вузов.

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings. Vol. 10. – Vladivostok: IP Serdyuk O.A., 2023. – 320 p. ISSN 2658-3267 (Print), 2658-5634 (Online)

The book includes 27 papers of 10th Conference in memory of V. Ya. Levanidov in March 20–23, 2023. The problems of freshwater hydrobiology and ichthyology, had been previously developed by V. Ya. Levanidov, with the aspects of biodiversity of freshwater organisms are discussed in the book on a high scientific level. The nowadays knowledge and perspectives in investigation of the rivers and lake ecosystems are shown. The data on fauna, systematics, biology, diversity of the amphibiotic insects, crustacea, mollusks, freshwater fishes and on flora of freshwater algae are given.

This volume will be useful and interesting to a wide range of specialists including hydrobiologists, ichthyologists, hydro-entomologists, algologists and also to the students and teachers of the biological faculties at the universities.

Редакторы: д.б.н. Е.А. Макарченко (отв. редактор), академик РАН В.В. Богатов,
д.б.н. Т.М. Тиунова, д.б.н. В.А. Тесленко, к.б.н. Л.А. Медведева, к.б.н. Т.В. Никулина,
к.б.н. Е.М. Саенко

Рецензенты: д.б.н., профессор А.С. Лелей, д.б.н. А.Ю. Звягинцев

Издано по решению Учёного совета ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН
при финансовой поддержке Дальневосточного отделения РАН

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.01>

<https://elibrary.ru/iytwea>

РОЛЬ СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ БИОМОНИТОРИНГЕ РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Д.В. Андреева, Л.М. Кондратьева

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Дикопольцева, 56, г. Хабаровск, 680 000, Россия.
E-mail: freckles2008@yandex.ru

Биомониторинг является одним из важных этапов последовательного изучения устойчивого развития водных экосистем и их биологического разнообразия. На фоне глобального воздействия на гидросферу возникает потребность в выборе приоритетных показателей и методов определения экологического риска при загрязнении речных экосистем. Вновь поступающие вещества вовлекаются в сложные биогеохимические процессы в толще воды, мигрируют в составе взвесей или оседают на дно. В период ледостава особое место занимают криогенные биохимические процессы, происходящие во льдах. Микробиологические исследования р. Амур в районе г. Хабаровска показали, что качество воды существенно отличалось в зимний период. В подледной воде и льдах, отобранных у берегов, на протяжении многих лет регистрируется разный состав органических веществ (ОВ). После наводнений (2013, 2019 гг.) в отдельных слоях льда зафиксирована высокая численность сульфатредуцирующих бактерий, влияющих на динамику трансформации природных и антропогенных веществ. Это связано с тем, что в районе г. Хабаровска в период формирования ледового покрова, вдоль левого берега распространяются гумифицированные ОВ, поступающие из Зейского и Бурейского водохранилищ при технологических сбросах воды и с затопляемой поймы, а вдоль правого берега – воды, загрязненные ОВ преимущественно антропогенного характера. Многолетние исследования потенциальной активности сульфатредуцирующих бактерий в Амуре и его протоках (Амурская, Пемзенская) позволяют прогнозировать формирование сероводородных зон и вероятность метилирования ртути при широком диапазоне температур. Показатель устойчивости криомикробоценозов к высоким концентрациям ртути можно использовать для ретроспективной оценки экологического риска ртутного загрязнения рек в период ледостава.

THE ROLE OF SULFATE-REDUCING BACTERIA IN BIOMONITORING OF RIVER ECOSYSTEMS

D.V. Andreeva, L.M. Kondratyeva

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, 56 Dikopoltsev St., Khabarovsk, 680 000, Russia.
E-mail: freckles2008@yandex.ru

Biomonitoring is one of the important stages in the consistent study of the sustainable development of aquatic ecosystems and their biological diversity. Against the background of the global impact on the hydrosphere, there is a need to select priority indicators and methods for determining the environmental risk in case of pollution of river ecosystems. Newly arriving substances are involved in complex biogeochemical processes in the

water column, migrate as part of suspensions, or settle to the bottom. During the freezing period, a special place is occupied by cryogenic biochemical processes occurring in ice. Microbiological studies of the Amur River near the city of Khabarovsk showed that the water quality differed significantly in winter. In the under-ice water and ice sampled off the coast, a different composition of organic matter (OM) has been recorded for many years. After the floods (2013, 2019), a high number of sulfate-reducing bacteria was recorded in individual ice layers, which affect the dynamics of the transformation of natural and anthropogenic substances. This is due to the fact that in the area of Khabarovsk, during the period of ice cover formation, humified OM spreads along the left bank, coming from the Zeya and Bureya reservoirs during technological discharges of water and from the floodplain, and along the right bank – waters contaminated with OM, mainly anthropogenic character. Long-term studies of the potential activity of sulfate-reducing bacteria in the Amur and its channels (Amurskaya, Pemzenskaya) make it possible to predict the formation of hydrogen sulfide zones and the likelihood of mercury methylation over a wide temperature range. The indicator of resistance of cryomicrobial communities to high concentrations of mercury can be used for a retrospective assessment of the environmental risk of mercury pollution of rivers during the freeze-up period.

Введение

Важнейшей составляющей экологического мониторинга окружающей среды является биомониторинг – система наблюдений, оценки и прогноза различных изменений в речных экосистемах, через ответные реакции отдельных видов, популяций или сообществ организмов, вызванных природными и антропогенными факторами. Биомониторинг делает возможной прямую оценку качества среды и является одним из уровней последовательного процесса изучения устойчивого развития экосистем. Экологическое состояние водных экосистем можно оценить по химическому составу воды, взвешенных веществ, донных отложений и льда, а также по гидробиологическим показателям. При мониторинге пресноводных экосистем возрастает роль комплексных работ, в которых одновременно привлекаются несколько групп гидробионтов (Barinova et al., 2015). Благодаря таким работам стало возможным провести ранжирование гидробионтов «по чувствительности» к уровню токсичности водной среды: инфузории > цериодафнии > дафнии > гидры > макрофиты > личинки лягушек > рыбы. Кроме исследования численности и структуры популяций, сообществ используются биохимические и физиологические характеристики планктонных и бентосных организмов. Однако менее всего внимания уделяется микроорганизмам – редуцентам, которые поддерживают баланс в продукционно-деструкционных процессах экосистем.

Микроорганизмы являются биоиндикаторами, которые наиболее быстро реагируют на изменение окружающей среды. Их численность и активность находятся в прямой взаимосвязи с составом органических веществ (ОВ) в среде, так как микроорганизмы осуществляют процессы трансформации и деструкции этих веществ при разном сочетании абиотических факторов. При евтрофировании водных экосистем вовлечение ОВ в биогеохимические процессы сопровождается активным потреблением кислорода и процессом сульфатредукции в придонных слоях воды и донных отложениях, в котором принимают участие сульфатредуцирующие бактерии (Леонов, Чичерина, 2008; Соколова, 2010; Muylzer, Stams, 2008). В результате активизации процессов сульфатредукции ухудшается санитарно-экологическая обстановка на отдельных участках реки за счет образования сероводородных зон, что оказывает негативное влияние на жизнедеятельность гидробионтов, часто приводя к их массовой гибели (Титова и др., 2017). Кроме участия в глобальных биогеохимических циклах серы и углерода, сульфатредуцирующие микроорга-

низмы играют существенную роль в изменении биодоступности и повышении токсичности ртути при ее переходе в метилированную форму. На примере представителей родов *Desulfovibrio* и *Desulfomicrobium* было показано, что продукция метилртути в природных экосистемах зависит от присутствия у бактерий генов, кодирующих восстановление сульфата (Roh et al., 2006). Микроорганизмы, участвующие в метилировании ртути, занимают разнообразные экологические ниши, включая пресноводные экосистемы, тропические и арктические моря, подземные воды, болота, многолетнюю мерзлоту и почвы рисовых полей, на которых часто используют ртутьсодержащие пестициды (Gilmour et al., 2013). Они обеспечивают глобальные масштабы метилирования ртути как в аэробных условиях, так и при лимите кислорода (Shao et al., 2012; Petrus et al., 2015; Podar et al., 2015). В результате биогеохимических процессов, включая микробиологическую деструкцию растительных остатков и гуминовых веществ почв, происходит метилирование ртути, возрастают ее миграционная способность и интенсивность накопления гидробионтами. Эффект накопления ртути в разных органах организмов различного трофического уровня проявляется в виде пролонгированных рисков даже при ее низких концентрациях в среде обитания (Sonne et al., 2007; Zhao et al., 2018).

Во многих регионах экологический мониторинг проводится только в период открытой воды, крайне редко определяется качество воды во время ледостава. Однако, лед является важным компонентом речных экосистем и в нем происходят сложные криогенные процессы. Неоднородность химического состава речного льда – интегральный результат целого комплекса фундаментальных факторов льдообразования (Махинов и др., 2018). В толще льда происходит трансформация органических веществ и изменение миграционной способности многих элементов (Кипер и др., 2017). Специфическая роль принадлежит микробным сообществам – криомикробоценозам (КМ). Они участвуют в деструкции автохтонных и аллохтонных органических веществ (ОВ), содержащихся в воде и взвеси, способствуют миграции биогенных элементов, влияют на изменение структуры биоценозов и выступают в качестве индикаторов антропогенного загрязнения водных экосистем. Послойное исследование кернов льда позволяет проанализировать динамику качества воды в водных экосистемах в период ледостава, зафиксировать случаи аварийных поступлений токсичных веществ, вероятность их миграции и трансформации не только в водной среде, но и в толще льда.

Биоиндикационная роль криомикробоценозов была показана при оценке характера загрязнения р. Амур в районе г. Хабаровска в период ледостава 2000–2001 гг. Были выявлены ярко выраженные ответные реакции микроорганизмов на комплексное воздействие различных природных и антропогенных факторов: биогенных (развитие водорослей в контактной зоне вода-лед) и abiогенных (присутствие во льдах токсичных примесей ОВ и тяжелых металлов) (Кондратьева, 2010).

Впервые трансграничное загрязнение р. Амур в период ледостава было доказано в 2005 г. после техногенной аварии в Китае. Высокая численность гетеротрофных бактерий (ГБ) была установлена у правого берега в зоне влияния стока р. Сунгари в слоях льда, где были сосредоточены ароматические углеводороды (Кондратьева, Фишер, 2012). Установлены корреляционные связи между характером загрязнения воды и льда летучими ОВ и присутствием криомикробоценозов.

Изменение общей численности ГБ, наряду с высокой численностью СРБ часто обусловлено высоким содержанием ОВ в воде, принимающей участие в формировании конкретного слоя льда. Особое место занимает речной детрит, который способствует развитию СРБ в толще льда. Установлено, что содержание детрита

в толще льда повышается во время зимних сбросов гумифицированных вод из Зейского и Бурейского водохранилищ (Андреева, Кондратьева, 2019). Подтверждение было получено в период ледостава 2013–2014 гг. после крупного наводнения. Существенное увеличение численности СРБ обнаружили в керне льда, отобранном у правого берега. Максимальная численность СРБ была отмечена у левого берега в слое льда 70–117 см с высоким содержанием детрита.

Исследования биогеохимических процессов с участием сульфатредуцирующих бактерий, происходящих в контактных зонах вода–дно и вода–лед чрезвычайно актуальны для оценки экологического состояния водных экосистем и прогнозирования возможных экологических рисков, особенно в период ледостава. Известно, что формирование ледяного покрова происходит постепенно, и в процессы криогенеза вовлекаются природные воды различного состава. Поэтому наиболее информативным является послойное исследование льдов. Это позволяет проанализировать не только динамику качества воды в период ледостава, но и зафиксировать случаи аварийных поступлений токсичных веществ, вероятность их трансформации не только в водной среде, но и непосредственно в толще льда.

Цель работы: показать биоиндикационную роль сульфатредуцирующих бактерий в многолетнем мониторинге загрязнения р. Амур органическими веществами в период ледостава.

Материалы и методы

Бассейн р. Амур представляет собой крупнейшую трансграничную систему, расположенную на территории России, Китая, Монголии и КНДР. Долина Амура образовалась в результате эрозионных процессов, общее направление которых обусловлено тектоническими процессами. По особенностям ее строения выделяют три основных участка: Верхний Амур (до устья Зеи, его длина 883 км), Средний (до впадения Уссури, 995 км) и Нижний (до Амурского лимана, 966 км). В долине Нижнего Амура русло реки подвергается наиболее сильному антропогенному воздействию особенно вблизи городов Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре и Амурск. В бассейне р. Сунгари, самого крупного притока Амура, введен в строй комплекс гидротехнических сооружений, включающий в себя водохранилища различного назначения, построены целлюлозно-бумажные, химические и нефтехимические предприятия, освоены заболоченные земли. Это способствует поступлению в р. Амур значительного количества органических веществ различного происхождения, биогенных и токсичных элементов.

Лед отбирали кольцевым буром с внутренним диаметром 16 см в периоды ледоставов 2012–2019 гг. во время комплексных экспедиций сотрудников лаборатории гидрологии и гидрогеологии Института водных и экологических проблем ДВО РАН. Для химического и микробиологического анализов использовали расплавы разных слоев льда, отобранного по поперечному профилю р. Амур в районе железнодорожного моста г. Хабаровск и в крупных протоках (Амурская, Пемзенская). Толщину слоев льда оценивали по его гетерогенности: прозрачность, мутность, присутствию примесей и др. Численность культивируемых гетеротрофных бактерий (КГБ) определяли методом предельных разведений на агаризованной питательной среде (рыбо-пептонный агар разбавленный в 10 раз), а сульфатредуцирующих бактерий (СРБ) методом глубинного посева 1 мл расплава льда в агаризованную среду Постгейта. Активность роста и адаптацию СРБ к ртутному загрязнению оценивали по изменению оптической плотности (ОП) культуральной жидкости

при 600 нм на фотометре КФК-3-01. Культивирование проводили в жидкой среде с лактатом Са. В качестве добавки вносили водорастворимую соль ртути ($HgNO_3$) в концентрациях 0,0005 (Hg1) и 0,001 мг/л (Hg2). Суммарное содержание растворенных ОВ в расплавах льда, после отделения взвесей определяли спектрофотометрическим методом при 254 нм (Shimadzu UV-3600) и выражали в виде спектрального коэффициента абсорбции (SAC254, ед. абс.). Анализы выполнены в Центре коллективного пользования научным оборудованием при ИВЭП ДВО РАН.

Результаты и обсуждение

Сульфатредуцирующих бактерий традиционно считали индикаторами лимита кислорода и образования сероводородных зон в придонных слоях воды, особенно в водоемах со стоячей или слабо проточной водой (озера, водохранилища, болота). Однако СРБ могут развиваться при различном содержании кислорода, они способны использовать сульфаты как акцепторы водорода, а донорами электронов органические соединения – лактат, ацетат, пропионат, бутират, формиат, этанол, высшие жирные кислоты. Многие из них образуются при разложении растительного детрита.

При микробиологическом исследовании льда в р. Амур, Амурской и Пемзенской протоках в течение трех лет (2017–2019 гг.) была показана его высокая гетерогенность по распределению органических веществ и численности индикаторных групп микроорганизмов. В Амурской и Пемзенской протоках высокую численность сульфатредуцирующих и гетеротрофных микроорганизмов наблюдали в нижних слоях льда по всему поперечному профилю водотоков. В Амурской протоке максимальная численность СРБ зафиксирована в 2019 г. в нижних слоях льда у правого берега и на середине протоки. Следует отметить, что высокая численность микроорганизмов всегда коррелировала с высоким содержанием растворенных ОВ в слоях льда (табл. 1). В Пемзенской протоке максимальная численность индикаторных групп микроорганизмов также зарегистрирована в 2019 г., но у левого берега в нижних слоях льда на фоне высокого содержания растворенных ОВ (табл. 1). Это свидетельствует об особенностях пространственного распространения органических веществ с водными массами в этих протоках в период формирования ледового покрова. Согласно проведенным исследованиям характер загрязнения льда в р. Амур существенно отличался по годам, по поперечному профилю (от левого до правого берега) и по слоям (табл. 2). Причем, содержание органических веществ, численность СРБ и КГБ были намного выше, чем в протоках. Так в 2017 г. выделялся нижний слой (59–75 см) из керна льда, отобранного у правого берега р. Амур. В этом слое льда зарегистрировано высокое содержание растворенных ОВ и высокая численность КГБ. В 2018 г. максимальная численность СРБ и КГБ зарегистрирована в поверхностных и средних слоях керна льда, отобранного у левого берега р. Амур. У правого берега выделялся средний слой (40–60 см) с высокой численностью индикаторных организмов и высоким содержанием растворенных ОВ. В 2019 г. в керне льда, отобранном у правого берега р. Амур ниже железнодорожного моста, были обнаружены слои льда (59–75, 76–92 см) с максимальной численностью сульфатредуцирующих, гетеротрофных бактерий и с высоким содержанием растворенных ОВ (табл. 2). В этих расплавах льда присутствовали частицы детрита, которые обеспечивали микробные комплексы значительным содержанием органических веществ различного строения. При активизации процессов деструкции ОВ формировались условия для развития сульфатредуцирующих бактерий. Можно предположить, что в 2019 г. в период формирования ледового покрова вдоль правого берега в районе

Таблица 1

Численность эколого-физиологических групп микроорганизмов и содержание растворенных органических веществ во льдах Амурской и Пемзенской проток

Места отбора проб	Слой, см	СРБ, КОЕ/мл	КГБ, КОЕ/мл	Содержание ОВ, ед. абс.
2017 г. Амурская протока				
Правый берег	0–12	78,0	160,2	0,068
	13–106	74,7	145,3	0,075
Середина	0–15	58,7	230,6	0,168
	15–98	98,2	310,8	0,235
	98–107	120,3	425,3	0,508
Левый берег	0–25	132,7	330,2	0,378
	51–90	41,3	120,5	0,158
	91–96	174,7	410,5	0,450
2018 г. Амурская протока				
Правый берег	0–15	125,2	258,3	0,213
	40–80	156,0	270,2	0,256
Середина	0–15	167,3	210,0	0,278
	80–100	180,4	295,3	0,312
Левый берег	0–15	135,2	217,2	0,184
	60–80	268,4	356,3	0,352
2019 г. Амурская протока				
Правый берег	0–20	223,2	362,2	0,259
	50–70	406,0	470,4	0,412
Середина	0–20	242,3	325,3	0,265
	40–60	376,4	472,2	0,346
Левый берег	0–20	187,4	286,2	0,112
	60–90	268,2	295,3	0,254
2017 г. Пемзенская протока				
Правый берег	0–20	356,0	473,5	0,250
	37–52	586,3	625,0	0,302
	79–100	732,0	815,2	0,421
Середина	0–20	236,2	284,0	0,126
	20–40	278,4	327,5	0,157
	40–70	325,0	386,4	0,221
Левый берег	0–25	234,2	295,2	0,282
	26–35	376,0	421,6	0,324
	36–70	558,4	624,3	0,382
2018 г. Пемзенская протока				
Правый берег	0–15	257,0	350,0	0,125
	30–70	545,0	736,0	0,475
Середина	0–15	312,2	383,3	0,231
	40–70	375,0	420,0	0,289
Левый берег	0–15	382,0	512,0	0,359
	30–60	760,0	875,0	0,578
2019 г. Пемзенская протока				
Правый берег	0–20	342,3	475,7	0,326
	30–70	575,2	936,2	0,563
Середина	0–20	254,2	325,3	0,235
	40–70	415,3	530,5	0,412
Левый берег	0–20	557,2	673,5	0,557
	30–60	836,2	1256,2	0,874

Таблица 2

Численность эколого-физиологических групп микроорганизмов и содержание растворенных органических веществ во льдах р. Амур ниже ж/д моста г. Хабаровска

Места отбора проб	Слой, см	СРБ, КОЕ/мл	КГБ, КОЕ/мл	Содержание ОВ, ед. абс.
2017 г.				
Правый берег	0–31	1185,3	1357,3	0,598
	32–58	2518,0	2945,8	0,640
	59–75	3506,3	3925,3	0,782
Середина	0–25	1373,7	1542,3	0,525
	26–50	1388,3	1568,4	0,558
	78–98	45,7	123,0	0,093
Левый берег	0–28	747,7	1045,2	0,352
	51–62	147,3	267,4	0,220
	76–90	47,3	65,2	0,102
2018 г.				
Правый берег	0–20	256,2	452,0	0,075
	40–60	2560,0	3730,0	0,685
	70–90	286,5	358,2	0,080
Середина	0–20	270,5	410,0	0,083
	30–60	322,4	492,3	0,088
	70–80	436,4	585,2	0,090
Левый берег	0–20	3754,2	5260,0	0,720
	30–50	5325,0	6895,3	0,815
	60–80	448,2	565,0	0,089
2019 г.				
Правый берег	0–30	265,3	133,3	0,035
	31–58	348,7	466,7	0,050
	59–75	25 500,0	76 666,7	0,850
	76–92	32 000,0	63 000,0	0,734
	93–110	87,7	220,0	0,045
Середина	0–20	125,7	85,3	0,076
	66–85	< 10,0	не обн.	0,054
	86–104	не обн.	не обн.	0,040
	100–110	40,0	не обн.	0,065
Левый берег	0–10	15,3	26,7	0,076
	30–35	235,7	1190,0	0,320
	36–50	318,3	503,3	0,108
	51–58	1585,7	2333,3	0,543
	59–83	218,3	226,7	0,095
	84–115	21,7	36,7	0,045

железнодорожного моста распространялись сточные воды г. Хабаровска, возможно незарегистрированного аварийного сброса. Также это может быть связано с трансграничным поступлением загрязненных органическими стоками вод р. Сунгари с высокой численностью гетеротрофных микроорганизмов. Значительную долю среди них составляли сульфатредуцирующие бактерии, способные продуцировать сероводород в толще льда. По сравнению с керном льда, отобранным в р. Амур у правого берега, на середине реки встречался самый чистый лед. Именно на середине реки в период формирования ледового покрова в течение длительного времени наблюдали минимальное содержание органических веществ. Фактически в течение

всего периода формирования толщи льда от 66 до 110 см за счет вод Верхнего и Среднего Амура, в нем отсутствовали гетеротрофные бактерии и крайне редко встречались единичные клетки СРБ.

Микробиологическая индикация ртутного загрязнения

Многолетние исследования льда в р. Амур показали, что кроме послойного изменения его химического состава, в толще льда наблюдали неравномерное распределение устойчивых к тяжелым металлам микроорганизмов. Установлена связь между численностью отдельных групп криомикробоценозов (КМ), загрязнением льда азотсодержащими ОВ, ароматическими соединениями фенольного ряда и ионами тяжелых металлов (Кондратьева, 2010; Кондратьева и др., 2018). Ранее повышенная резистентность КМ к ионам ртути была отмечена на трансграничном участке р. Амур ниже устья р. Сунгари (правобережный приток с территории КНР). По данным китайских исследователей в этой реке неоднократно фиксировали ртутное загрязнение (Zhang et al.. 2010). Гетеротрофные бактерии, выделенные из льда в зоне влияния речного стока с китайской территории, были устойчивыми к высоким концентрациям солей ртути, свинца и кадмия (до 0,1 г/л). На контрольном створе выше стока р. Сунгари рост КМ ингибировали более низкие концентрации этих металлов (0, 001 г/л).

После наводнения 2013 г. максимальным адаптационным потенциалом к ртутному загрязнению отличались криомикробоценозы из слоя льда 70–117 см, отобранного в основном русле реки Амур в 272 м от левого берега, где распространяются воды левобережного притока – реки Буреи. Следует отметить, что в этом слое льда с повышенным содержанием детрита, была установлена максимальная концентрация ртути. Рост КМ на лактате в присутствии ртути (0,0005 и 0,001 мг/л) фактически не отличался от контрольного варианта. На других участках основного русла реки Амур рост КМ на лактате был слабее, однако ингибирования ртутью не наблюдали. В Пемзенской протоке при более низком содержании растворенных ОВ установлена максимальная численность КГБ и высокая численность СРБ в слое льда 60–85 см, сопоставимая с численностью в уникальном слое льда в основном русле Амура. Это может быть связано с тем, что часть водных масс р. Амур поступает в Пемзенскую протоку.

Интересная закономерность отмечена при исследовании льда в Амурской протоке, в которую поступает сток реки Уссури с территории КНР. Содержание ОВ в расплавах льда было сопоставимым с их показателями в расплавах льда Пемзенской протоки. Однако был выявлен феномен ртутного стимулирования роста на лактате КМ из поверхностного слоя льда, отобранного у правого берега, при обеих концентрациях ртути. Ранее неоднократно фиксировали повышенное содержание ртути в воде именно у правого берега, на нем расположены рисовые поля, которые могут обрабатываться ртутьсодержащими пестицидами. Такая реакция стимулирования роста КМ повышенными концентрациями ртути может быть связана с хроническим загрязнением Амурской протоки.

Исследования, проведенные в период ледостава 2018–2019 гг. показали, что в зависимости от местообитания, криомикробоценозы оказались в различной степени устойчивыми к выбранному диапазону концентраций ртути 0,0005–0,001 мг/л (рис. 1). Эти концентрации ртути ингибировали рост криомикробоценозов из всех кернов льда, отобранных по поперечному профилю Пемзенской протоки (рис. 1А), но фактически не оказывали влияния на резистентность СРБ из разных слоев льда

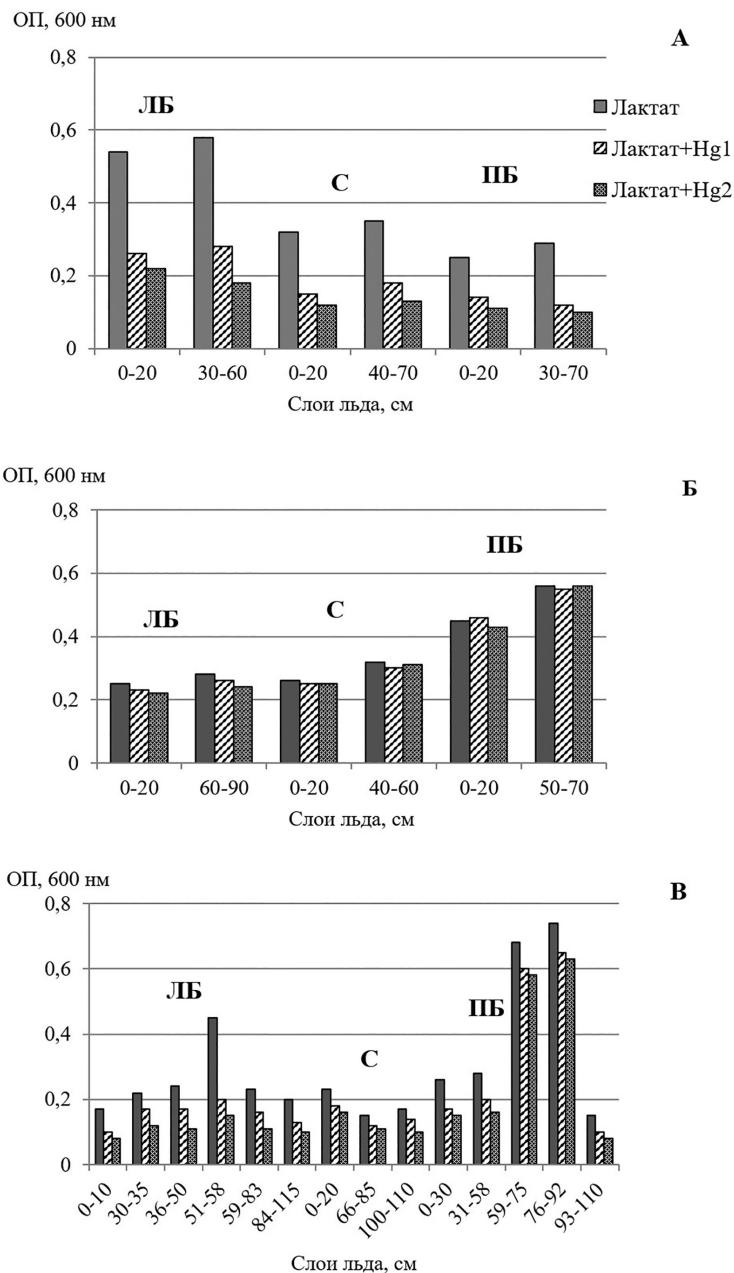


Рис. 1. Руттерезистентность сульфатредуцирующих бактерий из разных слоев льда Хабаровского водного узла: А – Пемзенская протока; Б – Амурская протока; В – р. Амур ниже ж/д моста г. Хабаровск (ЛБ – левый берег, С – середина, ПБ – правый берег).

в Амурской протоке (рис. 1Б). Причем в керне льда, отобранном у правого берега, подтверждена повышенная активность СРБ на лактате, а устойчивость ко ртути была выше, чем в других кернах. В основном русле р. Амур повышенной устойчивостью к загрязнению ртутью обладали СРБ из керна льда, отобранного у правого берега в слоях льда 59–92 см (рис. 1В). В этом случае эффект устойчивости к ртутному загрязнению может быть связан с влиянием стока Амурской протоки (фактически р. Уссури) и водных масс, распространяющихся в период формирования ледового покрова из р. Сунгари.

Согласно проведенным исследованиям микробиологическая индикация позволяет определить загрязнение водных масс в период формирования ледового покрова ОВ различного строения и ионами тяжелых металлов, включая токсичную ртуть. Экспериментальные данные показали, что ртуть в выбранном диапазоне концентраций (0,0005–0,001 мг/л) способна оказывать влияние на развитие СРБ на субстратах растительного генезиса, в частности на лактате. В зависимости от места отбора кернов льда, соли ртути могут ингибировать или стимулировать активность сульфатредуцирующих бактерий, в зависимости от их адаптационного потенциала к хроническому ртутному загрязнению.

Заключение

Учитывая трансграничный характер проблемы ртутного загрязнения р. Амур, следует расширить программу совместного российско-китайского мониторинга, включая период ледостава. Необходимо проводить послойное исследование льда не только в основном русле р. Амур, а также в Амурской протоке, на качество воды в которой влияет сток реки Уссури.

Сульфатредуцирующие бактерии донных отложений и толщи льда рекомендуется использовать для сезонного мониторинга загрязнения водных экосистем промышленными стоками с высоким содержанием органических веществ и токсичных элементов, включая ртуть.

Согласно результатам многолетнего мониторинга состояния толщи льда в районе Хабаровского водного узла установлена повышенная устойчивость сульфатредуцирующих бактерий к содержанию ртути в пределах 5–10 ПДК. Максимальной устойчивостью отличались криомикробоценозы в период формирования средних слоев льда в основном у правого берега под влиянием стока рек Сунгари и Уссури. Устойчивость СРБ к ртутному загрязнению определяет возможность их участия в метилировании ртути в донных отложениях и льдах, изменению ее подвижности и токсичности для гидробионтов, повышению уровня экологического риска.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема: Динамика природных и природно-хозяйственных систем в условиях освоения Приамурья и Приохотья, № 121021 500 060-4).

Литература

- Андреева Д.В., Кондратьева Л.М. 2019.** Сульфатредуцирующие бактерии – индикаторы экологического состояния реки Амур // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 8. С. 5–13.
- Кипер Р.А., Кондратьева Л.М., Голубева Е.М. 2017.** Биогеохимические аспекты условий метилирования ртути во льдах реки Амур // Криосфера Земли. Т. XXI. № 2. С. 25–32.
- Кондратьева Л.М. 2010.** Геоэкологические исследования речного льда // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. № 6. С. 511–520.
- Кондратьева Л.М., Фишер Н.К. 2012.** Микробиологические исследования льдов рек Амур и Сунгари // Криосфера Земли. Т. XVI. № 1. С. 82–93.
- Кондратьева Л.М., Андреева Д.В., Голубева Е.М. 2018.** Факторы, влияющие на процессы сульфатредукции и метилирования ртути во льдах реки Амур // Лед и снег. Т. 58. № 1. С. 105–116.
- Леонов А.В., Чичерина О.В. 2008.** Сульфатредукция в природных водоемах. 1. Влияние факторов среды и измеренные скорости процесса // Водные ресурсы. Т. 35. № 4. С. 438–455

- Махинов А.Н., Ким В.И., Матвеенко Д.В.** 2018. Строение и многолетняя динамика ледяного покрова в нижнем течении реки Амур // Лёд и снег. Т. 58. № 1. С. 117–126.
- Соколова Е.А.** 2010. Влияние температуры на развитие сульфатредуцирующих бактерий в экспериментальных и полевых условиях в зимний период // Сибирский экологический журнал. № 6. С. 865–869.
- Титова К.В., Косятская Н.М., Жибарева Т.А.** 2017. Процесс сульфатредукции в пресноводных озерах (Белое, Нижнее, Святое) Коношского района Архангельской области // Вестник Московского гос. областного ун-та. Серия: Естественные науки. № 4. С. 123–134.
- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Kondratieva L.M., and Shesterkin V.P.** 2015. Bio-indication in the Amur River, Russian Far East // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. V. 6(1) P. 1171–1187.
- Gilmour C.C., Podar M., Bullock A.L., Graham A.M., Brown S.D., Somenahally A.C., Johs A., Hurt Jr. R.A., Bailey K.L., Elias D.A.** 2013. Mercury methylation by novel microorganisms from new environments // Environmental Science and Technology. Vol. 47. N 20. P. 11 810–11 820.
- Muyzer G., Stams A.** 2008. The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria // Nature reviews microbiology. Vol. 6. P. 441–454.
- Petrus A., Rutner C., Liu S., Wang Y., Wiatrowski H.** 2015. Mercury reduction and methyl mercury degradation by the soil bacterium *Xanthobacter autotrophicus* Py2 // Applied and Environmental Microbiology. Vol. 81(22). P. 7833–7838.
- Podar M., Gilmour C.C., Brandt C.C., Soren A., Brown S.D., Crable B.R., Palumbo A.V., Somenahally A.C., Elias D.A.** 2015. Global prevalence and distribution of genes and microorganisms involved in mercury methylation // Science Advances. Vol. 1. N 9. P. 1–12.
- Roh Y., Gao H., Vali H., Kennedy D.W., Yang Z.K., Gao W., Dohnalkova A.C., Stapleton R.D., Moon J.-W., Phelps T.J., Fredrickson J.K., Zhou J.** 2006. Metal reduction and iron biomineratization by a psychrotolerant Fe(III)-reducing bacterium, *Shewanella* sp. Strain PV-4 // Applied and Environmental Microbiology. Vol. 72. N 5. P. 3236–3244.
- Shao D., Kang Y., Wu S., Wong H.** 2012. Effects of sulfate reducing bacteria and sulfate concentrations on mercury methylation in freshwater sediments // Science of the Total Environment. Vol. 424. P. 331–336.
- Sonne C., Dietz R., Leifsson P., Asmund G., Born E., Kirkegaard M.** 2007. Are liver and renal lesions in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*) associated with high mercury levels? // Environmental Health: A Global Access Science Source. Vol. 6. P. 11.
- Zhang Z.S., Sun X.J., Wang Q.C.** 2010. Recovery from mercury contamination in the Second Songhua River, China // Water, Air and Soil Pollution. Vol. 211. P. 219–229.
- Zhao G., Sheng Y., Wang C., Yang J., Wang Q., Chen L.** 2018. In situ microbial remediation of crude oil-soaked marine sediments using zeolite carrier with a polymer coating // Marine Pollution Bulletin. Vol. 129 (1). P. 172–178.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.02>

<https://elibrary.ru/jhndds>

ЭСТУАРНО-ПРИБРЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ – ПЕРЕХОДНАЯ ЗОНА МЕЖДУ ПРЕСНОВОДНЫМИ И МОРСКИМИ ЭКОСИСТЕМАМИ

Е.И. Барабанщиков, С.Г. Большаков

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ТИНРО»), пер. Шевченко, 4, г. Владивосток, 690 091, Россия.
E-mail: evgeniy.barabanshchikov@tinro-center.ru

Рассмотрена типизация эстуариев и деление эстuarных зон рек Приморского края. На основании собранных данных по водной биоте и орографии водных объектов выделены три основные типа эстуариев Приморья – равнинные реки с протяжённой эстuarной зоной (рр. Раздольная, Туманная и Артёмовка), горные реки с протяжённой эстuarной зоной (рр. Киевка, Аввакумовка, Партизанская, Милоградовка, Маргаритовка и др.), горные реки с короткой эстuarной зоной (рр. Зеркальная, Суходол, Барабашевка, Нарва, Рязановка и др.). Приводятся характеристики, на основании которых выделяются границы эстуариев. Дано определение эстuarной зоны.

ESTUARINE-COASTAL SYSTEMS – THE TRANSITIVE ZONE BETWEEN FRESHWATER AND SEA ECOSYSTEMS

E.I. Barabanshchikov, S.G. Bolshakov

Pacific branch of «Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography» («TINRO»),
4 Shevchenko alley, Vladivostok, 690 091, Russia.
E-mail: evgeniy.barabanshchikov@tinro-center.ru

The typification of estuaries and the division of estuary zones of the rivers of Primorsky Territory are considered. Based on the collected data on aquatic biota and the orography of water bodies, three main types of estuaries in Primorye were identified – lowland rivers with an extended estuarine zone (Razdolnaya, Tumannaya and Artemovka rivers), mountain rivers with an extended estuarine zone (Kievka, Avvakumovka, Partizanskaya, Milogradovka, Margaritovka and other rivers), mountain rivers with a short estuarine zone (Zerkalnaya, Sukhodol, Barabashevka, Narva, Ryazanovka and other rivers). Characteristics are given on the basis of which the boundaries of estuaries are distinguished. The definition of the estuarine zone is given.

Введение

В литературе существует много определений эстуариев, касающихся географического местоположения объекта. Биологи чаще используют определение Д.В. Пritcharda (Pritchard, 1967): эстуарий – это «полузамкнутый прибрежный водоём, свободно соединяющийся с открытым морем; таким образом, он сильно подвержен действию приливов, морская вода в нём смешана с пресной водой материкового стока». Однако, по мере изучения этой зоны, имеющиеся определения

не могут удовлетворять исследователей. В последние годы появилась необходимость дать четкое определение эстуарно-прибрежным зонам, обобщив имеющиеся и новые знания по данному вопросу. Эстуарно-прибрежные системы – это районы, которые в силу своей высокой продуктивности наиболее подвержены антропогенному воздействию, что оказывает серьезное влияние на экосистему этих биотопов.

В литературе существует много определений эстуариев. Наиболее общее и потому упрощенное толкование термина приводится в работах В.Н. Михайлова (Михайлов, 1997; Михайлов и др., 2009): «Эстуарий – это полузакрытое, устьевое взморье реки». Данное понятие эстуария используется в правовых нормах о внутренних морских водах и исходных линиях (Юридический словарь. *enc-dic.com/legal/JEstuarij-21468.html*).

Среди прочих понятий, эстуарий – это:

1. район побережья, в котором река соединяется с морем (океаном), и пресная вода смешивается с соленой. Во многих случаях эстуарии представляют собой речные долины, затопленные, видимо, при поднятии уровня моря в конце ледникового периода. (Академические словари и энциклопедии: в Википедии <http://en.wikipedia.org>).

2. устьевой участок реки, на котором действия приливов и отливов вызывают смешение соленых и пресных вод (Одум, 1975).

3. к эстуариям причисляют также, водные объекты, не имеющие свободной связи с морем (например, «слепые» эстуарии южной Африки, западной и южной Австралии и в других аридных областях). Они сохраняют в засушливый период связь с морем главным образом за счет фильтрации через песчаные наносы и отложения (Сафьянов, 1987, и др.).

Данные определения касаются в большей степени географического местоположения объекта. Однако, по мере изучения этой зоны, знания о её функционировании и динамике увеличиваются, поэтому имеющиеся определения не могут удовлетворять исследователей, в связи с чем возникает необходимость внесения каких-либо дополнений (Хлебович, 1986; Барабанщиков, 1997; 1998; Комендантова, Орлова, 2003; Телеш и др., 2009; Науменко, 2010; Большаков, Барабанщиков, 2011, и др.).

Эстуарии могут быть классифицированы по морфологии – это собственно эстуарии рек, лиманы, озёра-лагуны в устьях рек, и т.д. Они могут быть классифицированы по степени изолированности от акватории моря – это открытые, полуоткрытые и закрытые. В закрытые эстуарии или их части солёная вода может попадать как в период свободного соединения, так и за счёт заплесков, а также фильтрации через рыхлые осадочные породы.

Эстuarная зона делится на внутренний эстуарий (т.е. непосредственно речной участок, в т.ч. и низовья рек) (рис. 1) и внешний эстуарий (т.е. непосредственно граничащий с внутренними морскими водами, которые доходят до изобаты около 10 м) (рис. 2), однако всё это единая система, как гидрологически, так и биологически.

Чаще всего в эстуарной зоне происходит активное смешение морской и пресной воды в период приливно-отливных фаз. Во время прилива или нагонных явлений (рис. 3) морская вода проникает в нижних горизонтах вверх по течению реки за счёт повышения уровня моря. Во время отлива, а также после выпадения осадков (рис. 4), пресная вода может значительно проникать вглубь морских акваторий, где она волнами перемещивается с морской водой.

Весь эстуарий (включая внешний и внутренний) делится на три зоны с различной солёностью от олигогалинной до полигалинной, на что указывали

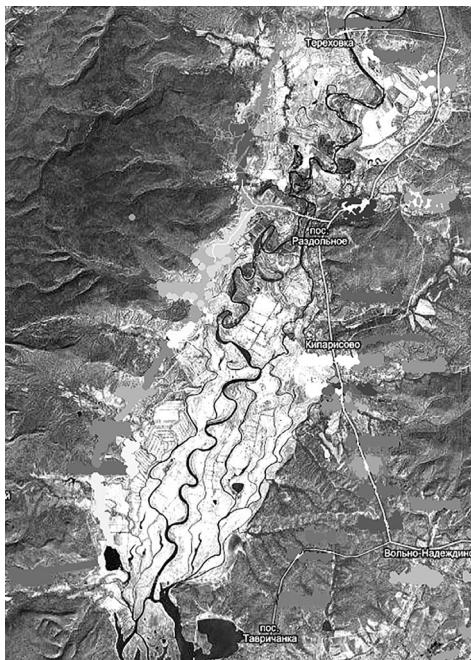


Рис. 1. Внутренний эстуарий р. Раздольная (от устья реки до моста в районе с. Раздольное)

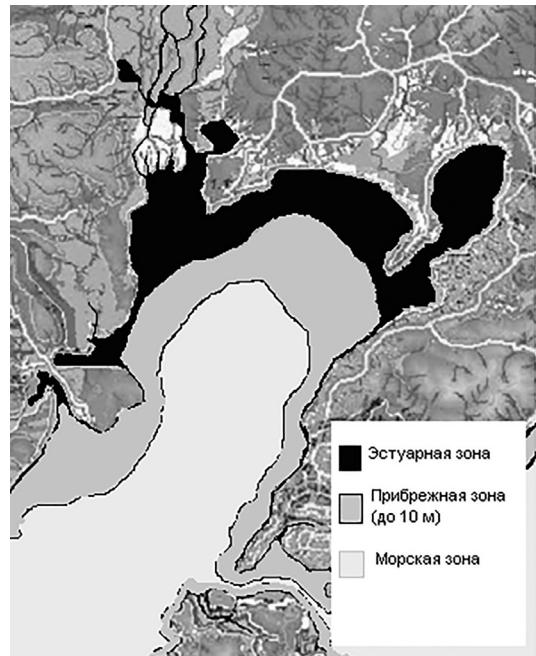


Рис. 2. Внешний эстуарий р. Раздольная и кутовой части Амурского залива

в своих работах (Хлебович, 1965; 1974; Одум, 1975). В этих зонах в зависимости от физиологического потенциала видов происходит смена видового и количественного состава водной биоты.

Цель работы – рассмотреть типизацию эстуариев Приморского края, выявить характеристики, на основании которых выделяются границы эстуариев. Дать определение эстуарной зоны.

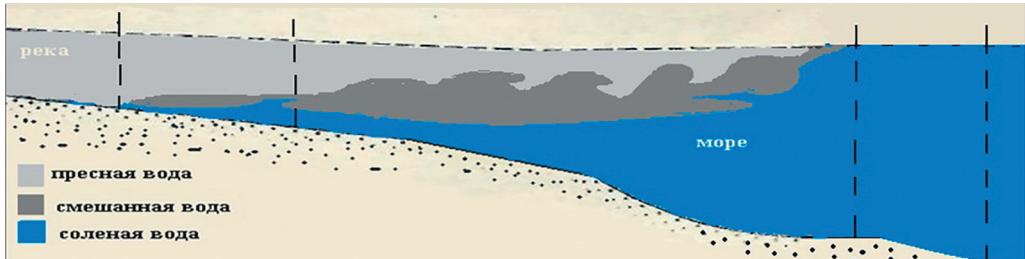


Рис. 3. Приливной цикл и действие нагонных явлений в реке

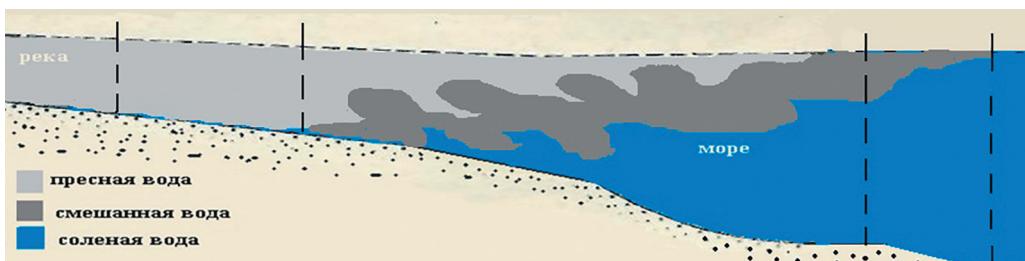


Рис. 4. Отливной цикл и действие осадков в бассейне реки

Материал и методы исследования

Материалы для настоящей работы были собраны во внешних и внутренних эстуариях рек япономорского побережья Приморского края, от Хасанского до Тернейского муниципальных округов, в течение 1992–2011 гг. Качественный и количественный состав гидробионтов оценивался на основании уловов ставными сетями с шагом ячей 30–90 мм, планктонными сетями Нансена с площадью входного отверстия 0,05 м², изготовленными из газа с ситом № 77. Бентос в данной работе не использовался, так как исследования проводили, используя динамичные планктонные и нектонные сообщества, которые точнее показывали изменения среды обитания. Для качественной и количественной оценки эстuarных рыб, состав уловов пересчитывали на одно промислие в сутки. Статистическую обработку производили по общепринятым методикам с использованием пакета программ Excel.

Результаты и обсуждение

Наша лаборатория стала выполнять мониторинговые работы в эстуариях рек Приморского края с 1992 г. Исследования начались с эстuarной зоны реки Раздольной и постепенно перешли на другие водные объекты бассейна Японского моря от Хасанского до Тернейского муниципальных округов. В ходе исследований был накоплен практический опыт и понимание по данному вопросу.

Наши исследования приморских рек показали, что эстuarные зоны различаются по орографии водного объекта, качественному и количественному составу водной биоты (Барабанищиков, 1997), на основании чего была проведена типизация эстуариев исследованных рек Приморского края, и они были разделены на три основных типа:

- равнинные реки с протяженной эстuarной зоной (несколько десятков километров), к которым можно отнести реки Раздольную, Туманную и Артёмовку (третья река за счёт притока – р. Кневичанка). Данные водотоки отличаются высокой продуктивностью, значительным разнообразием фауны, в первую очередь пресноводной (среди длинноциклических видов Сорерода (*Cyclopoida* и *Calanoida*) отмечается большое разнообразие);

- горные реки с протяженной эстuarной зоной (около 10 км), такие как реки Киевка, Аввакумовка, Партизанская, Милоградовка, Маргаритовка и др. Данные водотоки имеют средние значения по продуктивности, большое разнообразие фауны, в первую очередь за счёт морских и солоноватоводных видов (также могут единично отмечаться пресноводные Сорерода (*Cyclopoida* или реже *Calanoida*));

- горные реки с короткой эстuarной зоной (от нескольких десятков метров до нескольких километров) к таковым можно отнести реки Зеркальная, Суходол, Барабашевка, Нарва, Рязановка и др. Данные водотоки имеют достаточно низкие значения по продуктивности, низкое разнообразие фауны, которая в первую очередь формируется за счёт морских и солоноватоводных видов (также могут единично отмечаться пресноводные Сорерода (в основном *Cyclopoida*, отсутствуют – *Calanoida*)).

Исследователям чаще всего хочется чётко очертить границы эстuarной зоны. Однако следует учитывать, что если принимать эстуарий как географический объект, то эстуарием следует считать зону от максимального проникновения смешанных морских вод вверх по течению реки или другого водного объекта (рис. 3) до максимального проникновения смешанных пресных вод в море (рис. 4). Границы же

истинного эстуария постоянно изменяются в пространстве (Барабанщиков, 1998), образуя пульсирующую экосистему. Как следствие данных колебаний, постоянно изменяется состав планктонных и нектонных сообществ в разных частях эстuarной зоны.

Своеобразным маркёром наличия эстuarной зоны могут служить некоторые виды солоноватоводных планктонных животных. Они отсутствовали как в чисто пресной воде, так и в морской воде за пределами участков распреснения. Например, в ходе комплексных мониторинговых работ ТИНРО в 1996 г., в эстuarной зоне рек Артёмовки и Суходола в сборах планктонных животных были обнаружены 4 вида веслоногих ракообразных (*Soropoda*), принадлежащие к солоноватоводным Calanoida. Это животные из трёх семейств: *Centropagidae* (*Sinocalanus tenellus* (Kikuchi K., 1928)), *Pseudodiaptomidae* (*Pseudodiaptomus (= Schmackeria) inopinus* Burkhardt, 1913) и *Temoridae* (*Eurytemora pacifica* Sato, 1913 и *E. americana* Williams, 1906). Из них наиболее многочисленными были *Sinocalanus tenellus* и *Pseudodiaptomus inopinus*. Несмотря на то, что реки Артёмовка и Суходол расположены недалеко друг от друга и впадают в Уссурийский залив залива Петра Великого, существуют отличия в количественной динамике солоноватоводных Calanoida, что связано с различным типом эстuarной зоны этих водных объектов. Была отмечена также разница между размерами особей, пойманых в одно и то же время, в разных реках, что, скорее всего также связано с различиями в продуктивности эстуариев разных типов (таблица). Наиболее продуктивны водотоки с эстuarной зоной первого типа, наименьшую продуктивность имеют реки третьего типа. Эти виды отсутствовали в ритральной зоне рек и в море за пределами эстuarной зоны. По мере удаления от устьевой части водотоков вглубь моря их численность резко падала.

По нашим наблюдениям, в связи с тем, что пресная вода легче морской и, лишь частично смешиваясь, может протекать по поверхности, границы внешней эстuarной зоны можно определить по составу живых представителей солоноватоводных животных, как более резистентных к морской воде. Подобные наблюдения отмечались и у других авторов, например у В.В. Хлебовича (Хлебович, 1965; 1974; 1986).

Ихиоцен в эстуариях указанных рек в одно и то же время также значительно отличался по количественному и качественному составу. Так, например, в р. Суходол в течение безлёдного периода 1997 г. в уловах присутствовало больше морских видов рыб, а в р. Артемовка – пресноводных (рис. 5–6).

В реках с эстuarной зоной первого типа формируется более разнообразный пресноводный ихиоцен. Эти рыбы обитают в ней постоянно, размножаются как на участках со слабой солёностью, так и в массе используют эту зону для нагула. Остальные экологические группы рыб (морские, проходные, полупроходные) встречаются в эстuarной зоне периодически, т.е. либо в нерестовый период, либо в период зимовки, либо заходят во время нагульных миграций. В реках третьего типа, к которым относится река Суходол, в эстuarную зону пресноводные виды рыб попадают только во время паводков, когда происходит распреснение данного участка водотока. В остальное время в эстуарии встречаются только морские, проходные, полупроходные виды рыб.

Внутренние границы эстуариев можно очертить местами присутствия малоподвижных донных сообществ (Комендантова, Орлова, 2003). Иногда в верхней части эстuarной зоны, куда редко достигают смешанные воды, образуются псевдопопуляции бентосных организмов (например, в водных объектах Приморья – японской корбikuлы *Corbicula japonica Prime*, 1864), которые долгое время могут жить

Таблица

Качественный и количественный состав солоноватоводных планктонных животных эстuarной зоны рек Суходол и Артемовка в (1996 г.)

Вид	Месяц	р. Суходол			р. Артемовка		
		Численность, тыс. экз./м ³ (ср. сут)	Биомасса, г/м ³ (ср. сут)	Размеры, мм самки самцы	Месяц	Численность, тыс. экз./м ³ (ср. сут)	Биомасса, г/м ³ (ср. сут) самки самцы
<i>Sinocalanus tenellus</i>	июль	2,8–3,0	0,05–0,1	1,0–1,5 1,0–1,45	июль	15,0–20,0 0,3–0,65	1,2–1,62 1,1–1,55
<i>Pseudodiaptomus inopinus</i>	июль	1,4–2,4	0,038–0,04	1,0–1,72 0,9–1,5	июль	3,0–3,9 0,15–0,2	1,2–1,77 1,0–1,55
<i>Eurytemora pacifica</i>	июль	0,02	0,001–0,003	1,0–1,5 1,05–1,45	июль	1,0–2,0 0,03–0,05	1,3–1,5 1,0–1,5
<i>Eurytemora americana</i>	июнь	0,7–1,0	0,006	1,05–1,6 1,0–1,3	июнь	2,4–3,0 0,05–0,15	1,25–1,75 1,05–1,3

в пресной воде, однако размножаться в ней не могут (Хлебович, 1986).

Границные зоны эстуариев выделяются и по гидрологическим параметрам (уменьшение скорости потока воды, изменение температуры и солености и т.д.). На основании этого исследователи разграничили критичные, хорогалинные (Хлебович, 1965; 1974; 1986) или маргинальные зоны смешения воды (Лисицын, 1994; 2009), в которых происходят кардинальные изменения (рис. 7–8). В первую очередь изменения связаны с переходами через уровни критической солености 5–8 % и 20–30 %, это так называемый переход сквозь маргинальные фильтры. У водных организмов переход связан с физиологическими изменениями, а растворенные в воде вещества извеси выпадают в виде осадков за счет химической седimentации, а также благодаря биологической фильтрации. Районы, имеющие маргинальные фильтры, характеризуются лавинной седimentацией вещества. Как указывается в работе А.П. Лисицына (1994): «... устьевые области (области маргинальных фильтров), занимающие менее 10 % поверхности океана и менее 0,5 % по объёму, забирают более 90 % осадочного вещества, металлов и солей, поступающих с суши; на эту области приходится более 30 % первичной продукции!».

Осадки терригенного происхождения, выпадающие в верхней части внутреннего эстуария и накапливающиеся в виде специфических илов, служат местообитанием для солоноватоводного зообентоса и могут показывать близость верхней границы эстuarной зоны. В реках япономорского побережья Приморья, где подавляющее большинство рек горного типа, граница между ритралью реки и эстуарием чётко разделяется, благодаря данным илом.

Сама по себе эстuarная зона является экотоном – переходной зоной (Одум, 1975) между морскими и пресноводными экосистемами. Поэтому в ней присутствуют элементы смежных экосистем.

По сути, практически всю морскую прибрежную зону, включая эстуарии, можно рассматривать как единую эстuarно-

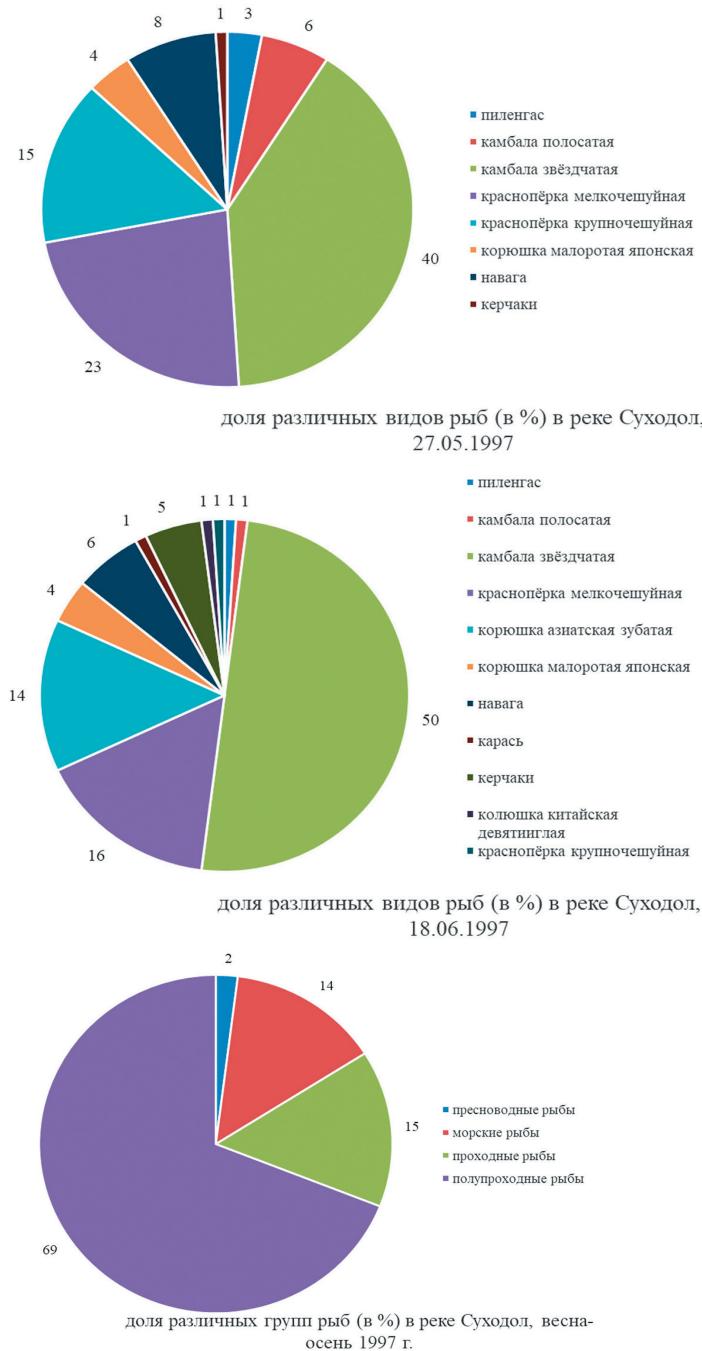


Рис. 5. Состав ихтиоценов в р.Суходол (1997 г.)

прибрежную систему (McHugh, 1967), т.к. в ней в той или иной степени отмечается распределение, особенно в теплое время года, за счёт фильтрации части поверхностного стока через рыхлые осадочные породы напрямую в море. Вдоль неё у видов, обитающих в эстuarных зонах, как во взрослом состоянии, так и на разных этапах развития, есть возможность перемещаться от эстуария к эстуарию, заселяя новые водные объекты.

В эстuarно-прибрежной зоне можно одновременно вести промысел (добычу) как сазана (*Cyprinus rubrofuscus* Lacepède, 1803, карася (*Carassius gibelio* Bloch,

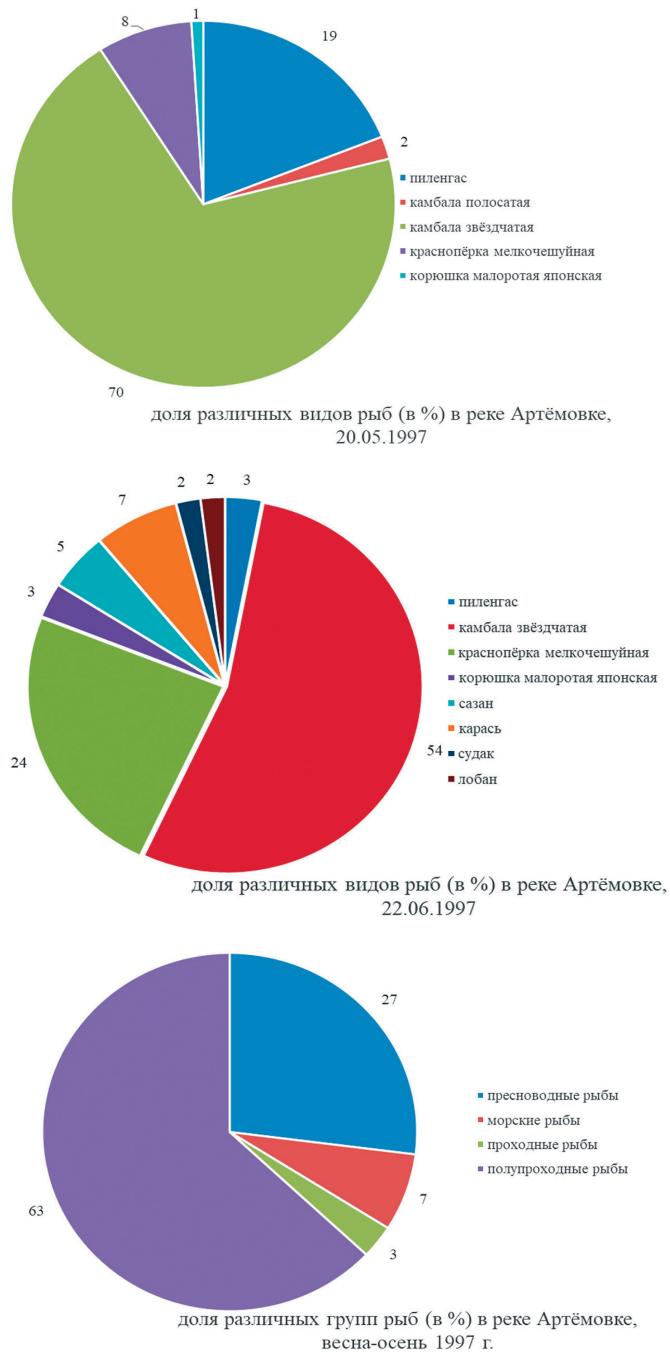


Рис. 6. Состав ихтиоцен в р. Артемовка (1997 г.)

1782)), так и дальневосточных краснопёрок (краснопёрка крупночешуйная *Pseudaspis* (= *Tribolodon*) *hakonensis* (Günther, 1877) и краснопёрка мелкочешуйная *Pseudaspis* (= *Tribolodon*) *brandtii* (Dybowski, 1872)), корюшек (корюшечка зубатая *Osmerus dentex* Steindachner & Kner, 1870, корюшечка малоротая проходная японская *Hypomesus nippensis* McAllister, 1963 и корюшечка малоротая морская *Hypomesus japonicus* (Brevoort, 1856)), сельди (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847), камбалы (сем. *Pleuronectidae* – камбала звёздчатая *Platichthys stellatus* (Pallas, 1787), камбала полосатая *Liopsetta pinnifasciata* (Kner, 1870)), наваги (*Eleginops gracilis* (Tilesius,

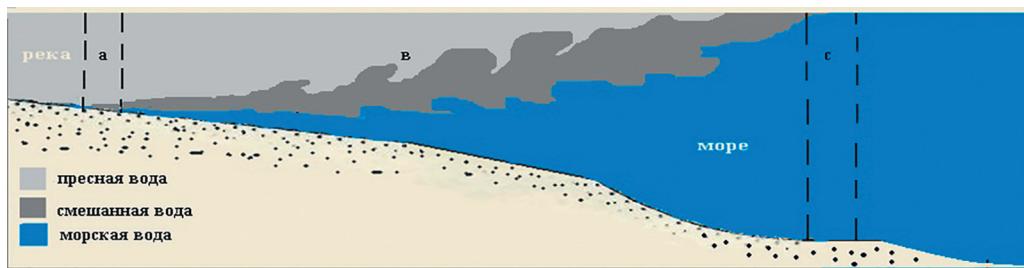


Рис. 7. Зоны солености и динамика вод в эстуарных зонах во время прилива (а – олигогалинные, б – мезогалинны, с – полигалинны)

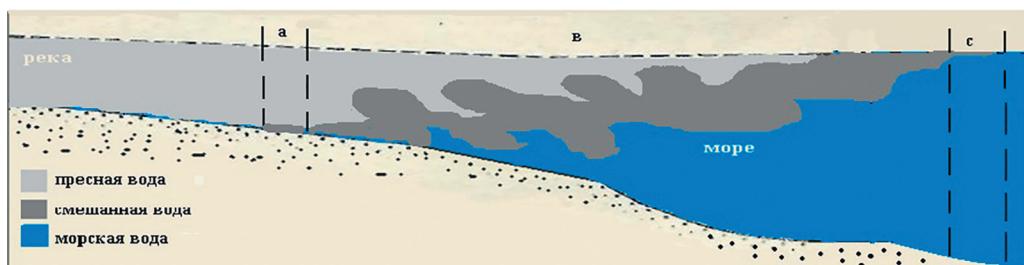


Рис. 8. Зоны солености и динамика вод в эстуарных зонах во время отлива (а – олигогалинные, б – мезогалинны, с – полигалинны)

1810)), кефали (лобан *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 и пиленгас *Planiliza* (= *Liza haematocheilus* (Temminck & Schlegel, 1845)) и др., не меняя района промысла (причем как во внутреннем эстуарии, так и во внешнем). Запас водных биоресурсов, встречающихся в этой зоне, един, дробление его на чисто пресноводный и чисто морской нецелесообразен, т.к. животные в течение всего жизненного цикла постоянно перемещаются внутри этой зоны и между зонами. Таким образом, определение их запасов должно идти по одному прогнозу с указанием места промысла – в т.ч. «эстуарно-прибрежные системы». Например, по пресноводным видам – внутренние пресноводные водные объекты и эстуарно-прибрежные системы Приморского края, а для морских – внутренние морские воды и эстуарно-прибрежные системы подзоны Приморье южнее м. Золотой.

Таким образом, эстуарий (эстуарная зона) – это динамичная, переходная, граничная (маргинальная) зона между внутренними пресными водами и внутренними морскими водами, в которой происходит смешение морских и пресных вод. В этой зоне встречаются как пресноводные, так и морские представители водной биоты, а также, собственно, солоноватоводные виды. В совокупности с прибрежной зоной она образует единую высокопродуктивную эстуарно-прибрежную систему, переходную зону между морскими и пресноводными экосистемами, через которую посредством маргинальных фильтров происходит лавинная седиментация вещества терригенного происхождения.

Литература

- Академические словари и энциклопедии: <http://en.wikipedia.org>.
- Барабанчиков Е.И. 1997.** Зоопланктон и типизация внутренних эстуариев рек южного Приморья // Тезисы докладов конференции молодых ученых ТИНРО. С. 87–88.
- Барабанчиков Е.И. 1998.** Сезонные изменения качественного состава зоопланктона эстуарной зоны р. Раздольной // Известия ТИНРО. Т. 123. С. 356–361.

- Большаков С.Г., Барабанищиков Е.И. 2011.** Эстуарно-прибрежные системы, типизация и деление эстуарных зон // Тезисы докладов Четвертой междунар. научно-практ. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». 19–22 сентября 2011 г., Южно-Сахалинск, Россия. Южно-Сахалинск: Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 14–15.
- Комендантов А.Ю., Орлова М.И. 2003.** Экология эстуарных двустворчатых моллюсков и полихет Южного Приморья // Труды ЗИН РАН. Серия: Исследования фауны морей. Вып. 52 (60). СПб. 164 с.
- Лисицын А.П. 1994.** Маргинальный фильтр океанов // Океанология. Т. 34. № 5. С. 735–747.
- Лисицын А.П. 2009.** Закономерности осадкообразования в областях быстрого и сверхбыстрого осадконакопления (лавинной седиментации) в связи с образованием нефти и газа в Мировом океане // Геология и геофизика. Т. 50. № 4. С. 373–400.
- Михайлов В.Н. 1997.** Гидрологические процессы в устьях рек. М.: ГЕОС. 176 с.
- Михайлов В.Н., Горин С.Л., Михайлова М.В. 2009.** Новый подход к определению и типизации эстуариев // Вестник Московского ун-та. География. № 5. С. 3–11.
- Науменко Е.Н. 2010.** Структурно-функциональная организация зоопланктона Вислинского залива Балтийского моря. Калининград: Изд-во АтланТИРО. 198 с.
- Одум Ю. 1975.** Основы экологии. М.: Изд-во Мир. 742 с.
- Сафьянов Г.А. 1987.** Эстуарии. М.: Мысль. 187 с.
- Телеш И.В., Науменко Е.Н., Алимов А.Ф. 2009.** Достижения и перспективы изучения эстуарных экосистем: итоги международного симпозиума ECSA-42 (Estuarine and Coastal Science Association-42) // Биология внутренних вод. № 4. С. 3–7.
- Хлебович В.В. 1965.** Физиология эвригалинности: критическая соленость внешней и внутренней среды // Вопросы гидробиологии. Т. 1. С. 440–441.
- Хлебович В.В. 1974.** Критическая соленость биологических процессов. Л.: Наука, 236 с.
- Хлебович В.В. 1986.** К биологической типологии эстуариев Советского Союза // Гидробиологические исследования эстуариев. Труды Зоологического института. Т. 141. Л.: ЗИН АН СССР. С. 5–16.
- Юридический словарь.** enc-dic.com/legal/JEstuarij-21_468.html.
- McHugh J.L. 1967.** Estuarine nekton // Estuaries. American Association for the Advancement of Science. N 83. Washington D.C. P. 581–620.
- Pritchard D.W. 1967.** What is an estuary: a physical viewpoint // Estuaries. American Association for the Advancement of Science. Vol. 1. P. 149–176.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.03>

<https://elibrary.ru/jmnzpk>

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МАКРОЗООБЕНТОСА ВОДОЕМА В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОКАМИ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

С.А. Валькова

*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
ул. Ферсмана, 14а, г. Апатиты, 184 209, Россия.
E-mail: s.valkova@ksc.ru*

На примере озера Большой Вудъяvr, загрязняемого стоками апатит-нефелинового производства проанализированы изменения состава и структуры макрозообентоса в многолетней динамике. Показано, что донная фауна характеризуется невысоким таксономическим разнообразием на фоне относительно высоких значений численности и биомассы. В глубоководной зоне водоема сформированы пелофильные зооценозы, состоящие из эврибионтных видов олигохет (Tubificinae), хирономид (п/сем. Chironominae, Tanypodinae), и двустворчатых моллюсков (Pisidiidae). В прибрежной зоне в составе зообентоса преобладают хирономиды подсемейства Orthocladiinae, дополняют сообщества двустворчатые моллюски, олигохеты и комплекс видов, характерных для литоральной зоны (брюхоногие моллюски, ручейники, жесткокрылые, поденки, веснянки). В структуре глубоководных донных биоценозов наблюдается тенденция к увеличению доли двустворчатых моллюсков от 30 % в 2001 г. до 66 % в 2022 г. Средний уровень биомассы зообентоса в озере изменяется от «умеренного» (5,0–10,0 г/м²) до «повышенного» класса (10–20 г/м²).

THE LONG-TERM DYNAMICS OF ZOOBENTHOS COMMUNITIES IN THE LAKE UNDER CONDITIONS OF WASTEWATER POLLUTION FROM APATITE-NEPHELINE PRODUCTION

S.A. Valkova

*Institute of North Industrial Ecology Problems, Russian Academy of Sciences,
Kola SC, 14a Fersman st., Apatity, 184 209, Russia.
E-mail: s.valkova@ksc.ru*

The changes in the composition and structure of zoobenthos of Bolshoi Vudyavr Lake were analyzed in the long-term dynamics. Benthic fauna is characterized by low taxonomic diversity. Zoocenosis consists of eurybiont species of oligochaetes (Tubificinae), chironomids (Chironiminae, Tanypodinae), and mollusks (Pisidiidae) in the deep-water zone. Chironomids Orthocladiina dominated in the littoral zone. Communities are complemented by bivalves, oligochaetes and invertebrates typical for the littoral zone of the lakes (gastropods, caddisfly, beetles, mayflies, stoneflies). In the structure of deep-water biocenoses there is a tendency of increasing of mollusks Pisidiidae. Their share in the total number of invertebrates increased from 30 % in 2001 to 66 % in 2022. Zoobenthos are characterized by relatively high values of abundance number and biomass. The average level of biomass of zoobenthos in the lake varies from “moderate” (5,0–10,0 g/m²) to “elevated” class (10–20 g/m²).

Введение

Апатит-нефелиновые месторождения Хибин относятся к крупнейшим в мире месторождениям фосфатного сырья. Их добыча и переработка началась в 20-х годах прошлого столетия и повлекла за собой трансформацию всех природных комплексов в регионе, особенно водоемов и водотоков.

Озеро Большой Вудъяр является наиболее крупным внутренним водоемом Хибинского горного массива (рис. 1). Относится к классу небольших озер, площадь его водной поверхности составляет 3,49 км², объем воды – 0,058 км³, наибольшая глубина – 37,6 м. Длина озера около 2 км, ширина – около 1,5 км, площадь водосбора – около 100 км² (Каталог озер..., 1962; Кашулин и др., 2013). С 1931 г. озеро Бол. Вудъяр является приемником сточных вод КФ АО «Апатит», которые стали играть ведущую роль в формировании химического состава воды и донных отложений водоема (Кашулин и др., 2008). В их составе поступают соединения азота, органические и взвешенные вещества, фосфаты и нефтепродукты. Кроме того, дополнительную антропогенную нагрузку создает городская среда, автомобильные и железнодорожные пути сообщения, связывающие г. Кировск и территории рудников. Вследствие этого химический состав воды и донных отложений озера претерпел значительные изменения, возросла минерализация воды, изменилась величина pH, содержание соединений азота и фосфора, по содержанию биогенных элементов в настоящее время озеро характеризуется как эвтрофное (Кашулин и др., 2013; Даувальтер и др., 2021). В поверхностных слоях донных отложений все элементы, связанные с апатитонефелиновым производством, находятся в повышенных концентрациях, при этом самые современные слои седиментов озера (от 4 см и выше) начиная с начала 2000-х годов характеризуются постепенным снижением уровня загрязнения (Dauvalter et al., 2022).

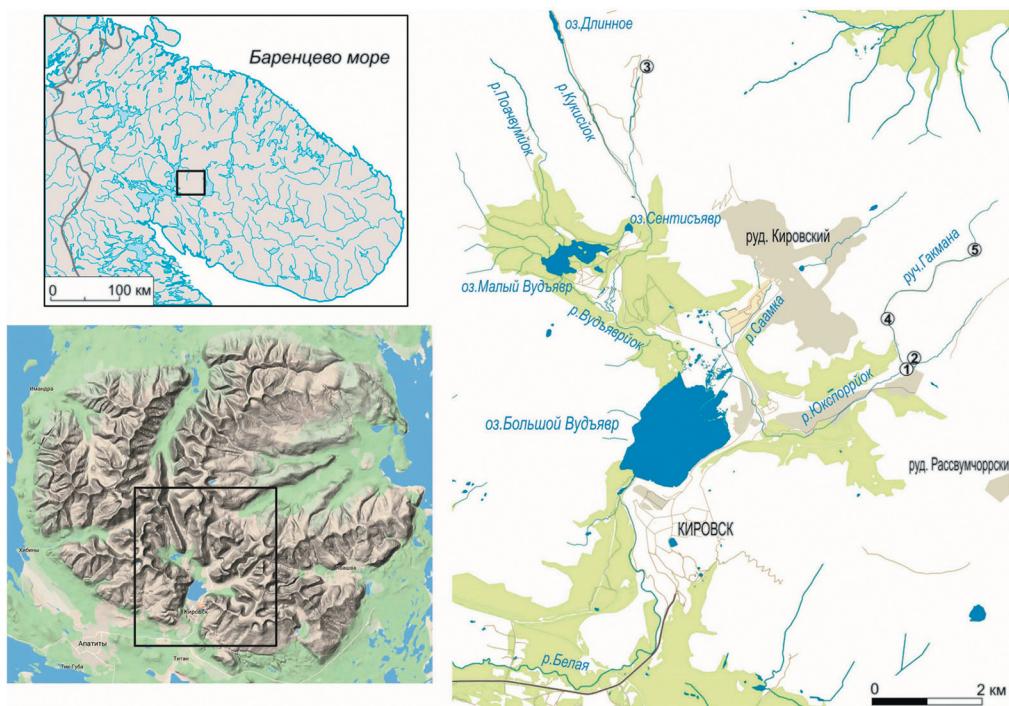


Рис. 1. Схема района исследований

Комплексное антропогенное загрязнение озера отразилось на развитии гидробионтов, трансформации состава и структуры фитопланктона, зоопланктона, зообентоса и ихтиофауны, результаты изучения которых описаны ранее в ряде работ (Каныгина, 1939; Кашулин и др., 2009; Kashulin et al., 2017).

Цель данной работы – анализ изменений состава и структуры сообществ глубоководного макрообентоса озера Большой Вудъяр за период с 1939 по 2022 гг.

Материалы и методы

Материалом для сообщения послужили собственные данные, полученные в 2008, 2010, 2022 гг., а также результаты исследований, проведенных в 1938–1939 гг. и 2001 г. (Каныгина, 1939; Кашулин и др., 2009).

Отбор проб зообентоса проводили в различных зонах озера (0–9 м, 9–26 м, 26–36 м) 19.06.2008, 07.07.2010 и 13.07.2022 г. Всего в 2008 г. отобрано 12 проб, в 2010 г. – 18, в 2022 г. – 12. В прибрежной зоне озера (0–9 м) грунты преимущественно галечниково-песчаные, в сублиторальной (9–26 м) и профундальной (26–36 м) зонах донные отложения представляют собой ил, в составе которого преобладают частицы размером от 0,001 до 0,25 мм (Югай и др., 2013; Dauvalter et al., 2022). В литоральной зоне при отборе проб использовался ручной гидробиологический сачок (длина лезвия 25 см, размер ячей сетки 0,25 мм), которым собирались животные с площади 0,25×1,0 м² в соответствии с общепринятыми стандартами и методами (Frost et al., 1971). В сублиторальной и профундальной зонах пробы зообентоса отбирали с использованием дночерпателя системы Экмана-Берджа (площадь захвата грунта 0,289 м²), далее пробы промывались через сито с размером ячей 0,25 мм. Пробы фиксировались 70 %-ным этиловым спиртом. Дальнейшая их разборка по таксономическим группам осуществлялась в лабораторных условиях с применением бинокуляра. Биомасса животных рассчитывалась по их сырой массе, которая измерялась при помощи торсионных весов. Средние показатели численности и биомассы пересчитывали на 1 м². Идентификацию беспозвоночных проводили по «Определителю зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России» (2016), «Определителю пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий» под редакцией С.Я. Цалолихина (2000, 2001). Хирономид определяли по личиночным стадиям.

Результаты и обсуждение

Ранние исследования зообентоса озера Бол. Вудъяр проводились в 1938–1939 гг. в период наиболее интенсивного загрязнения водоема. В составе бентофауны были отмечены только личинки хирономид родов *Monodiamesa*, *Procladius*, *Psectrocladius* и олигохеты. Средние значения численности оценивалась в 93 экз./м², при этом в глубоководной зоне озера (33 м) зообентос отсутствовал, что, вероятно, было обусловлено заморными явлениями. В литоральной и сублиторальной зонах численность животных составляла 124–140 экз./м² (Каныгина, 1939).

В 2001 г. в зообентосе оз. Бол. Вудъяр отмечены беспозвоночные четырех таксономических групп: Chironomidae, Oligochaeta, Bivalvia и Nematoda. Хирономиды, олигохеты и моллюски доминировали по численности и биомассе в донных сообществах, суммарная доля этих групп составляла более 95 %. Наиболее высокие показатели обилия донных беспозвоночных наблюдались в прибрежной зоне озера (0–9 м), где их численность составляла 5,6 тыс. экз./м², а биомасса – около 20 г/м².

Среди животных здесь доминировали личинки хирономид, которые более чем на 40 % определяли общую численность зообентоса. В сублиторальной и профундальной зонах озера показатели обилия донных беспозвоночных были существенно ниже – 2,9 тыс. экз./м² и 4,9 г/м², преобладали в сообществах малощетинковые черви семейства *Tubificinae*, доля которых в глубоководной зоне достигала 92 % (Кашулин и др., 2009).

В 2008 г. в составе зообентоса отмечены личинки хирономид (*Procladius gr. choreus*, *Chironomus* sp., *Monodiamesa bathyphyla* (Kieff., 1918), *Prodiamesa olivacea* (Meigen, 1818)), олигохеты *Tubificinae*, двустворчатые и брюхоногие моллюски, ручейники сем. *Limnephilidae* и личинки комаров-мокрецов (*Ceratopogonidae*). В прибрежной зоне озера численность зообентоса составляла 1,3 тыс. экз./м², биомасса – 17,7 г/м², доминировали в сообществах хирономиды, олигохеты и двустворчатые моллюски, суммарная доля этих групп достигала 82 %. В сублиторальной и профундальной зонах средняя численность зообентоса составляла 2,0 тыс. экз./м², биомасса – 11,4 г/м², доминировали в сообществах олигохеты (в среднем 69 % от общего количества беспозвоночных).

В 2010 г. в составе зообентоса были представлены хирономиды (*Procladius gr. choreus*, *Chironomus* sp., *Orthocladius/Cricotopus* sp., *Diamesa* sp.), олигохеты, двустворчатые моллюски, ручейники *Limnephilidae*, веснянки *Arcynopteryx compacta* (McLachlan, 1872), поденки *Baetis rhodani* (Pictet, 1843), жесткокрылые сем. *Dytiscidae*. Численность зообентоса в прибрежной зоне оценивалась в 2,1 тыс. экз./м², биомасса – 7,6 г/м². Доминировали в сообществах малощетинковые черви и хирономиды, доля других групп не превышала 10 %. В глубоководной зоне водоема количественные показатели составляли 0,7 тыс. экз./м² и 2,7 г/м², преобладали в сообществах олигохеты и двустворчатые моллюски.

В 2022 г. в литоральной зоне озера основу зообентоса формировали 3 группы: хирономиды, олигохеты *Tubificidae* и личинки водных жуков. Наиболее многочисленны были приуроченные к обрастаниям хирономиды *Orthocladius/Cricotopus*, доля которых в составе макробентоса достигала 71 % от общей численности и биомассы беспозвоночных. Единично в составе хирономидных комплексов были отмечены личинки *Diamesa* sp. и *Tanytarsus* sp. Второй по обилию группой зообентоса были личинки жесткокрылых *Hydroporus* sp. (16 % от общего обилия), дополняли руководящий комплекс олигохеты (6 %) и брюхоногие моллюски *Lymnaea* (7 %). Средняя численность литорального зообентоса составляла 3,3 тыс. экз./м², биомасса – 18,1 г/м². В составе зообентоса глубоководной зоны водоема отмечены олигохеты, хирономиды (*Procladius gr. choreus*, *Chironomus* sp.) и двустворчатые моллюски. Доминировали в сообществах сублиторальной и профундальной зон мелкие двустворчатые моллюски *Euglesa* sp., доля которых варьировала от 50 % до 95 % общей численности и биомассы бентофауны, численность зообентоса составляла в среднем 0,8 тыс. экз./м², биомасса – около 5,3 г/м².

Таким образом, донные биоценозы озера Бол. Вудъяэр сформированы в условиях долговременного комплексного антропогенного воздействия. В период наиболее активной трансформации водоема (1938–1939 гг.) зообентос характеризовался крайне низкими значениями численности и биомассы, а в глубоководной зоне водоема отсутствовал. Последующие исследования зообентоса, проведенные в 2001–2022 гг., показали, что в водоеме сформировались относительно стабильные сообщества, которые характеризовались невысоким, по сравнению с условно-фоновыми водоемами региона, таксономическим разнообразием (Яковлев, 2005, Валькова, 2020), при этом состав фауны на протяжении последних двух десятилетий

(с 2001 по 2022 гг.) оставался постоянным. В глубоководной зоне озера сформированы зооценозы, состоящие из олигохет *Tubificinae*, хирономид *Chironominae* и *Tanypodinae*, и двустворчатых моллюсков *Pisidiidae* – эврибионтных видов, адаптированных к илистым грунтам, устойчивых к дефициту кислорода и широкому спектру загрязняющих веществ органической и неорганической природы в воде и верхних слоях донных отложений. В прибрежной зоне в составе зообентоса преобладали фитофильные и фитопелофильные виды хирономид подсемейства *Orthocladiinae*, дополняли сообщества двустворчатые моллюски, олигохеты и комплекс видов, характерных для литоральной зоны водоемов региона. В трофической структуре макрообентоса озера преобладали грунтозаглатыватели и собиратели-детритофаги, группировка хищников развита слабо. Такая структура сообществ, направленная на утилизацию избыточного органического вещества и биогенов, свидетельствует о преобладании детритных пищевых цепей в водоеме.

Зооценозы характеризовались относительно высокими значениями численности и биомассы, при незначительном варьировании этих показателей на протяжении периода наблюдений с 2001 по 2022 гг. Основываясь на средних значениях биомассы зообентоса и «шкале трофности» С.П. Китаева (2007), можно констатировать, что уровень биомассы в озере в разные годы варьирует от «умеренного» (5,0–10,0 г/м²) до «повышенного» класса (10–20 г/м²) (табл.).

В структуре глубоководных донных биоценозов сохранялась отмеченная в 2001 г. тенденция к увеличению доли двустворчатых моллюсков *Pisidiidae*. В 2001–2010 гг. доля группы составляла в среднем около 30 % в общей численности беспозвоночных, к 2022 г. этот показатель увеличился до 66 %. В профундальной зоне водоема на протяжении всего периода наблюдений преобладали олигохеты семейства *Tubificinae*, однако их доля снизилась с 92–95 % в 2001–2008 гг. до 58–60 % в 2010 и 2022 гг. (рис. 2).

Состав и количественные показатели зообентоса оз. Бол. Вудъяэр

в разные периоды исследований

Таблица 1

Показатели	1938–1939 гг.*	2001 г.*	2008 г.	2010 г.	2022 г.
Общее кол-во групп	2	4	6	7	6
Доминанты: прибрежная зона (0–9 м)	олигохеты <i>Tubificinae</i> хирономиды	хирономиды олигохеты <i>Tubificinae</i>	хирономиды моллюски <i>Euglesa</i> sp.	олигохеты <i>Tubificinae</i> хирономиды <i>Orthocladius</i> / <i>Cricotopus</i>	хирономиды <i>Orthocladius</i> / <i>Cricotopus</i>
Доминанты: глубоководная зона (9–30 м)	–	олигохеты <i>Tubificinae</i>	олигохеты <i>Tubificinae</i> хирономиды <i>Procladius choreus</i> <i>Chironomus</i> sp.	олигохеты <i>Tubificinae</i> хирономиды <i>Procladius choreus</i> <i>Chironomus</i> sp.	олигохеты <i>Tubificinae</i> моллюски <i>Euglesa</i> sp.
N, тыс.экз./м ² B, г/м ²	0,09 –	3,6 9,0	2,1 14,2	1,2 4,6	2,1 11,8
Трофический статус (по Китаеву, 2007)	–	β-мезотрофный	α-эвтрофный	α-мезотрофный	α-эвтрофный

Примечание: * 1938–1939 гг. – по Каныгина, 1939; 2001 г. – по Кашулин и др., 2009.

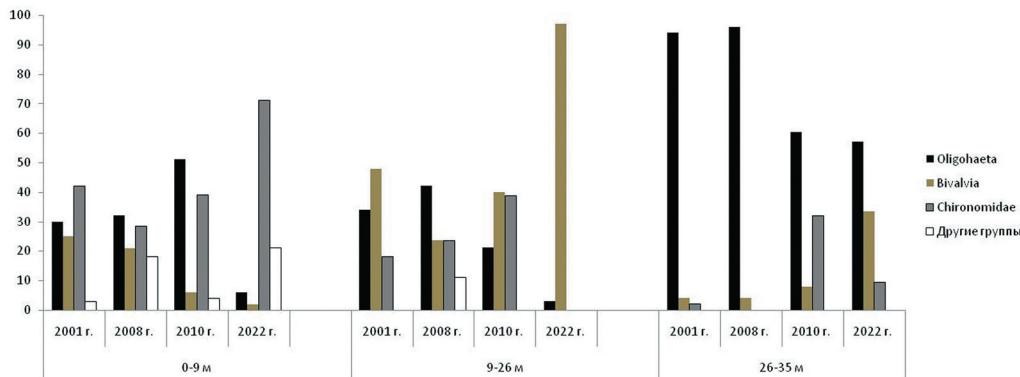


Рис. 2. Относительная численность групп беспозвоночных в сообществах зообентоса оз. Бол. Вудъяvr, %

Увеличение в глубоководной зоне водоема доли фильтраторов – двустворчатых моллюсков и хирономид рода *Chironomus*, а также факультативных хищников *Procladius* может свидетельствовать о снижении антропогенной нагрузки на экосистему водоема в последнее десятилетие. Косвенным подтверждением полученной оценки экологической ситуации по зообентосу могут служить некоторые результаты геохимических исследований донных отложений водоема. Как показал анализ вертикального распределения химических элементов в колонке озерных осадков, уровень загрязнения верхних слоев донных отложений оз. Бол. Вудъяvr имеет тенденцию к снижению с начала 2000-х годов (Dauvalter et al., 2022).

Заключение

Таким образом, анализ многолетней динамики состава и количественных показателей зообентоса озера Большой Вудъяvr показал, что за длительный период интенсивного антропогенного загрязнения в водоеме сформировались относительно однородные зооценозы, в которых комплекс доминатов представлен видами, устойчивыми к эвтрофированию и характеризующиеся высокими значениями численности и биомассы. В трофической структуре зооценозов преобладают грунтозаглатыватели и собиратели-детритофаги, в то же время отмечена устойчивая тенденция к росту доли организмов-фильтраторов.

Работа выполнена в рамках темы НИР FMEZ-2022-0008.

Литература

- Валькова С.А. 2020.** Таксономический состав и структура макрообентоса разнотипных водоемов Зеленого пояса Фенноскандии в пределах Мурманской области // Труды Карельского научного центра РАН. Серия Биогеография. № 1. С. 56–70.
- Даувальтер В.А., Слуковский З.И., Денисов Д.Б., Гузева А.В. 2021.** Геохимия арктического горного озера в условиях загрязнения стоками апатит-нефелинового производства // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. № 18. С. 140–144.
- Каныгина А.В. 1939.** Гидробиологическое и гидрохимическое исследование озер Большой и Малый Вудъяvr. Апатиты: Кольская научно-исследовательская база АН СССР. 206 с. (Фонды КНЦ РАН; № 105).
- Каталог озер Мурманской области. 1962.** М-Л.: Изд-во АН СССР. 146 с.
- Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Малиновский Д.Н., Вандыш О.И., Ильяшук Б.П., Кудрявцева Л.П. 2008.** Антропогенные изменения водных экосистем Хибинского горного массива (Мурманская область). Т. 1. Апатиты: КНЦ РАН. 250 с.

- Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Малиновский Д.Н., Вандыш О.И., Ильяшук Б.П., Кудрявцева Л.П.** 2009. Антропогенные изменения водных экосистем Хибинского горного массива (Мурманская область). Т. 2. Апатиты: КНЦ РАН. 282 с.
- Кашулин Н.А., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кудрявцева Л.П., Терентьев П.М., Денисов Д.Б., Вандыш О.И., Королева И.М., Валькова С.А., Кашулина Т.Г.** 2013. Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области: центральный и юго-западный районы Мурманской области (бассейн Баренцева и Белого морей и Ботнического залива Балтийского моря). Ч. 2. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 253 с.
- Китаев С.П.** 2007. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 395 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России.** 2016. Зообентос. Т. 2. М.-СПб.: КМК. 457 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий.** 2000. Двукрылые насекомые. Т. 4. СПб.: Наука. 997 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий.** 2001. Высшие насекомые. Т. 5. СПб.: Наука. 825 с.
- Югай В.С., Даувальтер В.А., Кашулин Н.А.** 2013. Содержание биодоступных форм соединений металлов в донных отложениях водоемов и коэффициент накопления (K_d) как показатели экологической обстановки водоемов (на примере озер Мурманской области) // Вестник МГТУ. Т. 16. № 3. С. 591–600.
- Яковлев В.А.** 2005. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Ч. 1. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 161 с.
- Dauvalter V., Slukovskii Z., Denisov D., Guzeva A.** 2022. A Paleolimnological Perspective on Arctic Mountain Lake Pollution // Water. Vol. 14. P. 4044
- Frost S., Huni A., Kershaw W.E., 1971.** Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna //Canadian Journal of Zoology. N 49. P. 67–183.
- Kashulin N.A., Dauvalter V.A., Denisov D.B., Valkova S.A., Vandysh O.I., Terentjev P.M., Kashulin A.N.** 2017. Selected aspects of the current state of freshwater resources in the Murmansk Region, Russia // Journal Environ. Sci. Health. Part A. N 52. P. 921–929.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.04>
<https://elibrary.ru/jmtqev>

МАКРОЗООБЕНТОС ПРЕДГОРНЫХ ОЗЕР СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ

О.Н. Вдовина, Д.М. Безматерных, М.В. Лассый

Институт водных и экологических проблем СО РАН, ул Молодежная, 1, г. Барнаул, 656 038, Россия.
E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru

В мае, июле и сентябре 2022 г. исследован таксономический состав и обилие донных беспозвоночных четырех озер северного и северо-восточного Алтая: Ая, Киреево, Кокша и Светлое. В макрообентосе исследованных озер выявлено 126 видов из 9 классов беспозвоночных. Для озер Ая и Киреево характерно небольшое видовое разнообразие и низкие значения численности и биомассы донных беспозвоночных. По составу и структуре сообществ донных беспозвоночных озер Ая и Киреево были близки к равнинным и низкогорным озерам. В озерах Кокша и Светлое отмечено высокое таксономическое разнообразие и обилие макробеспозвоночных. Донное населения этих озер имело черты как равнинных, так и горных озер.

MACROINVERTEBRATES THE FOOTHILL LAKES OF THE NORTHERN AND NORTHEASTERN ALTAI

O.N. Vdovina, D.M. Bezmaternykh, M.V. Lassy

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1 Molodezhnaya st., Barnaul, 656 038, Russia.
E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru

The taxonomic composition and abundance of benthic invertebrates in four lakes (Aya, Kireevo, Koksha and Svetloye) of the northern and northeastern Altai were studied in May, July and September 2022. 126 species from 9 classes of invertebrates were identified in the macrozoobenthos of the studied lakes. Lakes Aya and Kireevo are characterized by low species diversity, abundance and biomass of benthic invertebrates. According to the composition and structure of communities of benthic invertebrates, lakes Aya and Kireevo were close to flatland and low-mountain lakes. High taxonomic diversity and abundance of macroinvertebrates in lakes Koksha and Svetloye were noted. The bottom population of these lakes had features of both flatland and mountain lakes.

Введение

По сравнению с большим объёмом работ по водоемам равнинных территорий, для озер, расположенных в предгорных (низкогорных) районах, до недавнего времени имелась лишь разрозненная информация об их экосистемах, как в России, так и за рубежом. Важнейшей частью проблемы является нахождение предгорных озер между горными и равнинными озерами, которые представляют своеобразный экотон и значительно отличаются от них. Все больше данных свидетельствует о том, что низкогорные озера значительно отличаются от высокогорных и равнинных озер как по физическим, так и по биологическим свойствам (Moser et al., 2019). Однако большой накопленный на сегодняшний день материал по изучению бентоса

горных озер не позволяет провести обобщение в отношении структуры бентосных сообществ таких территорий.

Бентофауна предгорных озер Алтая слабо изучена, имеются данные о таксономическом составе оз. Ая (Айское) (Малолетко и др., 2004; Безматерных, 2004), для озер Белое и Колыванскоев определен качественный и количественный состав зообентоса, были рассчитаны биоиндикационные индексы, основанные на численности олигохет (Яныгина, Крылова, 2008; Кузменкин, Иванова, 2020), а также данные о составе, структуре донных беспозвоночных и качестве воды озер Кокша и Светлое (Вдовина и др., 2022). Современное использование природных ресурсов предгорных озер Алтая ограничено недостаточностью знаний об их потенциале и современном экологическом состоянии, зависящем от сочетания естественных условий с интенсивным использованием их водосборных бассейнов.

Цель работы – выявление особенностей состава и структуры макрозообентоса предгорных озер северного и северо-восточного Алтая.

Материал и методы

В 2022 г. исследовано состояние макрозообентоса предгорных озер северного и северо-восточного Алтая: Киреево Красногорского района, Ая (Айское) Алтайского района, Кокша и Светлое Советского района (рис. 1). Эти озера были обследованы трижды, в разные гидрологические сезоны: 27.05–20.06.2022 г., 20–28.07.2022 г., 05–11.09.2022 г. По площади водного зеркала озера относятся к категории малых, по максимальной глубине – к средним (Ая), малым (Киреево) и очень малым (Кокша, Светлое) (Губарев и др., 2023). По уровню минерализации данные озера являются ультрапресными. Исследованные озера интенсивно используются в рекреационных и сельскохозяйственных целях. Для водосбора оз. Ая характерна высокая рекреационная нагрузка, для оз. Киреево нагрузка несколько меньше. Средняя степень антропогенного воздействия характерна для озер Светлое (рекреационное воздействие), низкая – оз. Кокша (сельскохозяйственное воздействие). Озера Кокша и Светлое расположены в бассейне р. Кокша на Предалтайской равнине. Озера уникальны тем, что не замерзают зимой, при небольшой площади водосбора, отсутствии впадающих ручьев (рек) и отрицательном балансе «осадки-испарение» озера имеют обильное питание (Галахов, Губарев, 2018), которое обусловлено подземными водами. Фактически р. Кокша является протокой р. Катунь, часть которой существует в виде подземного потока, скрытого под землей на глубинах до 25–30 м (Рычков, Рычкова, 2004).

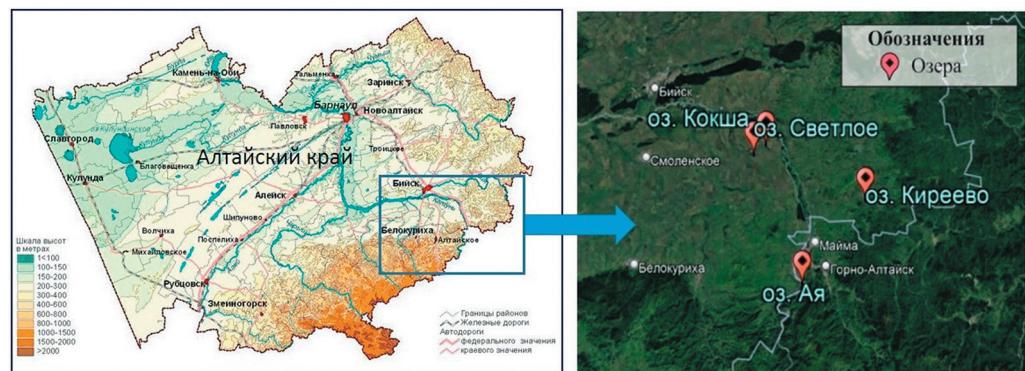


Рис. 1. Расположение изученных озер

Материал для исследований собирали и обрабатывали по стандартным гидробиологическим методикам (Руководство..., 1992). Отобрано 105 количественных и 13 качественных проб макрозообентоса. Количественные пробы отбирали дночертапателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м², пробы промывали через капроновый газ с размером ячеи 350x350 мкм и фиксировали 70 % этанолом. При сборе зообентоса с каменистого грунта вручную отбирали несколько камней на глубине до 0,7 м и для отмывания помещали в сачок-промывалку. В дальнейшем камень обрисовывали по контуру на миллиметровой бумаге для подсчета площади. После установления постоянной массы животных разбирали по систематическим группам, просчитывали и взвешивали на торсионных весах типа ВТ-500. Определение материала проводили по «Определителю пресноводных беспозвоночных России» (1994–2004). Уровень трофности определяли по шкале С.П. Китаева (2007), уровень видового разнообразия по Шенонну (1963).

Результаты и обсуждения

В озере Ая, донные беспозвоночные представлены 41 видом из 3 классов: Oligochaeta (7), Hirudinea (1) и Insecta (33). Наибольшее количество видов среди насекомых отмечено для отряда двукрылых (27 видов, из которых 23 – хирономиды), далее следовали ручейники – 5 видов и поденки – один вид. Макробеспозвоночные выявлены в зоне прибрежья на каменистом грунте. В зоне открытой воды на мягких грунтах организмы зообентоса отсутствовали в мае и июле, в сентябре обнаружены единичные особи хирономид и олигохет. Количество видов в пробе из глубинных зон составляло 0–1, в прибрежье – 6–7 (среднее для озера $2,91 \pm 0,71$) (табл. 1). Индекс Шеннона в профундали равнялся 0, в литорали максимальные значения достигали 3,24 бит/экз. (среднее – $0,89 \pm 0,23$ бит/экз.). В целом, видовое разнообразие, а также значения численности и биомассы макробеспозвоночных

Таблица 1

Основные характеристики макрозообентоса исследованных озер

Озеро	Сезон	Число видов в пробе	Численность, тыс. экз./м ²	Биомасса, г/м ²	H, бит/экз.	Уровень трофности по шкале С.П. Китаева (2007)
Ая	май	$4,30 \pm 0,90$	$1,65 \pm 0,53$	$1,74 \pm 1,39$	$1,38 \pm 0,34$	бета-олиготрофный
	июль	$2,10 \pm 1,40$	$0,08 \pm 0,05$	$0,07 \pm 0,05$	$0,68 \pm 0,45$	ультраолиготрофный
	сентябрь	$2,37 \pm 1,36$	$0,19 \pm 0,10$	$0,16 \pm 0,08$	$0,60 \pm 0,40$	ультраолиготрофный
	среднее	$2,91 \pm 0,71$	$0,64 \pm 0,22$	$0,65 \pm 0,47$	$0,89 \pm 0,23$	альфа-олиготрофный
Киреево	май	$6,50 \pm 1,30$	$1,48 \pm 0,26$	$0,79 \pm 0,18$	$1,91 \pm 0,10$	альфа-олиготрофный
	июль	$6,25 \pm 0,55$	$2,62 \pm 0,59$	$2,17 \pm 0,76$	$1,97 \pm 0,13$	бета-олиготрофный
	сентябрь	$8,55 \pm 1,00$	$5,29 \pm 0,91$	$2,74 \pm 0,55$	$1,74 \pm 0,24$	альфа-мезотрофный
	среднее	$7,16 \pm 0,61$	$3,22 \pm 0,49$	$1,93 \pm 0,35$	$1,87 \pm 0,10$	бета-олиготрофный
Кокша	май	$9,30 \pm 1,40$	$5,98 \pm 2,37$	$16,5 \pm 5,36$	$2,16 \pm 0,20$	альфа-эвтрофный
	июль	$13,3 \pm 1,21$	$19,0 \pm 5,50$	$25,8 \pm 4,04$	$2,40 \pm 0,18$	бета-эвтрофный
	сентябрь	$13,9 \pm 0,96$	$9,65 \pm 2,31$	$20,5 \pm 2,91$	$2,48 \pm 0,24$	бета-эвтрофный
	среднее	$12,2 \pm 0,79$	$11,3 \pm 2,23$	$20,7 \pm 2,47$	$2,34 \pm 0,12$	бета-эвтрофный
Светлое	май	$10,1 \pm 0,90$	$6,87 \pm 0,91$	$12,9 \pm 4,43$	$2,21 \pm 0,31$	альфа-эвтрофный
	июль	$13,3 \pm 1,34$	$11,1 \pm 1,84$	$28,4 \pm 11,01$	$2,34 \pm 0,10$	бета-эвтрофный
	сентябрь	$10,3 \pm 0,79$	$7,03 \pm 1,65$	$9,75 \pm 3,01$	$2,11 \pm 0,21$	бета-мезотрофный
	среднее	$11,3 \pm 0,65$	$8,36 \pm 0,92$	$17,3 \pm 4,33$	$2,22 \pm 0,12$	альфа-эвтрофный

Примечания: Н – коэффициент видового разнообразия по Шенонну

были выше в мае, чем в другие сезоны 2022 г. Донное население носило хирономидный характер (отмечены в 58 % проб), представленное в основном подсем. Chironominae (46 % проб). В отдельные сезоны преобладали различные таксоны зообентоса, явных доминантов, в целом для озера, выявить не удалось. Максимальное разнообразие отмечено в мае, наибольшая частота встречаемости отмечена для комаров-звонцов (87,5 %), из них чаще остальных отмечены рода *Tanytarsus* (50 %), *Cricotopus* (37,5 %), *Endochironomus* (37,5 %), *Glyptotendipes* (37,5 %). Большой процент встречаемости отмечен также для семейств Caenidae (*Caenis horaria* L. – 62,5 %) и Naididae (*Nais* – 62,5 %). В июле и сентябре также доминировали хирономиды (37,5 % и 50 % соответственно), субдоминировали олигохеты сем. Tubificidae (25 %), представленные в основном *Limnodrilus* sp. Для озера характерны низкие значения численности и биомассы сообществ донных беспозвоночных, уровень развития донных зооценозов соответствовал олиготрофному типу водоема. По численности и биомассе макрозообентоса доминировали хирономиды, большой вклад в биомассу зообентоса также вносили ручейники (табл. 2)

В более ранних исследованиях также отмечено отсутствие бентоса в центральной части озера, наиболее обильный бентос обнаружен на донните (до 4,82 г/м²). В 2002 г. в оз. Ая отмечено более низкое видовое разнообразие макрозообентоса. Обнаружено 12 видов донных беспозвоночных: 2 вида пиявок, по 1 виду мшанок, стрекоз, поденок, клопов, 6 видов двукрылых (из них 5 – хирономиды). По численности и биомассе в большинстве проб доминировали хирономиды и пиявки (Безматерных, 2004). Меньшее количество выявленных таксонов, вероятно, объясняется тем, что исследования зообентоса в 2022 г. носили более длительный характер и охватывали большее число биотопов.

Таблица 2

**Количество видов, численность и биомасса основных таксонов зообентоса
в исследованных озерах**

Озеро	Таксон	Количество видов	Численность, %	Биомасса, %
Ая	Хирономиды	23	53,6	44,1
	Олигохеты	7	22,7	9,0
	Ручейники	5	7,2	38,2
	Прочие	6	16,5	8,7
Киреево	Хирономиды	28	56,1	53,5
	Олигохеты	8	36,8	34,5
	Прочие	16	7,1	12,0
Кокша	Хирономиды	28	69,4	26,3
	Олигохеты	10	20,5	8,2
	Ракообразные	2	3,2	8,7
	Поденки	1	1,9	23,2
	Пиявки	5	1,0	23,2
	Прочие	30	4,0	10,4
Светлое	Хирономиды	24	71,5	35,1
	Олигохеты	10	15,7	23,3
	Ракообразные	2	5,3	14,5
	Поденки	1	1,0	9,1
	Ручейники	4	1,6	12,3
	Прочие	14	4,9	5,7

В озере Киреево выявлено 52 вида донных беспозвоночных из 6 классов: Nematoda (1), Oligochaeta (8), Hirudinea (1), Gastropoda (2), Arachnida (2) и Insecta (38). Наибольшее количество видов относилось к классу насекомых, среди них разнобразнее представлены двукрылые (31 вид, из которых 28 – хирономиды), далее по количеству видов идут поденки (4 вида), клопы (2 вида) и жуки (1 вид). По всей акватории озера Киреево донные отложения представлены мягкими илистыми и глинистыми грунтами, с примесью детрита в прибрежье, что обусловило развитие пелофильных сообществ макробеспозвоночных. В доминирующий комплекс входили хирономиды (отмечены в 100 % проб), олигохеты из сем. *Tubificidae* (92 %) и хаобориды (52 %). Хирономиды в основном были представлены подсемействами *Chironominae* и *Tanypodinae* (96 и 92 % соответственно), из них чаще отмечены *Procladius* sp. (88 %), *Chironomus* sp. (84 %), *Cryptochironomus* gr. *defectus* (64 %), *Microchironomus tener* (Kieffer) (36 %). Из олигохет чаще других отмечен *Limnodrilus* sp. (92 %), из хаоборид – *Chaoborus* (*C.*) *flavicans* (Meigen) (52 %). Видовое богатство было невысоким ($7,16 \pm 0,61$ видов в пробе), индекс Шеннона составил $1,87 \pm 0,10$ бит/экз. Значения численности и биомассы зообентоса также были невысокие и характерны олиготрофным водоемам. В зообентосе озера доминировал хирономидно-олигохетный комплекс видов (табл. 2). Увеличение биомассы наблюдалось в сентябре, уровень развития зообентоса соответствовал мезотрофному типу водоема.

Озера Кокша и Светлое близки по составу и структуре сообществ донных беспозвоночных. Разнообразно представлен макрообентос озера Кокша где выявлено 76 видов из 9 классов беспозвоночных: Turbellaria (1), Nematoda (1), Oligochaeta (10), Hirudinea (5), Bivalvia (2), Gastropoda (6), Arachnida (5), Crustacea (2) и Insecta (44). Среди насекомых максимальное количество видов отмечено для отряда двукрылых (34 вида, из которых 28 – хирономиды), второе место по качественному разнообразию принадлежало жукам (4 вида), по 2 вида ручейников и клопов, а также по одному виду поденок и большекрылок. Менее разнообразен зообентос озера Светлого, в котором обнаружено 55 видов макробеспозвоночных из 9 классов: Turbellaria (1), Nematoda (1), Oligochaeta (10), Hirudinea (1), Bivalvia (2), Gastropoda (3), Arachnida (4), Crustacea (2) и Insecta (31). Среди насекомых лидировали двукрылые, представленные семейством хирономид (24 вида), второе место по качественному разнообразию принадлежало ручейникам – 4 вида, также отмечено по одному виду поденок, жуков и большекрылок. По частоте встречаемости в озерах преобладали двукрылые из сем. *Chironomidae* (отмечены в 100 % проб), олигохеты сем. *Tubificidae* (80 %) и *Gammaridae* (52 %). Комары-звонцы были представлены разнообразно, максимальный процент встречаемости у подсем. *Chironominae* (94 %), далее следуют *Tanypodinae* (80 %), *Orthocladiinae* (78 %) и *Diamesinae* (55 %). Из хирономид чаще остальных в пробах отмечены *Tanytarsus pseudolestagei* Shilova (74 %), *Procladius* sp. (57 %), *Sergentia* gr. *longiventris* (55,5 %), *Macropelopia* sp. (52 %), *Psectrocladius* sp. (48 %), *Cladotanytarsus* gr. *mancus* (37 %), *Pseudodiamesa* gr. *nivosa* (33 %). Из олигохет *Tubifex tubifex* Müller (57 %), *Limnodrilus* sp. (50 %) и *Spirosperma ferox* Eisen (37 %).

По сравнению с другими озерами, озера Кокша и Светлое отличались более высоким видовым разнообразием, в среднем отмечено более 11 видов в пробе. Индекс Шеннона в оз. Кокша составлял $2,34 \pm 0,12$ бит/экз. в среднем по озеру в различные сезоны, максимальные его значения составили 3,45 бит/экз. В оз. Светлое индекс Шеннона в среднем по озеру в различные сезоны равнялся $2,22 \pm 0,12$ бит/экз., максимальные его значения отмечены в прибрежье

на каменистом грунте, он составил 3,9 бит/экз. В составе зообентоса озер выявлены холодолюбивые, обитающие преимущественно в предгорных и горных водоемах личинки хирономид и олигохет (*Prodiamesa olivacea*, *P. gr. nivosa*, *Macropelopia* sp., *S. gr. longiventris*, *Stylodrilus* sp.). Для озер характерны высокие значения численности и биомассы донных беспозвоночных, уровень развития донных зооценозов соответствовал эвтрофным водоемам. По численности в озерах доминировали хирономиды, по биомассе помимо хирономид большой вклад вносили олигохеты (оз. Светлое), поденки и пиявки (оз. Кокша) (табл. 2). Максимальные значения биомассы отмечены в июле, минимальные в мае в оз. Кокша и в сентябре в оз. Светлое (табл. 1). В прибрежье на песчаном и каменистом грунтах в качестве доминантов по биомассе выступали ракообразные и моллюски. На участках, где из озер вытекают реки основной вклад в биомассу зообентоса вносили поденки *Ephemera* sp.

По сравнению с предыдущими исследованиями (Вдовина и др., 2022) в составе зообентоса количество выявленных таксонов было выше в 2022 г., что объясняется большим количеством отобранных проб и проведением исследований в различные гидрологические периоды. Кроме того, отмечено снижение обилия донных беспозвоночных в оз. Кокша и их умеренное увеличение в оз. Светлое в аналогичный период исследований.

Заключение

Таким образом, в исследованных озерах выявлено 126 видов макрозообентоса из 9 классов беспозвоночных: Turbellaria (1), Nematoda (1), Oligochaeta (15), Hirudinea (5), Bivalvia (2), Gastropoda (7), Arachnida (8), Crustacea (2) и Insecta (85). Среди насекомых максимальное количество видов отмечено для двукрылых (61 вид, 52 – хирономиды), далее по количеству видов следовали ручейники (11), жуки (5), поденки (4), клопы (3) и большекрылки (1). Максимальное количество видов отмечено в оз. Кокша, минимальное – в оз. Ая. По таксономическому составу макробес позвоночных наиболее близки между собой пары озер: Ая – Киреево, Кокша – Светлое (рис. 2).

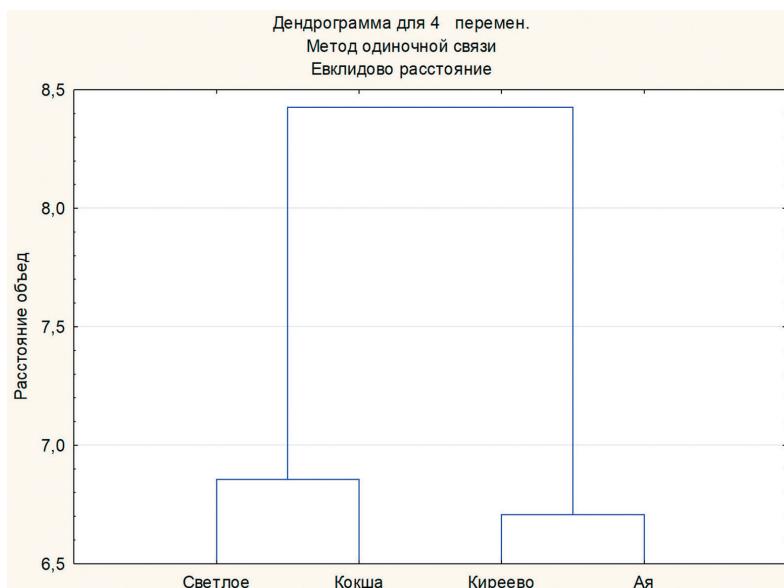


Рис. 2. Результаты кластерного анализа таксономического состава зообентоса исследованных озер

По составу и структуре донных беспозвоночных озера Ая и Киреево были близки к равнинным и низкогорным озерам. Значения численности и биомассы зообентоса озер Ая и Киреево были невысокие, соответствовали олиготрофным водоемам.

Озера Кокша и Светлое отличались своеобразием донного населения, оно имело черты как равнинных, так и высокогорных озер. Так же, как и для равнинных озер в качестве доминирующих таксонов отмечены комары-звонцы подсемейств Chironominae и Tanypodinae, а также олигохеты сем. Tubificidae (Bezmaternykh, Vdovina, 2020). В то же время наблюдается высокий процент встречаемости для подсемейств хирономид Orthocladiinae и Diamesinae, что характерно для горных водоемов (Vdovina et al., 2022). В озерах Кокша и Светлое выявлены холодолюбивые, обитающие преимущественно в предгорных и горных водоемах олигохеты и личинки комаров-звонцов. Кроме того, в более 50 % проб отмечены амфиоподы, доминирование которых по встречаемости также было отмечено ранее для горных и высокогорных озер Алтая-Саянской горной страны (Лепнева, 1933; Вершинин и др., 1979; Яныгина, Крылова, 2006), водоемов Чили, расположенных на высоте от 250 до 1000 метров над уровнем моря (Carcamo et al., 2019), водотоках Патагонии (Miserendino, Pizzolón, 2000) и Аргентинских Анд (Scheibler et al., 2014). Для озер Кокша и Светлое характерны высокие значения численности и биомассы донных беспозвоночных, уровень развития донных зооценозов соответствовал эвтрофным водоемам. Особенности состава и структуры озер Кокша и Светлое обусловлены их уникальным гидрологическим режимом.

Благодарности

Авторы искренне благодарят М.С. Губарева, Е.Н. Крылову и Р.К. Свиридова за помощь в проведении работ. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда 22-27-20 134, <https://rscf.ru/project/22-27-20 134/>.

Литература

- Безматерных Д.М. 2004.** Зообентос // Озеро Ая и его окрестности (физико-географический очерк). Томск: Печатная мануфактура. С. 110–114.
- Вдовина О.Н., Безматерных Д.М., Крылова Е.Н. 2022.** Состав и структура сообществ донных беспозвоночных предгорных озер Светлое и Кокша (Алтайский край) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. № 3 (66). С. 33–47.
- Вершинин В.К. Коновалова С.С., Фоменко Л.А. 1979.** Зообентос некоторых водоемов Горного Алтая и его роль в питании интродуцированной пеляди // Биологические ресурсы Алтайского края и пути их рационального использования: Тез. докл. конф. Барнаул. С. 123–124.
- Галахов В.П., Губарев М.С. 2018.** Водный баланс озера Светлое (Лебединное) // Известия АКО РГО. № 3(50). С. 10–16.
- Губарев М.С., Безматерных Д.М., Свиридов Р.К. 2023.** Современные данные о морфометрических характеристиках шести предгорных озер Русского Алтая // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. № 1 (68). С. 5–15.
- Китаев С.П. 2007.** Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КНЦ РАН. 395 с.
- Кузменкин Д.В., Иванова Е.С. 2020.** Количественная характеристика макрозообентоса литорали Колыванского и Белого озер (Северо-Западный Алтай) по исследованиям 2019 г. Труды Тигирекского заповедника. Вып. 12. С. 100–104.
- Лепнева С.Г. 1933.** Донная фауна горных озер района Телецкого озера // Исследования озер СССР. Л.: Изд-во ГГИ. Вып. 3. С. 135–168.
- Малолетко А.М., Прудникова Н.Г., Кириллова Т.В. и др. 2004.** Озеро Ая и его окрестности (физико-географический очерк). Томск: Печатная мануфактура. 204 с.

- Определитель пресноводных беспозвоночных России. 1994–2004. Т. 1–6.** Л.: ЗИН РАН.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992.** СПб.: Гидрометеоиздат. 318 с.
- Рычков В.М., Рычкова С.И. 2004.** Феномен реки Кокши на Алтае // Природные ресурсы Горного Алтая. № 2. URL: <http://altay-geojournals.ru/wp-content/uploads/2015/02/2-20.pdf> (дата обращения: 22.04.2022).
- Шеннион К. 1963.** Работы по теории информации и кибернетики. М.: Иностр. лит. 860 с.
- Яныгина Л.В., Крылова Е.Н. 2006.** Биоиндикация экологического состояния предгорных водоемов Алтая по зообентосу // Ползуновский вестник. № 2. С. 365–368.
- Яныгина Л.В., Крылова Е.Н. 2008.** Зообентос высокогорных водоемов бассейна Телецкого озера // Мир науки, культуры, образования. № 4. С. 18–20.
- Bezmaternykh D.M., Vdovina O.N. 2020.** Composition and structure of macrozoobenthos of lakes in different natural zones and subzones of Western Siberia // Limnology. Vol. 21. P. 3–13. <https://doi.org/10.1007/s10201-019-00586-y>
- Carcamo R.J., Contador T., Gañan M., Troncoso P.C., Marquez M.A., Convey P., Kennedy J., Rozzi R. 2019.** Altitudinal gradients in Magellanic sub-Antarctic lagoons: the effect of elevation on freshwater macroinvertebrate diversity and distribution // PeerJ Journals. Vol. 7: e7128. <https://doi.org/10.7717/peerj.7128>
- Miserendino L.M., Pizzolon L.A. 2000.** Macroinvertebrates of a fluvial system in Patagonia: altitudinal zonation and functional structure // Archiv für Hydrobiologie. Vol. 150. P. 55–83.
- Moser K.A., Baron J.S., Brahnay J., Oleksy I.A., Saros J.E., Hundey E.J., Strecker A.L. et al. 2019.** Mountain lakes: eyes on global environmental change // Glob Planet Chang. Vol. 178. P. 77–95. doi:10.1016/j.gloplacha.2019.04.001
- Scheibler E.E., Claps M.C., Roig S.A. 2014.** Temporal and altitudinal variations in benthic macroinvertebrate assemblages in an Andean river basin of Argentina // Journal of Limnology. Vol. 73. P. 76–92.
- Vdovina O.N., Yanygina L.V., Bezmaternykh D.M. 2022.** Composition and structure of lake macroinvertebrate communities in different altitudinal zones of Russian Altai // Acta Biologica Sibirica. Vol. 8. P. 531–555. <https://doi.org/10.14258/abs.v8.e33>

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.05>

<https://elibrary.ru/jonpqj>

БИОРАЗНООБРАЗИЕ РУЧЕЙНИКОВ (INSECTA, TRICHOPTERA) ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМОЙ ОБЛАСТИ

Т.С. Вшивкова^{1,2,3}

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690 022, Россия

E-mail: vshivkova@biosoil.ru

²Междунородная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология», Институт Мирового океана,
ДВФУ, о. Русский, п. Аякс, 10, г. Владивосток, 690 922, Россия

³Международный институт окружающей среды и туризма,
ВВГУ, ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, 690 014, Россия

Приведен обзор изучения фауны ручейников Еврейской автономной области (ЕАО) с 1962 г. по настоящее время. Отмечено, что значительное увеличение списка видов произошло в начале 2000-х, в результате работ экспедиций ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН на территории ЕАО, а также энтомологических исследований на территории государственного заповедника «Бастак». С 2018 г. по настоящее время, в рамках ежегодных комплексных исследований пресноводной биоты в бассейне Среднего Амура знания о фауне ручейников ЕАО значительно расширились и к настоящему времени список ручейников области составляет 225 видов из 59 родов и 21 семейства. В работе приводится систематический список видов и краткий анализ структуры трихоптерофауны ЕАО. Четырнадцать видов ручейников указываются впервые для области, три из них, вероятно, новые для науки; один вид – *Anabolia appendix*, впервые обнаружен на территории континентальной части России (ранее был известен с о. Сахалин и из Китая).

BIODIVERSITY OF CADDISFLES (INSECTA, TRICHOPTERA) THE JEWISH AUTONOMOUS REGION

T.S. Vshivkova^{1,2,3}

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690 022, Russia

E-mail: vshivkova@biosoil.ru

²UNESCO International Chair “Marine Ecology”, Institute of the World Ocean,
Far Eastern Federal University, Russian Island, 10 Ajax st, Vladivostok, 690 922, Russia

³The International Institute of Environment and Tourism, Vladivostok State University,
41 Gogol st., Vladivostok, 690 014, Russia

A review of the study of Trichoptera in the Jewish Autonomous Region (JAO) from 1962 to the present is given. It is noted that a significant increase in the list of species occurred in the early 2000s as a result of expeditions of the Federal Scientific Center for Biodiversity of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences in the JAO, and during entomological studies in the Bastak State Nature Reserve. From 2018 to the present, as part of the annual comprehensive studies of the freshwater biota of the Middle Amur River basin, knowledge of the fauna of the caddis flies of the JAO has significantly expanded. By now the list of caddis flies in the region has amounted 225 species from 59 genera and 21 families. The paper provides a systematic list of species and a brief analysis of the structure of the trichopterofauna of the JAO. Fourteen species of caddisflies are indicated

for the first time for the JAO the region, three of them are probably new to science; one species, *Anabolia appendix*, was first discovered on the territory of the continental part of Russia (previously it was known from Sakhalin Island and from China).

Введение

Изучение ручейников Еврейской автономной области началось сравнительно недавно. Первые опубликованные сведения появились в работе И.М. и В.Я. Леванидовых (1962), где они указали два вида, *Nemotaulius admorsus* (McLachlan, 1866) и *Apatania zonella* (Zetterstedt, 1840), собранных у оз. Теплое (бассейн р. Бира). Из того же озера А. Ниммо в 1995 описал новый род и вид *Thermophylax tyoployensis* из сем. Limnephilidae (Nimmo, 1995). Затем, в 1992 г. Т. Ito с соавторами указали *Lepidostoma hirtum* (Fabricius, 1775) из р. Бира (дата сбора 3 августа 1954) (Ito et al., 1992). После этого Т.С. Вшивкова указала *Micrasema gelidum* McLachlan, 1876, *Anabolia semenovi* (Martynov, 1935) и *Ceraclea excisa* (Morton, 1904) из окр.с. Облучье по материалам В. Жерихина и Н. Синиченковой (сбор 25–28.08.1976) и *Stenopsyche variabilis* Kumansky, 1992 из р. Бирушка (Vshivkova, 1995). Позже Т.И. Арефина с соавторами описала новый вид *Psychomyia birushka* из р. Бирушка (бассейн р. Бира) (Arefina et al., 1996), а также в с соавторстве с проф. Дж. Морсом описала новый вид *Ceraclea affinis* также из р. Бирушка (Arefina, Morse, 2001).

В период с 2003 по 2004 гг. в ЕАО работали энтомологи Лаборатории пресноводной гидробиологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (ранее Биолого-почвенный институт ДВО РАН), в результате был собран богатый имагинальный материал по ручейникам, который, вместе с энтомологическими сборами из фондовой коллекции Лаборатории ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН обработала и опубликовала Т.И. Арефина (2005), указав из ЕАО 116 таксонов ручейников, принадлежащих 21 семейству и 50 родам (Арефина, 2005), добавив, таким образом, к фауне области 113 видов.

Интересные находки ручейников в Еврейской автономной области и полная неизученность трихоптерофауны в государственном заповеднике «Бастак» побудили нас продолжить исследования на территории региона, расширив сезонный спектр сборов, типы местообитаний и ландшафтно-гидрологические выделы (Вшивкова, 2022).

Район исследований

Еврейская автономная область расположена в южной части российского Дальнего Востока, в Приамурье, административно входит в Дальневосточный федеральный округ, граничит с Амурской областью, Хабаровским краем, а на юге, по реке Амур – с Китаем. Территория области 36 тыс. км², в область входит 5 административных районов, 2 города, и 12 посёлков городского типа. Крупные города – Биробиджан (административный центр) и Облучье (Еврейская автономная область..., 2023).

Территория области входит в бассейн Среднего Амура, который в этой части представляет собой широкую долину, изрезанную многочисленными протоками. Границами этой зоны являются: сверху – место впадения реки Зея, снизу – реки Уссури. Эта часть бассейна включает Зейско-Буреинскую равнину на западе и горную страну – на востоке. Рельеф области неоднороден, северо-западная часть гористая, нижняя, юго-восточная часть, примерно равная ей по площади – низменная. Северо-западную часть занимают хребты Малый Хинган, Сутарский,

Щуки-Поктой и Помпеевский, преобладающие высоты 600–700 м. На севере расположены отроги Буреинского хребта с максимальными высотами 800–1000 м; на юге и юго-востоке, восточнее реки Бира, простирается сильно заболоченная Среднеамурская низменность (высота от 40 до 150 м).

Общее число рек автономии очень велико, их насчитывается более 5000, а общая протяженность составляет около 18 275 км. К наиболее крупным рекам, с длиной более 100 км, относятся Амур – транзитная для области река, Бира, Биджан, Добрая, Самара, Тунгуска. Однако большую часть гидросистемы представляют малые и средние реки. Речная сеть района развита относительно слабо. Средняя густота речной сети по автономии около 0,5 км/км², в пределах Среднеамурской низменности показатель густоты речной сети – 0,1–0,3 км/км², в горных территориях – 0,6–0,7 км/км². По условиям протекания в пределах области формируются горные, равнинные и переходные (полугорные) типы рек (рис. 1). Выраженная неоднородность компонентов природной среды, прежде всего геолого-геоморфологических, отражается на морфологии русел, специфике русловых процессов и особенностях формирования русловых форм рельефа водотоков, протекающих в определенной части территории автономии.

Область расположена в подтайской и широколиственной зонах лесов. Лесистость – 36 %. В пределах низменности водосборы почти лишены древесной растительности. Водосборы, располагающиеся на возвышенной части облесены на 20–40 %. Заболоченность водосборов отдельных рек изменяется от 8–10 % до 20–30 %, у некоторых малых рек болота занимают до 70–80 % площади их бассейнов. По средней величине озёрности (0,4 %) этот район превосходит все остальные. Равнина Среднего Амура лежит в зоне талых пород, однако, многолетняя мерзлота на режим рек заметного влияния не оказывает. Характерной особенностью района является муссонный климат, обуславливающий специфический водный режим как основной реки, так и её притоков, вызывая сильные колебания уровня воды. Гидрологические и ландшафтные особенности накладывают отпечаток на животный мир пресных вод, формируя богатую и разнообразную фауну (Амур. Справочник водных ресурсов..., 2023).

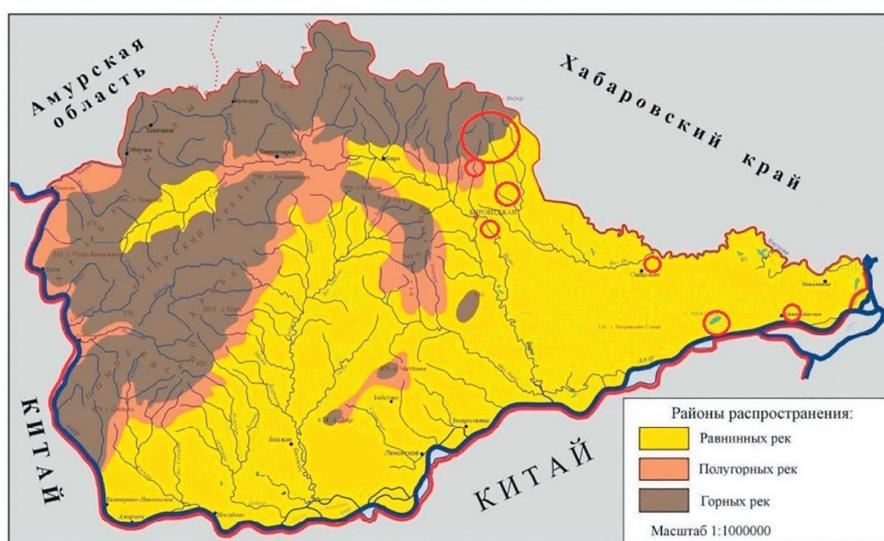


Рис. 1. Ландшафтно-гидрологические выделы типов рек Еврейской автономной области (по: Аношкин, 2018) и места сборов водных беспозвоночных в период с 2018 по 2022 гг. (выделены красными кругами)

Материал и методы

Материал, представленный в данной статье, получен различными сборщиками в разные периоды и основан на сборах водных и воздушных фаз ручейников при использовании энтомологических сачков, светоловушек, различных бентосных пробоотборников. Сбор имагинальных фаз амфибиотических насекомых в период с 2018 по 2022 гг. производился в основном с помощью двух типов светоловушек: экранной (LT-s, light trap screen) и спиртовой (LT-e, light trap with ethanol tray) при использовании ультрафиолетовых ламп мощностью 20 вольт (Aspectek Ultraviolet Tube 20W). Неполовозрелые бентосные фазы отбирались преимущественно донным сачком (D-net) или путём простого смыва с донных субстратов (Q-w). Материал фиксировали 95 % этианолом (Вшивкова и др., 2019). Семейства и включённые роды и виды расположены в таблице в алфавитном порядке.

Таблица 1

Видовой состав ручейников Еврейской автономной области с указанием времени обнаружения видов по литературным данным, опубликованным до 2018 г. и данным ежегодных дальневосточных комплексных экспедиций (2018–2022 гг.)

Таксоны	Информация о фауне Trichoptera ЕАО в разные периоды исследований (по публикациям и данным экспедиций)										
	Публикации 1962, 1992–2013					Экспедиции 2018–2022					
	1	2	3	4	5	I	II	III	IV–V	VI–VII	
	1962	1992, 1995	1996, 2001	2005	1995, 2012, 2013	2018	2019	2020	2021	2022	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Семейство Apataniidae											
1. <i>Apatania crymophila</i> Mc L., 1880				X							
2. <i>Apatania dalecarlica</i> Forsslund, 1934						X					
3. <i>Apatania sinensis</i> (Mart., 1914)									b		
4. <i>Apatania stigmatella</i> (Zett., 1840)					X						
5. <i>Apatania zonella</i> (Zett., 1840)	X				X						
Семейство Arctopsychidae											
6. <i>Arctopsyche amurensis</i> Mart., 1934					X			b			
7. <i>Arctopsyche palpata</i> Mart., 1934					X	b	b	b		b	b, i
Семейство Brachycentridae											
8. <i>Brachycentrus americanus</i> (Banks, 1899)					X		b	b	b	b	b, i, s
9. <i>Brachycentrus bilobatus</i> Mart., 1935					X						
10. <i>Brachycentrus</i> sp. 1								b			
11. <i>Brachycentrus</i> sp. 2								b			
12. <i>Micrasema gelidum</i> Mc L., 1876						X	b	b		b	b
13. <i>Micrasema</i> sp. 1								b			b
14. <i>Micrasema</i> sp.					X						
Семейство Calamoceratidae											
15. <i>Ganonema extensum</i> Mart., 1935					X						
Семейство Dipseudopsidae											
16. <i>Hyalopsyche sachalinica</i> Mart., 1910					X	b				z	s
Семейство Economidae											
17. <i>Economus tenellus</i> (Rambur, 1842)					X		b			s	s
18. <i>Economus yamashironis</i> Tsuda, 1942					X				z	z, s	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Семейство Glossosomatidae										
19. <i>Agapetus inaequispinosus</i> (Schmid, 1970)					b				b	
20. <i>Agapetus jakutorum</i> Mart., 1934			X							
21. <i>Agapetus aff. inaequispinosus</i> (Schmid, 1970)			X							
22. <i>Agapetus sibiricus</i> Mart., 1918			X	b	b					
<i>Agapetus</i> sp.					b	b	b			b
23. <i>Anagapetus schmidi</i> (Levan., 1979)			X			b				
24. <i>Glossosoma altalicum</i> (Mart., 1914)			X		b					
25. <i>Glossosoma angaricum</i> Levan., 1967			X							
26. <i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)			X	X	b	b		b, s	b	
27. <i>Glossosoma nylanderi</i> Mc L., 1879			X					s		
28. <i>Glossosoma ussuricum</i> (Mart., 1934)			X							
29. <i>Glossosoma</i> sp. A (male)							b			
30. <i>Glossosoma</i> sp. B (male)							b			
31. <i>Padunia bikinensis</i> Mart., 1934			X		b			s		
32. <i>Padunia forcipata</i> Mart., 1934			X							
33. <i>Padunia lepnevae</i> Mart., 1929			X							
Семейство Goeridae										
34. <i>Goera curvispina</i> Mart., 1935			X					s		
35. <i>Goera horni</i> Mart., 1909 (= interrogations)			X		b			b		
36. <i>Goera kawamotonis</i> Kobayashi, 1987			X							
37. <i>Goera parvula</i> Mart., 1935			X							
38. <i>Goera squamifera</i> Mart., 1909			X	b	b			s		
39. <i>Goera tungusensis</i> Mart., 1909					b	b		b	i	
40. <i>Goera</i> aff. <i>tungusensis</i> Mart., 1909									b	
41. <i>Goera</i> sp. X									b	
<i>Goera</i> sp. (female)									b	
Семейство Hydropsychidae										
42. <i>Amphipsyche proluta</i> Mc L., 1872			X	b	b		z	b, z, a, s	b, i, s	
43. <i>Cheumatopsyche albofasciata</i> Mc L., 1872			X						i, s	
44. <i>Cheumatopsyche brevilineata</i> (Iwata, 1927) (= <i>daurensis</i>)			X							
45. <i>Cheumatopsyche chinensis</i> (Mart., 1930) (= <i>amurensis</i>)			X	b	b		z	z, a	s	
46. <i>Cheumatopsyche infascia</i> Mart., 1934			X	b	b	b	z	b, z, a, s	b, s	
47. <i>Cheumatopsyche</i> sp. «yellow»								s		
48. <i>Cheumatopsyche</i> sp. 1 (female)								z	b, i	
<i>Cheumatopsyche</i> spp.									b, i	
49. <i>Hydromanicus feminalis</i> (Mart., 1934)					b					
50. <i>Hydropsyche kozhantschikovi</i> Mart., 1924			X	b						
51. <i>Hydropsyche newae</i> Kolenati, 1858			X	b						
52. <i>Hydropsyche orientalis</i> Mart., 1934			X	b	b					
53. <i>Hydropsyche</i> sp. 2						b				
54. <i>Hydropsyche</i> sp. 3							b			

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
55. <i>Hydropsyche</i> sp. "yellow"										b
<i>Hydropsyche</i> spp.										z i
56. <i>Macrosternum radiatum</i> (Mc L., 1872)			X		b					b, i, s
57. <i>Potamyia chinensis</i> (Ulmer, 1915)			X	b				z	z, s	s
58. <i>Potamyia czekanowskii</i> (Mart., 1910)			X	b				z	z	
<i>Potamyia</i> spp.					b					z
Семейство Hydroptilidae										
59. <i>Hydroptila chinensis</i> Xue & Yang, 1990			X		b	b	z	s	b	
60. <i>Hydroptila dampfi</i> Ulmer, 1929					b		z	s		
61. <i>Hydroptila dorsoprocessuata</i> Bots., 1993			X							
62. <i>Hydroptila phenianica</i> Bots., 1970										s
63. <i>Hydroptila spinosa</i> Arefina & Armitage, 2003			X							
64. <i>Hydroptila thuna</i> Oláh, 1989 (= <i>apiculata</i>)			X							
65. <i>Hydroptila</i> sp. 1								z	s	
66. <i>Hydroptila</i> sp. "LS"										s
67. <i>Hydroptilidae</i> gen. sp. 4								z		
<i>Hydroptilidae</i> indet.										b, i
68. <i>Orthotrichia costalis</i> Curtis, 1834			X		b		z	s		
69. <i>Orthotrichia tragetti</i> Mosely, 1930			X		b		z	s		
70. <i>Oxyethira ecornuta</i> Morton, 1893			X							
71. <i>Oxyethira tiunovae</i> Arefina & Armitage, 2003			X							
72. <i>Oxyethira</i> sp. 1					b					b
73. <i>Stactobiella biramosa</i> Mart., 1929										s
74. <i>Hydroptilidae</i> gen. sp. "H" (female)										b
75. <i>Hydroptilidae</i> gen. 1 sp. 1 (females)								z	s	
76. <i>Hydroptilidae</i> gen. 3 sp. 3 (females)										s
77. <i>Hydroptilidae</i> gen. 4 sp. 4 (females)								z		
<i>Hydroptilidae</i> indet.										b, i
Семейство Lepidostomatidae										
78. <i>Lepidostoma albardanum</i> (Ulmer, 1906)			X	b	b	b	b	b, s	b	
79. <i>Lepidostoma elongatum</i> (Mart., 1935)			X	b	b	b		b	b	
80. <i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)		X								
<i>Lepidostoma</i> sp.								b		
Семейство Leptoceridae										
81. <i>Ceraclea affinis</i> Arefina & Morse, 2001		X								
82. <i>Ceraclea albimacula</i> (Rambur, 1842) (= <i>alboguttata</i>)			X							s
83. <i>Ceraclea annulicornis</i> (Stephens, 1836)			X							
84. <i>Ceraclea ensifera</i> (Mart., 1935)								z	z, a	
85. <i>Ceraclea excisa</i> (Morton, 1904)			X	X	b					b
86. <i>Ceraclea hastata</i> (Bots., 1970)					b	b				b
87. <i>Ceraclea gigantea</i> Kumanski, 1991*										X
88. <i>Ceraclea globosa</i> Yang & Morse, 1988			X							b

Продолжение табл. 1

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
130. <i>Setodes furcatulus</i> Mart., 1935				X						b, i
131. <i>Setodes obscurus</i> Schmid & Levan., 1986					b		b			
132. <i>Setodes pulcher</i> Mart., 1910				X						
133. <i>Setodes punctatus</i> (Fabricius, 1793)				X						
134. <i>Setodes</i> sp. "LS"										z, s
<i>Setodes</i> sp.						b				
135. <i>Triaenodes jakutanus</i> Mart., 1910						b	b			
136. <i>Triaenodes levanidovae</i> (Morse & Vshivkova, 1977)				X	b	b	b		s	b
137. <i>Triaenodes pellectus</i> Ulmer, 1908				X	b	b	b	b, z	s	b, i, s
138. <i>Triaenodes rufescens</i> Mart., 1935					b					
139. <i>Triaenodes simulans</i> (Tjeder, 1929)				X						
140. <i>Triaenodes unanimis</i> Mc L., 1877				X		b	b	b, z	z, s	b, s
141. <i>Triaenodes</i> sp. 2								b		
142. <i>Triaenodes</i> sp. 3								b		
143. <i>Triaenodes</i> sp. 4								b		
<i>Triaenodes</i> sp.								b		b
144. <i>Leptoceridae</i> gen. 1 sp. 1								b		
Leptoceridae indet.								b		i
Семейство Limnephilidae										
145. <i>Anabolia appendix</i> (Ulmer, 1905)**										X
146. <i>Anabolia concentrica</i> Zett., 1840						b				
147. <i>Anabolia semenovi</i> (Mart., 1935)					X					
148. <i>Anabolia servata</i> (Mc L., 1880)				X				b		
149. <i>Anabolia</i> sp. 1 (female)								b		
150. <i>Asynarchus amurensis</i> (Ulmer, 1905)				X		b		b	b, z	b
151. <i>Brasypsyche rara</i> Mart., (1914)*										X
152. <i>Dicosmoecus jozankeanus</i> (Mats., 1931)				X		b		b		
153. <i>Ecclisomyia kamtshatica</i> (Mart., 1913)				X			b		b	b
154. <i>Hydatophylax grammicus</i> (Mc L., 1880)				X						
155. <i>Hydatophylax nigrovittatus</i> (Mc L., 1872)					X					
156. <i>Hydatophylax soldatovi</i> (Mart., 1914)				X		b	b	b	b	b
157. <i>Limnephilus correptus</i> Mc L., 1880				X						s
158. <i>Limnephilus</i> aff. <i>correptus</i> (f. AB)								b		
159. <i>Limnephilus</i> aff. <i>correptus</i> (f. PR)								b		
160. <i>Limnephilus quadratus</i> Mart., 1914					b			b		
161. <i>Limnephilus mutabilis</i> Mart., 1914								b		
162. <i>Limnephilus sericeus</i> (Say, 1824)					b					b
163. <i>Limnephilus stigma</i> Curtis, 1834										b
164. <i>Limnephilus</i> sp. 1								b		
165. <i>Limnephilus</i> sp. 2								b		
166. <i>Limnephilus</i> sp. 3								b		
167. <i>Nemotaulius admorsus</i> (Mc L., 1866)	X			X						
168. <i>Nemotaulius amurensis</i> Nimmo, 1995						b			z, a, s	i, s

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
169. <i>Nemotaulius mutatus</i> (Mc L., 1872)				X						
170. <i>Pseudostenophylax adlimitans</i> (Mart., 1914)*										b
171. <i>Pseudostenophylax amurensis</i> Mc L., 1880						b				
172. <i>Pseudostenophylax riedeli</i> Bots., 1970									b	
173. <i>Thermophylax tyoployensis</i> Nimmo, 1995		X		X						
Limnephilidae gen. sp. (larvae)						b				
Семейство Molannidae										
174. <i>Molanna moesta</i> Banks, 1906				X	b	b	b	b, z	b, s	i, s
175 <i>Molanna submarginalis</i> Mc L., 1872				X					s	
176. <i>Molanna</i> sp. 1							b			
177. <i>Molannodes tinctus</i> (Zett., 1840)				X					b	b
Семейство Phryganeidae										
178. <i>Agrypnia czerskii</i> (Mart., 1924)				X				s	s	
179. <i>Agrypnia picta</i> Kolenati, 1848				X	b			b, z, a, s		
180 <i>Agrypnia</i> sp.							b			
181. <i>Hagenella sibirica</i> (Mart., 1909)						b				
182. <i>Oligotricha lapponica</i> Hagen, 1864*										b
183. <i>Phryganea sinensis</i> Mc L., 1862				X				z	z, a	i, s
184. <i>Semblias atrata</i> (Gmelin, 1789)*										X
185. <i>Semblias phalaenoides</i> (Linnaeus, 1758)				X						
Семейство Polycentropodidae										
186. <i>Cyrnus fennicus</i> Klingstedt, 1937				X						
187. <i>Neureclipsis bimaculata</i> (L., 1758)				X				z	z	b, s
188. <i>Neucentropus mandjuricus</i> Mart., 1907				X		b		b, z, a, s		s
189. <i>Neureclipsis</i> sp. 1.					b					
190. <i>Plectrocnemia wui</i> (Ulmer, 1932)				X				s		b
191. <i>Plectrocnemia</i> sp. EA								b, z, s		
192. <i>Plectrocnemia</i> sp. 1 (male)								z		
193. <i>Plectrocnemia</i> sp. 2 (female)								z		
194. <i>Pseudounereclipsis</i> sp.				X						
195. Polycentropodidae gen. sp. 1						b		b		
196. Polycentropodidae gen. sp. 2								z		
197. Polycentropodidae gen. sp. 3								z		
Polycentropodidae gen. spp. (females)						b			b, i, s	
Семейство Psychomyiidae										
198. <i>Lype daurica</i> Ivanov & Levan., 1996						b				
199. <i>Lype</i> sp. 1				X						
200. <i>Lype</i> sp. (females)						b		b, s	b, s	
201. <i>Paduniella uralensis</i> Mart., 1914									s	
202. <i>Psychomyia birushka</i> Arefina & Levan., 1996				X						
203. <i>Psychomyia flava</i> Hagen, 1861				X	b	b		s		b
204. <i>Psychomyia forcipata</i> Mart., 1934					b					
205. <i>Psychomyia minima</i> (Mart., 1910)				X						

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
206. <i>Psychomyia</i> sp. M					b					
207. <i>Psychomyia</i> sp. F					b					
Psychomyiidae indet.								b	i	
Семейство Rhyacophilidae										
208. <i>Rhyacophila angulata</i> Mart., 1910								b		
209. <i>Rhyacophila coreana</i> Tsuda, 1913				X						
210. <i>Rhyacophila egijnica</i> Schmid, 1968				X						
211. <i>Rhyacophila impar</i> Mart., 1914				X						
212. <i>Rhyacophila lata</i> Mart., 1918				X	b		b		b, s	b
213. <i>Rhyacophila lenae</i> Mart., 1910				X			b			
214. <i>Rhyacophila mjohjangsanica</i> Bots., 1970				X			b			
215. <i>Rhyacophila mongolica</i> Levan., 1993				X		b				b
216. <i>Rhyacophila narvae</i> Navás 1926				X						
217. <i>Rhyacophila retracta</i> Mart., 1914				X		b	b	b	b	b
218. <i>Rhyacophila riedeliana</i> Bots., 1970				X						
219. <i>Rhyacophila</i> sp. 1 (larva)						b				
220. <i>Rhyacophila</i> sp. 2						b				
<i>Rhyacophila</i> spp.						b	b	b		
Семейство Sericostomatidae										
221. <i>Gumaga orientalis</i> (Marty., 1935)				X				z		
Семейство Stenopsychidae										
222. <i>Stenopsyche marmorata</i> Navas, 1920				X		b				
223. <i>Stenopsyche variabilis</i> Kumansky, 1992						X				
Семейство Thremmatidae										
224. <i>Neophylax relictus</i> (Mart., 1935)				X		b		b		
225. <i>Neophylax ussuriensis</i> Mart., 1914				X			b		b	b
ВСЕГО ВИДОВ:							225			
Количество видов, выявленных в разные периоды	2	2	2	116	38	69	40	74	89	84
Количество видов, добавленных указанными авторами к фауне ЕАО	2	2	2	113	12	20	5	34	20	14

Примечания. Слева, в шапке таблицы арабскими цифрами обозначены периоды, в которые разными авторами были опубликованы материалы по фауне ручейников Еврейской АО на территории, не входящей в заповедник «Бастак»: 1 – Леванидов, Леванидова, 1962; 2 – Ito et al., 1992; Nimmo, 1995; 3 – Arefina et al., 1996; Arefina, Morse, 2001; 4 – Арефина, 2005; 5 – Vshivkova, 1995; Вшивкова, 2012, 2013; справа римскими цифрами с I по VII обозначены экспедиции, организованные с 2018 по 2022 гг. Т.С. Вшивковой и В.П. Макаренко (подробно об экспедициях см. Вшивкова, Макаренко, 2022). Символы в таблице: X – места сборов, не входящие в заповедник «Бастак»; строчные буквы – места сборов в заповеднике и на прилежащих территориях: b – основной кластер заповедника, i – бассейн р. Ин, z – кластер «Забеловский», а – р. Амур у пос. Нижне-Спасское, s – озера в окр.г. Биробиджан и пос. Смидовичи. * – виды, новые для ЕАО, ** – вид, впервые указывается для континентальной части России.

Результаты исследований

В 2012 г. автору были переданы материалы, собранные в государственном заповеднике «Бастак» экспедицией под руководством А.Н. Стрельцова (Благовещенский государственный университет) в основном кластере «Центральный», в районе кордона «Дубовая Сопка». Коллекция включила 34 вида, это была первая информация по фауне ручейников заповедника «Бастак», из них 8 видов оказались новыми

для ЕАО (Вшивкова, 2012). В 2013 г. к списку ЕАО был добавлен один вид *Apatania dalecarlica* (сбор Е.А. Макарченко 24 марта 2013 г. в ручье, впадающем в Тепловские пруды в 2, 5 км от пос. Теплоозёрск, Облученский район); вид ранее указывался для Западной Европы и Монголии (Вшивкова, 2013).

Затем, с 2018 г., по инициативе администрации заповедника «Бастак», были организованы ежегодные комплексные исследования пресноводной биоты на территории заповедника и прилежащих районах под руководством Т.С. Вшивковой (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) и В.П. Макаренко (Приамурский государственный университет), которые продолжаются по настоящее время (Вшивкова, Макаренко, 2018–2020; Вшивкова и др., 2021; Vshivkova et al., 2021).

Таким образом, в результате целенаправленных интенсивных исследований, проведенных в последние пять лет, знания по фауне ручейников Ерейской АО значительно пополнились и к настоящему времени список ручейников области составляет 225 видов из 59 родов и 21 семейства (табл. 1). Нами к фауне ЕАО в общей сложности (с 1995 по 2022 гг.) добавлено 105 видов ручейников, что составляет почти половину выявленного состава Trichoptera – 46,7 %.

Новые находки ручейников для территории ЕАО в период с 2018 по 2022 гг.

За время исследований в рамках комплексных дальневосточных экспедиций с 2018 по 2022 гг. список ручейников ЕАО постоянно пополнялся новыми для области видами (табл. 1). В общей сложности за этот период исследований было выявлено 93 новых для области вида, что составляет 41,3 % (общий вклад автора с 1995 года – 105 видов. То есть каждый год добавлялось от 5 до 34 вида.

В 2022 г., на пятый экспедиционный год (материал ещё не обработан полностью и не опубликован), было выявлено 14 видов, новые для ЕАО: 10 видов обнаружены во время экспедиций в заповеднике «Бастак» и на прилежащих территориях: *Leptocerus colophallus* Yang & Morse, 1997, *Setodes amurensis* Mart., 1935, *Pseudostenophylax adlimitans* (Mart., 1914), *Oligotricha lapponica* Hagen, 1864, а также *Goera aff. tungensis* Mart., 1909, *Goera* sp. X, *Anabolia* sp. 1, *Ceraclea* sp. B, *Ceraclea* sp. 2 (TRI) и *Oecetis* sp. 3 (PAX), которые, возможно, являются новыми для науки видами. Другие 4 вида новые для области выявлены при инвентаризации фондовых коллекций Лаборатории пресноводной гидробиологии ФНЦ ДВО РАН в 2022 г., которые мы также добавили к списку ручейников ЕАО: *Ceraclea gigantea* Kumanski, 1991 (р. Бирушка, сборы И.М. Леванидовой, 30 мая 1950 и 17 июня 1958 гг.), *Brasypsyche rara* Mart., (1914) (р. Биджан, сбор Е.А. Макарченко, 26 марта 2013), *Semblis atrata* (Gmelin, 1789) (р. Биджан, 8–9 июня 2012, ключ Тёплый и ключ Федоткин, пос. Тёплые ключи) и *Anabolia appendix* (Ulmer, 1905) (реки Столбуха и Помпееевка, сборы Т.В. Никулиной 17–19 августа 2004 г.). Причём последний вид, *Anabolia appendix* впервые обнаружен на территории континентальной части России.

Структура трихоптерофауны Ерейской автономной области

Гидрографическая сеть Ерейской автономной области сформирована различными типами водных экосистем. Сочетание горного рельефа (север, северо-запад области) и равнинного (юг, юго-восток) определяет формирование на территории Ерейской автономной области трех типов рек – горных, полугорных и равнинных, а также множества озер, средняя ширина которых – до 1 км. Крупные транзитные

реки области на своем протяжении могут сочетать все три типа, в истоках имеют горный характер течения, на стыке Хингано-Буреинской горной страны со Среднеамурской низменностью – полугорный, в низовьях – равнинный. Протяженные выровненные пространства Среднеамурской низменности в сочетании с особенностями климата способствуют формированию обширных болот и заболоченных массивов, что значительно усложняет структуру гидрографической сети территории ЕАО (Аношкин, 2018) (рис. 1).

В связи с такой ландшафтно-гидрологической разнородностью речной сети, в пресноводных экосистемах области формируются различные фаунистические комплексы, которые по сходству видового состава ручейников можно разделить на 4 группы, которые соответствуют: а) экосистемам гористых областей, б) гипоритрали малых и средних равнинных рек, в) реке Амур и водно-болотным экосистемам, расположенным в её прибрежьях, 4) равнинным озёрам старичного типа и карьерным озерам антропогенного происхождения с родниковым питанием (Вшивкова, 2022).

На основании фаунистических исследований последних лет можно утверждать, что в ЕАО сформирована довольно богатая фауна Trichoptera, которая по сравнению с фауной ручейников Дальнего Востока России (394 вида) и России (641 вид) (Ivanov, 2011) составляет 57,1 и 35,1 %, соответственно. Негативной чертой фауны является отсутствие 5-и семейств, присутствующих в других южных районах Дальнего Востока РФ: сем. Hydrobiosidae (отмечено на юге Хабаровского края, в Приморье и на островных территориях), сем. Odontoceridae (Южное Приморье), сем. Philopotamidae (Хабаровский край, Приморье, Сахалин и Курилы), сем. Phryganopsychidae (Приморье) и сем. Ptilocolepidae (Приморье, Сахалин, Курилы).

В фауне доминируют 3 семейства: Leptoceridae – 28,5 %, многочисленны представители Limnephilidae – 12,9 % и Hydroptilidae – 8,4 %, что указывает на преобладание водных экосистем равнинного типа на исследуемой территории. Семейства Hydropsychidae (7,6 %), Glossosomatidae (6,7 %), Rhyacophilidae (5,8 %) и Polycentropodidae (5,3 %), Psychomyiidae (4,4 %) включают каждое от 17 до 10 видов, тогда как остальные семейства малочисленны, а такие как Calamoceratidae, Dipseudopsidae и Sericostomatidae представлены по одному виду (рис. 2).

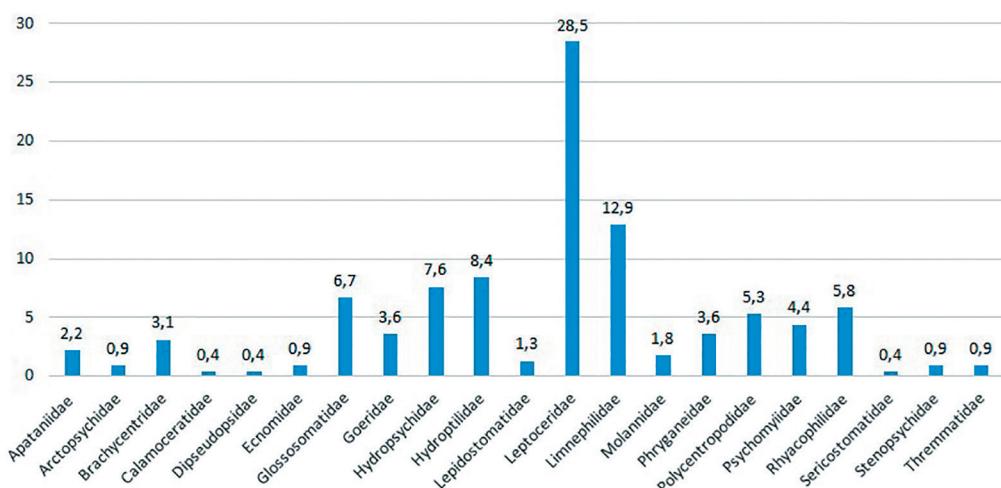


Рис. 2. Структура фауны Trichoptera Еврейской автономной области (в %)

Заключение

Исследования, проведенные в период с 2012 по 2022 гг., значительно пополнили наши представление о трихоптерофауне интересного и до последнего времени практически не изученного района – бассейна Среднего Амура. К настоящему времени в фауне водных беспозвоночных Еврейской АО выявлено 225 видов ручейников из 59 родов и 21 семейства.

В фауне доминируют 3 семейства, характерные для экосистем равнинного типа: Leptoceridae – 28,5 %, Limnephilidae – 12,9 % и Hydroptilidae – 8,4 %. Негативной чертой фауны является отсутствие 5-х семейств, характерных для других южных районов Дальнего Востока РФ: Odontoceridae, Phryganopsychidae, Ptilocolepidae, Hydrobiosidae и Philopotamidae, хотя нахождение двух последних семейств на территории ЕАО вполне вероятно.

По сходству видового состава выделяется, по крайней мере, 4 типа аэроценозов ручейников, соответствующих различным ландшафтно-гидрологическим выделам: 1) экосистемам гористых областей, 2) гипоритрали малых и средних равнинных рек, 3) прибрежным водно-болотным экосистемам р. Амур, 4) равнинным озёрам старичного типа и карьерным озерам с родниковым питанием.

Полученные сведения по фауне ручейников ЕАО позволяют сделать выводы о высоком биоразнообразии ручейников Еврейской АО, оценить разнородность фаун, связанных с определёнными, типологически различающимися участками водных экосистем бассейна Среднего Амура. Необходимо продолжить исследования, расширив сезонный аспект и включив ранне-весенний и осенний периоды, которые до сих пор практически не были охвачены коллекционными сборами.

Благодарности

Выражаю искреннюю благодарность коллеге и соратнику В.П. Макаренко за активное участие в проекте по изучению ручейников ЕАО, администрации и сотрудникам заповедника: директору А.Ю. Калинину и заместителю по науке Т.А. Рубцовой, с.н.с. Е.С. Лонкиной, а также другим сотрудникам заповедника за помощь в организации и проведении экспедиций. Большую благодарность приношу Е.А. Макарченко и Т.В. Никулиной за интересные сборы ручейников на территории ЕАО. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031 000 147-6).

Литература

- Амур. Справочник водных ресурсов. 2023. <https://waterresources.ru/reki/amur/>
- Аношкин А.В. 2018. 5.1. Гидрографическая сеть. География Еврейской автономной области: общий обзор [Электронный ресурс]. Электронные текстовые данные (1 файл: 101 Мб). Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН. 408 с. 1 электрон. оптич. диск (CD-ROM).
- Арефина Т.И. 2005. Fauna ручейников (Insecta, Trichoptera) Еврейской автономной области (Дальний Восток России) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнавука. С. 312–327.
- Вшивкова Т.С. 2012. Отряд Trichoptera – Ручейники // Животный мир заповедника «Бастак». Благовещенск: Изд-во БГПУ. С. 68–71.
- Вшивкова Т.С. 2013. *Apatania dalecarlica* Forsslund, 1942 (Trichoptera: Apataniidae) – новая находка для России. Проблемы водной энтомологии России: Материалы X (2) Трихоптерологического симпозиума // Сев.-Осет. гос. ун-т им. К.Л. Хетагурова. Владикавказ: Изд-во СОГУ. С. 133–136.

- Вшивкова Т.С., Макаренко В.П.** 2018. Новые данные по фауне ручейников (Insecta: Trichoptera) заповедника «Бастак» по результатам гидробиологической экспедиции 2018 года // Вестник Приамурского государственного университета. № 3 (32). С. 9–15.
- Вшивкова Т.С., Иваненко Н.В., Якименко Л.В., Дроздов К.А.** 2019. Введение в биомониторинг пресных вод: учебное пособие/ Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 240 с.
- Вшивкова Т.С., Макаренко В.П.** 2019. Результаты гидробиологических экспедиций 2018–2019 гг. в государственном заповеднике «Бастак» // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. № 3 (36). С. 17–28.
- Вшивкова Т.С., Макаренко В.П.** 2020. Ручейники (Insecta: Trichoptera) кластера «Забеловский» заповедника «Бастак» (результаты Третьей комплексной Дальневосточной гидробиологической экспедиции в бассейне Среднего Амура // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. № 3 (4). С. 18–34.
- Вшивкова Т.С., Макаренко В.П., Лонкина Е.С.** 2021. Ручейники (Insecta: Trichoptera) государственного природного заповедника «Бастак» и окрестностей города Биробиджан (Еврейская автономная область): результаты V Дальневосточной комплексной гидробиологической экспедиции в бассейне Среднего Амура // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. № 3 (44). С. 39–67.
- Вшивкова Т.С.** 2022. Биоразнообразие пресноводных беспозвоночных государственного природного заповедника «Бастак» // Региональные проблемы. Т. 25. № 2. С. 34–37.
- Вшивкова Т.С., Макаренко В.П.** 2022. Fauna водных беспозвоночных заповедника «Бастак» // Научные исследования в заповеднике «Бастак» (к 25-летию создания заповедника). Биробиджан: Издательский дом «Биробиджан». С. 82–87.
- Еврейская автономная область.** 2023. <http://knowledge.su/e/evreyskaya-avtonomnaya-oblast>
- Леванидов В.Я., Леванидова И.М.** 1962. Нерестово-выростные водоемы Тепловского рыбоводного завода и их биологическая продуктивность // Изв. ТИНРО. Т. 48. С. 3–66.
- Arefina T.I., Ivanov V.D., Levanidova I.M.** 1996. Six new species and three new records of caddisflies (Trichoptera) from the Far East of Russia, with remarks on the *Hyalopsyche sachalinica* Martynov // Far Eastern Entomologist. N 34. P. 1–12.
- Arefina T.I., Morse J.C.** 2001. New species of *Ceraclea* (Trichoptera: Leptoceridae: Athripsodini) and a first record of *Adicella* (Trichoptera: Leptoceridae: Triaenodini) from Far Eastern Russia // Pan-Pacific Entomologist. V. 77. N 2. P. 71–78.
- Ito T., Levanidova I.M., Lukyanchenko T.I., Vshivkova T.S.** 1992. Lepidostomatid Caddisflies (Trichoptera) of the Russian Far East, with Description of Female and Larva of *Goerodes sinuatus* (Martynov) // Japanese J. Entomology. V. 60. N 3. P. 593–607.
- Ivanov V.D.** 2011. Caddisflies of Russia: Fauna and biodiversity // Zoosymposia. V. 5. P. 171–209.
- Nimmo A.P.** 1995. New species of Hydropsychidae and Limnephilidae (Insecta, Trichoptera) from the Far East of Russia, with description of a new genus of Limnephilidae (Limnephilini) // Occasional papers on Trichoptera Taxonomy. N 1. P. 1–15.
- Vshivkova T.S.** 1995. New records of Caddisflies (Trichoptera) from the Russian Far East. Far Eastern Entomologist. N 15 P. 1–8.
- Vshivkova T.S., Makarenko V.P., Tiunova T.M., Teslenko V.A., Drozdzov K.A.** 2021. Amphibiotic insect Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera orders of the «Bastak» State Nature Reserve // European Proceedings of Social and Behavioral Sciences. V. 111. P. 602–611.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.06>
<https://elibrary.ru/jupvxt>

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ВОДОТОКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВЛАДИВОСТОКСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Т.С. Вшивкова^{1,2,3}, Т.В. Никулина¹, Н.К. Христофорова^{2,5}, К.А. Дроздов⁴,
В.В. Шамов^{3,5}, Е.А. Жарикова¹, С.В. Клышевская¹, Л.Т. Ковековдова²,
С.Г. Юрченко⁵, А.Г. Болдескул⁵, Т.Н. Луценко⁵, С.Ю. Лупаков⁵,
Н.Н. Бортин⁶, А.М. Горчаков⁶

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690 022, Россия. E-mail: vshivkova@biosoil.ru

²Дальневосточный федеральный университет, о. Русский, п. Аякс, 10, Владивосток, 690 922, Россия

³Владивостокский государственный университет, ул. Гоголя, 41, Владивосток, 690 014, Россия

⁴Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН им. Г.Б. Елякова, пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690 022, Россия

⁵Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, ул. Радио, 7, Владивосток, 690 041, Россия

⁶Дальневосточный филиал Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов, пр. Красного Знамени, 66, Владивосток, 690 014, Россия

Проблемы сокращения биоразнообразия и деградации речных экосистем на Дальнем Востоке России требуют безотлагательного решения. Это особенно важно для территорий интенсивного развития и урбанизированных районов, которые находятся в зонах наиболее сильного антропогенного пресса. Для понимания процессов, происходящих в таких экосистемах, необходима адекватная оценка их экологического состояния, основанная на надёжных методах комплексной оценки, адаптированных к региональным условиям. С этой целью инициирован долгосрочный научный проект «Разработка методов комплексной оценки экологического состояния водотоков в Восточной России, находящихся в условиях антропогенного воздействия». В качестве модельной территории выбран полуостров Муравьёва-Амурского, на котором расположена Владивостокская городская агломерация.

PROBLEMS OF THE ECOLOGICAL STATE OF URBANIZED STREAMS IN THE TERRITORY OF THE VLADIVOSTOK CITY AGGLOMERATION

T.S. Vshivkova^{1,2,3}, T.V. Nikulina¹, N.K. Khristoforova^{2,5}, K.A. Drozdov⁴, V.V. Shamov^{3,5},
E.A. Zharikova¹, S.V. Klyshevskaya¹, L.T. Kovekovdova², S.G. Yurchenko⁵,
A.G. Boldescul⁵, T.N. Lutzenko⁵, S. Yu. Lupakov⁵, N.N. Bortin⁶, A.M. Gorchakov⁶

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, 159/1 100-letiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690 022 Russia. E-mail: vshivkova@biosoil.ru

²Far Eastern Federal University, Russian Island, Ajax, 10, Vladivostok, 690 922, Russia

³Vladivostok State University, 41 Gogol Street, Vladivostok, 690 014, Russia

⁴G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, 159 100-letiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690 022, Russia

⁵Pacific Institute of Geography, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, 7 Radio Street, Vladivostok, 690 041, Russia

⁶Far Eastern Branch of the Russian Research Institute of Integrated Use and Protection of Water Resources, 66 Krasnogo Znameny Avenue, Vladivostok, 690 014, Russia

The problems of biodiversity reduction and degradation of river ecosystems in the Russian Far East require urgent solutions. This is especially important for areas of intensive development and urbanized territories that are located in the areas of the strongest anthropogenic impact. In order to understand the processes taking place in such ecosystems, an adequate assessment of their ecological state is necessary, based on reliable methods of integrated assessment adapted to regional conditions. To this end, a long-term scientific project «Development of methods for a comprehensive assessment of the ecological state of East Russian streams and rivers under anthropogenic influence» was initiated. The Muravyov-Amursky Peninsula, on which the Vladivostok urban agglomeration is located, was chosen as a model territory.

Введение

Темпы урбанизации во всем мире заметно увеличиваются с каждым десятилетием. К 2050 году, как считают ученые, более 80 % людей будут проживать в городах. Общая площадь урбанизированной территории Земли составляет сейчас около 5 млн км², к 2070 г. она достигнет 19 млн км², то есть около 13 % территории Земли и более 20 % жизнепригодной территории суши будет занята городскими структурами. Процесс урбанизации поставил перед человечеством множество проблем, в том числе экологических. Одна из главных – уменьшение биологического разнообразия, резкое сокращение числа видов. Биоразнообразие – основной ресурс и основа устойчивости (гомеостаза) биосфера – испытывает антропогенный пресс, который начинает превышать негативные природные воздействия. Защита и восстановление биоразнообразия, его сохранение, становится основной задачей современности, единственным способом сохранить качество и непрерывность человеческой жизни на Земле (Розенберг и др., 2021).

Наиболее уязвимыми перед лицом глобальной урбанизации оказались пресноводные экосистемы. Негативное воздействие урбанизации на экосистемы городских рек особенно широко начали обсуждать в последние десятилетия. Стали появляться новые направления урбоэкологии, разрабатываться современные технологии биоассессмента, создаваться проекты по восстановлению, ревитализации урбанизированных водотоков (Booth, 1991; Bolund, Hunhammar, 1999; Meyer et al., 2005; Chin, 2006; Bernhardt, Palmer, 2007; Morse et al., 2007; Booth et al., 2016; Вшивкова, 2016, 2022, 2023; Kehoe et al., 2020; Shahadi, 2021; Zerega et al., 2021).

На Дальнем Востоке России вопросы сохранения речных экосистем, главным образом малых, также весьма актуальны (Вшивкова и др., 2013). Ведь практически весь Дальний Восток России (бассейн Амура и речная сеть тихоокеанского побережья) вместе с прилегающими территориями Китая и Монголии выделены Всемирным Фондом Дикой природы (WWF) в особый 181 мировой экорегион (Global Ecoregion 181: Russian Far East Rivers and Wetlands) в связи с уникальностью малых речных экосистем и водно-болотных угодий (Olson, Dinerstein, 2009). В связи с этим вопросы сохранения дальневосточных речных экосистем приобретают международную значимость, а задачи по разработке технологий эффективной оценки их экологического состояния становятся чрезвычайно важными.

На Дальнем Востоке России работы по разработке региональных методов биомониторинга и созданию дальневосточной системы пресноводного биоассессмента стартовали в начале 2000-х в рамках проекта «Russian Clean Water Project» (Vshivkova et al., 2003). При разработке протоколов в основу были положены Rapid Bioassessment Protocols (RBPs), используемые в государственном пресноводном мониторинге США (Вшивкова и др., 2019).

В процессе исследований дальневосточные гидробиологи столкнулись с трудностями адекватной оценки качества вод при работе на загрязнённых или иным образом нарушенных водотоках. Периодическая несогласованность результатов химических, микробиологических и гидробиологических анализов (причём оценки с использованием водорослей иногда могли значительно отличаться от оценок по показателям водных беспозвоночных) привела к необходимости проведения специальных исследований для преодоления этих противоречий. В связи с этим в 2021 г. был инициирован научный проект «Разработка методов комплексной оценки экологического состояния водотоков Восточной России, находящихся в условиях антропогенного воздействия». Была создана группа учёных, специализирующихся в различных направлениях речной экологии (гидрологов, гидрохимиков, микробиологов, альгологов, бентологов), из институтов ДВО РАН и ведомственных учреждений (Дальневосточный филиал ФГБУ РосНИИВХ), а также университетов Приморского края (ДВФУ и ВВГУ) и разработан план исследовательских работ в рамках провозглашённого проекта. В качестве модельной территории был выбран полуостров Муравьёва-Амурского, на котором расположена Владивостокская городская агломерация, и речная сеть которого включает большое количество водотоков с различной степенью антропогенного воздействия.

Цель настоящей работы – предварительная оценка экологического состояния водотоков полуострова Муравьёва-Амурского по степени нарушенности лесных насаждений в водоохранных зонах и выбор модельных водотоков для комплексных исследований согласно планам анонсированного проекта.

Район исследований

Полуостров Муравьёва-Амурского является самым крупным в Приморском крае, вытянут с северо-востока на юго-запад, омывается водами Японского моря с запада Амурским заливом, с востока – Уссурийским заливом, с юга – водами бухт Золотой Рог, Диомид, Большой Улисс, Патрокл и проливом Босфор Восточный, который отделяет его от острова Русский. Длина полуострова составляет примерно 35 км, ширина от 9 до 17 км, площадь – 414 км². Географические координаты полуострова: 43°09' с.ш., 131°59' в.д. (Полуостров Муравьёва-Амурского, 2023).

Полуостров расположен в зоне Южного Сихотэ-Алиня, где преобладают низкие и средневысотные горы. Высота гор колеблется от 426,7 м (на водоразделе, проходящем по полуострову ближе к Уссурийскому заливу) до 70–90 м (у побережья Амурского залива). Средняя высота гор 200 метров. В распадках между горами, с перепадами высот 50–150 метров и шириной по верху 3–5 км, а по низу – 1–2 км, имеющих преимущественно меридиональное направление, протекают малые реки и ручьи.

Речная сеть полуострова Муравьёва-Амурского (включая о-в. Русский) представлена в основном малыми и самыми малыми водотоками, длина которых не превышает 10 км (исключение – реки Песчанка и Богатая). Более крупные водотоки текут на запад и впадают в Амурский залив, менее крупные относятся к бассейну Уссурийского залива. Площадь бассейна Амурского залива составляет 236 км², площадь бассейна Уссурийского залива – 178 км² (Гидрологическое описание..., 2023). Реки полуострова имеют значительный продольный уклон русла. Резкий перепад от больших уклонов почти к нулевым во время ливней создает условия для затопления поймы средней и нижней частей рек. Гидрологический режим рек характеризуется неравномерными расходами воды в течение

года, с пиками в летнее время. Во время паводков наблюдаются резкие подъёмы и спады уровней воды. На реках Богатая и Пионерская (Седанка) построены водохранилища, с площадями акватории, соответственно, 1,86 и 0,84 км². Часть водотоков, особенно расположенных в пределах Владивостока и Артема, подвергалась антропогенному воздействию на протяжении всего времени освоения территории. Особенно пострадали реки Объяснения, Первая Речка и Вторая Речка, экосистемы которых практически на всем протяжении деградированы в различной степени. Многие речки и ручьи, протекающие в черте города Владивостока, упрытаны в железобетонные лотки. Водотоки пригородной зоны нарушены, в основном, в низовьях.

Климат умеренно муссонный, характеризуется хорошо выраженной контрастной сменой сезонных воздушных масс. Количество осадков в год – 840 мм. Средняя влажность составляет 71 % в год. На территории города часты дожди и туманы, число дождливых дней в году около 133, дней с туманами – 106. Среднее число снежных дней в году составляет 77 дней с максимальным количеством в январе (24 дня) (Коридзе, 2023).

Владивостокский городской округ занимает практически всю территорию полуострова до посёлка Трудовое, полуострова Песчаный, и включает около полусотни островов в заливе Петра Великого, в том числе, остров Попова. Общая площадь земель в пределах Владивостокского ГО составляет около 590 км², включая площади шести прилегающих населенных пунктов. Наиболее плотно город застроен в южной части полуострова. В последние годы темпы строительства резко увеличились, вырубаются городские и пригородные леса, строительство идёт даже в водоохраных зонах городских рек, что отрицательно сказывается на биоразнообразии пресноводной биоты (Владивостокский городской округ, 2023).

Материалы и методы

Оценка состояния водотоков п-ова Муравьёва-Амурского и их водоохранных зон проводилась с помощью спутникового мониторинга и полевых обследований. Сведения о некоторых крупных водотоках полуострова были получены на соответствующих сайтах: Примгидромет, Примпогода, Росводресурсы и др. Кроме того, в целях составления реестра водотоков и оценки состояния лесного покрова в водоохранных зонах рек были проанализированы картографические данные со спутника Landsat (Landsat-8 / LDCM (Landsat Data Continuity Mission), электронный ресурс) за 20 января 2017 г. с сайта организации USGS (Геологическая служба США), выложенные в свободный доступ. Для просмотра космических снимков со спутника Landsat использовалась программа SASPlanet ((SAS.Планета), электронный ресурс). Были измерены площади водоохранных зон, длина русел, определены координаты устьев и измерены площади нарушенного лесного покрова. Целостность лесного покрова оценивали по трем категориям на основании степени вырубок и застройки территории: I категория – водоохранные зоны с высокой степенью антропогенной нагрузки, вырубки от 60 до 100 %; II – вырубки менее 60 %; III категория (включает две подгруппы IIIa и IIIб): IIIa – девственные территории, вырубки отсутствуют, либо совсем незначительные (менее 1–2 %), IIIб – вырубки менее 30 %.

Выбор водотоков для дальнейших комплексных исследований осуществлялся исходя из их соответствия указанным категориям и из удобства достижения при экспедиционных изысканиях.

Результаты

В данной работе, на первом этапе исследования, была изучена целостность лесов в водоохранной зоне водотоков. Эта характеристика может рассматриваться как интегрированный показатель состояния речных экосистем.

Всего на полуострове с помощью космических снимков зарегистрировано более 350 рек и крупных ручьев. Для исследования в рамках анонсированного проекта нами было выбрано 88 основных водотоков с различной степенью антропогенного воздействия и проанализировано состояние лесного покрова их водоохраных зон (рис. 1). В таблице 1 представлен список выбранных водотоков. Так как часть рек не имеет своих названий, они были пронумерованы нами с целью их дальнейшей идентификации; некоторым рекам были присвоены условные названия, под которыми они обозначались в ранних проектах, как, например, ручьи «Академический», «Океанский (Лесной)», «Эврика» – их названия взяты в кавычки, рядом указан ранее присвоенный идентификационный номер.

По нашим результатам общая максимальная площадь водоохраных зон равна 2829,3 км², что составляет 5,53 % от суммарной площади полуострова Муравьёва-Амурского, о-ва Русский и о-ва Попова (общая площадь равна 507,6 км²).

В результате анализа целостности лесного покрова в водоохраных зонах были выделены 3 группы водотоков с различной степенью экологических нарушений (рис. 2):

Рисунок 2. Карта кластеров речной сети полуострова Муравьёва-Амурского с различной степенью экологических нарушений: 1 – область речной сети с высокой степенью экологических нарушений, 2 – область умеренного антропогенного воздействия, 3 – область речной сети с отсутствием или минимальным антропогенным воздействием.

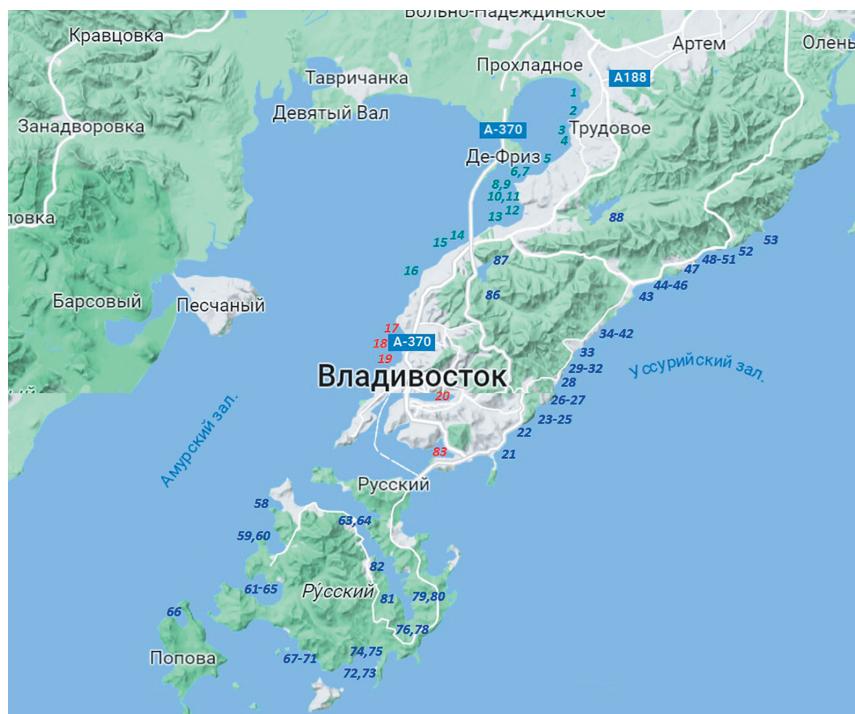


Рис. 1. Карта-схема рек, в водоохраных зонах которых проводился анализ целостности лесного покрова (цифрами обозначены устья рек из табл. 1)

Таблица 1

Площади водоохранных зон полуострова Муравьёва-Амурского

№	Водоток	Координаты устья	Длина реки, м	Водоохранная зона, м	Общая площадь, м ²
1	2	3	4	5	6
1	Р. Песчанка	43.3157, 132.0640	12 078	100	2 415 600
2	Р. Овражная	43.3090, 132.0645	2582	50	258 200
3	Р. Угольная	43.2977, 132.0533	4891	50	489 100
4	Р. Пятый Ключ	43.2900, 132.0550	5079	50	507 900
5	Р. Весенняя	43.2790, 132.0449	3189	50	318 900
6	Ручей без названия_1	43.2706, 132.0310	3135	50	313 500
7	Ручей без названия_2	43.2684, 132.0294	575	50	57 500
8	Ручей без названия_3	43.2675, 132.0239	1795	50	179 500
9	Ручей без названия_4	43.2636, 132.0138	711	50	71 100
10	Ручей без названия_5	43.2583, 132.0057	1169	50	116 900
11	Ручей без названия_6	43.2528, 132.0065	968	50	96 800
12	Р. Богатая (II)	43.2416, 132.0122	23 379	100	4 675 800
13	Р. Чёрная Речка (II)	43.2347, 132.0004	6888	50	688 800
14	Р. Пионерская (Седанка) (II)	43.2198, 131.9547	2387	50	238 700
15	Ручей без названия_7	43.2159, 131.9440	1750	50	175 000
16	Ручей «Академический» (II)	43.1962, 131.9186	2293	50	229 300
17	Р. Вторая Речка (I)	43.1606, 131.9059	6329	50	632 900
18	Р. Ишимка	43.1577, 131.9062	443,74	50	44 374
19	Р. Первая Речка (I)	43.1442, 131.9013	8850	50	885 000
20	Р. Объяснения (I)	43.1053, 131.9302	7077,81	50	707 781
21	Ручей без названия_8	43.0746, 131.9625	1092,49	50	109 249
22	Ручей без названия_9	43.0910, 131.9831	531,46	50	53 146
23	Р. Щитовая	43.1139, 132.0110	3023,02	50	302 302
24	Ручей без названия_10	43.1154, 132.0177	920	50	92 000
25	Ручей без названия_11	43.1216, 132.0324	1469,66	50	146 966
26	Ручей без названия_12	43.1222, 132.0330	1334,23	50	133 423
27	Ручей без названия_13	43.1276, 132.0404	522,39	50	52 239
28	Р. Мёртвая Падь (III)	43.1310, 132.0433	4347,77	50	434 777
29	Ручей без названия_14	43.1372, 132.0478	941,95	50	94 195
30	Ручей без названия_15	43.1402, 132.0511	3261,78	50	326 178
31	Ручей без названия_16	43.1434, 132.0539	1161,47	50	116 147
32	Ручей без названия_17	43.1496, 132.0580	1051,55	50	105 155
33	Р. Десантная	43.1518, 132.0609	3759,17	50	375 917
34	Ручей без названия_18	43.1598, 132.0727	682,54	50	68 254
35	Ручей без названия_19	43.1643, 132.0801	3021,56	50	302 156
36	Ручей без названия_20	43.1676, 132.0827	1285,15	50	128 515
37	Ручей без названия_21	43.1700, 132.0876	1508,34	50	150 834
38	Ручей без названия_22	43.1760, 132.0976	746,57	50	74 657
39	Ручей без названия_23	43.1771, 132.0968	300,17	50	30 017
40	Ручей без названия_24	43.1795, 132.1001	2041,11	50	204 111
41	Ручей без названия_25	43.1795, 132.1006	1266,94	50	126 694
42	Ручей без названия_26	43.1904, 132.1106	3020,2	50	302 020
43	Р. Лазурная (III)	43.1941, 132.1149	7945,19	50	794 519
44	Ручей без названия_27	43.1960, 132.1277	1176,27	50	117 627

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
45	Ручей «Эврика»_28 (III)	43.2019, 132.1425	2502,11	50	250 211
46	Ручей без названия_29	43.2036, 132.1562	1087,39	50	108 739
47	Ручей Лагерный (III)	43.2072, 132.1601	2499,59	50	249 959
48	Ручей «Первый»_30 (III)	43.2076, 132.1650	2246,59	50	224 659
49	Ручей «Океанский»_31 (III)	43.2157, 132.1744	2635,34	50	263 534
50	Ручей без названия_32	43.2159, 132.1749	778,49	50	77 849
51	Ручей без названия_33	43.2171, 132.1836	2263,1	50	226 310
52	Р. Чумакова (III)	43.2195, 132.2001	4888,69	50	488 869
53	Безымянный ручей.	43.2284, 132.2197	1241,2	50	124 120
54	Р. Муравьёвка.	43.2354, 132.2293	2680,95	50	268 095
55	Ручей без названия_34	43.2408, 132.2399	1949,57	50	194 957
56	Ручей без названия_35	43.2408, 132.2399	1692,6	50	169 260
57	Р. Тавайза	43.2620, 132.2561	5520,92	50	552 092
58	Ручей Рында	43.0436, 131.8010	1983,58	50	198 358
59	Ручей без названия_36	43.0251, 131.8038	2967,03	50	296 703
60	Ручей без названия_37	43.0206, 131.8012	2263,46	50	226 346
61	Р. Русская (III)	43.0021, 131.8011	6289,65	50	628 965
62	Ручей без названия_38	42.9982, 131.8022	7096,59	50	709 659
63	Ручей без названия_39	42.9967, 131.7764	671,76	50	67 176
64	Ручей без названия_40	42.9980, 131.7553	1220,97	50	122 097
65	Ручей без названия_41	42.9885, 131.7561	1778,14	50	177 814
66	Ручей без названия_42	42.9871, 131.7558	1215,32	50	121 532
67	Ручей без названия_43	42.9791, 131.7278	1505,73	50	150 573
68	Ручей без названия_44	42.9736, 131.8126	1079,93	50	107 993
69	Ручей без названия_45	42.9665, 131.8207	657,05	50	65 705
70	Ручей без названия_46	42.9658, 131.8227	473,68	50	47 368
71	Ручей без названия_47	42.9600, 131.8305	1528,35	50	152 835
72	Ручей без названия_48	42.9593, 131.8476	1101,73	50	110 173
73	Ручей без названия_49	42.9595, 131.8497	1433,18	50	143 318
74	Ручей без названия_50	42.9669, 131.8723	2066,23	50	206 623
75	Ручей без названия_51	42.9621, 131.8770	629,41	50	62 941
76	Ручей без названия_52	42.9820, 131.8971	2234,71	50	223 471
77	Ручей без названия_53	42.9844, 131.9015	1553,7	50	155 370
78	Ручей без названия_54	42.9871, 131.9030	1319,67	50	131 967
79	Ручей без названия_55	42.9960, 131.9026	1555,89	50	155 589
80	Ручей без названия_56	43.0037, 131.8967	845,35	50	84 535
81	Ручей без названия_57	42.9957, 131.8820	2910,94	50	291 094
82	Ручей без названия_58	43.0182, 131.8670	1568,79	50	156 879
83	Ручей без названия_59	43.0326, 131.8582	2120,19	50	212 019
84	Ручей без названия_60	43.0426, 131.8483	1182,22	50	118 222
85	Ручей без названия_61	43.0733, 131.9332	2718,46	50	271 846
86	Р. Большая Пионерская (II)	43.1962, 131.9774	9695,84	50	969 584
87	Р. Малая Пионерская (II)	43.2095, 131.9845	5245,12	50	524 512
88	Р. Хайндот	43.2443, 132.0861	4593,42	50	459 342
Общая площадь водоохранных зон рек и ручьёв полуострова.				28 293 016 м ²	

Примечание: жирным шрифтом выделены водотоки, которые изучаются на первых этапах исследования, другие водотоки намечены для исследований на 2-м и 3-м этапах; римские цифры I–III – группы рек с разной степенью нарушенности лесного покрова.

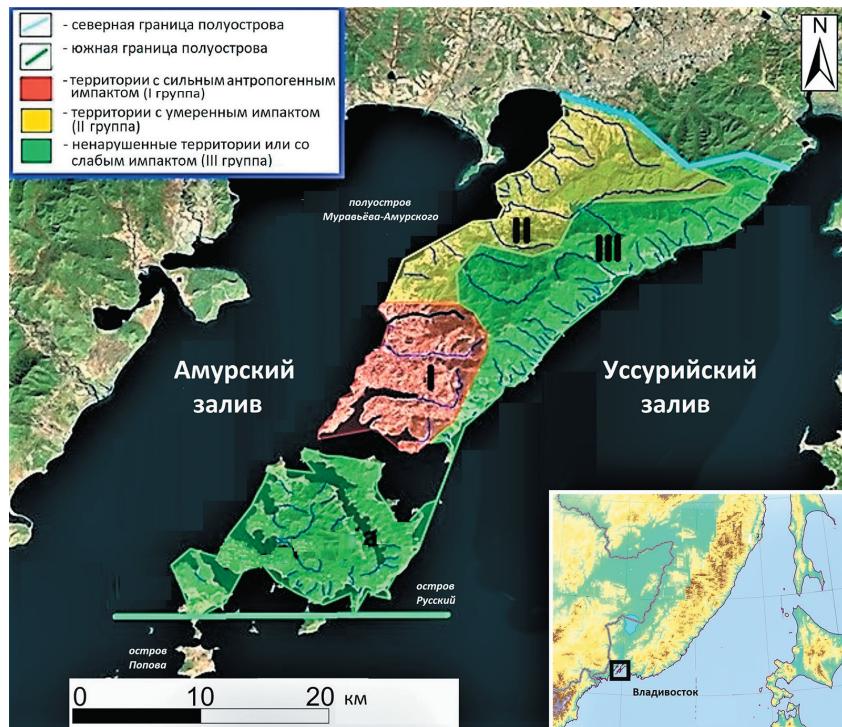


Рис. 2. Карта кластеров речной сети полуострова Муравьёва-Амурского с различной степенью экологических нарушений: 1 – область речной сети с высокой степенью экологических нарушений, 2 – область умеренного антропогенного воздействия, 3 – область речной сети с отсутствием или минимальным антропогенным воздействием

Группа I. Реки, на которые антропогенное воздействие оказывалось с середины двадцатого века. К ним относятся реки Вторая Речка, Первая Речка, Объяснения и др. Данные водотоки практически на всём протяжении подвержены антропогенному воздействию, за исключением небольшой истоковой зоны. Русла этих рек на многих участках забетонированы, что устанавливает для них особый режим водоохраных зон, при котором ширина зоны совпадает с урезом воды (это было учтено при исследованиях).

Группа II. Шестнадцать водотоков, расположенных в окрестностях города, которые попали в зону освоения в относительно недавнее время. Анализ рек второй группы показал, что в их водоохраных зонах присутствуют многочисленные нарушения на различных продольных участках русла, но значительные нарушения отмечены всё же в низовьях. К данной группе относятся реки Богатая, Чёрная Речка, Пионерская (Седанка), руч. «Академический» и другие.

Группа III. Включает почти не затронутые хозяйственной деятельностью человека реки и ручьи. И хотя при анализе спутниковых снимков не было замечено каких-либо нарушений, это вовсе не означает, что эти реки не нарушены. Можно лишь утверждать, что вырубки леса (если они есть) в водоохраных зонах составляют менее 1–2 %. В данную группу входят практически все водотоки бассейна Уссурийского залива: реки Десантная, Тавайза, Муравьёвка, Щитовая, Лазурная, Лагерная, Мёртвая падь, Чумакова и другие, а также многие малые реки острова Русский, включая р. Русская.

После выделения кластеров с различной степенью экологических нарушений, были выбраны типичные для каждого кластера водотоки. В Группе I в качестве

модельных водотоков избраны реки Объяснения, Первая и Вторая Речки; в Группе II – реки Чёрная Речка, Пионерская (Седанка), Богатая, руч. «Академический»; в Группе III – четыре водотока, расположенные на территории Всесоюзного детского центра «Океан»: ручьи «Первый», Лагерный, «Океанский», «Эврика», а также р. Лазурная.

Для отработки методик по отбору и анализу материала по дальневосточным протоколам пресноводного биоассессмента (FE RBPs), частично опубликованным в монографии Т.С. Вшивковой с соавторами (Вшивкова и др., 2019), были проведены первые пробные исследования на модельной р. Вторая Речка, расположенной в пределах кластера I. В период с 2019 по 2021 гг. отобрано 5 серий проб на 7 станциях, расположенных по продольному профилю реки от истока к устью. Пробы отбирались для гидрохимического, микробиологического и гидробиологического (водоросли, макрозообентос) анализов. Одновременно были взяты пробы для химического анализа донных осадков и почвенные образцы на прибрежных участках и проведена визуальная оценка нарушений на территории всего бассейна реки. В результате выявлена высокая степень экологических нарушений разнообразного характера вдоль всего русла реки, за исключением самого верхнего, истокового участка. Отмечены механические нарушения русла в результате интенсивной жилой застройки, дорожного и железнодорожного строительства, загрязнения ливневыми водами, смывами нефтепродуктов и замусоривание бытовыми отходами (Вшивкова и др., 2021а). Получен обширный материал для химико-микробиологического и гидробиологического анализов, который, с одной стороны, позволил выделить зоны с экологическими нарушениями, с другой стороны – выявить несоответствия оценок качества воды при разных подходах (Вшивкова и др., 2021а, б; Жарикова и др., 2021; Никулина и др., 2021). Так, оценки качества вод нижних участков р. Вторая Речка по показателям макрозообентоса характеризовали воды как «грязные» и «очень грязные», тогда как по химическим и альгологическим показателям эти участки оценивались как «слабо» или «умеренно загрязнённые». Выяснилось также, что некоторые показатели (индексы, метрики) с использованием водных беспозвоночных, не чётко характеризовали состояние вод, а иногда и вовсе не соответствовали наблюдаемой ситуации. Был сделан вывод о необходимости пересмотра некоторых химических и биоиндикационных показателей при оценке качества вод на мелководных, хорошо аэрируемых участках перекатов малых рек, и определены задачи по адаптации оценочных критериев к региональным особенностям гидрологии и биоты местных водотоков.

Методы отбора проб и оценки качества вод по протоколам, предложенным Т.С. Вшивковой с соавторами (2019), помогли разработать алгоритм процесса комплексного экомониторинга на урбанизированных водотоках. Опираясь на полученный опыт при исследовании р. Вторая Речка, в 2022 и 2023 гг. были организованы сборы материала на других модельных водотоках полуострова в наиболее урбанизированной части (I кластер – реки с сильным антропогенным импактом практически на всей территории речного бассейна: реки Объяснения, Первая Речка и Вторая Речка); водотоки бассейна Амурского залива, пригородная зона Владивостока (II кластер – реки с умеренным нарушением в средней и верхней частях бассейна: реки Пионерская (Седанка), Чёрная Речка, Богатая, руч. «Академический»); водотоки Уссурийского залива (III кластер – практически ненарушенные или слабо импактные быстротоки): ручьи Лагерный, «Первый», «Океанский», «Эврика», расположенные в районе ВДЦ «Океан» и другие. Пробы отбирались на верхних и нижних участках русел по 5 раз в течение года, охватывая ранневесенний,

весенний, летний, осенний и позднеосенний периоды, для того, чтобы проследить сезонную динамику русловых, гидрохимических и биологических процессов.

Сохранение биоразнообразия пресноводных экосистем на урбанизированных территориях является трудной, но вполне достижимой задачей. Это уже показано на многочисленных зарубежных примерах. Возрождение городских рек в азиатских и европейских городах становится приоритетной целью, как для управленческих структур, так и для общественности (Middleton, 2001; Rivers..., 2013; Kehoe et al., 2020; Вшивкова, 2022а). Для выполнения таких проектов требуется детальное знание внутренних процессов, происходящих в реках, и транзитных процессов, связывающих водные и прибрежные наземные экосистемы. Такие проекты требуют стратегического планирования, внимания к управлению и крупномасштабных инвестиций. Настоящий проект и связанные с ним исследования представляют ценный материал для разработки региональных программ по сохранению и восстановлению региональных речных экосистем. А получение новых знаний о закономерностях изменения рек в условиях антропогенной нагрузки позволит разработать региональные протоколы, позволяющие быстро и точно оценивать эти изменения; что особенно важно при проведении экспресс-мониторинга речных экосистем, расположенных на урбанизированных территориях.

Проект «Разработка методов комплексной оценки экологического состояния водотоков Восточной России, находящихся в условиях антропогенного воздействия» вызвал интерес и поддержку в природоохранных организациях Приморского края, Правительстве и администрации г. Владивостока. Активное участие в проекте принимают приморские школьники и студенты вузов (ДВФУ и ВВГУ) (Гомилевская, Вшивкова, 2023; Крамар и др., 2023).

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность администрациям и сотрудникам ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, ТИГ ДВО РАН за помощь в организации экспедиций по изучению городских рек, а также ДВФУ (Международная кафедра ЮНЕСКО «Экология», Институт Мирового Океана) и ВВГУ (Международный институт окружающей среды и туризма) за предоставление студентов-волонтёров для участия в сборе и обработке собранного материала. Особая благодарность магистру МИОСТ ВВГУ М.В. Пекарскому за участие в обработке картографического материала с помощью спутниковых технологий дистанционного зондирования Земли. Авторы выражают глубокую признательность мэру города Владивостока Константину Владимировичу Шестакову и начальнику Департамента охраны окружающей среды и природопользования Александру Сергеевичу Волобуеву за поддержку проекта и плодотворное сотрудничество. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031 000 147-6).

Литература

- Владивостокский городской округ. 2023.** <https://web.archive.org/web/20200812200236/>
- Вшивкова Т.С. 2016.** Проблемы загрязнения городских водотоков // Экологические проблемы природопользования и охрана окружающей среды в Азиатско-Тихоокеанском регионе: среды жизни, их охрана и восстановление. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. С. 125–135.
- Вшивкова Т.С. 2022.** Сохранение биоразнообразия на урбанизированных территориях: международный опыт и региональный аспект // Сохранение биоразнообразия в Азиатско-Тихоокеанском

- регионе: 50 лет программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера (МАБ)», 29 марта-1 апреля 2022: тезисы докладов пленарного заседания. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. С. 60–68.
- Вшивкова Т.С.** 2023. Проблемы сохранения биоразнообразия на урбанизированных территориях: международный опыт и региональный аспект восстановления городских водотоков // Экологические исследования на Дальнем Востоке России: история и современность. Владивосток: Изд-во ВВГУ. С. 67–72.
- Вшивкова Т.С., Стриблинг Д.Б., Флатмерш Д.Е., Морз Д.С.** 2013. Международные инициативы по охране пресноводных ресурсов в регионе Восточной и Северо-Восточной Азии // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы Международного научно-практического форума. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та. С. 438–441.
- Вшивкова Т.С., Иваненко Н.В., Якименко Л.В., Дроздов К.А.** 2019. Введение в биомониторинг пресных вод: учебное пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. 240 с.
- Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Клышиевская С.В., Дроздов К.А., Жарикова Е.В.** 2021а. Проблемы загрязнения водотоков урбанизированных территорий и пути их решения на примере реки Вторая Речка (Владивосток, Приморский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 43–59.
- Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Дроздов К.А., Иваненко Н.В., Сазонов Е.О., Чернышов И.В.** 2021б. Оценка экологического состояния р. Вторая Речка по показателям макрозообентоса // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 60–70.
- Гидрологическое описание полуострова Муравьёва-Амурского.** 2023. Примпогода. http://primpogoda.ru/articles/reki_ozera/gidrologicheskoe_opisanie_poluostrova_muравьева_amurskogo/ (доступ 17 мая 2023).
- Гомилевская Г.А., Вшивкова Т.С.** 2023. Опыт научного сотрудничества Международного Института окружающей среды и туризма (Владивостокский Государственный университет) с академическими институтами ДВО РАН в сфере экологического образования и профессиональной подготовки студентов // Экологические исследования на Дальнем Востоке России: история и современность. Владивосток: Изд-во ВВГУ. С. 313–326.
- Жарикова Е.А., Клышиевская С.В., Попова А.Н., Вшивкова Т.С., Иваненко Н.В.** 2021. Экологическое состояние вод, донных осадков и почв долины р. Вторая Речка (по химическим и микробиологическим показателям) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 71–76.
- Коридзе В.** 2023. Особенности климата Владивостока. [Электронный ресурс]. http://www.primgidromet.ru/news/osobennosti_klimata_vladivostoka/
- Крамар А.Б., Вшивкова Т.С., Дроздов К.А.** 2023. Наука в «Океане»: взаимодействие в сфере дополнительного образования между академическими институтами, вузами и ВДЦ «Океан» // Экологические исследования на Дальнем Востоке России: история и современность. Владивосток: Изд-во ВВГУ. С. 333–341.
- Никулина Т.В., Вшивкова Т.С., Чебан Д.С., Невельская В.П.** 2021. Оценка состояния вод р. Вторая Речка по данным анализа перифитонных диатомовых сообществ (Владивосток, Приморский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 118–129.
- Полуостров Муравьёва-Амурского.** 2023. // Википедия [https://ru.wikipedia.org/wiki/Полуостров_Муравьёва-Амурского; 12.05.2023]
- Розенберг Г.С., Кавеленова Л.М., Костина Н.В., Прохорова Н.В., Розенберг А.Г.** 2021. Стратегии сохранения биоразнообразия территорий разного масштаба: международный аспект // Биосфера. Т. 13. № 1–2. С. 1–8.
- Bernhardt E.S., Palmer M.A.** 2007. Restoring streams in an urbanizing world // Freshwater Biology. Vol. 52. N 4. P. 738–751.
- Booth D.B.** 1991. Urbanization and the natural drainage system – impacts, solutions, and prognoses // Northwest Environmental Journal. Vol. 7. N 1. P. 93–118.
- Booth D.B., Roy A.H., Smith B., Capps K.A.** 2016. Global perspectives on the urban stream syndrome // Freshwater Science. Vol. 35. N 1. P. 412–420.
- Bolund P., Hunhammar S.** 1999. Ecosystem Services in Urban Areas // Ecological Economics. Vol. 29. Is. 2. P. 293–301.
- Chin A.** 2006. Urban transformation of river landscapes in a global context // Geomorphology. Vol. 79. Is. 3–4. P. 460–487.
- Kehoe L.J., Lund J., Chalifour L., Asadian Ye., Balke E., Boyd S., Carlson D., Casey J.M., Connors B., Cryer N., Drever M.C., Hinch S.G., Levings C., MacDuffee M., McGregor H., Richardson J., Scott D.C., Stewart D., Vennesland R.G., Wilkinson C.E., Zevit P., Baum J.K., Marti T.G.** 2020.

- Conservation in heavily urbanized biodiverse regions requires urgent management action and attention to governance // Conservation Science and Practice. Vol. 3: e310. 15 p.
- Landsat-8 / LDCM (Landsat Data Continuity Mission) [Электронный ресурс]** // The GeoPortal. – Режим доступа: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-8-ldcm>
- Meyer J., Paul M., Taulbee W. 2005.** Stream ecosystem function in urbanizing landscapes // Journal of the North American Benthological Society. Vol. 24. N 3. P. 602–612.
- Middleton J. 2001.** The Stream Doctor Project: Community-Driven Stream Restoration // BioScience. Vol. 51. Is. 4. P. 293–296.
- Morse J.C., Bae Y.J., Munkhjargal G., Sangpradub N., Tanida K., Vshivkova T.S., Wang B., Yang L., Yule C.M. 2007.** Freshwater biomonitoring with macroinvertebrates in East Asia // Frontiers in Ecology and the Environment. Vol. 5. Is. 1. P. 33–42.
- Olson D., Dinerstein E. 2009.** The Global 200: Priority ecoregions for global conservation // Annals of the Missouri Botanical Garden. Vol. 89. P. 199–224.
- Rivers by Design: Rethinking development and river restoration. A guide for planners, developers, architects and landscape architects on maximising the benefits of river restoration.** 2013. Restoring Europe's Rivers. Available online: <http://www.museum.ru/M2054> (accessed on 20 November 2022).
- SasPlanet. 2010.** [Электронный ресурс]: https://soft.sibnet.ru/soft/15_108-sas-planeta-100_707/
- Shahadi T. 2021.** Degradation and Improvement of Urban River Water Quality // Water Quality – Factors and Impacts. [10.5772/intechopen.98_694]
- Vshivkova T.S.; Morse J.C.; Glover J.B. 2003.** Russian Clean Water Project: the Project of Biological Monitoring of Water Quality in South Russian Far East (Vladivostok, 2003). Available online: https://www.researchgate.net/publication/365771098_RUSSIAN_CLEAN_WATER_PROJECT_The_Project_of_Biological_Monitoring_of_Water_Quality_in_South_Russian_Far_East (accessed on 20 November 2022)
- Zerega A., Simões N.E., Feio M.J. 2021.** How to Improve the Biological Quality of Urban Streams? Reviewing the Effect of Hydromorphological Alterations and Rehabilitation Measures on Benthic Invertebrates // Water. Vol. 13. 2087. P. 1–13.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.07>

<https://elibrary.ru/jwuscz>

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗООБЕНТОСА Р. ТИГРОВАЯ (ПАРТИЗАНСКИЙ РАЙОН, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

Е.А. Горовая

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690 022, Россия.

E-mail: brouny@mail.ru

По результатам годовой серии сборов рассмотрен процесс изменений количественных характеристик бентоса на участке правобережного притока р. Партизанская – р. Тигровая (Партизанский район Приморского края). Выявлены основные тенденции формирования сообщества. Проведено сравнение полученных результатов с литературными сведениями по левобережному притоку р. Партизанская – «модельной» р. Фроловка.

QUANTITATIVE INDICES OF ZOOBENTHOS OF THE TIGROVAYA RIVER (PARTIZANSKY DISTRICT, PRIMORYE TERRITORY)

E.A. Gorovaya

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue,
Vladivostok, 690 022, Russia. E-mail: brouny@mail.ru

Based on the results of the annual series of collections, the process of changes in the quantitative characteristics of benthos in the section of the right-bank tributary of the Partizanskaya River – Tigrovaya River (Partizansky municipal district of Primorsky Krai) is considered. The main trends of community formation are revealed. The results obtained were compared with the literature data on the left-bank tributary of the Partizanskaya River – the “model” Frolovka River.

Введение

В 70–80-х годах XX века в лаборатории гидробиологии и ихтиологии БПИ ДВО АН СССР под руководством В.Я. Леванидова разрабатывалось направление, методологической основой которого являлось «положение о том, что всем горным и предгорным рекам присущ сходный физический и биотический облик» (Леванидова и др., 1989б) и для приближенной оценки состояния экосистемы возможно использование сравнения структуры сообществ донных беспозвоночных водотоков сходных категорий (Леванидова и др., 1989а). Апробация метода, выполненная на основе данных левобережного притока р. Партизанская – «модельной» реки Фроловка, показала его действенность даже на уровне крупных таксонов (Леванидова, Тесленко и др., 1989) и, следовательно, необходимость дальнейших работ по сбору и накоплению сведений о сообществах донных беспозвоночных малых

рек. В 2020–2021 гг. на участке метаритрали правобережного притока р. Партизанская – р. Тигровой, был осуществлен отбор 25 серий количественных проб бентоса, отразивших его состояние и годовую динамику, и позволивший произвести сравнительный анализ основных характеристик бентосного сообщества двух притоков р. Партизанская.

Материалы и методы

Река Тигровая берет своё начало на северо-восточном склоне Ливадийского хребта и, протекая по горно-сопочной местности, впадает в р. Партизанская справа (рис. 1). Её протяженность составляет 53 км, площадь водосбора 698 км², залесённость порядка 98 %. Русло неустойчивое, извилистое, с многочисленными рукавами и протоками. Плёсы и перекаты чередуются каждые 100–200 м. В месте отбора проб плёсы галечно-песчаные, перекат с мелкими, а слив с крупными валунами. Участок русла относительно прямолинейный, пойма широкая, полностью затапливающаяся в паводковый период. С марта 2020 г. по март 2021 г. данное явление наблюдалось 23 марта – во время весеннего половодья, 7 и 22 июля, 30 августа и 24 октября – после выпадения обильных осадков. В целом для реки, подъёмы уровня воды носят кратковременный, в 2–3 дня, характер, спады более длительные и составляют 5–10 дней (https://primogoda.ru/articles/reki_primorya/reka_tigrovaya). Явления межени были отмечены в мае–июне и в октябре. Становление льда происходило с 25 ноября по декабрь, однако впадение притока – р. Серебрянка, в месте отбора проб, обеспечило наличие незамерзающей польны вплоть до середины февраля, когда началось вскрытие реки. Исходя из протяженности, температурных и скоростных характеристик (табл. 1), р. Тигровая является умеренно-холодноводной малой лососевой рекой, а место сбора материала, может быть отнесено к III категории (средние участки горных и предгорных рек и предгорные речки, метаритраль) (Леванидов, 1969). Данный участок поймы является легкодоступным для посещения, активно используется как место рыбалки, пикниковая зона, и, зачастую, как брод для грузовой техники, вследствие чего загрязняется бытовым мусором и техногенными жидкостями.

Отбор проб производился с периодичностью в две недели, посредством бентометра с площадью захвата 0,0484 м². Точки отбора располагались на плёсе, перекате и сливе преимущественно на глубине до 50 см, толщина взмученного слоя грунта



Рис. 1. Карта-схема мест отбора проб на р. Тигровая (2020–2021 гг.) и станции № 12 на р. Фроловка (1984 г.).

Таблица 1
Некоторые гидрологические характеристики р. Тигровая

Дата	Температура воды, °C	Скорость потока, м/с		Дата	Температура воды, °C	Скорость потока, м/с	
		плёс	перекат			плёс	перекат
08.03.2020	0,2	0,5	0,7	12.09.2020	14	1,3	2,0
23.03.2020	4	0,7	1,0	26.09.2020	14	0,1	0,7
11.04.2020	4	1,0	1,5	10.10.2020	10	0,3	0,5
25.04.2020	3	0,7	1,0	24.10.2020	6	0,7	0,9
10.05.2020	9	0,7	1,0	07.11.2020	8	0,1	0,2
25.05.2020	13	0,5	0,7	25.11.2020	1	0,1	0,4
08.06.2020	18	0,2	0,9	06.12.2020	0,4	0,1	0,9
20.06.2020	21	0,1	0,7	20.12.2020	0,2	0,8	1,0
07.07.2020	14	0,5	1,4	05.01.2021	2	0,2	0,5
22.07.2020	18	0,5	0,6	23.01.2021	2	0,2	0,5
04.08.2020	20	0,1	0,8	07.02.2021	4	0,3	0,8
18.08.2020	17	0,1	0,9	20.02.2021	2	0,2	0,6
30.08.2020	17	> 2					

составляла до 15 см, размер его фракции – до 22 см. В паводковый период для исследования были доступны лишь ранее осушенные участки поймы, а в пробе от 30 августа, отобранной сразу после выпадения ливневого дождя, присутствовали единичные экземпляры, случайно принесенные током воды. Всего отобрана 71 количественная пробы, зафиксированная 96 % этанолом.

В работе использованы литературные сведения по сбору бентоса на левобережном притоке р. Партизанская – р. Фроловка, охватывающие период с июня по октябрь 1984 г. (Levanidova et al., 1988; Леванидова и др., 1989а; Леванидова и др., 1989б). Данный водоток стекает в Японское море с южных склонов Сихотэ-Алиня (хр. Макаровский) и имеет протяженность 22 км, площадь водосбора 125 км². На момент работ залесённость составляла 99 %, скорость течения до 2,5 м/с, максимальная температура воды отмечена на одном из рукавов дельты в 0,6 км от устья (станция 12) – 20,5° С. Грунт реки – галечно-валунный.

По гидрологическим характеристикам, наличию каменисто-песчаного с высоким содержанием мелких фракций грунта и присутствию антропогенного влияния, обусловленного близостью населенных пунктов, расположенных выше по течению, исследуемый участок р. Тигровая имеет наибольшее сходство с 12 станцией р. Фроловка.

Результаты и обсуждение

На распределение макрообентоса непосредственное влияние оказывают тип субстрата, его стабильность и гранулометрический состав (Чебанова, 2009). При выполнении работ на р. Тигровая в роли ограничивающего фактора, исключившего из исследования бентосные организмы, населяющие грунты с фракциями > 22 см в диаметре (например, крупных личинок ручейников рода *Stenopsyche* и зрелых личинок ряда видов поденок), выступила площадь захвата использованного бентометра.

Среднегодовой показатель численности бентоса исследованного участка с марта 2020 по март 2021 гг. составил 6923 экз./м². Максимум в 17 596 экз./м² был отмечен

7 ноября, значимый пик в 14 683 экз./м² – 20 июня. Стабильно высокая численность была характерна для ледового периода. Минимум в 258 экз./м² зафиксирован на фоне высокой воды 30 августа (рис. 2). Относительно низкая численность наблюдалась во время весеннего половодья, резкое снижение – в паводки. Среднегодовой показатель биомассы бентоса составил 14,44 г/м². Значения изменились от 0,38 г/м² в дождевой паводок 30 августа до 44,17 г/м² (ошибочно занижен в предыдущих статьях (Горовая, 2022а, 2022б)) в период межени – 20 июня. В целом, изменения численности и биомассы бентосного сообщества на протяжении годового цикла были однонаправленными (рис. 2).

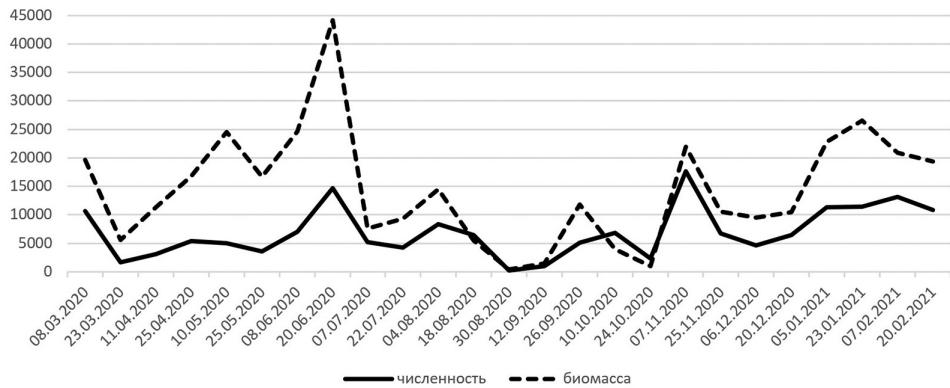


Рис. 2. Динамика численности (экз./м²) и биомассы (мг/м²) зообентоса

В таксономическом отношении бентос был представлен восемью группами: поденки (Ephemeroptera), веснянки (Plecoptera), ручейники (Trichoptera), хирономиды (Chironomidae), другие двукрылые (Atherix, Dicranota, Simulium, Tipula), олигохеты (Oligochaeta), гаммарусы (Amphipoda) и прочие (жуки (Coleoptera), стрекозы (Odonata), водяные клещи (Hydrachnidae), нематоды (Nematoda), малощетинковые черви (Oligochaeta), гидроиды (Hydrozoa) (табл. 2). Представители последних четырёх групп были немногочисленны: 7–172 экз./м² в группе «прочие»; эпизодически, всего в 12 сериях отбора, 7–158 экз./м² – у гаммарусов; до 799 экз./м² в группе «другие двукрылые»; 7–117 экз./м², исключая ледовый период (до 599 экз./м²), у олигохет. Их суммарный вклад в общие показатели был стабильно низким (рис. 3) и составил от 0,6 до 11,6 %. На протяжении всего периода исследований в бентосе преимущественно доминировали личинки поденок и, в пробах пяти дат отбора, хирономид. Доля данных таксонов составляла 36,0–70,6 % (при диапазоне 176–8601 экз./м²) и 3,3–56,8 % (48–6894 экз./м²) соответственно. Число таксономических групп сообщества поденок в каждую из дат отбора было стабильно высоким (от 8 в паводок 30 августа, до 23 в пробах июня) (Горовая, 2022а). Вклад веснянок отмечен на уровне 0,2–23,7 % (7–2740 экз./м²), ручейников – до 15,6 % (от полного отсутствия до 1550 экз./м²). Динамика численности в группах на протяжении года характеризовалась схожими тенденциями (рис. 3): снижение показателя во время паводков, что особенно ярко проявилось 23 марта и 30 августа, его рост или стабилизация – по мере спада уровня воды, а также в период межени. Но если для поденок и хирономид эти изменения происходили со стабильно широкой амплитудой, то для остальных их диапазон был относительно узок. В большей степени, вероятно, в связи с низкой численностью, отсутствие резких колебаний наблюдалось в сборной категории «другие». Для ручейников наиболее динамичным был период с июня по январь, для веснянок – с ноября по март. Установление ледового покрова

Таблица 2

**Количественные характеристики сообщества донных беспозвоночных
(численность N, экз./м²; биомасса В, г/м²) р. Тигровая**

Дата		Ephemeroptera	Plecoptera	Trichoptera	Chironomidae	Др. Diptera	Oligochaeta	Amphipoda	Прочие	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
08.03.2020	N B	4160 7,11	806 2,8	427 4,25	4938 4,53	213 0,91	110 0,04	7 0,02	41 0,03	10 702 19,69
23.03.2020	N B	1074 2,98	134 2,17	52 0,3	372 0,11	10 <0,01	- -	- -	- -	1642 5,56
11.04.2020	N B	1887 8,42	434 1,52	21 0,03	709 0,28	55 1,08	21 0,02	- -	7 <0,01	3134 11,35
25.04.2020	N B	1935 12,2	248 0,95	62 0,54	3051 2,86	34 0,21	14 <0,01	- -	28 <0,01	5372 16,76
10.05.2020	N B	3057 19,67	213 1,32	62 1,14	1494 1,72	152 0,63	7 0,01	- -	14 <0,01	4999 24,48
25.05.2020	N B	1680 12,71	7 <0,01	48 1,46	1715 1,33	89 1,16	28 <0,01	- -	48 <0,01	3615 16,66
08.06.2020	N B	3622 15,41	117 0,06	282 7,29	2727 1	130 0,78	62 0,03	- -	76 0,03	7016 24,6
20.06.2020	N B	7293 16,4	1081 2,09	1550 21,33	4311 1,83	172 1,96	117 0,16	14 0,01	145 0,39	14 683 44,17
07.07.2020	N B	2355 3,93	269 0,2	792 2,01	1343 0,43	399 0,24	28 <0,01	- -	14 0,8	5200 7,61
22.07.2020	N B	1859 7,04	158 0,2	90 0,33	1908 0,86	103 0,79	62 0,01	14 0,02	83 0,06	4277 9,31
04.08.2020	N B	4504 9,77	289 0,73	764 2,14	2741 1,37	62 0,48	7 <0,01	- -	28 <0,01	8395 14,49
18.08.2020	N B	3512 3,3	117 0,2	379 1,54	2245 0,45	7 <0,01	90 0,01	- -	76 0,02	6426 5,52
30.08.2020	N B	176 0,38	10 <0,01	- -	52 <0,01	- -	10 <0,01	- -	10 <0,01	258 0,38
12.09.2020	N B	695 0,8	34 <0,01	96 0,1	48 0,03	21 0,4	69 0,02	7 0,09	14 <0,01	984 1,44
26.09.2020	N B	3519 4,65	386 0,47	799 5,58	234 <0,01	76 1,04	- -	21 <0,01	76 <0,01	5111 11,74
10.10.2020	N B	2679 1,44	310 0,44	207 0,39	3471 1,23	48 0,42	21 <0,01	7 0,01	62 0,01	6805 3,93
24.10.2020	N B	1302 0,69	96 0,02	41 0,02	675 0,16	90 0,03	96 0,02	- -	7 <0,01	2307 0,94
07.11.2020	N B	7899 12,89	1598 2,63	792 2,8	6894 3,22	220 0,28	34 0,01	14 0,06	145 0,02	17 596 21,91
25.11.2020	N B	2541 3,53	544 1,51	875 3,9	2376 0,92	331 0,66	28 <0,01	- -	82 0,05	6777 10,57
06.12.2020	N B	2755 5,49	510 1,39	193 1,14	1109 0,26	48 1,18	7 <0,01	- -	21 <0,01	4643 9,46
20.12.2020	N B	4228 5,27	943 2,42	434 0,38	434 0,07	48 1,12	266 0,06	14 0,03	96 1,07	6463 10,42

Окончание табл. 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
05.01.2021	N B	<u>7458</u> 7,64	<u>2066</u> 9,63	<u>262</u> 4,49	<u>379</u> <0,01	<u>441</u> 0,33	<u>482</u> 0,18	<u>83</u> 0,41	<u>172</u> 0,1	<u>11 343</u> 22,78
23.01.2021	N B	<u>7761</u> 11,38	<u>1777</u> 8,75	<u>296</u> 4,63	<u>620</u> 0,03	<u>83</u> 0,62	<u>599</u> 0,31	<u>145</u> 0,79	<u>152</u> 0,07	<u>11 433</u> 26,58
07.02.2021	N B	<u>8601</u> 8,06	<u>2740</u> 8,46	<u>393</u> 2,53	<u>510</u> 0,08	<u>282</u> 1,05	<u>282</u> 0,15	<u>158</u> 0,43	<u>131</u> 0,13	<u>13 097</u> 20,89
20.02.2021	N B	<u>5695</u> 6,51	<u>2562</u> 10,29	<u>289</u> 1,47	<u>1005</u> 0,19	<u>799</u> 0,7	<u>289</u> 0,06	<u>83</u> 0,11	<u>83</u> 0,06	<u>10 805</u> 19,39

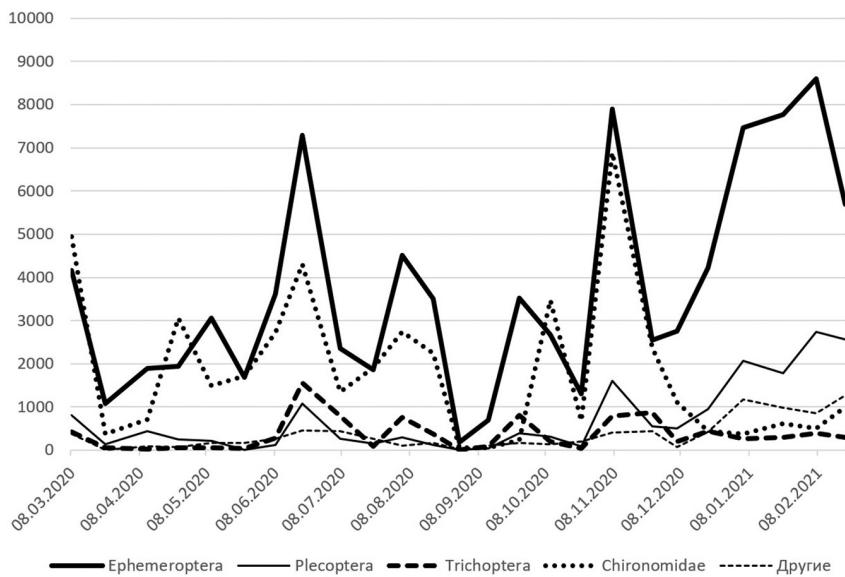


Рис. 3. Динамика численности основных таксономических групп (экз./м²) (Сборная категория «Другие»: гаммарусы, олигохеты, другие двукрылые, прочие)

сопровождалось интенсивным ростом численности поденок, менее значимым – веснянок, и резким спадом данного показателя в группе хирономид.

Поденки оказались преимущественно доминирующей группой и по биомассе, составляя от 33,4 до 80,3 % со значениями 0,7–19,7 г/м². При этом динамика изменений показателя на протяжении всего года была широко амплитудной, с частой сменой пиков (рис. 4). Наиболее продуктивными для личинок были апрель–июнь. В ледовый период и в конце марта значительный вклад в показатели общей биомассы вносили и веснянки: 14,7–53,0 % и 39,0 % соответственно. В остальные месяцы доля их биомассы составляла 0,1–14,3 %, а сам показатель на протяжении года изменялся от 0,01 до 10,29 г/м². Трижды на лидирующих позициях с долевым вкладом в 36,9–48,3 % отмечались ручейники. Максимум их биомассы (21,33 г/м²) был отмечен 20 июня, в остальной же период изменения показателя преимущественно происходили в диапазоне до 5 г/м². Вклад хирономид варьировал от 0,1 до 31,1 % (0,01–3,22 г/м²). Доля представителей группы «другие» преимущественно составляла 0,2–9,8 %, лишь однократно (12 сентября) наблюдалось пиковое значение в 35,6 %, сформированное за счет послепаводкового снижения численности поденок и хирономид и присутствия в пробе крупных личинок *Tipula* и гаммарусов. Еще в четырех случаях высокий показатель был связан с присутствием единичных организмов с большой массой: 7 июля (13,8 %) – личинок стрекоз, 10 октября (11,4 %)

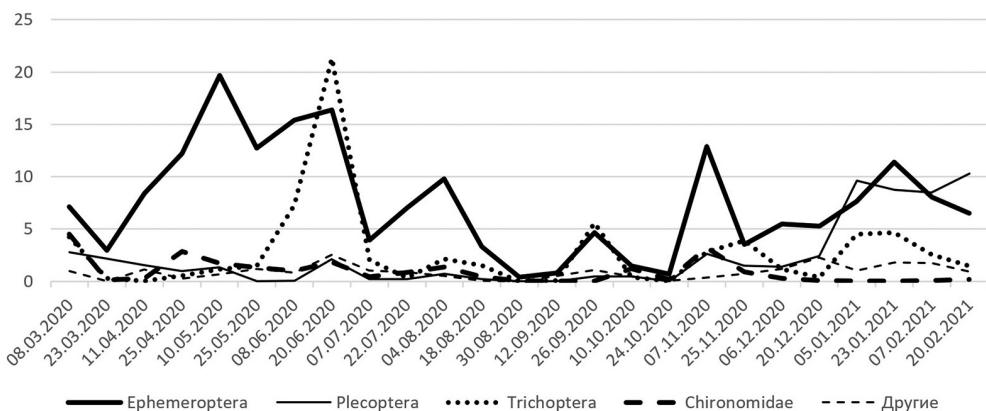


Рис. 4. Динамика биомассы основных таксономических групп (г/м²) (Сборная категория «Другие»: гаммарусы, олигохеты, другие двукрылые, прочие)

и 6 декабря (12,7 %) – представителей группы «другие двукрылые», 20 декабря (21,9 %) – малощетинковых червей и личинок *Dicranota*.

Таким образом, несмотря на смену преобладающих по количественным показателям таксономических групп, значительную долю в бентосе исследованного участка метаритрали р. Тигровая на протяжении всего годового цикла составляли личинки поденок и в ряде случаев высокие значения были достигнуты за счет их нимф и личинок ранних возрастов (Горовая, 2022а).

Превалирование поденок в биомассе бентоса метаритрали было отмечено и по результатам работ на р. Фроловка, проведенных в 1984 г. (Леванидова и др., 1989а). Средние значения за июнь–октябрь для данного таксона составляли 0,83–2 г/м², что обеспечивало от 13,2 до 55,2 % биомассы. Помесячное сравнение показателей долевого вклада поденок на исследуемом участке р. Тигровая и на р. Фроловка, показало наибольшее его сходство со станцией 12 (рис. 5). Однако если на ст. 12 17,5 % биомассы бентоса (учитывалась средняя за период работ) составляли личинки *Drunella cryptomeria* (Imanishi) и 7,1 % – *D. lepnevae* Tshernova, то на р. Тигровая первый вид обеспечивал всего 6,76 %, второй – 0,5 %. При этом максимальный процент (8,1 %) приходился на долю *D. solida* Bajkova, а высокий показатель биомассы поденок слагался за счет суммарного вклада целого ряда таксономических групп. В видовом отношении отряд Ephemeroptera в пробах обеих рек насчитывал порядка 40 видов.

Помимо поденок, ядро биомассы р. Фроловка составляли ручейники и гаммарусы (Леванидова и др., 1989а), однако на 12-й станции значение долевого вклада в разные месяцы для первых достигало 7,0–33,0 % и, в среднем, всего 0,3 % для вторых. На р. Тигровая доля биомассы ручейников в течение июня–октября составляла 6,0–39,0 %, а гаммарусы присутствовали лишь в минимальных количествах.

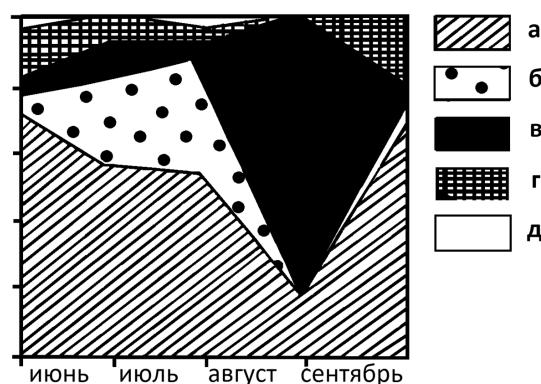


Рис. 5. Динамика структуры сообщества макрозообентоса р. Фроловка на ст. 12 (в % от общей массы): а – поденки, б – ручейники, в – веснянки, г – хирономиды, д – прочие. (По: Леванидова и др., 1989а)

Вклад веснянок на протяжении июня–октября в обоих случаях был довольно низок, однако в сентябрьских сборах на 12-й станции р. Фроловка наблюдалось пиковое увеличение показателя до 18 %, а на р. Тигровая результаты октября наметили тенденцию его зимнего роста. Аналогично этому, личинки хирономид обеспечивали порядка 18 % биомассы 12 ст.р. Фроловка и 24 % – р. Тигровая лишь в октябре, в остальные месяцы сравниваемого периода, она была довольно низкой.

Заключение

Формирование бентосного сообщества исследованного участка метаритрали р. Тигровая происходило за счет личинок амфибиотических насекомых: поденок, ручейников, веснянок и хирономид, обеспечивших высокие показатели как численности (до 17 596 экз./м²), так и биомассы (до 44,17 г/м²). Минимальные значения количественных характеристик были отмечены на фоне резкого подъёма уровня воды после выпадения ливневого дождя, максимальные – в последние дни летней и осенней межени. На протяжении годового цикла наблюдалась смена преобладающих систематических групп: поденок и хирономид по численности, поденок, веснянок и ручейников по биомассе. Суммарный вклад других таксономических групп в общие показатели по численности составил от 0,6 до 11,6 %, по биомассе – от 0,2 до 35,6 %. Сравнение полученных результатов с литературными сведениями по «модельной» р. Фроловка, свидетельствует о наличии аналогичных тенденций в формировании сообщества бентоса схожих типологических участков водотоков, в динамике долевого вклада крупных таксонов, а также в роли различных таксономических групп. Кроме того, превалирование сенситивных индикаторных организмов и отмеченный для р. Тигровая типичный признак метаритрали чистой реки – высокий долевой вклад поденок, подтверждают возможность использования полученных данных в качестве модельных.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121 031 000 147-6).

Литература

- Горовая Е.А. 2022а.** Динамика структуры сообщества поденок (*Insecta, Ephemeroptera*) малой лососевой реки (Южное Приморье, Россия) // Биология внутренних вод. № 6. С. 793–802.
- Горовая Е.А. 2022б.** Пространственное распределение подёнок (*Insecta, Ephemeroptera*) в структуре системы плёс-перекат малой лососевой реки Южного Приморья // Евразиатский энтомологический журнал. Вып. 21. Прил.1. С. 112–118.
- Леванидов В.Я. 1969.** Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура // Изв. ТИНРО. Т. 67. 230 с.
- Леванидова И.М., Лукьянченко Т.И., Тесленко В.А., Макарченко Е.А., Семенченко А.Ю. 1989а.** Экологические исследования лососевых рек Дальнего Востока СССР // Систематика и экология речных организмов. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 74–111.
- Леванидова И.М., Тесленко В.А., Лукьянченко Т.И., Макарченко Е.А., Семенченко А.Ю. 1989б.** Структура сообществ донных беспозвоночных как основа биомониторинга горных рек Сихотэ-Алиня // Там же. С. 69–73.
- Чебанова В.В. 2009.** Бентос лососевых рек Камчатки. М.: Изд-во ВНИРО. 172 с.
- Levanidova I.M., Teslenko V.A., Lukyanchenko T.I. 1988.** Research on the ecosystems of salmon rivers of the Far East: longitudinal zonation and distribution of macrozoobenthos. Vladivostok: FEB USSR AS. 53 p.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.08>
<https://elibrary.ru/kbnxvs>

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОД, ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ПОЧВ ПОЙМЫ РУЧЬЯ БЕЗЫМЯННОГО (Г. ВЛАДИВОСТОК)

Е.А. Жарикова, А.Д. Попова, С.В. Клышевская

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,

пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия.

E-mail: ejarikova@mail.ru

Определены основные параметры химического состава воды, донных отложений и почв на площадках мониторинга от верховья до устья ручья Безымянного. Выполнена характеристика санитарно-микробиологических свойств речной воды. Выявлено увеличение содержания макроэлементов и тяжелых металлов в донных отложениях и почвах. Определен уровень загрязнения с использованием различных геоэкологических показателей. Следствием влияния полигона ТБО и автогородсы является чрезвычайно высокий уровень экологического риска на пляже Стеклянный.

ASSESSMENT OF THE STATE OF WATER, BOTTOM SEDIMENTS AND SOILS OF THE BEZYMYANNY STREAM FLOOD PLAIN (VLADIVOSTOK)

E.A. Zharikova, A.D. Popova, S.V. Klyshevskaya

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS,

159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. Russia.

E-mail: ejarikova@mail.ru

The main parameters of the chemical composition of water, bottom sediments and soils at monitoring sites have been laid from the headwaters to the mouth of the Bezymyanny stream were determined. The characterization of sanitary and microbiological properties of river water is carried out. An increase in the content of macroelements and heavy metals in bottom sediments and soils. The level of pollution was determined using various geoecological indicators. The consequence of the influence of the solid waste landfill and the highway is an extremely high level of environmental risk on the Glass Beach.

Введение

Восточное побережье полуострова Муравьева-Амурского является рекреационной зоной и местом отдыха горожан и многочисленных туристов, а прибрежная полоса – рыбоохранной зоной и районом промысла морских биоресурсов. Но в уже течение длительного периода качество вод Уссурийского залива оценивается как «умеренно загрязнённые» (III класс) (Доклад..., 2022). Одним из источников загрязнения является комплекс по переработки и утилизации ТБО г. Владивостока (ул. Холмистая).

Ручей Безымянный, впадающий в Уссурийский залив в районе Стеклянного пляжа, берет свое начало на восточном склоне г. Варгина, выше по рельефу действует

вующего полигона ТБО. Эксплуатация полигона началась в 2012 г. с нарушением технических, санитарных и экологических норм безопасности и в текущий период он является источником загрязнения окружающей территории (Соляник и др., 2017). Отсутствие гидроизоляции на значительной части полигона является основной причиной поступления высокоминерализованных фильтрационных вод, насыщенных солями тяжелых металлов, аммиака, фосфатов, сульфатов и др. в ручей Безымянный. При этом существует возможность устойчивого накопления загрязняющих веществ в донных отложениях и почвах окружающей территории (Черняева, 2013; Жарикова и др., 2021).

Еще одним источником загрязнения служит автомобильная трасса, проходящая вдоль побережья Уссурийского залива. Воздействие автотранспорта способно привести к изменению химического состава компонентов окружающей среды в зоне, прилегающей к автомагистрали, поскольку в атмосферные выбросы при сгорании топлива и смазочных материалов попадают плотные частицы с высоким содержанием тяжелых металлов – свинца, кадмия, хрома, меди, ванадия, никеля и др. Износ шин и коррозия металлических частей автомобилей также могут вызвать загрязнение окружающей территории (в том числе донных отложений и почв) цинком, кадмием, кобальтом, хромом, медью, ртутью, марганцем, никелем, свинцом, железом и др. (Жарикова, 2021; Жарикова и др., 2022; Krailertrattanachai et al., 2019).

Задачей данного исследования является оценка качества вод, донных отложений и почв долины ручья Безымянного по химико-микробиологическим показателям.

Материалы и методы

В мае 2021 г. в пойме ручья были заложены площадки мониторинга и отобраны пробы воды, донных отложений и почв (рис. 1, 2). Площадка 1 (Исток) расположена в верховьях в средней части юго-восточного склона в широколиственном лесу в зоне минимального антропогенного воздействия на высоте около 250 м над ур. моря. Почвенный покров представлен буроземами типичными. Вода в ручье прозрачная, без запаха. Площадка 2 (Полигон ТБО) заложена на границе полигона ТБО в месте выхода ручья по левому борту в нижней трети юго-восточного склона, высота около 90 м над ур. моря в широколиственном лесу, поверхность неровная, с валежником, сильно захламлена бытовым мусором. Вода в ручье мутная, темно-бурого цвета, с шапками пены. Почва – бурозем типичный. Площадка 3 (Стеклянный пляж) заложена между автомобильной трассой и пляжем по правому борту ручья, высота около 1 м над ур. моря. Растительность сорная, напочвенный покров изрежен, на поверхности строительный и бытовой мусор. Почва – слаборазвитая техногенная. Вода в ручье бурого цвета.

Образцы донных отложений (песчано-алевритово-глинистый неуплотненный осадок) отбирали пробоотборником из поверхностного слоя, образцы почв отбирали на расстоянии не более 20 м от русла реки с глубины 1–10 см.

Анализ проб воды проводили по 12 гидрохимическим и 4 микробиологическим показателям. Физико-химические анализы почв и донных отложений выполняли по общепринятым методикам (Агрохимические методы, 1976), элементный состав образцов – методом энергодисперсионной рентгенфлуоресцентной спектроскопии (EDX) на анализаторе EDX 800HS-P (Shimadzu, Япония) в аналитическом центре ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

В России химическое загрязнение почв оценивается по суммарному показателю (Z_c), определяемому по формуле: $Z_c = \sum(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1)$, где n – число



Рис. 1. Схема расположения площадок отбора (<https://egrp365.org/map/?x=43.138698185814704&y=132.03334808349612&zoom=13&layer=8>)



Рис. 2. Вид водотока и окружающей территории в местах отбора. А 1, А 2 – исток, Б 1, Б 2 – полигон ТБО, В 1, В 2, В 3 – Стеклянный пляж

определеняемых компонентов, K_{ci} – коэффициент концентрации i -го загрязняющего компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над региональным фоновым значением. Хотя величина $Zc < 16$ указывает на допустимый уровень загрязнения (СанПиН 2.1.3684–21, 2021), данный показатель не всегда позволяет корректно определить степень загрязнения почв (Богданов, 2012).

В мире используют иные геохимические показатели (табл. 1). Коэффициент концентрации (Single Pollution Index) $PI = Ci/GB$ применяется для установления загрязнения отдельными тяжелыми металлами (ТМ) и вычисления комплексных показателей загрязнения (Ci – содержание элемента в поверхностном слое, GB – фоновое содержание), величина $PI = K_{ci}$. Индекс загрязнения Nemerow (NPI) используют для оценки состояния почв, поскольку он учитывает долю не только каждого тяжелого металла, но и опасность от металла с наибольшим коэффициентом концентрации.

$$NPI = \sqrt{0,5(PI_{1\max}^2 + PI_{1\ave}^2)},$$

где $PI_{1\max}$ – самое высокое значение PI среди характеризуемых металлов, а $PI_{1\ave}$ – среднее значение PI .

Таблица 1

Шкала значений геохимических показателей

Коэффициент концентрации (PI)		Индекс загрязнения Nemerow (NPI)		Потенциальный экологический риск (PERI)	
Уровень	Оценка загрязнения	Уровень	Оценка загрязнения	Значение	Уровень риска
$1 < PI < 2$	слабое	$NPI < 0,7$	отсутствует	< 90	незначительный
$2 < PI < 3$	среднее	$0,7 \leq NPI < 1,0$	пограничное состояние	90–180	средний
$3 < PI < 5$	сильное	$1,0 \leq NPI < 2,0$	слабое	180–360	высокий
$PI > 5$	очень сильное	$2,0 \leq NPI < 3,0$	среднее	360–720	очень высокий
–	–	$NPI > 3$	сильное	> 720	чрезвычайно высокий

Показатель потенциального экологического риска (Potential Ecological Risk) указывает на уровень опасности для живых организмов: $PERI = \sum PI_i * T_i$, где T_i – коэффициент токсичности i -того ТМ (Kowalska et al., 2018). В нашем исследовании в качестве фоновых использовали показатели проб площадки 1.

Для оценки суммарного экологического риска загрязнения донных отложений учитывают уровни содержания поллютантов, превышение которых может оказать негативное влияние на жизнедеятельность бентоса – probable effects level (PEL).

$$m\text{-PEL-Q} = [\sum(Ci / PEL)] / n,$$

где PEL – критическое содержание загрязнителя, n – число учитываемых элементов, при этом уровни PEL , разработанные для пресноводных экосистем составляют 111 для Cr, 149 для Cu, 128 для Pb, 48,6 для Ni и 459 мг/кг для Zn (MacDonald et al., 2000). Приняты следующие градации: $m\text{-PEL-Q} < 0,1$ – низкий уровень; $0,11 < m\text{-PEL-Q} < 1,5$ – средне-низкий, $1,51 < m\text{-PEL-Q} < 2,3$ – средне-высокий, $m\text{-PEL-Q} > 2,3$ – высокий (Ioannides et al., 2015).

Результаты и обсуждение

Согласно полученным данным вода в ручье Безымянnyй по органолептическим показателям (запах, цветность, взвешенные вещества, плавающие примеси) только на площадке 1 имеет допустимые характеристики (табл. 2), на остальных большинство нормативов превышены. Наиболее темная окраска и шапки пены высотой до 0,5 м наблюдаются в месте выхода ручья с территории полигона ТБО. Здесь присутствует неприятный гнилостный запах и отмечено сильное захламление территории бытовым мусором, преимущественно полимерной упаковкой. Величина pH воды выше 7,0 в пробах площадок 2 и 3, безусловно, свидетельствует об антропогенном влиянии (зашелачивании). Показатель химического потребления кислорода (ХПК) (для водных объектов рекреационного пользования) указывает на наличие загрязнения на площадке 2. Кроме этого, на площадках 2 и 3 более чем в 10 раз превышено содержание аммонийного азота и более чем в 20 раз – содержание общего железа.

Таблица 2

Органолептические и физико-химические показатели воды руч. Безымянnyй

Показатели	Площадки отбора			Величина допустимого уровня
	1	2	3	
Запах	0	> 2	> 2	2
Окраска	< 10	> 20	> 20	20
Взвешенные вещества	< 0,25	15,0	18,5	0,25
Плавающие примеси	отсутствуют	скопление примесей	скопление примесей	отсутствие
Жесткость	0,35	4,14	4,75	7–10
Химическое потребление кислорода ХПК	0,4	32,0	24,5	30
Азот нитратов	< 0,05	19,1	22,5	45
Азот нитритов	< 0,05	1,6	1,4	3,0
Азот аммонийный	< 0,05	24,1	23,2	2,0
Водородный показатель pH	6,6	7,8	8,5	6,5–8,5
Хлориды	2,0	162,0	138,0	350
Железо (суммарно)	0,23	6,0	7,2	0,3

Исследование бактериологического состава воды показало наличие энтерококков, общих и термотolerантных колiformных бактерий, что указывает на наличие антропогенного (в том числе и свежего фекального) загрязнения на площадках 2 и 3. Количество бактерий в воде Стеклянного пляжа на порядок выше, чем на площадке ТБО. Допустимые санитарно-микробиологические показатели установлены только в верховьях ручья.

Анализ химического состава донных отложений площадки 2 показал значительное увеличение в них валовых форм макроэлементов: щелочноземельных металлов (кальция и магния), титана, железа и фосфора ($Mg_{1,69} < Ti_{2,10} < Fe_{5,84} < Ca_{5,97} < P_{21,73}$). В донных отложениях площадки 3 выявлено повышенное содержание кальция и железа ($Ca_{1,29} < Fe_{6,19}$).

Поскольку в России ПДК/ОДК в донных отложениях не установлены, для характеристики загрязнения тяжелыми металлами были использованы ПДК/ОДК

тяжелых металлов в почве (СанПиН 2.1.3684–21, 2021). В донных отложениях площадки 3 установлено превышение ПДК/ОДК содержания никеля, цинка, меди и марганца. Содержание тяжелых металлов в пробах почв и донных отложений площадок 2 и 3 намного превышает фоновое, наибольшие величины коэффициентов концентрации выявлены в пробах площадки 3, где одновременно существуют два источника загрязнения – полигон ТБО и автотрасса (табл. 3). Величина коэффициента концентрации (PI) в почвах позволяет оценить загрязнение почв на площадке 2 кобальтом, медью и никелем как слабое, марганцем – как среднее, на площадке 3 никелем – как слабое, медью – как сильное, свинцом и цинком – как очень сильное.

Таблица 3

Коэффициенты концентрации (PI) тяжелых металлов в почвах и донных отложениях

Площадка	Почва	Донные отложения	
		Фон	
1	Co _{1,13} Cu _{1,27} Ni _{1,50} Mn _{2,20}	Ba _{1,44} Ni _{1,54} Cr _{1,76} Sr _{1,85} Mn _{2,60} V _{2,92} La _{3,18} Cu _{4,16} Pb _{9,59}	
2	Ni _{1,35} Cu _{4,15} Pb _{9,36} Zn _{18,60}	Ba _{1,52} Ni _{1,63} V _{2,2} Mn _{2,60} La _{5,47} Zn _{30,89} Pb _{218,14} Cu _{213,95}	

Загрязнение донных отложений на площадке 2 барием, никелем, хромом, характеризуется – как слабое, марганцем, ванадием – как среднее, медью – как сильное и свинцом – как очень сильное. На площадке 3 –барием, никелем – как слабое, марганцем, ванадием – как среднее, цинком, свинцом и медью – как очень сильное. Состав металлов, аккумулирующихся в почвах и донных отложениях, различается. В донных отложениях он более разнообразен, эти данные хорошо согласуются с полученными ранее для малых рек Центральной России (Власов и др., 2019; Янин, 2002). В донных отложениях следствием техногенного воздействия является присутствие также повышенных и высоких концентраций стронция и лантана.

Величина суммарного показателя химического загрязнения Zc характеризует уровень санитарно-токсикологической опасности как умеренно-опасный для почв на площадке 3 и для донных отложений на площадке 2. На площадке 3 загрязнение донных отложений характеризуется как чрезвычайно опасное (табл. 4).

Таблица 4

Значения комплексных показателей оценки экологической ситуации в почвах и донных отложениях

Площадка	Zc		NPI		PERI		mPEL-Q
	Почва	Донные отложения	Почва	Донные отложения	Почва	Донные отложения	Донные отложения
1	1	1	1	1	23	23	0,32
2	3	19	1,6	7,1	27	83	0,82
3	31	471	13,6	159,9	82	2197	14,47

Согласно комплексному индексу загрязнения Nemerow (NPI) выявлено слабое загрязнение почв на площадке 2 и сильное – на площадке 3. Загрязнение донных отложений на этих площадках характеризуется как сильное.

Показатель потенциального экологического риска PERY, для почв повсеместно и для донных отложений площадки 2 не превышает 90, что означает низкий уровень экологической опасности. На площадке 3 величина PERY для донных отложений указывает на наличие чрезвычайно высокого риска для живых организмов.

По суммарному показателю экологического уровня воздействия на бентосные организмы, определяемому величиной коэффициента m-PEL-Q, донные отложения первой и второй площадок дифференцированы слабо и характеризуется средненизким уровнем воздействия, высокий уровень выявлен на 3 площадке.

Заключение

Анализ химического состава вод, донных отложений и почв указывает на значительные нарушения компонентов окружающей среды в пойме ручья Безымянnyй г. Владивостока. Микробиологические и химические показатели состояния воды указывают на наличие органического загрязнения. Щелочноземельные и тяжелые металлы и фосфор из твердых бытовых отходов полигона путем водной миграции поступают и аккумулируются в донных отложениях, степень загрязнения которых варьирует от умеренно-опасного до сильного (по различным геохимическим индексам) при низком уровне опасности для живых организмов. В устьевой зоне, под влиянием двух источников загрязнения (полигон ТБО и автотрасса) степень загрязнения донных отложений возрастает до чрезвычайно опасной при чрезвычайно высоком уровне экологического риска для биоты. Загрязнение почв на данных площадках возрастает от слабого до сильного, уровень экологической опасности при этом оценивается как низкий. Полученные данные свидетельствуют, что использование пляжа Стеклянный в качестве места отдыха населения нецелесообразно.

Литература

- Агрохимические методы исследования почв. 1975.** М.: Наука. 656 с.
- Богданов Н.А. 2012.** Анализ информативности интегральных показателей химического загрязнения почв при оценке состояния территорий // Гигиена и санитария. № 1. С. 10–13.
- Власов Д.В., Шинкарева Г.Л., Касимов Н.С. 2019.** Металлы и металлоиды в донных отложениях водоемов Восточной части Москвы // Вестник МГУ. Сер. 5. География. № 4. С. 43–52.
- Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2021 году. 2022.** Владивосток. 334 с.
- Жарикова Е.А. 2021.** Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска // Известия Томского политехнического университета. Инженеринг георесурсов. Т. 332. № 1. С. 164–173.
- Жарикова Е.А., Клышевская С.В., Попова А.Д., Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Иваненко Н.В. 2021.** Экологическое состояние вод, донных осадков и почв долины р. Вторая Речка (по химическим и микробиологическим показателям) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 71–76.
- Жарикова Е.А., Голодная О.М., Попова А.Д. 2022.** Экологическое состояние почв придорожной полосы автомагистрали Уссурийск – Пограничный на приграничной территории // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. № 4–2. С. 21–27.
- Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организаций и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (СанПиН 2.1.3684–21). 2021.** Москва. 75 с.
- Соляник И.В., Зиньков А.В., Пантилев Н.В. 2017.** Влияние полигона ТБО Владивостока на формирование экологического риска загрязнения близлежащих рек // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. № 2. С. 110–116.
- Черняева Т.К. 2013.** Актуальные проблемы влияния отходов производства и потребления на объекты окружающей среды и состояние здоровья населения (обзор) // Гигиена и санитария. Т. 92. № 3. С. 32–35.
- Янин Е.П. 2002.** Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек (состав, особенности, методы оценки). М.: ИМГРЭ. 52 с.

- Ioannides K., Stamoulis K., Papachristodoulou C., Tziamou E., Markantonaki C., Tsodoulos I. 2015.** Distribution of heavy metals in sediment cores of Lake Pamvotis (Greece): a pollution and potential risk assessment // Environmental Monitoring and Assessment. V. 187. Article N 4209. 16 p.
- Kowalska J.B., Mazurek R., Gasiorek M., Zaleski T. 2018.** Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination. A review // Environmental Geochemistry and Health. V. 40. P. 2395–2420.
- Kraillertrattanachai N., Daojarus K. Worachart W. 2019.** The distribution of trace metals in roadside agricultural soils, Thailand // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. V. 16. № 5. P. 714. Doi: 10.3390/ijerph16050714.
- MacDonald D.D., Ingersoll C.G., Berger T.A. 2000.** Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. V. 39. P. 20–31.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.09>
<https://elibrary.ru/kccxpd>

ПЛАНКТОННЫЕ И ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА СОЛЕНЫХ РЕК БАССЕЙНА ГИПЕРГАЛИННОГО ОЗ. ЭЛЬТОН (РОССИЯ): МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ СОПРЯЖЕННОСТИ СТРУКТУР И СТАТИСТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

Т.Д. Зинченко, В.К. Шитиков, Э.В. Абросимова

Институт экологии Волжского бассейна РАН –
филиал ФГБУН Самарского федерального исследовательского центра РАН,
ул. Комзина, 10, г. Тольятти, 445003, Россия. E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru

Представлены результаты анализа комплексных исследований соленых рек аридного региона Приэльтона (район Прикаспийской низменности, бассейн гипергалинного озера Эльтон) на базе изучения планкtonных и донных сообществ в августе 2013 и 2018 гг. Для многомерного статистического анализа использовали результаты гидробиологических проб, взятых на 15 станциях пяти соленых рек. С использованием статистических моделей размещения видов установлено, что неоднородность разнообразия планкtonных и донных сообществ обусловлены биотопическими различиями и уровнем минерализации водной среды. Показано, что для высокоминерализованных систем аридных регионов четкое разделение жизненных форм планкtonных и донных сообществ не очевидно.

PLANKTON AND BENTHIC COMMUNITIES OF SALINE RIVERS IN THE BASIN OF THE HYPERGAELEN ELTON LAKE (RUSSIA): MULTIVARIATE ANALYSIS OF COUPLED STRUCTURES AND STATISTICAL RELATIONSHIPS

T.D. Zinchenko, V.K. Shitikov, E.V. Abrosimova

Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Science –
Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Samara Research Scientific Center of Russian Academy of
Science, 10 Komzina st., Togliatti, 445003, Russia, E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru

We present the results of the analysis of complex studies of saline rivers in the arid Prielton region (the Caspian lowland area, the basin of the hyperhaline Lake Elton) based on the study of plankton and benthic communities in August 2013 and 2018. The results of hydrobiological samples taken at 15 stations of five saline rivers were used for multivariate statistical analysis.

Using statistical models of species distribution, it has been established that heterogeneity of planktonic and bottom communities diversity is caused by biotopic differences and salinity level of water environment. It is shown that for highly saline systems of arid regions a clear separation of life forms of planktonic and bottom communities are not obvious.

Приэльтоные является одним из наиболее уникальных природно-территориальных комплексов Прикаспийской низменности (Волгоградская область, 49° 07' 30" с.ш., 46° 30' 40" в.д.). Входящие в его состав мезо- и гипергалинные

речные системы функционируют в условиях стохастических, а часто и экстремальных природно-климатических возмущений, характерных для аридных зон, при одновременном воздействии совокупности факторов антропогенного характера (Zinchenko et al., 2017). Это вызывает как резкие флуктуации численности отдельных популяций, так и регулярную смену комплекса доминирующих видов в сообществах гидробионтов соленых рек, притоков гипергалинного оз. Эльтон. В то же время, характерной особенностью лотических систем аридных регионов является их нестационарность, обусловленная глобальными и региональными климатическими колебаниями (Zinchenko et al., 2017; Зинченко и др., 2018). На разных участках водотоков при низкой скорости течения, малой глубине и высоком трофическом статусе вод создаются специфические условия для жизни различных консорциумов гидробионтов. Один из главных факторов – уровень минерализации, во многом обуславливающий таксономический состав и характер трофических отношений.

Обращая особое внимание на исследование планктонных и донных сообществ соленых рек, отметим, что основными задачами экологии водных сообществ являются оценка значимости межвидовых связей внутри ассоциаций взаимодействующих организмов и выявление механизмов воздействия совокупности условий среды на структурно-функциональные особенности изучаемых биоценозов (Алимов и др., 2013). При этом экосистема рассматривается с учетом анализа всего множества разнообразных факторов (популяционных, фенотипических, генетических, гидрохимических, ландшафтно-географических), которые характеризуются значительной временной и пространственной изменчивостью, вызываемой сезонными, климатическими, антропогенными или иными причинами. Конечной целью такого исследования является прогноз динамики развития экосистем с точки зрения повышения продуктивности и биоразнообразия при различных сценариях природоохранной деятельности (Розенберг, 2013). Выполненный нами ранее статистический анализ таксономической структуры планктонных и донных сообществ соленых рек бассейна оз. Эльтон с использованием различных многомерных методов позволил выделить специфичные ассоциации консорциативного типа, которые динамично формируются с учетом адаптационных возможностей отдельных видов (Зинченко и др., 2018).

Вместе с тем, современные методы анализа закономерностей пространственно-временной динамики сообществ гидробионтов основываются на двух различных концептуальных подходах. Первая группа методов ориентирована на детальное изучение основных экологических процессов в экосистемах, включая интенсивность размножения, смертности или расселения отдельных видов в каждый момент времени и с учетом реальной демографической стохастичности (Розенберг и др., 2020). Формируемые имитационные или ранговые модели динамики популяций (Zurell et al., 2016) должны включать в явной форме надежные оценки коэффициентов и параметров, описывающих механизмы этих процессов, что в отсутствие обоснованных теоретических предположений и/или необходимого объема эмпирических данных делает их построение пока еще трудно реализуемым.

Другой подход можно назвать «коррелятивным», в том смысле, что он основан на нахождении статистических зависимостей между факторами окружающей среды и данными о встречаемости видов. Описаны десятки методов такого анализа (Norberg et al., 2019; Шитиков, Зинченко, 2019), основанных на построении моделей множественной регрессии, выделении кластеров или корреляционных плеяд, использовании различных алгоритмов многомерной ординации и т.д. В наиболее адекватной мере анализ связей в экосистеме реализуется в моделях совместного

пространственно-временного распределения видов JSMD (*Joint Species Distribution Models* = Ovaskainen, Abrego, 2020; Шитиков и др., 2021), которые позволяют оценить отдельно эффекты межвидовых взаимодействий от синхронной вариации отклика видов на изменения абиотических факторов.

Исследователи высокоминерализованных водоемов отмечают, что в мелководных соленых реках и озерах обычно нет четкого разграничения планктонных и донных сообществ: их массовые виды встречаются как на дне, так и в толще воды (Балушкина и др., 2009; Шадрин, Ануфриева, 2018). В частности, отмечен переход бентосных животных к планктонному образу жизни и наоборот, что приводит к высокой доле смешанных экологических группировок. В этой связи изучение совместного пространственного распределения этих сообществ на сходных биотопах в условиях меняющихся абиотических факторов представляет несомненный интерес для анализа структурной организации водных экосистем.

Планктонные и донные сообщества высокоминерализованных рек рассматриваются нами как единая неравновесная экосистема, включающая динамически изменяющиеся консорциумы различных групп видов. Для статистического анализа ассоциативных связей между комплексами видов макрообентоса, мейобентоса и зоопланктона использованы специальные алгоритмы канонической корреляции, кластеризации, многомерной ординации и обобщенного прокрустова анализа. Вся совокупность изученных гипергалинных водных объектов рассмотрена как мета-сообщество (Leibold, Mikkelsen, 2002), выполнена проверка статистических гипотез о существовании основных механизмов формирования таксономической структуры и определены ведущие экологические градиенты, определяющие кластеризацию видов.

Материалы и методы

Для проведения многомерного статистического анализа использовали результаты параллельной гидробиологической съемки в августе 2013 и 2018 гг. на 15 станциях пяти соленых рек бассейна гипергалинного озера Эльтон, имеющих значительный градиент минерализации (от 6 до 41,1 г/л и выше). Была сформирована матрица численностей T (экз./ m^2) 142 отдельных таксономических единиц, в том числе, 52 вида и рода зоопланктона, 38 – макрообентоса и 42 – мейобентоса. Для корректной совместной обработки данных значения матриц трансформировали в единую шкалу баллов от 0 до 6 с применением алгоритма нахождения оптимальных границ (Зинченко и др., 2018). На тех же станциях параллельно проводили гидрохимический мониторинг, на основе которого выполнена группировка станций по уровню минерализации воды: 1 – > 25 г/л, 2 – 10–25 г/л и 3 – < 10 г/л.

Подробное описание и схема района исследований, методы отбора проб гидробионтов и камеральной обработки собранного материала представлены ранее в публикациях (Зинченко, Головатюк, 2010; Гусаков, Гагарин, 2012; Лазарева и др., 2013; Zinchenko et al., 2014; Лазарева, 2017; Zinchenko et al., 2017; Зинченко и др., 2018). Некоторые методы многомерного статистического анализа, использованные нами, изложены ниже.

Анализ особенностей таксономической структуры мета-сообщества гидробионтов

Современный подход к изучению экосистем основан на многомерном статистическом анализе десятков и сотен разнообразных переменных (популяционных,

фенотипических, генетических, экологических, химических, ландшафтно-географических), которые характеризуются значительной временной и пространственной изменчивостью. Основная задача такого анализа – выявление значимости и механизмов воздействия всей совокупности факторов на структурно-функциональные особенности изучаемых сообществ, а также последующий прогноз характера их развития при различных сценариях природоохранной деятельности.

К началу XXI века важное место в экологии заняли методы многомерной ординации, которые осуществляют синтез оптимальной информационной структуры сообществ, состоящей из осей новых латентных переменных, наилучшим образом «объясняющих» совокупную вариацию наблюдаемых данных.

На первом этапе рассматривалась альтернатива: существуют ли вообще какие-нибудь характерные закономерности видовой структуры H_1 или изучаемое мета-сообщество сформировано стохастически H_0 (Зинченко и др., 2020). Эмпирические матрицы встречаемости видов сравнивались по Z-критерию со случайно перемешанными нуль-матрицами и принималась альтернативные гипотезы о согласованной встречаемости видов (*coherence p ≈ 0* и образование компактных ассоциаций видов (*boundary clumping p = 0,000001*). В то же время не подтвердилась гипотеза о закономерной смене видов вдоль экологических градиентов (*turnover p = 0,37*), что характерно, когда так называемый видооборот, происходит под влиянием нескольких, в некотором смысле разнородленных внешних факторов.

Природу ведущего экологического градиента оценивали с использованием теста на выраженную ассоциации видов (Hennig, Hausdorf, 2004; Зинченко и др., 2020). Было построено четыре модели распределения таксонов по участкам рек. Простейшая неограниченная модель предполагала, что пространственной автокорреляции нет, а все биотопы одинаково пригодны для всех видов ($p = 0,143$). В моделях с ограничениями дополнительно задавалась определенная корреляционная структура в форме матрицы расстояний между отдельными участками по шкале анализируемого градиента. Так не подтвердилась гипотеза, что кластеризация видов основана на близости географических координат точек взятия проб ($p = 0,286$). С другой стороны, более вероятным оказалось образование повторяющихся ассоциаций видов в пределах одной реки ($p = 0,0495$) или на участках, принадлежащих к одной и той же градации солености ($p = 0,0594$).

Выполненные статистические тесты свидетельствуют о тесной связи между группами гидробионтов, обусловленной как биотическими взаимодействиями, так и взаимно согласованной реакцией на изменение факторов водной среды. Пространственная структура сообществ зоопланктона, макро- и мейобентоса хорошо иллюстрируется «тепловой картой» (heatmap) или картой кластерных отношений (рис. 1). Она представлена матрицей, строки и столбцы которой упорядочены в соответствии с одновременной иерархической классификацией станций наблюдения и сопряженной с ними видовой структурой.

Дендрограммы, добавленные слева и сверху, иллюстрируют состав сформированных кластеров, а интенсивность цвета элементов тела карты соответствует баллам обилия вида.

Динамику функционирования экосистем часто связывают с метафорой «экологического баланса» (Cuddington, 2001), предполагающей самоорганизацию природных компонентов в стремлении скомпенсировать влияние различных внешних возмущений. Сообщества постепенно достигают состояния устойчивого равновесия, для которого у отдельных популяций и всей экосистемы в целом характерна адаптация к условиям внешней среды, а в видовой структуре образу-

ются «временные ассоциации» с консорциативными связями. Это обстоятельство является доминирующим фактором формирования таксономического состава сообществ высокоминерализованных рек. На диаграмме (рис. 1) можно визуально выделить 9 характерных областей со специфическим видовым составом гидробионтов, непосредственно зависящим от уровня минерализации. В то же время пространственная структура сообществ имеет высокую мозаичность: области в пределах одного биотопа заняты «взаимопроникающими» таксоценами разных экологических групп, а границы таких областей перекрываются и находятся в состоянии флюктуирующего равновесия.

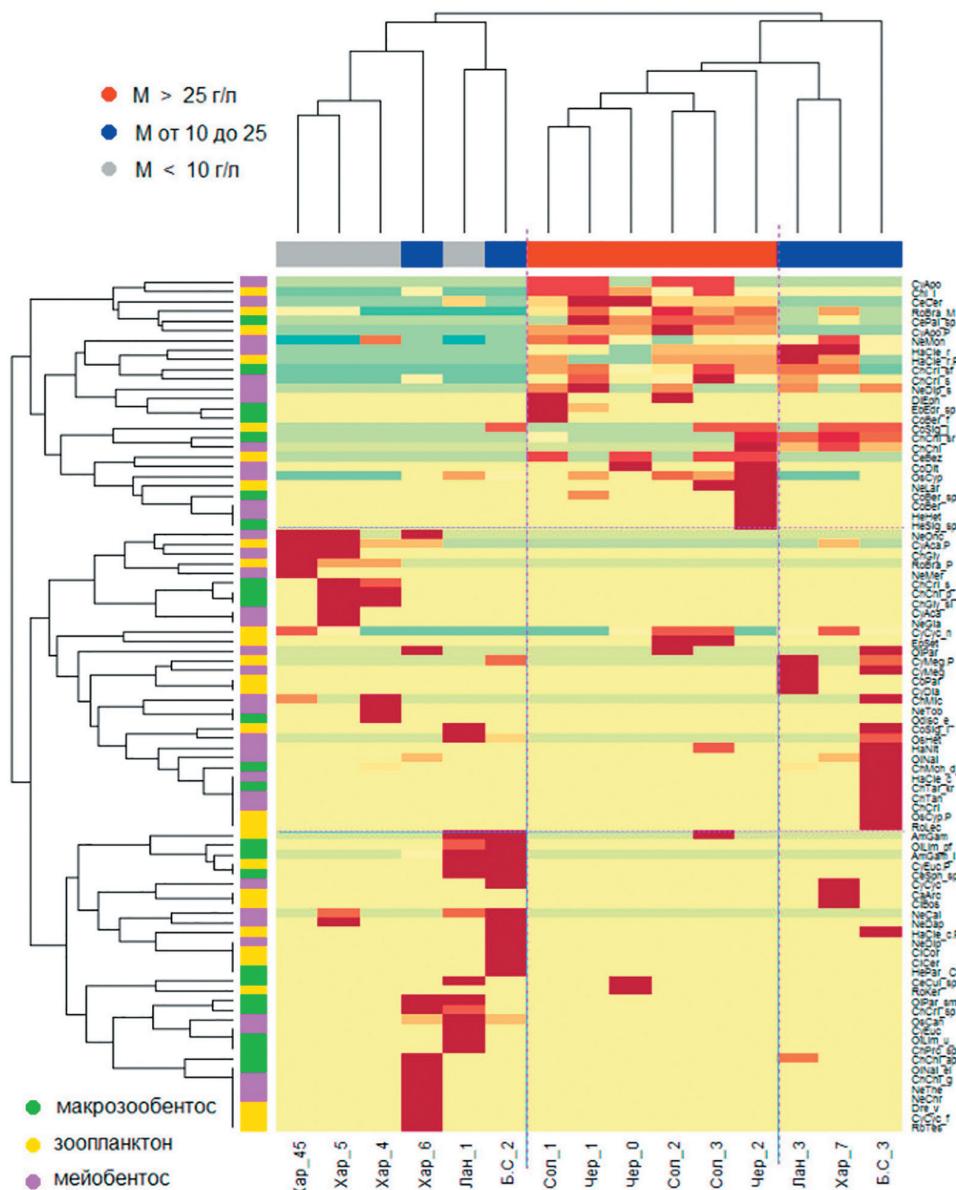


Рис. 1. «Тепловая» карта кластерных отношений между участками рек с различной минерализацией M (в столбцах) и таксономической структурой макрозообентоса, зоопланктона и мицобентоса (в строках).

Примечание: интенсивность окраски элементов матрицы соответствует относительной численности соответствующего вида по данным 2013 г. (Зинченко и др., 2019а)

Представляется важным рассмотреть, является ли стационарной установленная выше синхронность изменения видового состава, т.е. насколько меняются выделенные ассоциации групп видов в многолетнем аспекте. Для сравнения комплексов данных, полученных по результатам параллельных гидробиологических съемок в 2013 и 2018 гг., использовали симметричный анализ совместной инерции CIA (*Co-Inertia Analysis*), позволяющий выполнить «суперналожение» двух параллельно построенных ординационных диаграмм (Зинченко и др., 2019б). Конфигурация пар точек, соответствующих станциям отбора проб за два сопоставляемых периода, представлена на рис. 2 в латентных осях O_1 - O_2 , ориентированных в направлении максимальной инерции и объясняющих 59,6 % совместной многомерной статистической вариации.

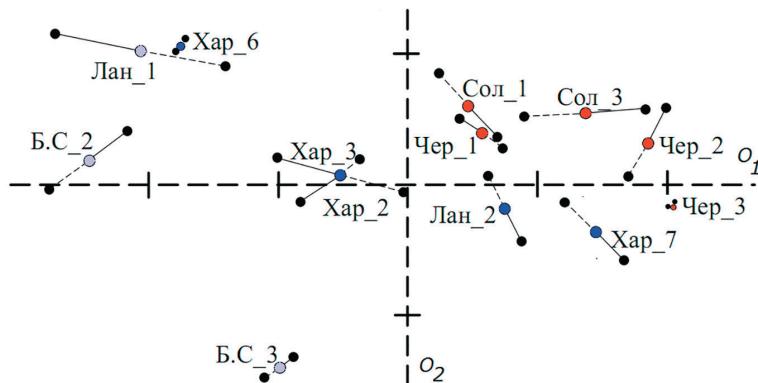


Рис. 2. Ординационная диаграмма прокрустова анализа для оценки многолетнего дрейфа координат участков рек

Примечание: на концах каждого отрезка показаны положения биотопов по наблюдениям 2013 г. и 2018 г. (связаны штриховой линией); в середине точка показывает усредненное (конценсусное) состояние видовой структуры (Зинченко и др., 2019б)

Прокрустов анализ, выполняемый на основе CIA, выявил высокую структурную согласованность двух сравниваемых периодов: коэффициент прокрустовой корреляции сопряженных таблиц $R_p = 0,94$, а нулевая гипотеза о случайном характере их сходства отклонилась на уровне значимости $p = 0,00026$. Заметим при этом, что при сохранении основных устойчивых закономерностей пространственного распределения видов, таксономический состав на отдельных станциях в той или иной степени менялся с течением времени – просто одну и ту же экологическую функцию начинают выполнять другие виды.

Анализ связей между гидробионтами планктона и донных сообществ

Выше отмечалось, что планктонные и донные сообщества в соленых водах хорошо коррелируют между собой, что свидетельствует о тесной связи между ними, обусловленной как характером питания и межвидовыми биотическими взаимодействиями, так и согласованной реакцией на изменение факторов водной среды. Для обоснования этого тезиса ставилась задача вычислить долю вариации сопряженных таксономических структур, обусловленную главным фактором (в частности, минерализацией воды), и оценить независимо внутренние корреляционные связи внутри и между отдельными блоками сообществ (Зинченко и др., 2019а).

Совместный статистический анализ табличных данных (табл. 1) трех гидробиологических съемок, описывающих пробы зоопланктона, макрообентоса

и мейобентоса, проводили с помощью обобщенного прокрустова анализа и канонической блочной ординации с регуляризацией, выполняющей проецирование данных в пространство оптимальных латентных переменных (Gower, 1975, Tenenhaus A., Tenenhaus M., 2011). На рис. 3 представлена обобщенная ординация всего анализируемого сообщества гидробионтов, а также прокрустовы расстояния от центроидов «консенсусной» конфигурации до отдельных блоков, соответствующих каждому из трех перечисленных сообществ.

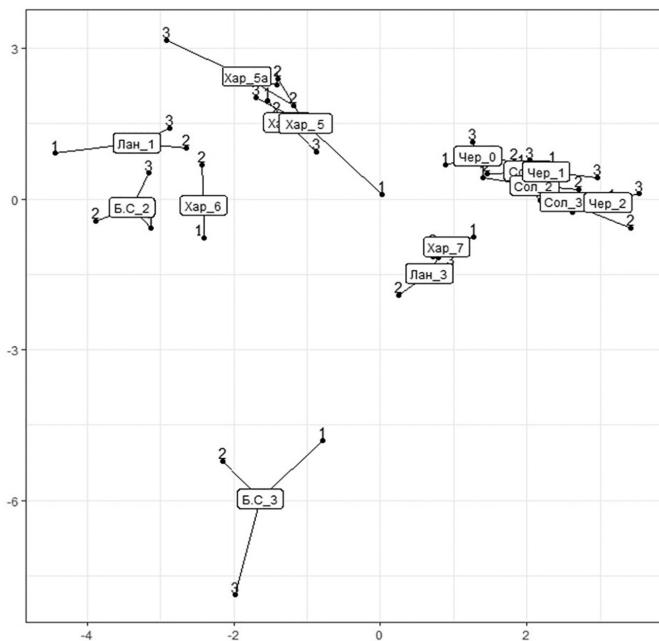


Рис. 3. Ординация участков рек на основе обобщения трех блоков данных гидробиологической съемки

Примечание: 1 – макрозообентос, 2 – зоопланктон, 3 – мейобентос; прямоугольниками отмечены координаты консенсусной конфигурации (Зинченко и др., 2019а)

В результате разложения общей дисперсии на внутри- и межблочную составляющие установлено, что объединенная (консенсусная) конфигурация, построенная в осях двух главных компонент, объясняет 53,7 % совокупной вариации всех трех таблиц. Высокая статистическая значимость ($p < 0,001$) доли объясненной межблочной дисперсии подтверждена с использованием рандомизационного теста. В то же время, каждая из частных ординаций объясняет только ~33 % внутриблоковой дисперсии, полученной за вычетом общей межблочной вариации, что связано с высокой специфичностью каждого вида и отсутствием сильных корреляций между ними.

Это свидетельствует о том, что общие закономерности формирования таксономической структуры в рамках всего мета-сообщества обладают существенно большей объясняющей силой, чем выводы, полученные только по отдельным группам гидробионтов. Относительно равномерное распределение остаточной дисперсии по группам показывает, что выполненное обобщение достаточно обосновано для всех частных ординаций. Найдена высокая корреляция (от 0,89 до 0,94) между главными компонентами каждого комплекса видов, т.е. оси максимальной вариации частных ординаций имеют приблизительно одинаковое направление в общем многомерном пространстве.

Другим эффективным методом анализа и визуализации корреляционных структур, характерных для экологических систем, является использование сетевых моделей. Устойчивые ассоциации таксонов планктонных и донных сообществ выделяли методом «графического лассо» (*graphical lasso* – Friedman et al, 2007), и полученный граф оптимизированной корреляционной сети представлен на рис. 4. Нетрудно заметить, что большинство выделенных статистически значимых корреляционных плеяд составляют виды, принадлежащие к разным группам гидробионтов.

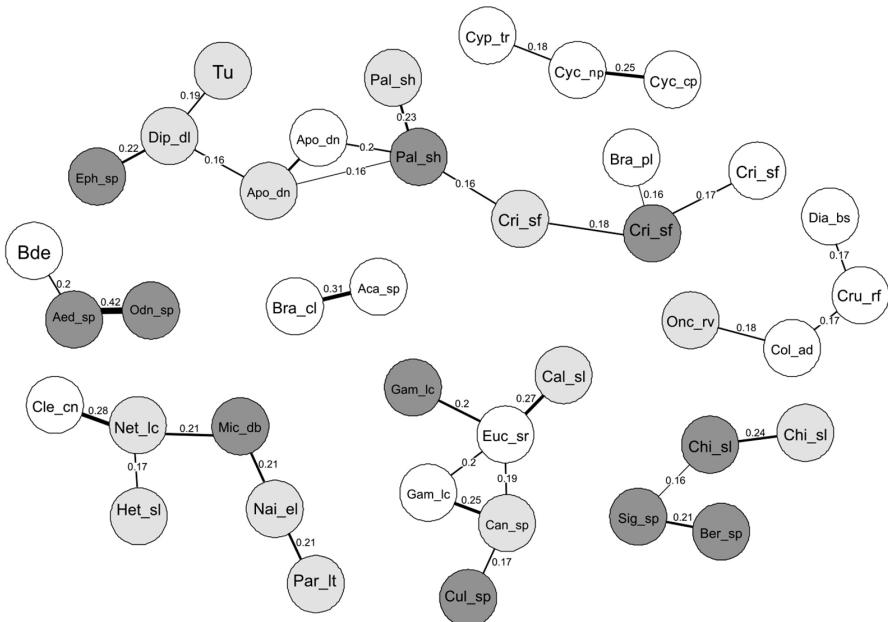


Рис. 4. Граф частной корреляционной сети межвидовых отношений между таксонами мета-сообществ гидробионтов в бассейне оз. Эльтон

Примечание: темно-серым цветом отмечены таксоны, выделенные в пробах макрообентоса, серым – мийобентоса и белым – зоопланктона (Зинченко и др., 2020)

Оценка индикаторной значимости видов гидробионтов

Для оценки тесноты статистической связи гидробионтов с экологическими градиентами и выделения подмножества видов, которые являются статистически значимыми индикаторами, использовали три основных подхода:

1. **Оценка индексов индикаторной значимости** (Зинченко и др., 2019а). Метод требует предварительной группировки биотопов по ведущему абиотическому фактору или их комбинации. Индикаторный индекс d_{jk} для проб из k -й группы биотопов, вычисляли как произведение относительной частоты на относительную среднюю численность j -го вида. Вид считался индикатором той группы, для которой d_{jk} принял максимальное значение $IndVal_j = \max[d_{jk}]$; причем $IndVal_j = 1$, если экземпляры вида j встречаются во всех пробах только одной k -й группы. В табл. 1 представлены вычисленные значения индекса $IndVal$ и соответствующие ему оценки статистической значимости p при разбиении всего множество участков рек на три группы по уровню солености, $k = \{1, 2, 3\}$.

2. **Оценка важности вида при использовании его в качестве переменной регрессионной модели** (Зинченко и др., 2020). Как и в предыдущем случае, выделялся ведущий экологический фактор (например, градация биотопов), после чего

Таблица 1

Состав видов и таксонов зоопланктона (ZP), мейобентоса (MB) и макроzoобентоса (ZB), характерных для различных групп станций, выделенных по величине минерализации (в г/л)

Сообщества	Вид	Код вида	Встречаемость, %	IndVal	p-значение
Группа 1: минерализация >25 г/л (обнаружено 33 вида)					
MB	<i>Cricotopus salinophilus</i>	ChCri_sf	100	0,666	0,008
ZP	<i>Brachionus plicatilis</i>	RoBra_M	100	0,663	0,003
ZP	<i>Apocyclops dengizicus</i>	CyApo	100	1,0	0,001
ZP, ZB	<i>Palpomyia</i> sp.	CePal_sp	83	0,794	0,007
ZB	<i>Chironomus salinarius</i>	ChChi	100	0,730	0,002
ZB	<i>Palpomyia schmidti</i>	CeCer	100	0,842	0,001
Группа 2: минерализация 10–25 г/л (обнаружено 59 видов)					
MB	<i>Nais elinguis</i>	OINai	60	0,6	0,031
ZP	<i>Megacyclops viridis</i> (juv.)	CyMeg	60	0,6	0,033
MB, ZB	<i>Cletocamptus confluens?</i>	HaCle_c	40	0,4	0,167
MB	<i>Megacyclops viridis</i>	CyMeg	40	0,4	0,145
ZB	<i>Microchironomus deribae</i>	ChMch_d	40	0,339	0,289
ZP	<i>Cyprinotus salinus</i>	OsCyp	20	0,2	0,596
ZP	<i>Lecane luna</i>	RoLec	20	0,2	0,633
MB	<i>Chironomus aprilinus</i>	ChChi_g	20	0,2	0,603
Группа 3: минерализация <10 г/л (обнаружено 35 видов)					
ZP, MB	<i>Brachionus calyciflorus</i>	RoBra_P	75	0,75	0,007
ZB	<i>Glyptotendipes salinus</i>	ChGly	50	0,5	0,049
ZP	<i>Acanthocyclops americanus</i>	CyAca	75	0,568	0,027
ZB	<i>Cricotopus gr. sylvestris</i>	ChCri	50	0,5	0,052
MB, ZB	<i>Glyptotendipes salinus</i>	ChGly_sl	50	0,05	0,056
ZB, MB	<i>Chironomus plumosus</i>	ChChi_p	50	0,5	0,064
MB	<i>Candona</i> spp.	OsCan	25	0,178	0,715
ZB	<i>Limnodrilus udekemianus</i>	OILim_u	25	0,253	0,251
MB	<i>Chironomus salinarius</i>	ChChi	50	0,5	0,058
MB	<i>Microchironomus deribae</i>	ChMic	50	0,326	0,277

Примечание. IndVal – индикаторный индекс Лежандра-Дюфрене; жирным шрифтом отмечены статистически значимые индикаторные виды при $\alpha = 0,05$.

выполнялась подгонка статистической модели прогнозирования значений этого фактора в зависимости от видового состава, исходя из оптимизации максимального правдоподобия. Для этого использовали высокоеффективные ансамбли моделей «случайного леса» (Random Forrest), состоящие из большого числа иерархических деревьев. С помощью алгоритма «Борута» (Boruta – Kursa, Rudnicki, 2010) вычисляли важность (*importance*) каждого вида по Z-критерию, который оценивал изменение общей ошибки прогнозирования при исключении этого вида из модели. Недостатком метода является стремление модели к минимальной сложности: т.е. из нескольких видов, имеющих идентичный характер связи с откликом, выбирается только один.

Было установлено, что из всего множества 142 обнаруженных видов только 13 таксонов имеют статистически значимую связь с фактором минерализации воды, тогда как нахождение прочих видов в любой точке изучаемой гидросистемы

формально является случайным и равновероятным. Заметим, что некоторые виды, такие как *Cricotopus salinophilus*, *Microchironomus deribae*, *Apocyclops dengizicus*, часто обнаруживаются одновременно в планктонных и бентосных пробах. Эти фито- и бактериофаги играют важную экологическую роль в обеих средах, что определяется спецификой распределения пищевых ресурсов в биотопах толщи воды и, например, в бактериальных матах и заилено-песчаных субстратах.

3. *Использование многомерного канонического анализа* (Зинченко и др., 2020). Прямая (*constrained*) ординация использовалась, чтобы оценить зависимость вариации видовой структуры сообщества, представленной матрицей **X**, от совокупности факторов внешних воздействий, определенной матрицей **Y**. Выполненный канонический анализ показал, что оптимальная ординационная модель основана на трех латентных компонентах, основанных на главных осях вариации данных и объясняющих 53,8 % многомерной дисперсии. Нагрузки на эти оси важнейших абиотических факторов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции абиотических факторов с осями главных компонент

Наименование факторов	Ось 1 28,67 %	Ось 2 14,28 %	Ось 3 10,8 %
Глубина водотока	-0,17	0,02	-0,43
pH	-0,27	0,48	0,29
Насыщение кислородом	0,40	0,34	0,15
Хлориды	0,42	-0,10	0,20
Сульфаты	-0,68	-0,18	-0,08
Кальций	0,43	-0,07	0,33
Магний	0,10	-0,08	0,48
Гидрокарбонат-ион	0,05	0,14	-0,59
Азот аммонийный	0,54	-0,03	0,05
Азот нитритный	0,44	-0,16	-0,03
Азот нитратный	0,35	-0,08	0,02
Железо общее	-0,22	-0,33	-0,15
Марганец	-0,22	-0,43	0,21
Хлорофилл <i>a</i>	-0,39	-0,32	0,39
Фосфат-ион	-0,20	0,21	-0,40

Примечание: жирным цветом показаны статистически значимые связи, для осей приведены доли объясненной дисперсии.

Ось главной компоненты 1 включает комплекс показателей, определяющих соленость воды: содержание хлорид-иона, кальция и всех трех форм азота (положительная корреляция +), а также концентрацию сульфат-иона (отрицательная корреляция -); ось 2 тесно связана с содержанием кислорода и pH (+), концентрацией марганца и железа (-), а компонента 3 объединяет содержание хлорофилла *a* и магния (+), а также фосфаты, гидрокарбонаты и глубину водотока (-).

Чтобы оценить, какие комплексы абиотических характеристик биотопов оказывают наибольшее влияние на численность отдельных видов, выполняли анализ корреляционной сети и выделение статистически значимых связей таксономической структуры **X** с тремя главными компонентами исходной матрицы **Y**. Соответствующий двудольный корреляционный граф представлен на рис. 5.

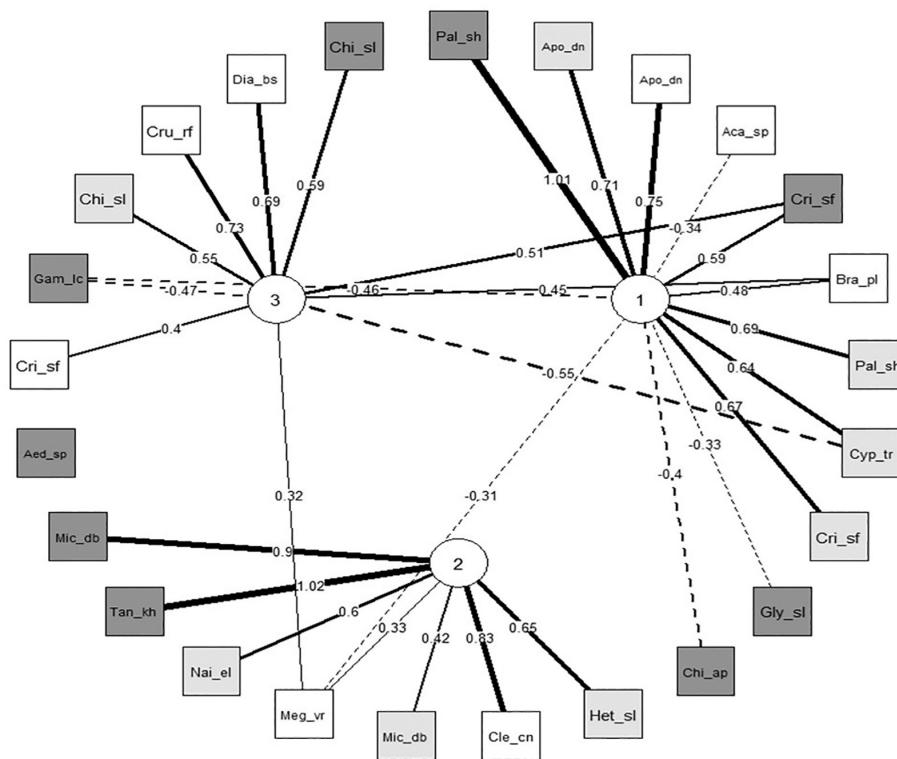


Рис. 5. Граф статистических связей обилия видов гидробионтов с тремя главными латентными переменными, обобщающими абиотические факторы.

Примечание: темно-серым цветом отмечены таксоны, выделенные в пробах макрообентоса, серым – мейобентоса и белым – зоопланктона (Зинченко и др., 2020)

Выполненные статистические оценки индикаторной значимости видов помогают сформулировать выводы о биотической приуроченности гидробионтов и их связи с факторами среды. Подтверждается общая закономерность для всех рек – снижение видового разнообразия зоопланктона, мейобентоса и макрообентоса в условиях гипергалинности и высокой продуктивности вод при сохранении высокой численности (Крылов, 2005, Гусаков, Гагарин, 2012; Зинченко и др., 2018). Выделены статистически значимые виды индикаторы гипергалинных условий ($> 25 \text{ г/л}$), в число которых вошли цератопогониды *Palpomyia schmidtii*, копеподы *Apocyclops dengizicus*, коловратки *Brachionus plicatilis* и др. Такие галофильные виды макрообентоса, как личинки двухкрылых *Cricotopus salinophilus*, *Chironomus aprilinus*, *Ch. salinarius*, *Microchironomus deribae*, *Palpomyia schmidtii* и др. характерны одновременно для сообществ зоопланктона и мейобентоса. При этом наибольшую устойчивость к критическим факторам среды в соленных реках проявляют цератопогониды и хирономиды.

Анализ планктонных сообществ показал, что большинство видов планктона фактически относятся к бентопланктону и связаны трофическими отношениями с субстратом. В исследованных реках эупланктонные виды составляли лишь 20 % фауны зоопланктона и были представлены копеподами и коловратками. Бентопланктон включал 45 % таксонов (в основном циклопоидные копеподы и гарпактииды), а на эвритопные формы (кладоцеры и коловратки *Brachionus plicatilis*) и меропланктон (личинки хирономид и клопы кориксиды) приходилось по 15 %. Отметим, что во всех реках таксоны *Harpacticoida* и *Ostracoda* преобладали в сборах

мейобентоса, что характеризует это сообщество как эумейобентос или бентопланктон. По обилию в зоопланктоне полигалинных рек доминировали эвритопные виды ($> 50\%$ общей численности), тогда как в мезогалинных реках преобладали виды бентопланктона или эупланктона (Лазарева, 2017).

Заключение

Таким образом, можно констатировать, что изученная экосистема рек Приэльтона характеризуется высокой степенью стохастичности природных и климатических изменений, обусловленной сгонно-нагонными явлениями соленой воды в системе «гипергалинное озеро–река», сезонными особенностями увлажнения и засоления акватории, нестабильностью состава подпитывающих грунтовых вод, зарастаемостью биотопов макрофитами и т.д. Анализ паттернов таксономической структуры мета-сообщества гидробионтов выявил в целом ее прерывистый и мозаичный характер (рис. 1), выразившийся в образовании статистически значимых кластеров взаимно согласованных видов, отсутствии континуальных закономерностей смены видов, эффекта иерархической вложенности и др.

С использованием статистических моделей размещения видов установлено, что неоднородность биотического разнообразия и формирование ассоциаций разнородных по систематике таксонов обусловлены, в первую очередь, характеристиками биотопов и уровнем минерализации водной среды. Эти закономерности носят отчетливо стационарный характер: при сравнении двух матриц по результатам гидробиологической съемки в 2013 и 2018 гг. отмечается их высокая структурная согласованность, выраженная в тесной сопряженности латентных осей, построенных в направлении максимальной вариации данных и относительной близостью координат участков станций (рис. 2). В то же время, под воздействием флуктуаций параметров внешней среды в каждый момент времени достигается один из многих возможных вариантов устойчивых равновесий сообществ: таксономический состав изменяется, но сохраняются относительно устойчивые ассоциации с консорциативными связями, в которых одну и ту же экологическую функцию могут выполнять различные виды.

Показано, что для высокоминерализованных систем аридных регионов четкое разделение жизненных форм планкtonных и донных сообществ не очевидно. В частности, отмечен переход бентосных животных к планкtonному образу жизни и наоборот, что приводит к высокой доле смешанных экологических группировок. С использованием блочной ординации и прокрустова анализа установлено, что совокупная (консенсусная) многомерная структура, объединяющая все жизненные формы и отражающая общие закономерности функционирования экосистемы, в существенно большей мере объясняет вариацию эмпирических данных, чем частные ординации (рис. 3). Такая тесная взаимосвязь планкtonных и донных видов и целостность их ассоциаций обусловлены согласованной реакцией на изменения факторов водной среды и поддерживается за счет биотических отношений популяций фито- и бактериофагов.

Основную часть таксономического богатства составляют эврибионтные виды, закономерно распределенные по экологическому градиенту и адаптированные к обитанию в минерализованных водах аридных территорий. С использованием различных статистических методов оценивались корреляционные связи отдельных видов сообществ соленых рек с условиями водной среды и рассчитывалась их индикаторная значимость по отношению к ведущим абиотическим факторам. Выделен

таксоценоз истинно галофильных видов, тесно коррелированных с уровнем минерализации воды (табл. 1). В то же время, с использованием многомерного анализа было показано (рис. 5), что важными экологическими факторами ресурсной обеспеченности высокоэвтрофной гидроэкосистемы являются ионный состав воды, содержание биогенных компонентов, растворенного кислорода, pH, хлорофилла *a*. Выделены группы видов, обладающих различным (повышенным или пониженным) уровнем толерантности к различным абиотическим воздействиям.

Благодарности

Авторы благодарят В.И. Лазареву, В.А. Гусакова (Институт биологии внутренних вод им И.Д. Папанина, ИБВВ РАН), Головатюк Л.В. (Самарский ФНЦ РАН, Институт экологии Волжского бассейна РАН) за участие в совместных исследованиях и таксономическую идентификацию гидробионтов. Работа выполнена по теме НИР «Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации» и при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 17-04-00135.

Литература

- Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. 2013.** Продукционная гидробиология. СПб.: Наука. 342 с.
- Балушкина Е.В., Голубков С.М., Голубков М.С., Литвинчук Л.Ф., Шадрин Н.В. 2009.** Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма // Журнал общей биологии. Т. 70. № 6. С. 504–514.
- Гусаков В.А., Гагарин В.Г. 2012.** Состав и структура макрообентоса высокоминерализованных притоков озера Эльтон // Аридные экосистемы. Т. 18. № 4 (53). С. 45–54.
- Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2010.** Биоразнообразие и структура сообществ макрообентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтоны) // Аридные экосистемы. Т. 16. № 3 (43). С. 25–33.
- Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Головатюк Л.В., Гусаков В.А., Лазарева В.И. 2018.** Планктонные и донные сообщества в соленых реках бассейна оз. Эльтон: статистический анализ зависимостей // Аридные экосистемы. Т. 24. № 3 (76). С. 89–96.
- Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Головатюк Л.В., Гусаков В.А., Лазарева В.И. 2019а.** Анализ связей между сообществами гидробионтов в соленых реках с использованием многомерной блочной ординации // Биология внутренних вод. № 4. Вып. 2. С. 82–89.
- Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Шитиков В.К., Абросимова Э.В. 2019б.** Многомерный статистический анализ структуры планктонных и донных сообществ минерализованных рек бассейна оз. Эльтон // Поволжский экологический журнал. № 4. С. 407–418.
- Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В. 2020.** Анализ структуры мета-сообществ планктонных и донных организмов в реках бассейна оз. Эльтон // Аридные экосистемы. Т. 26. № 4 (85). Р. 149–155.
- Крылов А.В. 2005.** Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука. 263 с.
- Лазарева В.И. 2017.** Топическая и трофическая структура летнего зоопланктона соленых рек бассейна оз. Эльтон // Аридные экосистемы. Т. 23. № 1 (70). С. 72–82.
- Лазарева В.И., Гусаков В.А., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2013.** Зоопланктон соленых рек аридной зоны юга России (бассейн оз. Эльтон) // Зоологический журнал. Т. 92. № 8. С. 882–892.
- Розенберг Г.С. 2013.** Введение в теоретическую экологию (в 2-х т.). Тольятти: Кассандра. Т. 1. 556 с. Т. 2. 445 с.
- Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. 2020.** Mark Vellend. The Theory of Ecological Communities. Princeton; Oxford: Princeton University Press. 2016. 229 p. – Велленд М. Теория экологических сообществ. Принстон; Оксфорд: Изд-во Принстонского Университета, 2016. 229 С. // Журнал общей биологии. Т. 81. № 5. С. 394–400.
- Шадрин Н.В. Ануфриева Е.В. 2018.** Экосистемы гиперсоленых водоемов: структура и трофические связи // Журнал общей биологии. Т. 79. № 6. С. 418–428.

- Шитиков В.К., Зинченко Т.Д.** 2019. Многомерный статистический анализ экологических сообществ (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. № 1. С. 5–11.
- Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.** 2021. Модели совместного распределения видов на примере донных сообществ малых рек Волжского бассейна // Журнал общей биологии. Т. 82, № 2. С. 143–154.
- Cuddington K.** 2001. The “balance of nature” metaphor and equilibrium in population ecology // Biology and Philosophy. V. 16 (4). P. 463–479.
- Friedman J., Hastie T., Tibshirani R.** 2007. Sparse inverse covariance estimation with the graphical lasso // Biostatistics. V. 9. P. 432–441.
- Gower J.C.** 1975. Generalized procrustes analysis // Psychometrika. V. 40. P. 33–51. Hennig C., Hausdorf B. 2004. Distance-based parametric bootstrap tests for clustering of species ranges. // Computational Statistics & Data Analysis. V. 45. P. 875–895.
- Kursa M., Rudnicki W.** 2010. Feature Selection with the Boruta Package // Journal of Statistical Software. V. 36 (11). P. 2–12.
- Leibold M.A., Mikkelsen G.M.** 2002. Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure // Oikos. V. 97. P. 237–250.
- Norberg A., Abrego N., Blanchet F.G., Adler F.R., Anderson B.J. et al.** 2019. A comprehensive evaluation of predictive performance of 33 species distribution models at species and community levels // Ecological Monographs. V. 89. № 3. P. e01370.
- Ovaskainen O., Abrego N.** 2020. Species Distribution Modelling: With Applications in R. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 370 p.
- Tenenhaus A., Tenenhaus M.** 2011. Regularized generalized canonical correlation analysis // Psychometrika. V. 76. P. 257–284.
- Zinchenko T.D., Gladyshev M.I., Makhutova O.N., Sushchik N.N., Kalachova G.S., Golovatyuk L.V.** 2014. Saline rivers provide arid landscapes with a considerable amount of biochemically valuable production of chironomid (Diptera) larvae // Hydrobiologia. V. 722. P. 115–128.
- Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V., Popchenko T.V.** 2017. Macrozoobenthos in Saline Rivers in the Lake Elton Basin: Spatial and Temporal Dynamics // Inland Water Biology. V. 10, N 4. P. 384–398.
- Zurell D., Thuiller W., Pagel J., Cabral J.S., Münkemüller T. et al.** 2016. Benchmarking novel approaches for modelling species range dynamics // Global Change Biology. V. 22. N 8. P. 2651–2664.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.10>
<https://elibrary.ru/kdmoaq>

ПИТАНИЕ РЫБ ОЗЕРА БЛАГОДАТНОЕ (О-В ИТУРУП, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

В.С. Лабай¹, Д.С. Заварзин¹, Э.Р. Ившина¹, А.В. Литвиненко²

¹Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ул. Комсомольская, 196, г. Южно-Сахалинск, 693023, Россия. E-mail: v.labaj@yandex.ru

²Сахалинский государственный университет, пр. Коммунистический, 33, г. Южно-Сахалинск, 693000. E-mail: vesna271@rambler.ru

По данным ихтиологических сборов в июне–августе 2001 г. из оз. Благодатное (о-в Итуруп, Курильские острова) описано питание массовых видов рыб: молоди кеты *Oncorhynchus keta*, японской малоротой корюшки *Hypomesus nipponensis*, колюшек рода *Pungitius*, трехглой японской колюшки *Gasterosteus nipponicus*, южной мальмы *Salvelinus malma curilus*, кунджи *S. leucomtaenias*, сахалинского подкаменщика *Cottus amblystomopsis*, пресноводного дальневосточного бычка *Gymnogobius urotaenia* и короткоперого трехзубого бычка *Tridentiger brevispinis*.

Основу уловов по численности и биомассе по осредненным данным в прибрежной зоне озера слагали молодь кеты, девятиглые и японская трехглазая колюшки. Типичным представителем мелководья в озере является японская малоротая корюшка, постоянно отмечавшаяся в прибрежье.

По типу питания выделяются четыре экологических группировки рыб. Первая включает покатников кеты, которые по экологическому спектру питания наиболее отделены от прочих видов. Основу питания кеты составляют вневодные насекомые, потребляемые с поверхности воды – 85 %. Наибольшее конкурентное давление на молодь лососей оказывали южная мальма и японская малоротая корюшка, 11 и 10 % питания которых, соответственно, также составляли вневодные насекомые (включая имаго амфибиотических насекомых). Ко второй относится японская малоротая корюшка, являющаяся планкто-бентофагом. Основу экологического спектра питания у этого вида формировали зоопланктон (43 %) и зообентос (30 %). Значимый вклад характеризовал также икру рыб (17 %). Третья группировка включает трехглазых колюшек, основу питания которых формирует икра рыб (59 %) и зообентос (34 %). Все остальные виды рыб входят в единую группировку преимущественных бентофагов. Вклад представителей зообентоса в экологический спектр питания этих рыб варьировался от 57,4 % (пресноводный дальневосточный бычок) до 100 % (короткоперый трехзубый бычок).

FEEDING OF THE FISH OF BLAGODATNOE LAKE (ITURUP Island, KURILE ISLANDS) IN SUMMER

V.S. Labay¹, D.S. Zavarzin¹, E.R. Ivshina¹, A.V. Litvimenko²

¹Sakhalin branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO), 196 Komsomolskaja St., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia. E-mail: v.labaj@yandex.ru

²Sakhalin state university, 33 Kommunisticheskij Avenue, Yuzhno-Sakhalinsk 693000. E-mail: vesna271@rambler.ru

The feeding of mass fish species is described according to the data of ichthyological samples in June-August 2001 from Blagodatnoye Lake (Iturup Island, Kuril Islands):

whitebaits of *Oncorhynchus keta*, *Hypomesus nipponensis*, *Pungitius* spp., *Gasterosteus nipponicus*, *Salvelinus malma curilus*, *S. leucomaenis*, *Cottus amblystomopsis*, *Gymnogobius urotaenia* and *Tridentiger brevispinis*.

Whitebaits of *Oncorhynchus keta*, *Pungitius* spp. and *Gasterosteus nipponicus* formed the basis of catches in terms of abundance and biomass in the coastal zone of the lake. *Hypomesus nipponensis* is typical of shallow lake waters and has been constantly observed in the coastal area.

Four ecological groups of fish are distinguished by the type of food. The first group includes whitebaits of *Oncorhynchus keta* only, which are the most separated from other species in terms of the ecological spectrum of feeding. The basis of the diet of whitebaits of chum salmon (85 %) is non-aquatic insects consumed from the surface of the water. *Salvelinus malma curilus* and *Hypomesus nipponensis* exerted the greatest competitive pressure on juvenile salmon, 11 and 10 % of their diet also consisted of extra-aquatic insects, respectively. *Hypomesus nipponensis* is a plankto-benthophage and belongs to the second group. The basis of the ecological food spectrum of this species was formed by zooplankton (43 %) and zoobenthos (30 %). A significant contribution was also characterized by fish eggs (17 %). The third group includes the Japanese three-spined sticklebacks, the main food of which is fish eggs (59 %) and zoobenthos (34 %). All other fish species are included in a single group of predominant benthophages. The contribution of zoobenthos in the ecological spectrum of nutrition of these fish varied from 57.4 % in *Gymnogobius urotaenia* to 100 % in *Tridentiger brevispinis*.

Введение

В озерных экосистемах рыбы олицетворяют верхние уровни трофической пирамиды, замыкая на себя конечные звенья пищевых цепей.

Питание рыб лагунных озер южных Курильских островов изучено довольно слабо, наиболее изученным близким по гидрологическим показателям озером региона является оз. Тунайча на о-ве Сахалин (Водная биота..., 2016). Малочисленность данных о биологии туводных и проходных рыб озер южных Курил, несмотря на имеющиеся описания ихтиофауны (Takayasu et al, 1955; Pietsch at el, 2001, 2003; Шедько, 2002; Сидоров, Пичугин, 2005; Пичугин и др., 2006; Рыбы..., 2012), не позволяет судить о кормовых и экологических связях, моделировать экосистемы озер. Если экосистемы озер о-ва Сахалин активно изучаются, по результатам этих исследований вышло несколько монографий (Лабай и др., 2010, 2014; Водная биота..., 2016), то исследования экосистем озер Курильских островов находятся в зачаточном состоянии.

В июне–августе 2021 г. на оз. Благодатное о-ва Итуруп сотрудниками СахНИРО, СахГУ и ООО «Континент» были проведены комплексные гидрологические и ихтиологические исследования. Результаты этих исследований положены в основу данной работы.

Материалы и методы

Исследования были проведены на оз. Благодатное о-в Итуруп (в районе МО «Курильский городской округ») с июня по август 2021 г. В ходе работ отбирались пробы ихтиофауны, параллельно ихтиологическим сборам производились гидрологические измерения (температуры, солености воды, концентрации растворенного кислорода, pH). Сбор материала по молоди тихоокеанских лососей и оценке фоновых показателей ихтиофауны проводился в озерном прибрежье (рис. 1). За период работ с 05.06.2021 по 15.08.2021 было выполнено пять выездов с целью проведения ихтиологических обловов. Всего было выполнено 23 заметы.

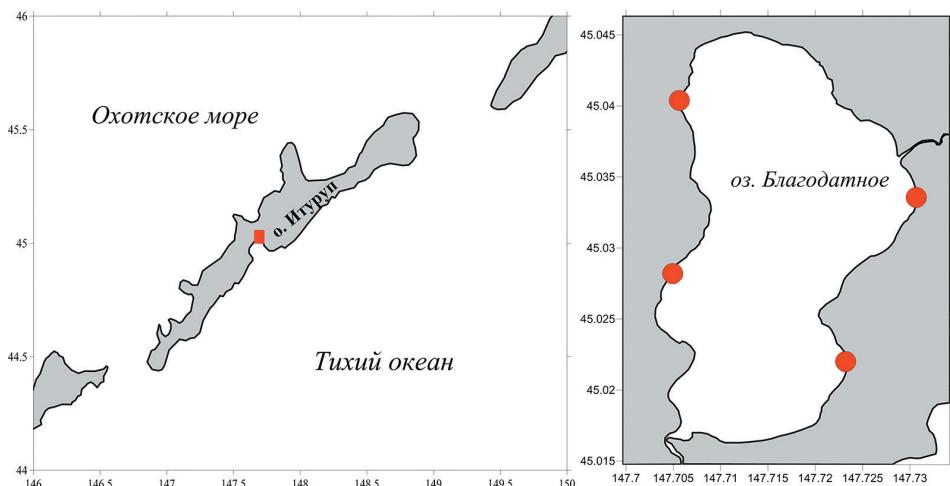


Рис. 1. Карта-схема района исследований, кружками обозначены станции отбора ихтиологических проб

В качестве орудия лова применяли малый (мальковый) закидной невод длиной 12 м, с ваерами 30 м, высотой стенки 5 м, ячеей 5×5 мм, и мальковую волокушу длиной 10 м, с ячеей в крыльях 5×5 мм, в кутце – 3×3 мм. Невод заводился с моторной лодки, затем за береговые концы притонялся к берегу. Длина концов выбиралась с учетом берегового рельефа, характера дна и возможности облова максимальной площади.

В каждом улове рыб разбирали по видам, определяя количество и общий вес рыб каждого вида.

Молодь лососей фиксировали на месте спиртовым раствором. Пробы снабжались этикеткой, с указанием номера станции, орудия лова, даты и времени облова для последующей камеральной обработки. Видовая идентификация молоди осуществлялась по внешним признакам и количеству жаберных тычинок. Биологический анализ выполняли в лабораторном помещении после хранения в холодильном отделении. В ходе анализа измеряли длину рыб до конца чешуйного покрова (AD) и по Смитту (AC), определяли массу тела, затем у каждой особи извлекали пищеварительные тракты, которые фиксировались спиртом для дальнейшего анализа питания. Биологический анализ крупных экземпляров прочих видов рыб выполняли в полевых условиях на свежем материале, сборы мелких рыб и молоди фиксировали 10 % раствором формалина. Согласно принятым методикам ихтиологических исследований (Правдин, 1966) в ходе полного биологического анализа с отбором регистрирующих возраст структур измеряли длину рыб до конца чешуйного покрова (AD) и по Смитту (AC), их массу (общую и без внутренностей), визуально определяли пол и стадии развития гонад и степень наполнения желудка в баллах. При неполном биологическом анализе измеряли длину и общую массу рыб с определением пола. Пищеварительные тракты фиксировались спиртом с индивидуальными этикетками для дальнейшего анализа питания.

Всего биологическому анализу было подвергнуто 1861 экземпляров молоди кеты и 2679 экземпляра прочих видов (табл. 1). Отбор проб на питание рыб производился по всем четырем станциям.

Расчет относительной численности (N , экз./ m^2) и биомассы рыб каждого вида (B , г/ m^2) проводили с учетом облавливаемой площади. Коэффициент уловистости закидных неводов приняли равным 0,5 (Правдин, 1966; Трещев, 1983).

Таблица 1

Объем обработанного ихтиологического материала

Вид	Проанализировано, экз.
<i>Salvelinus malma</i>	18
<i>Salvelinus leucomaenoides</i>	7
Молодь лососевых (<i>Oncorhynchus keta</i>)	1861
<i>Oncorhynchus masou</i>	1
<i>Hypomesus nippensis</i>	539
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	711
<i>Pungitius sp.</i>	1262
<i>Tribolodon brandtii</i>	1
Прочие виды рыб	140
Всего	4540

Изучение проб содержимого пищеварительных трактов рыб проводилось по принятым в российской науке методикам (Методическое пособие..., 1974). Содержимое пищеварительного тракта после отмачивания в пресной воде перекладывалось в кювету или чашку Петри. Организмы одного вида выделяли, подсчитывали, обсушивали на фильтровальной бумаге и взвешивали, либо вес определяли по известным соотношениям «длина–масса» (Численко, 1968). Виды определяли под бинокуляром, при необходимости организмы препарировали и изготавливали временные глицериновые препараты. Для каждого вида с помощью окуляр-микрометра или миллиметровой бумаги определяли его среднюю длину. Взвешивание проводили на электронных весах с точностью до 0,1 миллиграмма.

Данные о количестве обработанных желудков различных видов рыб показаны в таблице 2.

Таблица 2

Объем обработанного материала по питанию рыб

Дата	6.06	19.06	26.06	15.07	15.08
<i>Oncorhynchus keta</i> (молодь)	17	15	18	17	—
<i>Hypomesus nippensis</i>	12	12	10	12	—
<i>Pungitius spp.</i>	12	12	10	12	—
<i>Gasterosteus nipponicus</i>	12	10	10	12	—
<i>Salvelinus leucomaenoides</i>	4	3	—	—	—
<i>Salvelinus malma curilis</i>	2	12	1	—	—
<i>Cottus amblystomopsis</i>	—	6	—	5	18
<i>Gymnogobius urotaenia</i>	—	—	—	—	39
<i>Tridentiger brevispinis</i>	—	—	—	—	9

При описании количественных данных применялись следующие параметры: численность (*N*); биомасса (*B*); относительная биомасса (*B, %*); индекс наполнения желудка (*ИНЖ*); частота встречаемости (*ЧВ*), коэффициент относительности (*KO*), равный произведению *ИНЖ* на *ЧВ*, средний энергетический эквивалент рациона (*СЭЭР*).

Для расчета суточного рациона использовалась методика, разработанная Чучукало и Напазаковым (1999): $C_n = F_n * t_n$, где: $F_n = 1 / \int_0^{t_n} f_F(t) dt$ – средняя по времени скорость потребления корма; $Dx = 16W^{0.18}y_m^{0.6}\tau$ – время переваривания 90 % пищи;

$y_m = m_p/W$, где m_p – начальная масса пищи, W – масса рыбы; $\tau = 10^{0.035(q-q_0)}$ – температурная поправка.

Кластеризация исходной матрицы экологических спектров питания проводилась по евклидовой дистанции методом невзвешенного парно-группового среднего (Duran, Odell, 1974) в программе STATISTICA 8.0.

Результаты и обсуждения

Краткая характеристика района исследований. Оз. Благодатное расположено близ тихоокеанского побережья в средней части о-ва Итуруп, возле зал. Касатка. Наиболее крупным бассейновым водотоком является р. Корсунь. Из озера вытекает р. Благодатная, впадающая в зал. Касатка Тихого океана. Площадь озера составляет 4 км², длина – 3 км, ширина – 2 км. Водосборная площадь равна 75,6 км² (Государственный водный кадастр..., 1964; Южные Курильские острова..., 1992). Глубина озера достигает 15,7 м. Озеро имеет корытообразную форму с крутым и узким подводным склоном и обширной выположенной профундалю.

По нашим данным, берега озера с северной и восточной сторон сложены галечниками, с западной и южной сторон выражены песчаные косы, близ истока р. Благодатная наблюдаются илистые отложения. Грунт дна на мелководье представлен галькой, гравием и песком. Подводные склоны глинистые, часто с примесью песка. Профундаль выстлана илистыми песками.

В период исследований озеро отличалось двухслойной структурой. Верхний слой был олигогалинно-пресноводным, его соленость варьировалась по станциям от 0 до 1,1 psu. Нижний слой в пределах изобат 2–10,4 м был солоноватым, его соленость варьировалась в пределах 3,3–6,3 psu (в среднем – 5,1 psu). Температура поверхностного слоя воды 5–6 июня изменялась по станциям от 12,8 до 16,1 °C. Концентрация растворенного кислорода составляла 12,0–13,4 мг/л в слое воды 0–2 м, 4,7–5,8 мг/л в слое 2–7 м и 3,26–3,9 мг/л – в придонном слое профундации. Верхний слой воды отличался нормальным pH воды, который составлял 5,73–7,75 вод. ед., глубже 2 м окислительно-восстановительный потенциал варьировался от нормального до слегка щелочного в пределах 7,3–9,1 вод. ед.

Температура воды возрастала с 13,5–13,8°C в первой–второй декадах июня до 22,2 °C в конце июля. На протяжении августа температура воды снизилась до 18,3 °C к середине месяца.

В озере расположены нерестилища кеты (озерная форма). Площадь нерестилищ кеты составляет 33,0 тыс. м² (письмо Сахалинского филиала ФГБУ «Главрыбвод» № 20-2141 от 03.06.2019 г.). Основные нерестовые стации кеты расположены в северо-восточной, юго-восточной и северо-западной частях озера. Кутовые участки озера (северный и южный) нерестилищ не имеют. Нерестилища сосредоточены в прибрежной полосе шириной от 10 до 40 м (в среднем 20 м), на глубинах 0,3–1,5 м. Места нереста производителей приурочены к местам выхода грунтовых вод.

Видовой состав, численность и биомасса рыб в уловах. В оз. Благодатное в июне–августе 2021 г. в уловах на глубинах до 1–1,5 м отмечено 12 видов рыб из 6 семейств. Наибольшим числом видов были представлены семейство лососевых Salmonidae (4 вида: *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792), *O. masou* (Brevoort, 1856), *Salvelinus leucomaenoides* (Pallas, 1814), *S. malma curilis* (Pallas, 1814)) и семейство колюшковые (3 вида: *Gasterosteus nipponicus* Higuchi, Sakai & Goto, 2014, *Pungitius pungitius* (Linnaeus, 1758), *P. sinensis* (Guichenot, 1869)), все другие семейства

насчитывали 1–2 вида: семейство Cyprinidae (*Tribolodon brandtii* (Dybowski, 1872)), семейство Osmeridae (*Hypomesus nipponensis* (McAllister, 1963)), семейство Cottidae (*Cottus amblystomopsis* (Schmidt, 1904)), семейство Gobiidae (*Gymnogobius urotaenia* (Hilgendorf, 1879), *Tridentiger brevispinis* (Katsuyama, Arai & Nakamura, 1972)). Типичными для района работ были японская малоротая корюшка, японская трехиглая и девятииглые колюшки, которые присутствовали во всех этапах исследований. Кета (представлена только молодью) в уловах присутствовала в июне–июле. Минимальное число видов (6) было отмечено 15 августа, максимальное (8–9) – в начале (06.06) и середине (19.06) июня.

Наибольшей частотой встречаемости (свыше 80 %) отличались японская трехиглая и девятииглые колюшки, японская малоротая корюшка и кета. Данные виды встречались на всех станциях с июня по август, за исключением кеты, которая отсутствовала в уловах в августе. Наименьшей частотой встречаемости (25–50 %) в целом отличались бычки (представители семейств керчаковые Cottidae и бычковые Gobiidae). Мелкочешуйная красноперка и сима отмечены только в начале июня.

Основу уловов по численности (86,6 %) и биомассе (63,8 %) по осредненным данным формировали молодь кеты, девятииглые и японская трехиглая колюшки (рис. 2). Максимальная плотность скоплений кеты наблюдалась в середине – конце июня, и по данным уловов волокуши составляла 0,533 экз./м² (0,429 г/м²) 19 июня

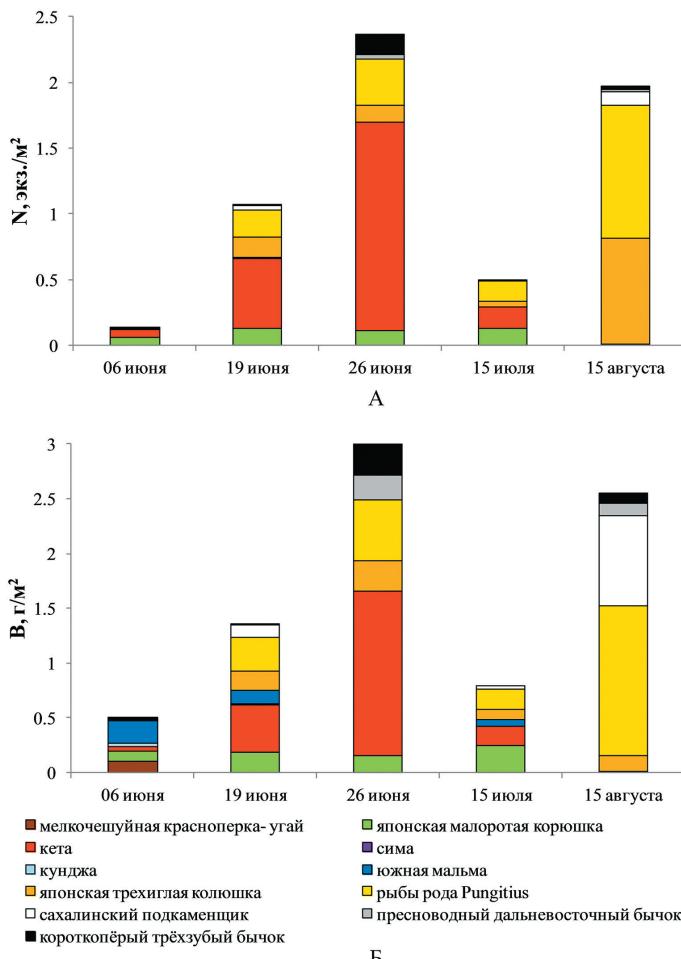


Рис. 2. Динамика численности и биомассы рыб в прибрежье оз. Благодатное в июне – августе 2021 г.

и 1,585 экз./м² (1,500 г/м²) в конце июня. Доля кеты по численности увеличивалась от 45 % в начале июня до 67 % к концу июня, снизилась до 31 % в середине июля и полностью исчезла из уловов в прибрежной мелководной зоне к середине августа по причине покатной миграции. Среди колюшек по численности и биомассе лидировали колюшки рода *Pungitius*, плотность их скоплений составляла в среднем 0,29 экз./м² (0,41 г/м²). Максимальная численность и биомасса (1,01 экз./м², 1,37 г/м², соответственно) отмечены в августе. На третьем месте по численности была японская трехглазая колюшка (в среднем 0,19 экз./м²), также образующая плотные скопления в августе. Типичным представителем мелководья в озере является японская малоротая корюшка. Максимальная доля в уловах этой рыбы зафиксирована в начале июня (46 % по численности, 19 % по биомассе), а максимальные по плотности скопления – 19 июня и 15 июля при варьировании в пределах 0,125–0,127 экз./м².

Среди донных и придонных видов рыб по численности и биомассе доминировал сахалинский подкаменщик (в среднем, 0,03 экз./м², 0,16 г/м²), однако встречался он в массе только в июле–августе. Наиболее распространённым бычком в озере является пресноводный дальневосточный бычок, встречавшийся постоянно, хотя в среднем количественные показатели плотности этой рыбы относительно невелики – 0,01 экз./м² и 0,06 г/м². Прочие виды рыб встречались спорадически.

Питание рыб.

Молодь кеты *O. keta*. В оз. Благодатное кета встречалась во всех уловах кроме августа, преобладая по численности над другими видами. В июне–июле кета в уловах была представлена исключительно молодью длиной от 3 до 6,6 см (в среднем – 4,6 см), массой тела от 0,33 до 2,26 г (в среднем – 0,7 г). Основу выборки составили рыбы длиной от 3,5 до 5 см (84,4 %) и массой до 1,2 г (91,4 %).

В начале июня средние размеры покатников кеты составляли 4,1 см, вес – 0,523 г. Пищевой комок включал три формы кормовых объектов. Доминировали в составе комка вневодные насекомые, в основном мухи-береговушки. Рацион составлял 37,9 мг/жел., 41,74 кал/жел. или 2,770 кал/жел. без учета вневодных организмов. Во второй декаде июня средние размеры покатников кеты составили 5,4 см, вес – 1,061 г. Пищевой комок состоял из девяти форм кормовых объектов, доминировали вневодные несекомые (мухи-береговушки); к характерным видам первого порядка относились куколки хирономид и вневодные насекомые (в основном перепончатокрылые). Рацион составлял 53,79 мг/жел., 43,97 кал/жел. или 16,438 кал/жел. без вневодных организмов. В конце июня–начале июля средние размеры покатников кеты составляли 4,8 см, вес – 0,989 г. Пищевой комок состоял из трех форм кормовых объектов, доминировали вневодные двукрылые насекомые. Рацион составлял 142,11 мг/жел., 156,53 кал/жел. или 4,480 кал/жел. без вневодных организмов (рис. 3А).

Как показал анализ литературы (Жуйкова, 1981; Рыбы..., 2012), среди поедаемых молодью кеты в реках о-ва Итуруп кормовых организмов преобладающими были личинки и куколки хирономид, гаммариды, планктонные ракообразные и ручейники. В озерах значительное место в ее питании также занимали бокоплавы, но, в отличие от покатников в реках, в ее желудках преобладали личинки и имаго насекомых.

Японская малоротая корюшка *H. nipponensis* была отмечена в уловах в течение всего периода работ. В уловах встречались рыбы длиной от 5,2 до 9,5 см (в среднем – 7,0 см) и массой от 0,7 до 3,6 г (в среднем – 1,6 г). Доминирующей группой по длине были рыбы с длиной 6,5–7,7 см (87,1 %) и массой 1,0–1,8 г (70,7 %). В начале

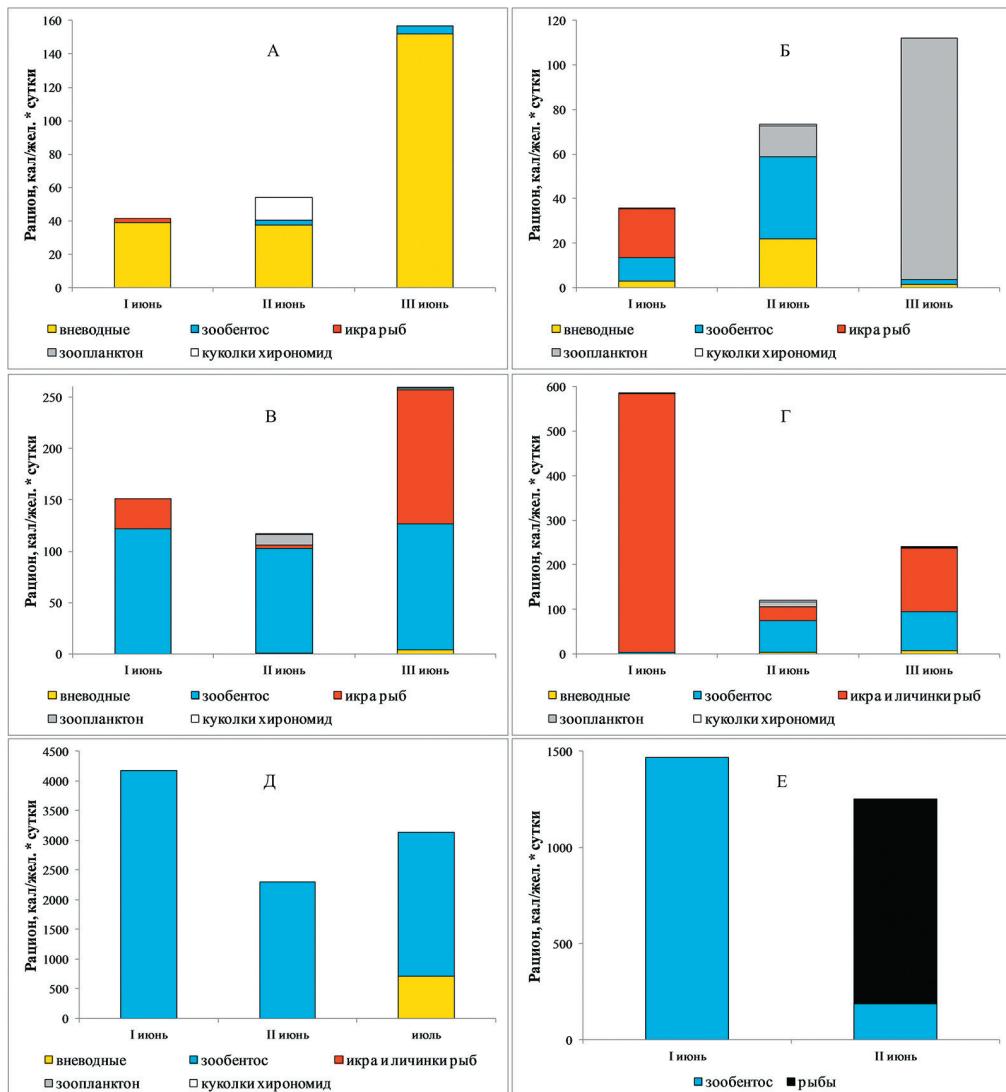


Рис. 3. Изменчивость рациона рыб: А – молодь кеты, Б – японская малоротая корюшка, В – девятииглые колюшки, Г – японская трехглазая колюшка, Д – южная мальма, Е – кунджа; здесь и далее группа вневодные организмы включает имаго амфибиотических насекомых

и середине июня в уловах попадались небольшое количество нерестящихся и отнерестившихся рыб, но основу выборки представляли рыбы II стадии зрелости. В конце июня доминировали рыбы с гонадами II стадии зрелости и в июле большинство рыб перешли на III стадию зрелости. В течение периода работ в основном попадались отнерестившиеся рыбы.

В начале июня средняя длина рыб составляла 6,8 см, а масса – 1,45 г. В питании преобладала икра рыб, составляя 50,5 % общей биомассы комка, доля зоопланктона без ихтиопланктона – всего 0,1 %, вневодных организмов (мух-береговушек) – 7,0 %, зообентоса – 42,4 %. Доминировала икра самих корюшек. В группу характерных видов первого порядка входили бентические гарпактикоиды и личинки хирономид. Средний рацион составлял 39,3 мг/жел., 35,37 кал/жел. или 32,367 кал/жел. без учета вневодных организмов и ихтиопланктона. Во второй декаде июня средняя длина рыб составляла 7,3 см, масса – 1,65 г. Преобладал в питании зообентос,

составляя 46,4 % общей биомассы комка, доля зоопланктона – 29,5 %, вневодных организмов – 23,2 %, нейстонных куколок хирономид – 0,9 %. Доминанты выражены не были, в группу характерных видов первого порядка входили планктонные ветвистоусые раки рода *Bosmina*, коловратки *Euchlanis dilatata*, бокоплавы, имаго вневодных насекомых и изоподы *Gnorimosphaeroma kuriense*. Средний рацион составлял 85,5 мг/жел., СЭЭР – 73,23 кал/жел. или 51,327 кал/жел. без вневодных организмов. В конце июня–начале июля средняя длина рыб составляла 6,7 см, масса – 1,89 г. Преобладал в составе пищевого комка зоопланктон (97,7 % общей *B*), 1,7 % приходился на зообентос, 0,6 % – на вневодных беспозвоночных. Доминировали кладоцеры рода *Bosmina*, при субдоминанте планктонных копепод *Eurytemora* гр. *affinis*, и кладоцер *Chydorus sphaericus*. Средний рацион составлял 205,9 мг/жел., СЭЭР – 112,09 кал/жел. или 110,966 кал/жел. без вневодных организмов (рис. 3Б).

По литературным данным, японская малоротая корюшка считается планктофагом, хотя в ее желудках также отмечались личинки амфибиотических насекомых, нектобентические ракообразные, икра и личинки рыб (Атлас..., 2002; Shirashi, 1961). В оз. Тунайча отмечена сезонная смена типов питания от бентофагии (придонные ракообразные) весной к планкто-бентофагии (планктонные копеподы и эпифитонные хирономиды) летом и некто-бентофагии (мизиды) осенью (Роготнев и др., 2005).

Девятииглые колюшки, представленные в озере двумя видами – *P. pungitius* и *P. sinensis*, были отмечены на акватории в течение всего периода наблюдений. В летние месяцы встречались *Pungitius* spp. длиной 1,9–8 см (в среднем – 5,3 см) и массой от 0,2 до 3,9 г (в среднем – 1,4 г). В выборке доминировали две размерные группы: 1,5–3,5 (21,2 %) и 5–6,5 см (67,6 %). Также присутствовало бимодальное распределение по массе тела, однако доминировали рыбы массой 1–2 г (66,4 %). Неполовозрелые особи длиной менее 4 см обловлены были только в августе, встречались на всех учетных станциях. В начале исследований, 6 июня, доминировали рыбы IV–V стадий зрелости, в середине и конце июня имелись нерестующие рыбы, но преобладали особи с гонадами III стадии зрелости. В остальные периоды съемки преобладали рыбы на II стадии зрелости.

В пробах первой декады июня средняя длина рыб составляла 5,9 см, масса – 1,63 г. В питании преобладал зообентос, составляя в сумме среднем более 86 % массы пищевого комка, организмы зоопланктона и вневодные насекомые в питании отсутствовали. Доминировали мелкие двустворчатые моллюски и личинки хирономид. К характерным видам первого порядка относились икра корюшки, клешненосные ослики *Sinelobus stanfordi* и изоподы *Gn. kuriense*. Рацион составлял 194,9 мг/жел., 151,07 кал/жел. или 121,986 кал/жел. без учета ихтиопланктона и икры рыб. Во второй декаде июня средняя длина рыб составляла 5,8 см, масса – 1,64 г. Преобладал зообентос (79,9 % общей *B*), доля зоопланктона составляла 17,1 %, гипонейстона (куколок хирономид) 0,2 %. Доминировали личинки хирономид, к характерным компонентам первого порядка относились бокоплавы, копеподы *Eurytemora* гр. *affinis* и мелкие бентические двустворочки. Средний рацион равен 138,3 мг/жел., СЭЭР – 116,26 кал/жел. или 111,983 кал/жел. без вневодных организмов, ихтиопланктона и икры рыб. В конце июня средняя длина рыб составляла 6,2 см, масса – 1,97 г. Доминировали в составе пищевого комка амфиподы, при субдоминанте икры японской трехиглой колюшки и изопод *Gn. kuriense*. В целом, организмы бентоса формировали 49,8 % биомассы комка, икра японской трехиглой колюшки – 47,2 %, на компоненты зоопланктона и вневодных беспозвоночных пришлось по 1,5 % биомассы. Средний рацион – 248,9 мг/жел.,

СЭЭР – 256,69 кал/жел. или 122,604 кал/жел. без вневодных организмов и ихтиопланктона (рис. 3В).

Японская трехиглая колюшка *G. nipponicus* отмечалась в пробах в течение всего периода исследований. Средняя длина промеренных рыб в летний период составила 4,9 см, масса тела – 1,6 г. В целом, в выборке отмечались две преобладающие размерные группы длиной 1,5–3 и 4–7,5 см. По массе тела доминировали рыбы с весом до 2,0 г, доля которых составила около 81,0 %. Мелкоразмерные ювенильные особи длиной менее 3,0 см (средняя длина – 2,2 см, масса – 0,11 г, N = 80) появились в уловах только в августе, и встречались повсеместно в пределах обследованной акватории. Среди проанализированных рыб в начале и в середине июня попадались особи с гонадами IV–V и V стадий, с конца июня преобладали рыбы на II и III стадии зрелости, а с июля – уже отнерестившиеся рыбы.

В первой декаде июня средняя длина рыб составляла 6,1 см, масса – 2,58 г. В питании доминировали мальки рыб (по-видимому, самой колюшки), к характерным видам первого порядка относились икра тех же колюшек – по сути, трехиглая колюшка являлась хищниками-каннибалами. Доля остальных компонентов была малозначимой – на зоопланктон приходилось всего 0,003 %, на вневодные организмы – 0,1 % (мухи-береговушки), 0,03 % (имаго хирономид) и 0,7 % – на зообентос. Рацион равен 503,8 мг/жел., 584,06 кал/жел. или 3,372 кал/жел. без учета рыб, вневодных организмов и ихтиопланктона. Во второй декаде июня средняя длина рыб составляла 5,9 см, масса – 2,28 г. Питание рыб было гораздо более разнообразным, чем в первой декаде, и представлено организмами из четырех экологических групп. Преобладал в питании зообентос (58,4 % общей В), доля зоопланктона – 13,8 %, вневодных беспозвоночных (мух-береговушек) – 2,7 %, икры рыб – 21,5 %. Доминанты выражены не были, к субдоминантам относились планкто-бентические коловратки *E. dilatata*, изоподы *Gn. kurilese*, личинки хирономид, икра самих колюшек и копеподы *Eurytemora* гр. *affinis*. Рацион составлял 132,8 мг/жел., 120,34 кал/жел. или 84,822 кал/жел. без учета вневодных организмов и ихтиопланктона. В конце июня–начале июля средняя длина рыб составляла 6,1 см, масса – 2,29 г. Питание представлено организмами из четырех экологических групп. Преобладала в питании икра рыб (57,5 % общей В), доля зоопланктона – 0,9 %, вневодных – 2,9 %, зообентоса – 38,2 %, гипонейстона – 0,5 %. Доминировали в составе комка амфиподы и икра самих колюшек, в группу субдоминант входили имаго вневодных насекомых, личинки хирономид и улитки. Рацион составлял 223,58 мг/жел., 239,27 кал/жел. или 89,83 кал/жел. без вневодных организмов и ихтиопланктона (рис. 3Г).

В гидрологически схожем оз. Тунайча (южный Сахалин) трехиглая колюшка питается кормовыми объектами подходящих размеров практически всех доступных жизненных форм: бентосом, планктоном, нейстоном и нектоном. В период нереста этого вида основу питания, как и в оз. Благодатное, формирует икра собственного вида и бентос, а в конце лета – водные и вневодные стадии развития хирономид (Водная биота..., 2016; Роготнев и др., 2005).

Южная мальма *S. malma curilus*. В оз. Благодатное в прибрежной зоне длина проанализированных особей из уловов 6 и 19 июня и 15 июля варьировалась от 16,2 до 43,5 см (в среднем – 16,8 см), масса тела – от 13,7 до 520 г (в среднем – 67,2 г). В первой декаде июня длина рыб (2 экземпляра) составляла 21,0–22,2 см (21,6 см), а масса – 92,0–121,4 г (106,7 г). В питании отмечены только представители зообентоса. Доминировали бокоплавы *Eogammarus barbatus* и личинки ручейников *Goera* indet. (совместно, 97,9 % В корма и 37,7 % ИНЖ). Средний рацион составлял 4,223 г/жел., 4,0 % от массы рыбы, 4177 кал/жел. Во второй

декаде июня длина рыб составляла 11,3–21,0 см (15,2 см), масса – 13,7–64,6 г (33,5 г). В питании отмечены только представители зообентоса. Как и в начале июня, доминировали амфиподы *E. barbatus* и ручейники *Goera* indet. (совместно, 93,0 % *B* и 107,7 % _{ooo} ИНЖ). Значимый вклад характеризовал изопод *Gn. kurilense* (4,3 % от общей *B* и 5,5 % _{ooo} ИНЖ). Средний рацион составлял 2,408 г/жел., 7,4 % от массы рыбы, СЭЭР – 2300 кал/жел. В середине июля обработан только один желудок, длина рыбы составила 14,8 см, масса – 33,1 г. Преобладал в составе пищевого комка зообентос (68,4 % общей *B*), 31,6 % приходилось на вневодных беспозвоночных. Доминировали бокоплавы *E. barbatus* и вневодные насекомые – комары (совместно, 100 % *B* корма и 117,2 % _{ooo} ИНЖ). Средний рацион составлял 3,423 г/жел., 10,3 % от массы рыбы, 3138 кал/жел. (рис. 3Д).

Кунджа *S. leucostomaenis* отмечалась в уловах в первой и второй декадах июня. В выборке присутствовали рыбы длиной от 12,8 до 16,2 см и весом 16,2–43,5 г, в среднем – 14,1 см и 24,8 г, соответственно. В уловах в начале и середине июня кунджа была представлена особями с гонадами на II стадии зрелости. На первом этапе собраны и обработаны желудки четырех рыб с длиной 13–16,2 см (14,5 см) и массой 22,1–43,5 г (28,7 г). В питании отмечены представители зообентоса (98,8 % *B* кормовых организмов) и детрит (1,2 %). Доминировали личинки комаров-долгоножек *Tipula* indet. и олигохеты *Eiseniella tetraedra* (совместно, 69,5 % биомассы корма и 99,8 % _{ooo} ИНЖ). Средний рацион составлял 2,047 г/жел., 6,6 % от массы рыбы, 2153 кал/жел. В трех желудках были отмечены только речные гидробионты зоны ритрали. Эта группа рыб питалась в бассейновом водотоке и не использовала в качестве корма озерных гидробионтов. Рыбы этой группы были длиной 13–16,2 см (15,0 см) и массой 23,5–43,5 г (30,9 г). В питании отмечены представители речного зообентоса (98,6 % *B*) и детрит (1,4 %). Доминировали личинки комаров-долгоножек *Tipula* indet. и олигохеты *E. tetraedra* (совместно, 79,6 % *B* и 133,0 % _{ooo} ИНЖ). Значимый вклад характеризовал ручейников *Stenopsyche marmorata* и неидентифицированные пупарии ручейников (совместно, 14,4 % от общей *B* и 24,4 % _{ooo} ИНЖ). Средний рацион составлял 2,045 г/жел., 5,9 % от массы рыбы, 2227 кал/жел. Вторая (озерная) группировка была представлена единственной рыбой длиной 13,2 см и массой 22,1 г. Все четыре вида гидробионтов, обнаруженных в желудке, относятся к зообентосу. Доминировали изоподы *Gn. kurilense* и гастropоды *Lymnaea* indet. (совместно, 91,1 % *B* корма и 122,9 % _{ooo} ИНЖ). Значимый вклад характеризовал неидентифицированные пупарии ручейников (8,4 % от общей *B* и 11,3 % _{ooo} ИНЖ). Средний рацион составлял 2,057 г/жел., 9,3 % от массы рыбы, 1466 кал/жел. На втором этапе обработаны три желудка. Рыбы имели длину 12,8–14,7 см (13,5 см) и массу 16,2–25,6 г (19,6 г). Один желудок был пустым. В оставшихся двух отмечены рыбы (80,8 % от общей *B*) и зообентоса (19,2 %). Доминировали мальки кеты *On. keta* (80,8 % *B* корма и 69,97 % _{ooo} ИНЖ). Значимый вклад характеризовал амфипод *E. barbatus* и изопод *Gn. kurilense* (18,2 % от общей *B* и 15,76 % _{ooo} ИНЖ). Средний рацион составлял 1,039 г/жел., 6,1 % от массы рыбы, 1254 кал/жел. (рис. 3Е).

В оз. Тунайча кунджа является облигатным хищником. Весной и летом основу питания кунджи составляет малоротая корюшка, покатники горбуши и кеты, реже – трехглазая колюшка. Сельдь встречается единично. Кроме рыбы, весной и летом единично в желудках кунджи встречены также личинки хирономид, ракообразные, моллюски и креветки, а осенью – икра лососей. Беспозвоночные встречаются в питании как у покатной молоди с длиной тела 16,0–18,0 см, так и у взрослых особей длиной до 39,0 см (Водная биота.., 2016).

Сахалинский подкаменщик *C. amblystomopsis* отмечен в уловах во второй декаде июня, в июле и в августе. Питание данного вида достаточно однообразно, включает ограниченный набор гидробионтов, обязательным компонентом доминант во все периоды являются амфиоподы *E. barbatus*. В июне обработаны желудки шести рыб (два – пустые) длиной 5,1–8,2 см (6,15 см) и массой 1,76–7,16 г (3,36 г). В желудках встречено всего два гидробиона, относящихся к зообентосу, бокоплавы *E. barbatus* и куколки хирономид *Chironomus dorsalis*, формирующие совместно средний рацион в 0,221 г/жел., 8,03 % от массы рыбы, 185 кал/жел. В июле обработаны желудки пяти рыб (пустых нет) длиной 5,2–6,0 см (5,58 см) и массой 2,03–2,94 г (2,42 г). В желудках встречено всего два гидробиона, относящихся к зообентосу, личинки ручейников рода *Goera* и бокоплавы *E. barbatus*, формирующие совместно средний рацион в 0,317 г/жел., 13,07 % от массы рыбы, 302 кал/жел. В августе обработаны желудки 18 рыб (четыре – пустые) длиной 7,0–10,7 см (9,1 см) и массой 3,27–13,8 г (8,26 г). В желудках встречено всего пять видов гидробионтов, относящихся к нектону (53,7 % от общей биомассы) и зообентосу (46,3 %). Доминировали бокоплавы *E. barbatus* (46,0 % от общей *B*, 29,8 % ИНЖ). Значимы в питании мальки девятииглых колюшек и неидентифицированные (сильно переваренные) рыбы, которые совместно формировали 50,2 % общей *B*, 27,3 % ИНЖ. Средний рацион оценивается в 0,646 г/жел., 7,86 % от массы рыбы, 715 кал/жел. (рис. 4А).

Пресноводный дальневосточный бычок *G. urotaenia* отмечен в уловах во все периоды съемок, кроме 26 июня. Длина проанализированных рыб варьировалась от 4,6 до 12,2 см (в среднем – 7,9 см), масса тела колебалась от 1,26 до 38,31 г (в среднем – 8,3 г). В середине июня попадались рыбы с III стадией зрелости, а ближе к концу месяца стали попадаться особи с гонадами на II, II–III и IV стадиях зрелости. В августе было видно, что большинство рыб уже отнерестилось, так как доминировали рыбы на II стадии зрелости. Пробы на питание были собраны только в августе. Обработаны желудки 39 рыб (9 – пустые) длиной 5,3–10,0 см (7,68 см) и массой 2,41–16,6 г (7,89 г). В желудках встречено восемь видов гидробионтов, относящихся к нектону (42,5 % от общей *B*), зообентосу (57,4 %) и фитобентосу (0,1 %). Доминировали амфиоподы *E. barbatus* (55,9 % от общей *B*, 35,7 % ИНЖ). Значимы в питании трехиглые колюшки и мальки девятииглых колюшек, которые совместно формировали 42,5 % общей *B*, 30,3 % ИНЖ. Средний рацион оценивается в 0,651 г/жел., 8,4 % от массы рыбы, 707 кал/жел. (рис. 4Б).

В оз. Тунайча этот вид также является бентофагом-хищником со схожим спектром питания (Роготнев и др., 2005).

Короткоперый трехзубый бычок *Tr. brevispinis* отмечен в уловах в конце июня и в августе. Пробы на питание были собраны только в августе. Обработаны желудки 9 рыб (два – пустые) длиной 4,4–6,0 см (5,36 см) и массой 2,39–6,42 г (4,63 г). В желудках встречено всего три вида гидробионтов, относящихся к зообентосу. Доминировали бокоплавы *E. barbatus* (84,0 % от общей *B*, 49,2 % ИНЖ). Значимы в питании личинки ручейников рода *Goera*, которые совместно формировали ещё 15,8 % общей *B*, 16,0 % ИНЖ. Средний рацион оценивается в 0,403 г/жел., 8,9 % от массы рыбы, 409 кал/жел. (рис. 4В).

Сравнение осредненных по периодам экологических спектров питания рыб показано на рисунке 5. Дендрограмма сходства экологических спектров питания рыб приведена на рисунке 6. Выделяется четыре кластера. Первый включает покатников кеты, которые по экологическому спектру питания наиболее отделены от прочих видов. Основу питания кеты (85 %) составляют вневодные насекомые, потребляемые

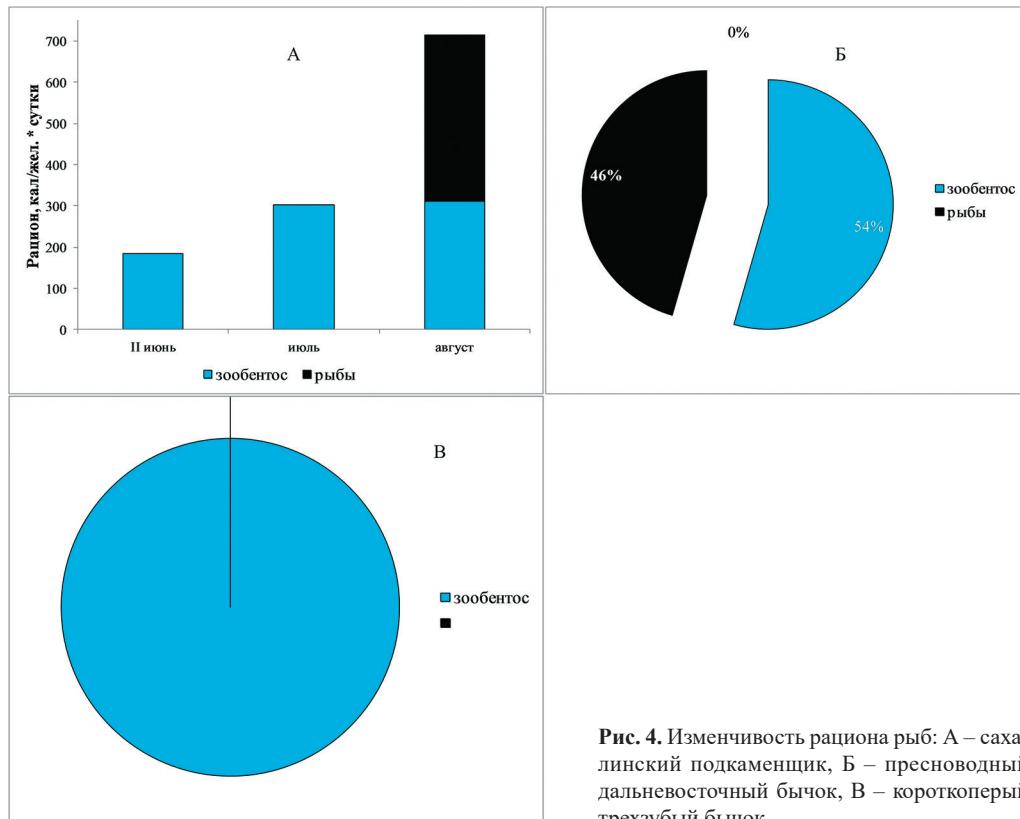


Рис. 4. Изменчивость рациона рыб: А – сахалинский подкаменищик, Б – пресноводный дальневосточный бычок, В – короткоперый трехзубый бычок

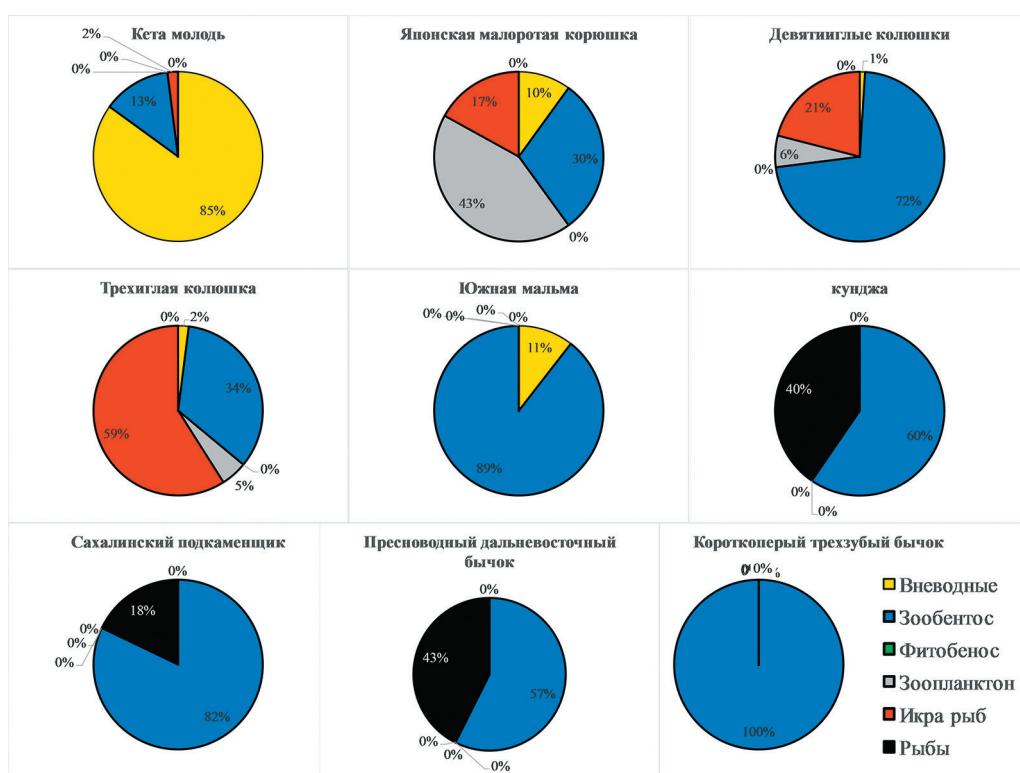


Рис. 5. Соотношение биомассы экологических групп организмов в питании рыб оз. Благодатное

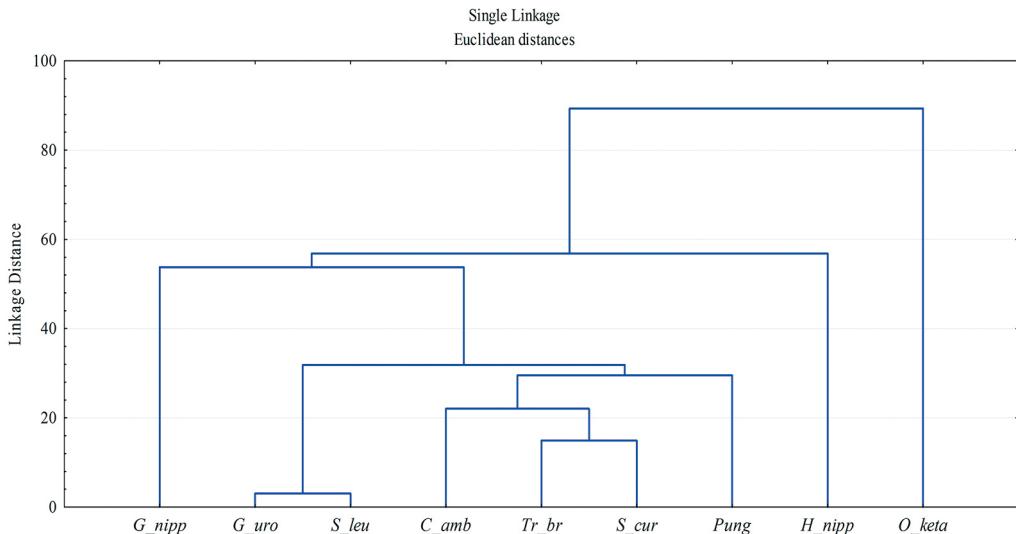


Рис. 6. Дендрограмма сходства экологических спектров питания рыб оз. Благодатное: *O_keta* – покатники кеты, *H_nipp* – японская малоротая корюшка, *Pung* – девятиглые колюшки, *G_nipp* – японская трехиглая колюшка, *S_cur* – южная мальма, *S_leu* – кунджа, *C_amb* – сахалинский подкаменщик, *G_uro* – пресноводный дальневосточный бычок, *Tr_br* – короткоперый трехзубый бычок

с поверхности воды. Наибольшее конкурентное давление на молодь лососей оказывали южная мальма и японская малоротая корюшка, 11 и 10 % питания которых, соответственно, также составляли вневодные насекомые (рис. 5).

Второй кластер формировалася японская малоротая корюшка, являющаяся планкто-бентофагом. Основу экологического спектра питания у этого вида формировали зоопланктон (43 %) и зообентос (30 %). Значимый вклад характеризовал также икра рыб (17 %).

Третий кластер включает трехиглых колюшек, основу питания которых формирует икра рыб (59 %) и зообентос (34 %).

Все остальные виды рыб входят в единый кластер преимущественных бентофагов. Вклад представителей зообентоса в экологический спектр питания этих рыб варьировался от 57,4 % (пресноводный дальневосточный бычок) до 100 % (короткоперый трехзубый бычок). Внутри этого кластера на уровне сходства около 70 % разделяются два выдела. Выдел бентофагов-хищников формируют кунджа и пресноводный дальневосточный бычок, доля хищного питания которых составляет 40,4 и 42,5 %, соответственно. Реальная конкуренция между этими двумя видами ниже, т.к. основу «рыбного» питания у кунджи составляют покатники кеты, а у пресноводного дальневосточного бычка – различные виды колюшек. Выдел бентофагов образуют четыре вида – девятиглые колюшки, южная мальма, сахалинский подкаменщик и короткоперый трехзубый бычок. Среди этих видов массовая доля зообентоса составляет 72,0–100 %, однако, наиболее значимые второстепенные группы у всех разные. У девятиглых колюшек 21 % составляет икра рыб, у южной мальмы на долю вневодных насекомых приходится 11 %, а у сахалинского подкаменщика 18 % пищи составляют рыбы.

Вклад различных видов рыб в эlimинацию органического вещества, производимого экосистемой оз. Благодатное в летний период показан в таблице 3. Наиболее потребляемым компонентом водной биоты в прибрежье озера является зообентос. В целом на питание рыб-бентофагов (трехзубый бычок, преимущественно – южная

Таблица 3

**Соотношение совокупных рационов рыб в экосистеме оз. Благодатное
на глубине 0–3 м с июня по август, включительно, (92 дня)**

Вид	С, кал/м ² * 92 дня					
	Бентос	Вневодные организмы	Зоопланктон	Ихтио-планктон	Куколки хирономид	Рыбы
Южная мальма	399	43.8	0	0	0	0
Кунджа	5.5	0	0	0	0	10.7
Сахалинский подкаменщик	1186	0	0	0	0	1315
Пресноводный дальневосточный бычок	1812	0	0	0	0	1516
Трехзубый бычок	533	0	0	0	0	0
Девятииглая колюшка	4409	138	4010	471	46	0
Японская трехиглая колюшка	527	40	21	737	11	0
Японская малоротая корюшка	67	39	749	13.2	1	0
Кета	107	3398	0.075	1,5	73	0
Всего	9046	3659	4780	1223	131	2842

мальма, частично – кунджа, сахалинский подкаменщик, пресноводный дальневосточный бычок, девятииглые колюшки, японская трехиглая колюшка, японская малоротая корюшка, молодь кеты) переходит 9046 кал/м² продукции макрозообентоса. Основным поедаемым элементом являются ракообразные (амфиоподы и изоподы) при значительной доле потребления хирономид и мелких моллюсков.

Значительную роль в питании рыб играет зоопланктон (без икры и мальков рыб). На питание планктофагов (преимущественно девятииглые колюшки, японская малоротая корюшка, в меньшей степени – трехиглая колюшка и молодь кеты) переходит 4780 кал/м². Рыбами потребляются практически все виды беспозвоночных, формирующие состав зоопланктона, от крупных коловраток до раккового планктона.

Количество вневодных насекомых, опускающихся на водную поверхность озера в течение суток нам неизвестно, но они играют важную роль в питании ряда видов рыб (молодь кеты, частично – южная мальма, девятииглая и трехиглая колюшки, японская малоротая корюшка). На питание этих рыб за 92 дня переходит 3659 кал с 1 м² водной поверхности или 16,9 % всего потребляемого рыбами органического вещества. Куколки хирономид входят в особую экологическую группу – нейстон (обитают у поверхностной пленки воды). Они также активно потреблялись рыбами-планктофагами (девятииглая и трехиглая колюшки, японская малоротая корюшка, молодь кеты). Вклад куколок хирономид в совокупный рацион всех рыб оз. Благодатное составлял 131 кал/м² или 0,60 %.

Ихтиопланктоном (икра и личинки рыб) активно питались рыбы-планктофаги – девятииглая и трехиглая колюшки, японская малоротая корюшка, молодь кеты. Этими рыбами извлекалось в сумме 1223 кал/м² или 5,64 % всего потребляемого рыбами органического вещества.

Факультативными хищниками, использующими в пищу рыб (не планктонные стадии развития), в озере являются кунджа, сахалинский подкаменщик и пресноводный дальневосточный бычок. Ими совместно поедаются жертвы с совокупной калорийностью 2842 кал/м² или 13,1 % всего потребляемого рыбами органического вещества.

Интегрально, на питание рыб в течение лета с 1 м² прибрежной акватории озера переходит 21,68 ккал органического вещества.

Таким образом, в питании рыб в основном задействованы планктонные и донные цепи. На третьем месте находится потребление внеvodной органики (вневодные насекомые) и хищничество.

В гидрологически схожем оз. Тунайча (южный Сахалин) основу прибрежной ихтиофауны формировали мелкочешуйная *T. brandtii* и крупночешуйная *T. hakonensis* (Günther, 1877) красноперки, японская *H. nipponeensis* и обыкновенная *H. olidus* (Pallas, 1814) малоротые корюшки, кунджа *S. leucomtaenias*, трехглазая колюшка *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758 (скорее всего рыбы из оз. Тунайча относятся к японской трехглазой колюшке), японский колючий бычок *Acanthogobius lactipes* (Hilgendorf, 1879), пресноводный дальневосточный бычок *G. urotaenia* и пятнистый щуковидный бычок *Luciogobius guttatus* Gill, 1859 (Водная биота.., 2016). Питание этих видов достаточно подробно описано (Водная биота.., 2016; Лабай и др., 2003; Роготнев и др., 2005). Среди них, также как и в оз. Благодатное, по типу питания выделяются четыре экологические группировки: преимущественные бентофаги, планкто-бентофаги, потребители внеvodных насекомых и хищники. Из-за разницы видовых списков ихтиофауны сравниваемых озер отмечается замена видов в схожих группировках экологически близкими. Например, в оз. Благодатное основным потребителем внеvodных насекомых является молодь кеты, а в оз. Тунайча – обыкновенная малоротая корюшка. Абсолютная бентофагия в оз. Благодатное отмечена для бычка-гобииды *Tr. brevispinis*, в оз. Тунайча также для гобиид *L. guttatus*.

Заключение

Видовой состав ихтиофауны оз. Благодатное в 2021 г. объединял 12 видов рыб из 6 семейств. Типичными для района работ являлись японская малоротая корюшка, японская трехглазая колюшка и девятиглазые колюшки, которые присутствовали во всех этапах исследований. Кета (представлена только молодью) в уловах присутствовала в июне–июле. Эти же виды формировали основу численности и биомассы рыб.

По типу питания выделяется четыре экологические группировки рыб. Первая включает покатников кеты, основу питания которых составляют внеvodные насекомые, потребляемые с поверхности воды. Ко второй относится японская малоротая корюшка, являющаяся планкто-бентофагом. Основу экологического спектра питания у этого вида формировали зоопланктон и зообентос, при значимом вкладе икры рыб. Третья группировка включает японскую трехглазую колюшку, основу питания которой формирует икра рыб и зообентос. Все остальные виды рыб входят в единую группировку преимущественных бентофагов.

Интегрально, на питание рыб в течение лета с 1 м² прибрежной акватории озера переходит 21,68 ккал органического вещества. В питании рыб в основном задействованы планктонные и донные цепи. На третьем месте находится потребление внеvodной органики (вневодные насекомые) и хищничество.

Благодарности

Авторы искренне благодарны главному специалисту лаборатории гидробиологии «СахНИРО» И.А. Атамановой, сотрудникам ООО «Континент» и студентам СахГУ, принимавшим участие в отборе проб и измерении гидрологических показателей на оз. Благодатное в 2021 г.

Литература

- Атлас пресноводных рыб России.** 2002. М.: Наука. 253 с.
- Водная биота озера Тунайча (южный Сахалин) и условия ее существования.** 2016. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 240 с.
- Государственный водный кадастр. Гидрологическая изученность.** 1964. Том 18. Выпуск 3. Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометиздат. 124 с.
- Жуйкова Л.И.** 1981. Питание молоди кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) в одной из рек о. Итуруп // Итоги исследований по вопросам рационального использования и охраны биологических ресурсов Сахалина и Курильских островов. Южно-Сахалинск: ДВНЦ АН СССР. С. 21–23.
- Лабай В.С., Ни. Н.К., Роготнев М.Г.** 2003. Некоторые аспекты питания мелкочешуйной красноперки *Tribolodon brandti* (Dybowski) озера Тунайча (остров Сахалин) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 444–453.
- Лабай В.С., Заварзин Д.С., Мухаметова О.Н., Коновалова Н.В. и др.** 2010. Планктон и бентос озер Вавайской системы (южный Сахалин) и условия их обитания. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 216 с.
- Лабай В.С., Атаманова И.А., Заварзин Д.С., Мотылькова И.В. и др.** 2014. Водоемы острова Сахалин. Южно-Сахалинск: Государственное бюджетное учреждение культуры «Сахалинский областной краеведческий музей». 208 с.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях.** 1974. М.: Наука. 254 с.
- Пичугин М.Ю., Сидоров Л.К., Гриценко О.Ф.** 2006. О ручьевых гольцах южных Курильских островов и возможном механизме образования карликовых форм малмы *Salvelinus malma curilis* // Вопросы ихтиологии. Т. 46. № 2. С. 224–239.
- Правдин И.Ф.** 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность. 376 с.
- Роготнев М.Г., Лабай В.С., Заварзина Н.К.** 2005. Сравнительная характеристика питания некоторых массовых прибрежных рыб озера Тунайча (юго-восточный Сахалин) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 566–576.
- Рыбы Курильских островов.** 2012. М.: ВНИРО. 384 с.
- Сидоров Л.К., Пичугин М.Ю.** 2005. Состав ихтиофауны и особенности биологии рыб южных Курильских островов в связи с абиотическими условиями и происхождением водоемов // Труды ВНИРО. Т. 144. С. 151–175.
- Треццев А.И.** 1983. Интенсивность рыболовства. М.: Легкая и пищевая промышленность. 236 с.
- Численко Л.Л.** 1968. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела (морской мезобентос и планктон). Л.: Наука. 106 с.
- Чучукало В.И., Напазаков В.В.** 1999. К методике определения суточных рационов питания и скорости переваривания пищи у хищных и бентосоядных рыб // Известия ТИНРО. Т. 126. Ч. 1. С. 160–171.
- Шедько С.В.** 2002. Обзор пресноводной ихтиофауны // Растительный и животный мир Курильских островов (Материалы Международного Курильского проекта). Владивосток: Дальнаука. С. 118–134.
- Южные Курильские острова (Природно-экономический очерк).** 1992. Южно-Сахалинск. 150 с.
- Duran B.C., Odell P.L.** 1974. Cluster analysis: a survey. London: Springer Limited. 137 p.
- Pietsch T.W., Stevenson D.E., MacDonald E.L. et al.** 2001. Freshwater fishes of the Kuril Islands and adjacent regions // Species Diversity. N 6. P. 133–164.
- Pietsch T.W., Bogatov V.V., Amaoka K., Zhuravlev Yu.N. et al.** 2003. Biodiversity and biogeography of the islands of the Kuril Archipelago // Journal of Biogeography. Vol. 30. P. 1297–1310.
- Shirashi Y.** 1961. The fisheries biology and population dynamics of pond-smelt, *Hypomesus olidus* (Pallas) // Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory. Vol. 10. N 3. P. 1–263.
- Takayasu M., Kondo K., Ohigashi Sh., Kuroda K.** 1955. Limnological studies on the Lakes of Kunashiri Island // Scientific reports of Hokkaido fishery hatchery. Vol. 10 (1–2). P. 162–216.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.11>

<https://elibrary.ru/kesfuz>

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ АБИОТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СУТОЧНУЮ МИГРАЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

А.В. Лавникова, С.А. Биритская, Л.Б. Бухаева, Д.И. Голубец, Я.К. Ермоляева,
Н.А. Кульбачная, М.А. Масленникова, В.А. Пушница, Е.А. Щукова,
Д.Ю. Карнаухов, Е.А. Зилов

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Иркутский государственный университет», ул.Карла Маркса, г. Иркутск, 1664003, Россия.
E-mail: lavnikova_arina@mail.ru

Суточные вертикальные миграции (СВМ) гидробионтов являются широко распространенным явлением, как в малых, так и в крупных водоемах. Они наблюдаются, в том числе в самом глубоком озере мира – Байкале. Основными представителями ночного мигрирующего комплекса в озере являются уникальные байкальские амфиоподы и низшие ракообразные (Cladocera, Copepoda, Ostracoda). В рамках данного исследования было выявлено, что искусственное освещение и изменение уровня воды в озере способны влиять на ночную миграционную активность гидробионтов.

TO THE QUESTION OF INFLUENCE OF ABIOTIC AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE DAILY VERTICAL MIGRATION ACTIVITY ON THE AQUATIC ORGANISMS OF LAKE BAIKAL

A.V. Lavnikova, S.A. Biritskaya, L.B. Bukhaeva, D.I. Golubets, Ya.K. Ermolaeva,
N.A. Kulbachnaya, M.A. Maslennikova, V.A. Pushnitsa, E.A. Shchukova,
D. Yu. Karnaughov, E.A. Silow

Irkutsk State University, 1 Karl Marx St., Irkutsk, 664003, Russia. E-mail: lavnikova_arina@mail.ru

Daily vertical migration (DVM) of aquatic organisms is a widespread phenomenon in both small and large water bodies. It is observed, including in the deepest lake in the world – Baikal. Unique Baikal amphipods and lower crustaceans (Cladocera, Copepoda, Ostracoda) are the main representatives of the nocturnal migratory complex. As part of this study, it was found that artificial lighting and changes in the lake water level can affect the nighttime migratory activity of aquatic organisms.

Введение

Байкал самое древнее и глубокое пресноводное озеро в мире. В озере обитает большое количество эндемичных видов (Kozhov, 1963), что в совокупности с рядом абиотических факторов делает его экосистему уникальной.

Однако на протяжении нескольких лет территория вокруг озера застраивается новыми турбазами, вследствие чего на прибрежную зону оказывается сильное

антропогенное воздействие. В частности некоторые участки береговой линии в ночное время подвержены влиянию искусственного освещения от зданий, башен и прочих сооружений, а также транспортных средств. Такое освещение вызывает нарушения в естественных циклах смены света и темноты. В результате гидробионты на этих участках подвергаются влиянию светового загрязнения. Предполагается, что световое загрязнение может быть одним из факторов, способствующих усилению хищничества, неадекватному миграционному поведению, а также сокращению времени, доступного для поиска пищи.

На данный момент имеется большое количество исследований влияния светового загрязнения на морские экосистемы (Longcore, Rich, 2004; Navarro-Barranco, Hughes, 2015; Bolton et al., 2017). Например, исследование, проведенное в Великобритании, выявило, что состав сообщества макробеспозвоночных существенно менялся в зависимости от градиента искусственного освещения. Была установлена прямая зависимость: с увеличением освещенности, увеличивалась и общая биомасса сообщества. При этом отдельные таксоны по-разному относились к искусственному свету, например, с увеличением освещенности численность амфипод *Nephrys* spp. и *Lanice conchilega* (Pallas, 1766) уменьшалась на 27 %, в то время как численность *Tellinidae* spp., *Arenicola marina* (Linnaeus, 1758) и *Nereididae* spp. увеличивалась на 20 % (Garratt et al., 2019). Исследование, проведенное в прибрежных водах Гуардамар дель Сегура (провинция Аликанте, Испания), выявило, что амфиподы могут привлекаться на искусственный свет (Fernandez-Gonzalez et al., 2014). Однако, работ, посвященных исследованию светового загрязнения на пресноводные водоёмы крайне мало.

Для озера Байкал, как и для большинства других крупных водоемов свойственно такое явление, как суточные вертикальные миграции (СВМ) – периодические миграции донных и пелагических организмов в верхние слои. СВМ гидробионтов являются широко распространенным явлением как в крупных реках, озерах и морях (Грезе, 1965; Nishihama, Hirakawa, 1998; Тахтев и др., 2014, 2019; Karnaughov et al., 2016), так и в небольших водоемах (Лабай, Лабай, 2014). Активными участниками СВМ являются ракообразные, в частности такие группы как: мизиды (Euclide et al., 2017), амфиподы (Fincham, 1970; Drolet, Barbeau, 2009; Fernandez-Gonzalez et al., 2014), изоподы (Macquart-Moulin, 1992), антарктический криль (Okkonen et al., 2020), водяные блохи (Griffin et al., 2020), остракоды (Pacheco et al., 2014) и веслоногие ракообразные (Takahashi et al., 2009). Данные группы гидробионтов также входят в ночной мигрирующий комплекс (НМК), формирующийся в прибрежно-пелагической зоне морей и крупных озер, включая Байкал, за счет суточных вертикальных миграций донных животных и их смешения с пелагическими гидробионтами.

В озере Байкал ввиду большого биоразнообразия обитающих в нем видов амфипод (более 350 видов и подвидов) (Takhteev et al., 2015), наибольшему изучению СВМ подверглась именно эта группа (Тахтев и др., 2014, 2019; Karnaughov et al., 2016). Они составляют основную часть миграционного комплекса. При этом только несколько десятков видов регулярно участвуют в миграциях в ночное время. Основу НМК составляет еще меньшее число видов. Причем таксономический состав, соотношение видов и общая численность различаются на разных участках (Тахтев и др., 2019). Кроме того в состав ночных мигрирующих сообществ в Байкале, помимо бентосных амфипод, входят единственная пресноводная пелагическая амфиопода *Macrohectopus branickii* (Dybowsky, 1874) и представители низших ракообразных (Cladocera, Copepoda, Ostracoda). Доминирующим представителем низших

ракообразных в озере является пелагическая копепода *Epischura baikalensis* (Sars, 1900), которая является основным источником питания для пелагической амфиоподы *M. branickii*, регулярно мигрирующей за ней с глубины 200–700 м.

В процессе изучения СВМ гидробионтов в поверхностные воды в ночное время, в результате которых формируется НМК, было выявлено, что миграции в основном зависят от различных абиотических факторов среды (тип грунта, близость приусտевых участков рек, расположение участка (у мыса или в глубине бухты), лунный свет). При этом в последнее время все больше прослеживается влияние антропогенного фактора. Одним из видов этого воздействия является искусственное освещение, которое способно менять условия на участках прибрежной полосы, что делает участников миграций уязвимыми. Например, искусственный свет в ночной период в прибрежной зоне может делать мигрантов видимыми для потенциальных хищников, что способно приводить к нарушению миграционного комплекса в озере.

Целью данной работы было выявить возможное влияние искусственного освещения на ночную миграционную активность гидробионтов в озере Байкал.

Материалы и методы

Пробы отбирались в пос. Танхой, находящемся на южном берегу оз. Байкал, в начале сентября 2021 и 2022 гг. Берег озера имел пологий уклон, грунт в 2021 г. был каменистый ($d > 200$ мм), в тоже время на этом же участке в 2022 г. грунт был представлен галькой ($d = 20$ –200 мм). В пределах данной местности было выбрано несколько участков меньшего размера, удаленных друг от друга на расстояние 3 м.

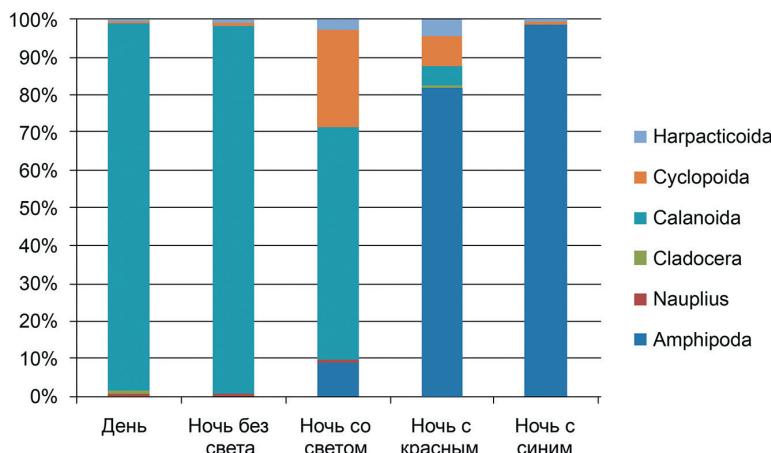
Для отбора проб зоопланктона использовали нейстонную сеть (0,2x0,5 м, длина конуса 1 м, диаметр ячей 100 мкм). Материал собирали над глубиной 0,5 м при дневном освещении с 12:00 до 14:00 и без освещения в ночное время. Для исследования влияния искусственного освещения в ночной период был использован прожектор с разными режимами освещения: белый свет с интенсивностью 30 lx, освещение 30 lx с применением синего фильтра и освещение 30 lx с красным фильтром. Отбор проб в ночное время проводили в период с 22:00 до 01:00. Все пробы отбирались в трёх повторностях. После облова пробы фиксировались 4 % раствором формалина.

В лаборатории пробы зоопланктона обрабатывались по общепринятой в гидробиологии методике. Небольшими порциями пробы просматривали в камере Богорова под стереомикроскопом. Всего было отобрано и обработано 30 количественных проб.

Результаты и обсуждение

Было обнаружено 7 групп гидробионтов, отдельно учитывались наусплии Сорерода. Определение видовой принадлежности организмов производилось для представителей амфиопод и Calanoida, которые в Байкале в основном представлены видом *E. baikalensis*.

По результатам 2021 г. (рис. 1), мы наблюдали классическую картину суточных вертикальных миграций зоопланктона. В дневное время планктон представлен видом *E. baikalensis*, при полном отсутствии представителей амфиопод. В ночной период преобладающей группой гидробионтов также остались представители Calanoida, при этом увеличилось количество особей таких групп гидробионтов, как Cyclopoida и Harpacticoida, также участвующих в суточных вертикальных

Рис. 1. Средняя численность гидробионтов/м³ в 2021 г.

миграциях. При использовании осветительных установок было обнаружено, что освещение привлекает амфипод, т.к. при использовании света в ночной период мы наблюдали их появление и доминирование по численности. При этом численность *E. baicalensis* уменьшилась на 82 % при использовании белого света по сравнению с ночью без света. Это можно объяснить тем, что амфиподы являются потенциальными хищниками по отношению к эпишуре (Тахтеев и др., 2000).

Исходя из полученных данных (Рис. 1–3) можно предположить, что группы гидробионтов Calanoida и Amphipoda наиболее подвержены влиянию светового загрязнения. Среди представителей Сореропода, Calanoida наибольшее влияние оказывается на *E. baicalensis*. Однако наибольшему воздействию от всех режимов искусственного освещения подвергаются представители группы Amphipoda.

По данным 2022 г. (рис. 3) мы обнаружили резкое снижение численности всех групп гидробионтов. Возможно, это связано с изменением уровня воды в Байкале. Во время отбора проб в 2022 г. уровень воды упал на 37 см по сравнению с 2021 годом. Вследствие чего мы наблюдали изменение типа грунта над глубиной отбора проб (которая составляла 0,5 м), что возможно и вызвало такие колебания в численности гидробионтов (так как тип грунта играет определяющую роль в качественном и количественном составах сообщества (Тахтеев, Дидоренко, 2015)). В дневной и ночной период доминирующими группами были Calanoida

Таблица 1

Средняя численность гидробионтов (экз./м³) на лitorали озера у пос. Танхой в 2021 г.

	Harpacticoida	Cyclopoida	Calanoida	Cladocera	Nauplius	Amphipoda
День	26±11,9	20±8,4	5814±1117,8	53±19,6	31±12,9	0
Ночь без света	725±261,8	713±361,3	67 037±37 007,7	0	423±222,7	0
Ночь со светом	572±297,4	5037±768,1	11 922±6035,4	30±30	88±71,5	1758±972,2
Ночь с красным фильтром	697±378,3	1232±852,2	747±629,5	103±98,3	3±3,3	12 633±11 256,8
Ночь с синим фильтром	277±234,2	280±280	3±3,3	78±19,2	5±5	39 748±2354,6

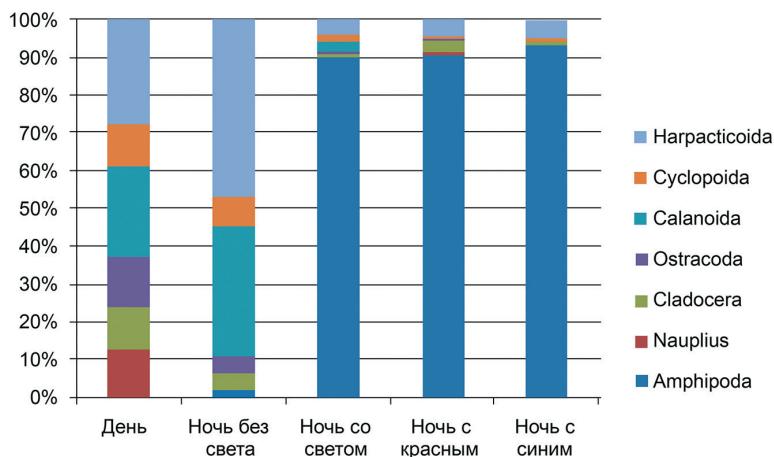
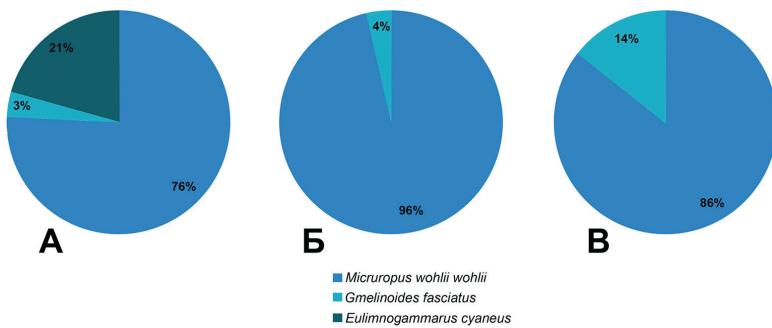


Рис. 3. Средняя численность гидробионтов/м³ в 2022 г.

и Harpacticoida. Аналогично 2021 г. при использовании искусственного освещения, нами было отмечено увеличение численности амфипод.

Результаты определения видовой принадлежности амфипод (рис. 2, 4) показали, что представители рода *Micruropus* являются основными участниками суточных вертикальных миграций из числа амфипод на данном участке. Субдоминантную позицию занимают амфиподы рода *Eulimnogammarus*. При этом видовой состав в 2021 и 2022 гг. отличался, что также можно объяснить изменением уровня воды.

Таблица 2

Средняя численность гидробионтов (экз./м³) на литорали озера у пос. Танхой в 2022 г.

	Harpacticoida	Cyclopoida	Calanoida	Ostracoda	Cladocera	Nauplius	Amphipoda
День	37±13,64	15±7,64	32±17,40	18±3,33	15±15	17±12,02	0
Ночь без света	52±21,67	8±4,41	38±20,28	5±5	5±2,89	0	2±1,67
Ночь со светом	13±6,01	7±6,67	8±8,33	2±1,67	3±3,33	0	298±256,75
Ночь с красным фильтром	18±11,67	2±1,67	0	3±3,33	13±6,01	2±1,67	372±143,07
Ночь с синим фильтром	50±40	8±4,41	0	3±3,33	7±6,67	2±1,67	1010±242,09

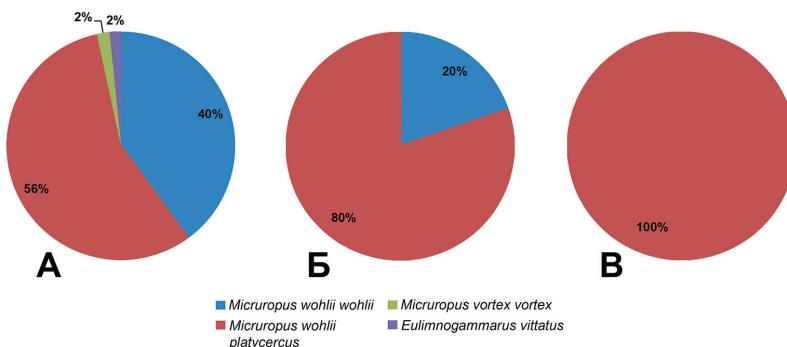


Рис. 4. Процентное соотношение амфиопод в 2022 г при разных режимах освещения: А – 30 lx с красным фильтром; Б – 30 lx с синим фильтром; В – белый свет 30 lx

Заключение

Искусственное освещение и понижение уровня воды в совокупности могут влиять на миграционную активность гидробионтов. Данное исследование требует продолжения. Однако даже на основе полученных данных можно говорить о том, что совместное действие абиотических и антропогенных факторов в определенных сочетаниях, а также их времененная динамика способны определять миграционную активность байкальских организмов. Стоит отметить, что длительное воздействие светового загрязнения может привести к перестройке трофических связей внутри сообщества и изменит естественный состав на подверженных участках. Это произойдёт ввиду того, что оно способно повышать естественный для ночного времени фон мигрирующих организмов, что впоследствии может стать угрозой для представителей НМК, так как они становятся легкой добычей для хищников.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ.

Литература

- Грезе И.И. 1965. О суточных вертикальных миграциях некоторых бокоплавов в Черном и Азовском морях// Бентос. Киев: Наукова думка. С. 9–14.
- Лабай В.С., Лабай С.В. 2014. Суточные вертикальные миграции высших ракообразных (Crustacea: Malacostraca) в лагунном озере Птичье (Южный Сахалин) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука. С. 369–379.
- Тахтеев В.В., Бессолицына И.А., Механикова И.В., Верхотуркина Е.Б., Кравцова Л.С. 2000. Ночные вертикальные миграции байкальских амфиопод: экологическое и эволюционное значение // Матер. конф. чтения памяти проф М.М Кожова. Проблемы экологии. Иркутск, 1–3 ноября 2000 г. Иркутск: Иркутский ун-т. С. 104–107.
- Тахтеев В.В., Дидоренко С.И. 2015. Фауна и экология бокоплавов озера Байкал: Учебное пособие. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 115 с.
- Тахтеев В.В., Карнаухов Д.Ю., Мишарин А.С., Говорухина Е.Б. 2014. Дистанционные методы экологических исследований и мониторинга в лимннологии и океанологии и их применение на озере Байкал // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. Вып. 3. С. 374–381.
- Тахтеев В.В., Карнаухов Д.Ю., Говорухина Е.Б., Мишарин А.С. 2019. Суточные вертикальные миграции гидробионтов в прибрежной зоне оз. Байкал // Биология внутренних вод. № 2. С. 50–61.
- Bolton D., Mayer-Pinto M., Clark G.F., Dafforn K.A., Brassil W.A., Becker A., Johnston E.L. Urban. 2017. Lighting Has Ecological Consequences for Multiple Trophic Levels under the Sea // Science of the Total Environment. N 576. P. 1–9.
- Drolet D., Barbeau M.A. 2009. Differential emigration causes aggregation of the amphipod *Corophium volutator* (Pallas) in tide pools on mudflats of the upper Bay of Fundy, Canada // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. V. 370. N 1–2. P. 41–47.

- Euclide P.T., Hansson S., Stockwell J.D.** 2017. Partial diel vertical migration in an omnivorous macroinvertebrate, *Mysis diluviana* // Hydrobiologia. V. 787. P. 387–396.
- Fernandez-Gonzalez V., Fernandez-Jover D., Toledo-Guedes K., Valero-Rodriguez J.M., Sanchez-Jerez P.** 2014. Nocturnal planktonic assemblages of amphipods vary due to the presence of coastal aquaculture cages // Marine Environmental Research. V. 101. P. 22–28.
- Fincham A.A.** 1970. Amphipods in the surf plankton // Journal Marine Biological Association U.K. V. 50. P. 177–198.
- Garratt M.J., Jenkins S.R., Davies T.W.** 2019. Mapping the consequences of artificial light at night for intertidal ecosystems // Science of the Total Environment. V. 691. P. 760–768.
- Griffin J.E., O'Malley B.P., Stockwell J.D.** 2020. The freshwater mysid *Mysis diluviana* (Audzijonyte & Väinölä, 2005) (Mysida: Mysidae) consumes detritus in the presence of *Daphnia* (Cladocera: Daphniidae) // Journal of Crustacean Biology. V. 40. N 5. P. 520–525.
- Karnaukhov D. Yu., Bedulina D.S., Kaus A., Prokosov S.O., Sartoris L., Timofeyev M.A., Takhteev V.V.** 2016. Behaviour of Lake Baikal amphipods as a part of the night migratory complex in the Kluevka settlement region (South-Eastern Baikal) // Crustaceana. V. 89. N 4. P. 419–430.
- Kozhov M.M.** 1963. Lake Baikal and its life. W. Junk Publishers. 344 p.
- Longcore T., Rich C.** 2004. Ecological Light Pollution // Frontiers in Ecology and the Environment. V. 2. N 4. P. 191–198.
- Macquart-Moulin C.** 1992. La migration nocturne de *Eurydice truncata* Norman, 1868 (Isopoda, Cirolanidae) au dessus du plateau continental et de La Marge // Crustaceana. V. 62. N 2. P. 201–213.
- Navarro-Barranco C., Hughes L.E.** 2015. Effects of Light Pollution on the Emergent Fauna of Shallow Marine Ecosystems: Amphipods as a Case Study // Marine Pollution Bulletin. N 94. P. 235–240.
- Nishihama S., Hirakawa K.** 1998. Diel vertical migration of chaetognaths in the Tsushima Current area of the Japan Sea // Bulletin of the Japan Sea. V. 48. P. 71–83.
- Okkonen S., Ashjian C., Campbell R.G., Alatalo P.** 2020. Krill diel vertical migration: A diagnostic for variability of wind forcing over the Beaufort and Chukchi Seas // Progress in Oceanography. V. 181. N 2. P. 102–265.
- Pacheco A., Gomez G., Santoro P., Malebran M., Cortes C., Riascos J.** 2014. Moon phase effects and timing of emerging macrobenthic assemblages in a sheltered soft-bottom sublittoral habitat // Journal of Sea Research. V. 86. P. 34–42.
- Takahashi K., Kuwata A., Sugisaki H., Uchikawa K., Saito H.** 2009. Downward carbon transport by diel vertical migration of the copepods *Metridia pacifica* and *Metridia okhotensis* in the Oyashio region of the western subarctic Pacific Ocean // Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. V. 56. N 10. P. 1777–1791.
- Takhteev V.V., Berezina N.A., Sidorov D.A.** 2015. Checklist of the Amphipoda (Crustacea) from continental waters of Russia, with data on alien species // Arthropoda Selecta. V. 24. N 3. P. 335–370.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.12>

<https://elibrary.ru/kmsucd>

http://urn: lsid: zoobank.org: pub:4A1B39D8-86C7-4DFD-A750-447154B91DB4

ДВА НОВЫХ ВИДА ХИРОНОМИД РОДА *DIAMESA* MEIGEN (DIPTERA, CHIRONOMIDAE, DIAMESINAE) ИЗ РЕКИ ОЛА ОХОТОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Макарченко^{1,2}, Л.М. Азмухаметова², М.К. Дабиж²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия. E-mail: makarchenko@biosoil.ru

²ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», ул. Луговая, 52Б, г. Владивосток, 690087, Россия

Приведены иллюстрированные описания по имаго самцам двух новых для науки видов рода *Diamesa* Meigen, *D. olaensis* sp. nov. и *D. portentosa* sp. nov., из р. Ола Охотоморского побережья Магаданской области российского Дальнего Востока.

TWO NEW SPECIES OF THE GENUS *DIAMESA* MEIGEN (DIPTERA, CHIRONOMIDAE, DIAMESINAE) FROM THE OLA RIVER ON THE SEA OF OKHOTSK COAST OF MAGADAN REGION

E.A. Makarchenko^{1,2}, L.M. Azmukhametova², M.K. Dabizha²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: makarchenko@biosoil.ru

²Far Eastern State Technical Fisheries University, 52b Lugovaya St., Vladivostok, 690087, Russia

Illustrated descriptions of two new species *Diamesa olaensis* sp. nov. and *D. portentosa* sp. nov., from the Ola River on the Sea of Okhotsk coast in the Magadan Region of the Russian Far East are presented.

Introduction

The first data on the fauna and taxonomy of chironomid from the Ola River basin, one of the largest salmon rivers in the Sea of Okhotsk basin, were cited by Khamenkova et al. (2014), where a preliminary list of chironomids included 103 species, of which 14 species were indicated for the subfamily Diamesinae. During analyzing additional material collected in this river in different years, a new species for the Russian Far East, *Diamesa hamaticornis* Kieffer, and two species new to science were discovered, the descriptions of which are given below.

Material and methods

The adults of chironomids were preserved in 96 % ethanol. The material was slide-mounted in polyvinyl lactophenol. The terminology follows Sæther (1980). The photographs were taken using an Axio Lab.A1 (Karl Zeiss) microscope with an AxioCam ERc5s

digital camera, and then stacked using Helicon Focus software. The final illustrations were post-processed for contrast and brightness using Adobe® Photoshop® software.

Holotypes of the new species are deposited in the Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia (FSCEATB FEB RAS).

Descriptions

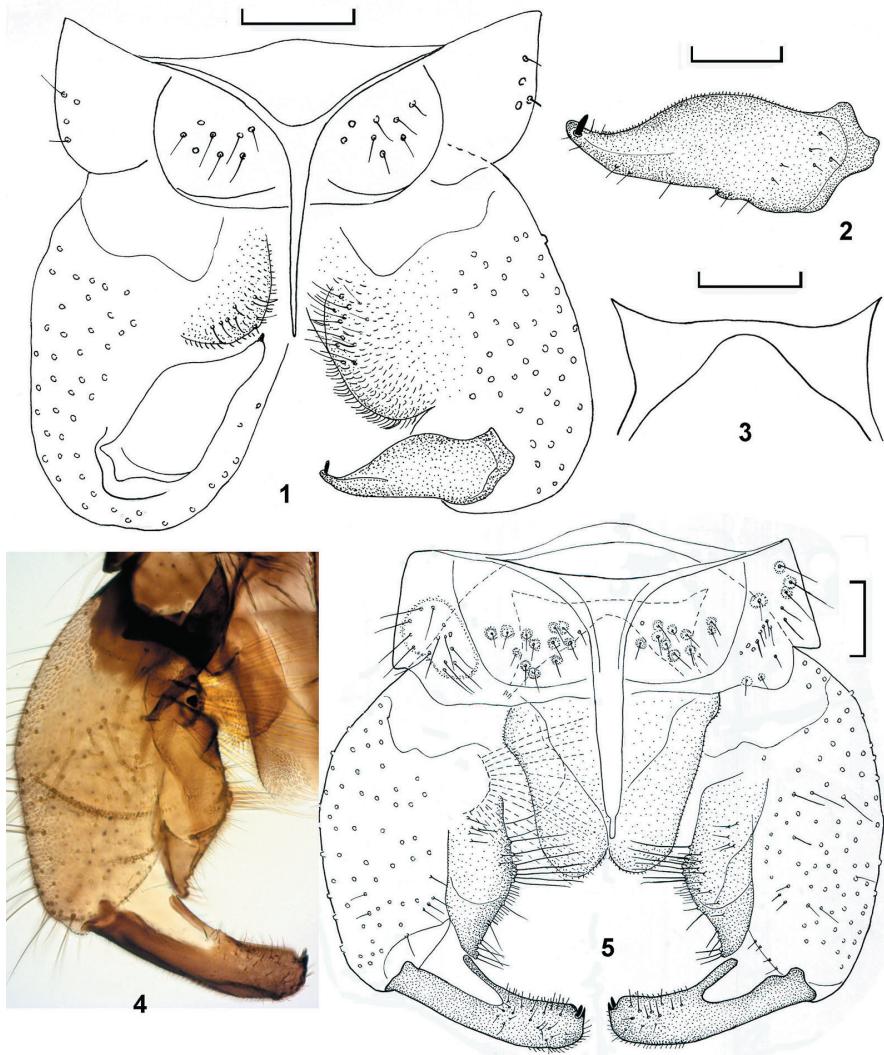
Diamesa olaensis Makarchenko, sp. nov.

Figs. 1–2.

<http://zoobank.org/NomenclaturalActs/C6F25712-6E67-4D26-8102-302745A5F8D1>

Type material. Holotype: adult male, Russian Far East, Magadan Region, Olskyi District, Ola River, 13.V. 2013, leg. E. Khamenkova.

Derivatio nominis. The species is named as *olaensis* after the type locality in Ola River of Magadan Region.



Figs 1–5. Adult male of *Diamesa olaensis* sp.nov. (1–2) and *D. portentosa* sp. nov. (3–5). 1, 5 – hypopygium, dorsal view; 2 – gonostylus; 3 – transverse sternapodeme (TSA); 4 – gonocoxite and gonostylus. Scale bars for Figs 1, 3, 5–100 µm; for Fig. 2–50 µm

Adult male (n = 1). Total length 4.39 mm. Total length/wing length 1.12.

Coloration. Brown to dark brown. Wings grayish.

Head. Eyes bare, reniform. Temporal setae including 4 preoculars, 10–11 verticals. Clypeus with 12 setae. Antenna with 13 flagellomeres and developed plume of setae; terminal flagellomere with 1 setae, 36 μm long in apical area; AR1.82. Palpomere length (μm): 56, 96, 140, 128, 180. Palpomere 3 in distal part with sensilla capitata with diameter 16 μm . Head width/palpal length 1.3.

Thorax. Antepronotum with 5–7 ventrolateral setae. Dorsocentrals 10–11, prealars 10. Scutellum with 34 setae.

Wing. Length 4.4 mm, width 1.4 mm. Anal lobe rounded. Squama with 45 setae in 1–2 rows. R and R_1 with 10 setae, R_{4+5} with 4 setae. RM/MCu 2.5.

Legs. BR_1 2.6, BR_2 1.5, BR_3 2.0. Spur of front tibia 84 μm long. Spurs of mid tibia 68 μm and 56 μm long. Spurs of hind tibia 84 μm and 56 μm long. Hind tibial comb with 12 setae. Length (μm) and proportions of leg segments are as in Table 1.

Table 1

Lengths (in μm) and proportions of leg segments of *Diamesa olaensis* sp. nov, male (n = 1)

P	f	t	ta ₁	ta ₂	ta ₃	ta ₄	ta ₅	LR	BV	SV
P ₁	1230	1443	1050	525	295	115	131	0.73	3.49	2.55
P ₂	1394	1394	722	426	246	115	131	0.52	3.82	3.86
P ₃	1591	1706	1132	607	328	115	131	0.66	3.75	2.91

Hypopygium (Figs 1–2). Tergite IX with 8–11 setae from one side and with long (176 μm) and thin anal point (Fig. 1). Laterosternite IX with 10–12 setae. Transverse sternapodeme (TSA) narrow arcuate. Phallapodeme 170 μm long. Gonocoxite 324 μm long, with round and flat inferior volsella, covered some short setae (Fig. 1). Basimedial setae cluster absent. Gonostylus 164 μm long, with wide basal 2/3 and thin subapical part, apically with megaseta 12 μm long (Fig. 2). HR1.98.

Diagnosis. Total length 4.39 mm. Eyes bare, reniform. Antenna with 13 flagellomeres and developed plume of setae, AR1.82. Wing 3.92 mm long. Squama with 45 setae in 1–2 rows. LR₁ 0.73, BV₁ 3.49, SV₁ 2.55. Tergite IX with 8–11 setae from one side and with long and thin anal point. Transverse sternapodeme narrow arcuate. Gonocoxite with round and flat inferior volsella, covered some short setae. Basimedial setae cluster absent. Gonostylus with wide basal 2/3 and thin subapical part, apically with megaseta. HR1.98.

Distribution. Known only from type locality in Ola River of Magadan Region.

***Diamesa portentosa* Makarchenko, sp. nov.**

Figs. 3–5.

<http://zoobank.org/NomenclaturalActs/B0CD4DD7-5702-4978-A7F9-C46DC74ABA40>

Type material. Holotype: adult male, Russian Far East, Magadan Region, Olskyi District, Ola River, 13.V. 2013, leg. E. Khamenkova.

Derivatio nominis. The name of the new species comes from the Latin *portentosa*, which means strange.

Adult male (n = 1). Total length 5.47 mm. Total length/wing length 1.2.

Coloration. Brown to dark brown. Wings gray, with brownish veins.

Head. Eyes hairy, reniform. Temporal setae including 6 preoculars, 21 verticals and 9 postorbitalis. Clypeus with 17 setae. Antenna with 13 flagellomeres and developed plume of setae; terminal flagellomere with 1 setae, 42 μm long in apical area; AR2.1.

Palpomere length (μm): 68, 108, 196, 184, 284. Palpomere 3 in distal part with sensilla capitata with diameter 12 μm . Head width/palpal length 1.07.

Thorax. Antepronotum with 7–8 ventrolateral setae. Dorsocentrals 18, prealars 11. Scutellum with *ca* 60 setae.

Wing. Length 4.56 mm, width 1.3 mm. Anal lobe rounded, slightly protrudes. Squama with 64 setae in 2–3 rows. R and R_1 with 34 setae, R_{4+5} with 10 setae. RM/MCu 2.2.

Legs. BR_1 2.6, BR_2 1.8, BR_3 2.6. Spur of front tibia 88 μm long. Spurs of mid tibia 68 μm and 64 μm long. Spurs of hind tibia 96 μm and 64 μm long. Hind tibial comb with 22 setae. Length (μm) and proportions of leg segments are as in Table 2.

Table 2
Lengths (in μm) and proportions of leg segments of *Diamesa portentosa* sp. nov, male (n = 1)

P	f	t	ta_1	ta_2	ta_3	ta_4	ta_5	LR	BV	SV
P_1	1440	1960	1280	722	443	148	180	0.65	3.13	2.66
P_2	1780	1800	880	525	312	164	180	0.49	3.78	4.7
P_3	1960	2120	1360	787	426	164	197	0.64	3.46	3.00

Hypopygium (Figs 3–5). Tergite IX with 13–19 setae 40–48 μm long from one side and with long anal point, 360 μm long, which in subapical part tapering (Fig. 5). Laterosternite IX with 19–21 setae 68–76 μm long. Transverse sternapodeme (TSA) 252 μm long, with triangular antero-lateral peaked projections (Fig. 3). Gonocoxite 412 μm long, with large inferior volsella, 326 μm long and 93 μm wide in middle part, in which some long setae 68–96 μm long; subapical part of inferior volsella narrower and with some setae 40–48 μm long (Figs 4–5). Basimedial setae cluster with 19–23 setae 200–228 μm long radiating fan-like (Fig. 5). Gonostylus 260–272 μm long, almost straight, apically with megaseta 16 μm long and tooth, 8 μm long (Figs 4–5). HR= 1.51–1.53.

Diagnosis. Total length 5.47 mm. Eyes hairy, reniform. Antenna with 13 flagellomeres and developed plume of setae, AR2.1. Wing 4.56 mm long. Squama with 64 setae in 2–3 rows. LR₁ 0.65, BV₁ 3.13, SV₁ 2.66. Tergite IX with 13–19 setae from one side and with long anal point, 360 μm long, which in subapical part tapering. Transverse sternapodeme 252 μm long, with triangular antero-lateral peaked projections. Inferior volsella, most wide in middle part, in which some long setae 68–96 μm long; subapical part of inferior volsella narrower and with some setae 40–48 μm long. Basimedial setae cluster with 19–23 long radiating fan-like. Gonostylus almost straight, apically with megaseta and tooth. HR1.51–1.53.

Distribution. Known only from type locality in Ola River of Magadan Region.

Acknowledgments

We are much grateful to Dr. E.V. Khamenkova Institute of Biological Problems of the North (Magadan) for making material available to us.

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 121031000147-6).

References

- Khamenkova E.V., Makarchenko M.A., Makarchenko E.A. 2014.** Preliminary data on chironomid fauna (Diptera, Chironomidae) of the Ola River basin, Magadanskaya Oblast, Russia // Euroasian Entomological Journal. Vol. 13, N 2. P. 190–198.
- Sæther O.A. 1980.** Glossary of chironomid morphology terminology (Chironomidae, Diptera) // Entomologica Scandinavica. Suppl. 14. P. 1–51.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.13>
<https://elibrary.ru/kurlez>

ФАУНА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ХИРОНОМИД ПОДСЕМЕЙСТВ PODONOMINAE, DIAMESINAE, PRODIAMESINAE, ORTHOCLADIINAE И CHIRONOMINAE (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И СОПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Е.А. Макарченко, О.В. Орел

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия.
E-mail: makarchenko@biosoil.ru, zorina@biosoil.ru

Приведены и обсуждаются обновленный таксономический список хирономид пяти подсемейств, а также их распространение на Дальнем Востоке России и в Республике Саха (Якутия). Зарегистрировано 933 видов из 141 рода: Podonominae – 8 видов (4 рода), Diamesinae – 62 вида (13 родов), Prodiamesinae – 11 видов (4 рода), Orthocladiinae – 496 видов (68 родов) и Chironominae – 238 видов (53 рода). За период исследований нами были описаны новыми для науки 5 родов, 1 подрод и 223 вида из 68 родов. Наибольшее количество видов (544) обнаружено в бассейне реки Амур, самое низкое (51 вид) – на острове Врангеля. По распространению большинство зарегистрированных видов (68 %) являются палеарктическими, 32 % – голарктическими.

FAUNA AND DISTRIBUTION OF THE PODONOMINAE, DIAMESINAE, PRODIAMESINAE, ORTHOCLADIINAE AND CHIRONOMINAE (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) OF THE RUSSIAN FAR EAST AND BORDERING TERRITORY

E.A. Makarchenko, O.V. Orel

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue,
Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: makarchenko@biosoil.ru, zorina@biosoil.ru

An updated chironomid list of 5 subfamilies and their distribution in the Russian Far East and Sakha (Yakutia) are given and discussed. Nine hundred thirty three species in 141 genera are recorded: Podonominae – 8 species (4 genera), Diamesinae – 62 species (13 genera), Prodiamesinae – 11 species (4 genera), Orthocladiinae – 496 species (68 genera) and Chironominae – 238 species (53 genera). During the period of investigation 5 genera, 1 subgenus and 223 species in 68 genera have been described as new to science. The highest number of species (544) was found in the Amur River basin, the lowest (51) in Wrangel Island. Most recorded species (68 %) are Palaearctic in distribution, 32 % are Holarctic.

Введение

Настоящая работа является продолжением серии статей по фауне и распространению хирономид российского Дальнего Востока и сопредельной территории, где приведены в табличной форме списки обнаруженных за определенный период

времени таксонов, даны их типы распространения (Макарченко и др., 2005; Макарченко, Макарченко, 2006; Орел, 2016; Makarchenko, Makarchenko, 2011, 2017b).

Первая такая статья была опубликована после тридцатилетнего исследования дальневосточных хирономид и включала предварительные данные о 734 видах из 155 родов 6 подсемейств, а именно: Podonominae (4 рода, 9 видов), Tanypodinae (20 родов, 49 видов), Diamesinae (13 родов, 50 видов), Prodiamesinae (3 рода, 6 видов), Orthocladiinae (60 родов, 299 видов) и Chironominae (55 родов, 321 вид) (Макарченко и др., 2005). В дальнейшем, при подготовке хирономидной части «Определителя насекомых Дальнего Востока России» были пересмотрены представители некоторых родов, особенно малоизученного подсемейства Orthocladiinae. Изменения в ошибочных определениях таксонов, а также обновленные синонимы привели к тому, что количество видов в этом подсемействе сократилось до 268 (Макарченко, Макарченко, 2006), но после интенсивного изучения таксономии этого подсемейства к 2011 году число видов увеличилось до 348 в 64 родах (Makarchenko, Makarchenko, 2011). Также, увеличение видов произошло и в подсемействе Chironominae, для которого в 2016 году для Дальнего Востока их указывалось 341 в 55 родах (Орел, 2016). Последние обобщенные данные по фауне и распространению хирономид региона были приведены в 2017 году для четырех подсемейств, в которых было зарегистрировано 497 видов из 88 родов: Podonominae – 9 видов (4 рода), Diamesinae – 56 видов (13 родов), Prodiamesinae – 7 видов (3 рода), Orthocladiinae – 425 видов (68 родов) (Makarchenko, Makarchenko, 2017b).

С учетом всего вышеизложенного, а также таксономического изучения дополнительного материала, результаты которого опубликованы в наших статьях 2017–2023 гг. (Макарченко, Макарченко, 2019, 2020; Макарченко и др., 2019а, б; Яворская и др., 2017; Makarchenko, Makarchenko, 2017а, б; Makarchenko et al., 2017а, б, 2019; Orel, Semenchenko, 2019; Orel, 2022, 2023; Yavorskaya et al., 2018), ниже мы даем обновленный список таксонов подсемейств Podonominae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthocladiinae и Chironominae в табличном варианте, а также их распространение по основным регионам Дальнего Востока России и Республики Саха (Якутия).

Результаты и обсуждение

Для Дальнего Востока России и Республики Саха (Якутия) в настоящее время зарегистрировано 933 вида из 141 рода пяти подсемейств (табл. 1): Podonominae – 8 видов (4 рода), Diamesinae – 62 вида (13 родов), Prodiamesinae – 11 видов (4 рода), Orthocladiinae – 496 видов (68 родов) и Chironominae – 238 видов (53 рода). За период исследований в качестве новых для науки описаны 5 родов (*Arctodiamesa* Makarchenko, *Kaluginia* Makarchenko, *Linevitshia* Makarchenko, *Ninelia* Makarchenko et Makarchenko, *Olecryptotendipes* Zorina), один подрод (*Cryptochironomus* (*Chironozorina*) Zorina) и 225 видов из 68 родов (табл. 2). Наибольшее количество видов описано в родах *Chaetocadius* (17), *Hydrobaenus* (14), *Bryophaenocladius* (13), *Orthocladius* (11), *Corynoneura* (10), *Cricotopus* (8), *Tokunagaia* (8) и *Neozavrelia* Goetghebuer et Thinemann (6 видов) (см. табл. 2).

В южной части Дальнего Востока наибольшее количество видов (544) обнаружено в бассейне Амура, в ручьях и озерах бассейна Японского моря (421 вид), на Сахалине и острове Монерон (303 вида). Наименьшее количество видов (131) отмечено на Курильских островах. В северной части Дальнего Востока и Республики Саха (Якутия) наибольшее количество видов (203) выявлено для Магаданской области и Чукотского района (139 видов), наименьшее (51 вид) – для

Таблица 1

Хирономиды подсемейств Podonominae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthocladiinae и Chironominae российского Дальнего Востока и сопредельной территории

Таксоны											Тип распространения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Подсем. Podonominae											
<i>Boreochlus longicoxalsetosus</i> Kobayashi et Suzuki, 2000					+		+	+			ВПО
<i>Lasiodiamesa sphagnicola</i> (Kieffer, 1925)		+			+		+	+	+		ГОЛ
<i>Paraboreochlus okinawanus</i> Kobayashi et Kuranishi, 1999					+		+				ВМО
<i>Trichotanypus aberrata</i> Makarchenko, 1983		+								+	ВПМ
<i>T. admirabilis</i> Makarchenko, 1983	+										ВПА
<i>T. arctoalpinus</i> Makarchenko, 1983	+	+							+		ВАА
<i>T. christamasus</i> Makarchenko, 1983	+	+									ВПА
<i>T. posticalis</i> (Lundbeck, 1898)		+						+	⊕		ГОЛ
Подсем. Diamesinae											
<i>Arctodiamesa amurensis</i> Makarchenko, 2007								+			ВПМ
<i>A. appendiculata</i> (Lundström, 1915)	+	+			+				⊕		ПАА
<i>A. breviramosa</i> Makarchenko, 1995					+		+	+			ВПА
<i>A. marinae</i> Makarchenko, 2005						+					ВПМ
<i>Arctodiamesa</i> sp. Makarchenko, 1995							+				ВПМ
<i>Boreoheptagya brevitarsis</i> (Tokunaga, 1936)	+										ВМО
<i>B. rugosa</i> (Sounders, 1930)								+			ПАЕ
<i>B. sasai</i> Makarchenko, 2008							+				ВМО
<i>Diamesa aberrata</i> Lundbeck, 1898								+			ГОЛ
<i>D. alpina</i> Tokunaga, 1936		+	+	+	+	+	+				ВМО
<i>D. amplexivirilia</i> Hansen, 1976	+	+					+				ГОЛ
<i>D. arctica</i> (Bohemann, 1865)	+	+									ГОЛ
<i>D. bertrami</i> Edwards, 1935		+					+				ГОЛ
<i>D. dactyloidea</i> Makarchenko, 1988						+	+	+			ВМО
<i>D. davisii</i> Edwards, 1933	+	+			+	+	+		+		ГОЛ
<i>D. geminata</i> Kieffer, 1925		+									ГОЛ
<i>D. gregsoni</i> Edwards, 1933		+	+	+	+	+	+		+		ГОЛ
<i>D. hamaticornis</i> Kieffer, 1924							+				ПТП
<i>D. incallida</i> (Walker, 1856)		+						+	+		ГОЛ
<i>D. insignipes</i> Kieffer, 1908			+								ГОЛ
<i>D. japonica</i> Tokunaga, 1936						+					ВМО
<i>D. kownackii</i> Makarchenko, 2022	+	+									ПАА
<i>D. leona</i> Roback, 1957		+	+	+	+	+	+	+	+		ГОЛ
<i>D. nivoirunda</i> (Fitch, 1847)		+									ГОЛ
<i>D. olaensis</i> Makarchenko, 2023								+			ВПМ
<i>D. plumicornis</i> Tokunaga, 1936									+		ВМО
<i>D. portentosa</i> Makarchenko, 2023								+			ВПМ
<i>D. pseudobertrami</i> Makarchenko, 2005								+			ВПМ
<i>D. pseudoinsignipes</i> Makarchenko et Hansen, 2022					+						ГОЛ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>D. serratosioi</i> Willassen, 1985						+		+		ТПА
<i>D. sommermanni</i> Hansen, 1976		+								ГОЛ
<i>D. tsutsuii</i> Tokunaga, 1936			+	+	+	+	+	+	+	ВМО
<i>D. vernalis</i> Makarchenko, 1977					+			+		ВМО
<i>D. zernyi</i> Edwards, 1933		+	+		+	+	+			ПАА
<i>Kaluginia lebetiformis lebetiformis</i> Makarchenko, 1987					+		+	+		ВМО
<i>Lappodiamesa multiseta</i> Makarchenko, 1995							+			ВПМ
<i>L. omelkoi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2013							+			ВПМ
<i>L. vidua</i> (Kieffer, 1922)	+	+				+				ВАА
<i>L. willasseni</i> Makarchenko et Kerkis, 1991							+			ВПМ
<i>Linevitshia prima</i> Makarchenko, 1987					+		+	+		ВМО
<i>Pagastia lanceolata</i> (Tokunaga, 1936)					+	+	+	+		ВМО
<i>P. nivis</i> (Tokunaga, 1936)					+	+				ВМО
<i>P. orientalis</i> (Tschernovskij, 1949)		+	+	+	+	+	+	+	+	ВМО
<i>P.? orthogonia</i> Oliver, 1959								+		ГОЛ
<i>Pothastia gaedii</i> (Meigen, 1838)						+	+	+		ПТТ
<i>P. longimana</i> (Kieffer, 1922)					+	+	+	+		ГОЛ
<i>P. montium</i> (Edwards, 1929)					+		+	+		ПТП
<i>Protanypus caudatus</i> Edwards, 1924					+	+	+	+		ГОЛ
<i>P. gracilis</i> Makarchenko, 1982	+									ВПА
<i>P. morio</i> Zetterstedt, 1840	+				+				+	ПАА
<i>P. pseudomorio</i> Makarchenko, 1982	+									ГОЛ
<i>P. tishereshnevi</i> Makarchenko, 1982	+									ВПА
<i>Pseudodiamesa branickii</i> (Nowicki, 1873)	+				+	+	+	+		ГОЛ
<i>P. latistyla</i> Makarchenko, 1989						+				ВПМ
<i>P. stackelbergi</i> (Goetghebuer, 1933)					+	+	+	+		ПАЕ
<i>Pseudokiefferiella aff. parva</i> (Edwards, 1932)	+	+						+	+	ГОЛ
<i>Sympotthastia fulva</i> (Johannsen, 1921)	+				+	+		+		ГОЛ
<i>S. gemmaformis</i> Makarchenko, 1994					+					ВПО
<i>S. repentina</i> Makarchenko, 1984							+			ВПМ
<i>S. takatensis</i> (Tokunaga, 1936)							+	+		ВМО
<i>Syndiamesa mira</i> (Makarchenko, 1980)						+	+			ВМО
<i>S. yosii</i> Tokunaga, 1964							+	+		ВМО
Подсем. Prodiamesinae										
<i>Monodiamesa bathypila</i> Kieffer, 1918	+	+			+	+		+	+	ГОЛ
<i>M. improvisa</i> Makarchenko, 1984								+		ВПМ
<i>M. kamora</i> Makarchenko et Yavorskaya, 2008								+		ВПМ
<i>M. nitida</i> (Kieffer, 1919)	+				+					ПАЕ
<i>Monodiamesa</i> sp.								+		
<i>Odontomesa fulva</i> (Kieffer, 1919)	+				+					ГОЛ
<i>Prodiamesa levaniidovae</i> Makarchenko, 1982					+		+	+		ВМО
<i>P. olivacea</i> Meigen, 1818		+			+		+	+		ГОЛ
<i>Propsilocerus akamusi</i> (Tokunaga, 1938)								+		ВМО
<i>P. amurensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009								+		ВПМ
<i>P. paradoxus</i> (Lundström, 1915)								+		ПТП
Подсем. Orthocladiinae										
<i>Aagaardia oksanae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005							+	+		ВПМ
<i>Aagaardia severtseni</i> (Aagaard, 1979)								+		ГОЛ
<i>Abiskomyia korbokhon</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015								+		ВПМ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>A. levanidovi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015		+	+			+		+		ВПМ
<i>A. rivalis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015						+				ВПМ
<i>A. virgo orientalis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015	+					+			+	ВПМ
<i>Acamptocladius submontanus</i> (Edwards, 1932)									+	ПАЕ
<i>Acricotopus lucens</i> (Zetterstedt, 1850)							+	+	⊕	ГОЛ
<i>A. maritimus</i> Zelentzov, 1993									⊕	ПАА
<i>Allocladus bothnicus</i> (Tuiskunen, 1984)								+		ПАЕ
<i>A. nanseni</i> (Kieffer, 1926)	+				+		+	+		ГОЛ
<i>Antilocladus scalpellatus</i> Wang et Sæther, 1993							+			ВПМ
<i>Boreosmittia aurora</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009							+			ВПМ
<i>B. elevata</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009							+	+		ВПМ
<i>B. khehtsyrika</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009								+		ВПМ
<i>Brillia bifida</i> (Kieffer, 1909)					+	+			+	ПТТ
<i>B. flavifrons</i> (Johannsen, 1905)					+	+	+	+	+	ГОЛ
<i>B. laculata</i> Oliver et Roussel, 1983								+		ГОЛ
<i>Bryophaenocladius akiensis</i> (Sasa, Shimomura et Matuo, 1991)				+	+	+	+	+	+	ВМО
<i>B. auritus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006	+						+		+	ВПА
<i>B. dentatus</i> (Karl, 1937)					+				+	ПАЕ
<i>B. doricensi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009							+			ВПМ
<i>B. flavoscutellatus</i> (Malloch, 1915)					+		+	+		ГОЛ
<i>B. inconstans</i> Brundin, 1947									⊕	ПТТ
<i>B. kobayashii</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006					+					ВПО
<i>B. korkishkoi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006							+	+		ВПМ
<i>B. lanceolatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006							+			ВПМ
<i>B. moneronus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006					+					ВПО
<i>B. nadezhdae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009								+		ВПМ
<i>B. nitidicollis</i> (Goetghebuer, 1913)	+	+					+	+		ПАЕ
<i>B. piltunensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006					+				+	ВПО
<i>B. pleuralis</i> (Malloch, 1915)							+	+	+	ГОЛ
<i>B. pokhaensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012								+		ВПМ
<i>B. pseudosetosus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009								+		ВПМ
<i>B. psilacrus</i> Sæther, 1982					+			+	+	ГОЛ
<i>B. setosus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009								+		ВПМ
<i>B. subparallelus</i> (Malloch, 1915)					+	+	+	+		ГОЛ
<i>B. timptonensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012									+	ВПМ
<i>B. tshukoticus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006						+				ВПМ
<i>B. vernalis</i> (Goetghebuer, 1921)					+	+		+	+	ПАЕ
<i>B. vrangelensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009	+									ВПО
<i>Camptocladius stercorarius</i> (De Geer, 1776)					+	+	+	+		ГОЛ
<i>Cardiocladius fuscus</i> Kieffer, 1924					+		+	+		ПАЕ
<i>Chaetocladius amurensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007								+		ВПМ
<i>C. amnunycta</i> Makarchenko et Makarchenko, 2011									+	ВПМ
<i>C. antipovae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2011								+		ВПМ
<i>C. autumnalis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2004								+		ВПМ
<i>C. binotatus</i> (Lundström, 1915)	+	+								ПТП
<i>C. dissipatus</i> (Edwards, 1929)									⊕	ПТТ
<i>C. egorych</i> Makarchenko et Makarchenko, 2017								+		ВПМ
<i>C. elegans</i> Makarchenko et Makarchenko, 2001	+	?+				+			?	ВПА

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>C. elenae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2013						+				ВПМ
<i>C. fedotkin</i> Makarchenko et Makarchenko, 2013								+		ВПМ
<i>C. aff. glacialis</i> (Lundström, 1915)									⊕	ПТТ
<i>C. grandilobus</i> Brundin, 1956								+		ГОЛ
<i>C. holmgreni</i> (Jacobson, 1898)	+							+		ПАА
<i>C. insularis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2004					+					ВПО
<i>C. ketoensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2004					+					ВПО
<i>C. khrulevae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2013	+									ВПМ
<i>C. ligni</i> Cranston et Oliver, 1988							+	+		ГОЛ
<i>C. lopatinskiy</i> Makarchenko et Makarchenko, 2017								+		ВПМ
<i>C. magnalobus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009				+				+		ВПМ
<i>C. makarchenkovi</i> Zelentsov, 2007		+							+	ПАЕ
<i>C. nudisquamus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2003						+	+			ВПМ
<i>C. perennis</i> (Meigen, 1930)	+							+	⊕	ПАЕ
<i>C. piger</i> (Goetghebuer, 1913)								+	⊕	ГОЛ
<i>C. pseudoligni</i> Makarchenko et Makarchenko, 2002	+									ВПА
<i>C. shilovae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2002									+	ВПМ
<i>C. tatyanae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006			+							ВПМ
<i>C. tenuistylus</i> Brundin, 1947		+								ПАА
<i>C. unicus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2001	+									ВПА
<i>C. variabilis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2003		+				+		+		ВПА
<i>C. yavorskayae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2017								+		ВПМ
<i>Compterosmittia lii</i> Lin et al., 2013						+	+			ВПМ
<i>C. togalimea</i> (Sasa, Okazawa, 1992)						+	+			ВМО
<i>C. toyamaopea</i> (Sasa, 1996)						+	+			ВПО
<i>Corynoneura arctica</i> Kieffer, 1923	+	+			+		+	+		ГОЛ
<i>C. aurora</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010							+	+		ВПМ
<i>C. collaris</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010			+					+		ВПМ
<i>C. doricensi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006							+	+	+	ВПМ
<i>C. edwardsi</i> Brundin, 1949							+	+		ПАЕ
<i>C. fittkaui</i> Schlee, 1968						+	+			ГОЛ
<i>C. fujiundecima</i> Sasa, 1985							+			ВМО
<i>C. gratias</i> Schlee, 1968						+	+			ПАЕ
<i>C. carriana kadalinka</i> Makarchenko et Makarchenko, 2019								+		ВПМ
<i>C. kedrovaja</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006							+	+		ВПМ
<i>C. kibunelata</i> Sasa, 1989							+			ВМО
<i>C. lacustris</i> Edwards, 1924							+			ГОЛ
<i>C. lobata</i> Edwards, 1924			+	+		+	+	+		ГОЛ
<i>C. prima</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006					+		+	+		ВМО
<i>C. secunda</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006					+		+	+		ВМО
<i>C. schleei</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010						+	+			ВПМ
<i>C. scutellata</i> Winnertz, 1846	+				+	+	+	+	+	ГОЛ
<i>C. sundukovi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010							+	+		ВПМ
<i>C. sikhotealinensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2019							+			ВПМ
<i>C. tenuistyla</i> Tokunaga, 1936						+				ВМО
<i>C. tertia</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010							+			ВПМ
<i>C. tokarapequea</i> Sasa et Suzuki, 1995								+		ВМО
<i>Cricotopus (Cricotopus) albiforceps</i> (Kieffer, 1916)							+	+		ГОЛ
<i>C. (C.) annulator</i> Goetghebuer, 1927							+	+	+	ГОЛ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>C. (C.) beringensis</i> Oliver et Dillon, 1988		+								ГОЛ
<i>C. (C.) bicinctus</i> (Meigen, 1818)				+	+	+	+	+		ГОЛ
<i>C. (C.) bimaculatus</i> Tokunaga, 1936					+			+		ВМО
<i>C. (C.) breviantennatum</i> Zelenzov, 2001						+		+		ПТТ
<i>C. (C.) claripes</i> Hirvenoja, 1973							?+	+	+	ПАЕ
<i>C. (C.) cumulatus</i> Hirvenoja, 1973									+	ГОЛ
<i>C. (C.) cylindraceus</i> (Kieffer, 1908)						?+		+		ГОЛ
<i>C. (C.) drazhnicus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2017							+		+	ВПМ
<i>C. (C.) ephippium</i> Zetterstedt, 1838									+	ПТП
<i>C. (C.) everses</i> Hirvenoja, 1973	+									ГОЛ
<i>C. (C.) festivellus</i> (Kieffer, 1905)	+		+	+				+	+	ГОЛ
<i>C. (C.) flavocinctus</i> (Kieffer, 1924)					+		+	+		ГОЛ
<i>C. (C.) gelidus</i> (Kieffer, 1922)									⊕	ГОЛ
<i>C. (C.) leleji</i> Makarchenko et Makarchenko, 2016		+						+		ВПМ
<i>C. (C.) magus</i> Hirvenoja, 1973								+		ПТТ
<i>C. (C.) metatibialis</i> Tokunaga, 1936							+	+		ВМО
<i>C. (C.) obnixus</i> (Walker, 1856)									⊕	ПТТ
<i>C. (C.) pilosellus</i> Brundin, 1956					+					ГОЛ
<i>C. (C.) politus</i> (Coquillett, 1902)					+		+			ГОЛ
<i>C. (C.) pseudopolitus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007							+	+		ВПМ
<i>C. (C.) aff. pulchripes</i> Verral, 1912					+	+		+	⊕	ГОЛ
<i>C. (C.) reissi</i> Makarchenko, 2000	+									ВПА
<i>C. (C.) samargaensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007							+			ВПМ
<i>C. (C.) septentrionalis</i> Hirvenoja, 1973		+					+	+	+	ПАЕ
<i>C. (C.) storozhenkoi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2016							+	+		ВПМ
<i>C. (C.) togacutus</i> Sasa et Okazawa, 1992					+					ВПО
<i>C. (C.) tokunagai</i> Hirvenoja, 1973					+		?+	?+		ВПО
<i>C. (C.) tremulus</i> (Linnaeus, 1758)					+		+	+		ГОЛ
<i>C. (C.) tibialis</i> (Meigen, 1804)	+	+	+		+	+		+	+	ГОЛ
<i>C. (C.) triannulatus</i> (Macquart, 1826)					+		+	+	+	ГОЛ
<i>C. (C.) trifascia</i> Edwards, 1929								+		ГОЛ
<i>C. (C.) tristis</i> Hirvenoja, 1973								+		ГОЛ
<i>C. (C.) tshukoticus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007		+								ВПА
<i>C. (Isocladius) amurensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007								+		ВПМ
<i>C. (I.) anatolii</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009					+					ВПО
<i>C. (I.) arcuatus</i> Hirvenoja, 1973									⊕	ПТТ
<i>C. (I.) everses</i> Hirvenoja, 1973					+		+	+	+	ПАЕ
<i>C. (I.) glacialis</i> (Kieffer, 1922)									⊕	ПТТ
<i>C. (I.) intersectus</i> (Staeger, 1839)								+	+	ГОЛ
<i>C. (I.) laetus</i> Hirvenoja, 1973					+		+	+		ГОЛ
<i>C. (I.) laricomalis</i> Edwards, 1932						+			+	ГОЛ
<i>C. (I.) obnixus</i> (Walker, 1856)						+	+	+		ПАЕ
<i>C. (I.) obtusus</i> Hirvenoja, 1973									⊕	ПТТ
<i>C. (I.)? ornatus</i> (Meigen, 1818)							+		⊕	ГОЛ
<i>C. (I.) perniger</i> (Zetterstedt, 1850)							+	+		ПАЕ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>C. (I.)? pilitarsis</i> (Zetterstedt, 1850)								+	ГОЛ	
<i>C. (I.) speciosus</i> Goetghebuer, 1921								⊕	ПТТ	
<i>C. (I.) sylvestris</i> (Fabricius, 1794)		+	+	+		+	+	+	ГОЛ	
<i>C. (I.) trifasciatus</i> (Meigen, 1813)				+	+	+	+		ГОЛ	
<i>C. (Nostococladius) lygropis</i> Edwards, 1929						+	+		ПАЕ	
<i>C. (Paratrichocladius) rufiventris</i> (Meigen, 1830)		+	+			+	+		ГОЛ	
<i>C. (P.) scaturigineus</i> (Makarchenko et Makarchenko, 2015)								+	ВПМ	
<i>C. (P.) sikhotealinus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015						+		+	ВПМ	
<i>C. (P.) skirwithensis</i> (Edwards, 1929)			+	+		?+			?+	ГОЛ
<i>C. (Pseudocricotopus) montanus</i> Tokunaga, 1936				+					ВПО	
<i>C. (P.) tamadigitatus</i> Sasa, 1981							+	+	ВМО	
<i>Diplocladius cultriger</i> Kieffer, 1908	+	+	+		+	+	+	+	⊕	ГОЛ
<i>Doncricotopus bicaudatus</i> Sæther 1981		+							⊕	ГОЛ
<i>D. dentatus</i> Tuiskunen, 1986						+		+	ГОЛ	
<i>Doithrix doricensi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2008							+	+	ВПМ	
<i>Epoicocladus flavens</i> (Malloch, 1915)							+		ГОЛ	
<i>Eukiefferiella boevrensis</i> Brundin, 1956								⊕	ПТТ	
<i>E. brehmi</i> Gouin, 1943							+	+	ГОЛ	
<i>E. bykova</i> Makarchenko et Makarchenko, 2019								+	ВПМ	
<i>E. gr. brevicalcar</i> (Kieffer, 1911)							+	+	⊕	
<i>E. captiosa</i> Makarchenko et Makarchenko, 2019								+	ВПМ	
<i>E. chuzeoctava</i> Sasa, 1984					+		+	+	ВМО	
<i>E. claripennis</i> (Lundbeck, 1898)	+	+			+	+	+	+	ГОЛ	
<i>E. clypeata</i> Kieffer, 1923					+		+	+	ПАЕ	
<i>E. convexa</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010							+	+	ВПМ	
<i>E. gr. devonica</i>								+	⊕	
<i>E. ? ilkleyensis</i> Edwards, 1929						+			ПАЕ	
<i>E. intermedia</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010					+		+		ВПМ	
<i>E. limuri</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010						+		+	ВПМ	
<i>E. obergi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005				+					ВПО	
<i>E. ternus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012									+	ВПМ
<i>E. togaeutertia</i> Sasa et Okazawa, 1992				+				+	ВПО	
<i>E. zhiltzovae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010							+		ВПМ	
<i>Eurycnemus</i> sp.*					+		+		ВМО	
<i>Euryhapsis cilium</i> Oliver, 1981		+		+	+		+		ГОЛ	
<i>E. fuscipropes</i> Sæther et Wang, 1992							+	+	+	ВПМ
<i>E. subviridis</i> (Siebert, 1979)		+		+	+	+	+	+	ПАЕ	
<i>Georthocladius shiotanii</i> (Sasa et Kawai, 1987)							+		ВМО	
<i>Georthocladius</i> sp.*							+	+		
<i>Gymnometriocnemus</i> (G.)? <i>subnudus</i> (Edwards, 1929)							+		ПАЕ	
<i>G. (Raphidocladius) brumalis</i> (Edwards, 1929)							+	+	ГОЛ	
<i>G. (R.) kamimegavirgus</i> Sasa et Hirabayashi, 1993						+	+	+	ВМО	
<i>G. (R.) tairaprimus</i> Sasa et Okazawa, 1994								+	Тип	
<i>Heleniella osarumaculata</i> Sasa, 1988						+	+		ВМО	
<i>H. parva</i> Sæther, 1985								+	ГОЛ	
<i>Heterotanytarsus</i> sp.*								+		
<i>Heterotri ssocladus change</i> Sæther, 1975	?+			+	?+	+	+	+	⊕	ГОЛ
<i>H. ? grimshawi</i> (Edwards, 1929)								+	ПАЕ	
<i>H. maeaeri</i> Brundin, 1949	+							+	ГОЛ	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>H. marcidus</i> (Walker, 1856)				?+	?+	+	+			ГОЛ
<i>H. simmiensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2016							+			ВПМ
<i>H. sonah</i> (Makarchenko et Makarchenko, 2007)							+	+		ВПМ
<i>H. scutellatus</i> (Goetghebuer, 1942)							+			ПАЕ
<i>H. subpilosus</i> (Kieffer, 1911)	+	+								ГОЛ
<i>Hydrobaenus biwaquartus</i> Sasa et Kawai, 1987							+			ВМО
<i>H. conformis</i> (Holmgren, 1869)	+	+				+	+			ГОЛ
<i>H. distinctus</i> (Makarchenko et Makarchenko, 2006)						+	+			ВПМ
<i>H. fusistylus</i> (Goetghebuer, 1933)	+	+	+		+	+	+	+		ГОЛ
<i>H. golovinensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2017						+	+			ВПМ
<i>H. jacuticus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2011					+		+	+		ВПМ
<i>H. kisosecundus</i> (Sasa et Kondo, 1991)						+				ВМО
<i>H. lapponicus</i> Brundin, 1956									⊕	ПТТ
<i>H. lugubris</i> Fries, 1830									⊕	ПТТ
<i>H. laticaudus</i> Sæther, 1976							+			ГОЛ
<i>H. maiorovi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2014						+				ВПМ
<i>H. majus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015						+	+			ВПМ
<i>H. maladistinctus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009							+			ВПМ
<i>H. monodentatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005						+				ВПМ
<i>H. parvacaudatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009						+	+			ВПМ
<i>H. pilipes</i> (Malloch, 1915)									⊕	ГОЛ
<i>H. pseudoconformis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009							+			ВПМ
<i>H. septentrionalis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005	+									ВПА
<i>H. sigaensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009							+			ВПМ
<i>H. sikhotealinensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006							+	+		ВПМ
<i>H. sirikus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005							+			ВПМ
<i>H. tiunovi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010							+			ВПМ
<i>H. tumidistylus</i> Sæther, 1976									⊕	ГОЛ
<i>Hydromittia oxoniiana</i> (Edwards, 1922)	+		+	+	+	+	+	+		ГОЛ
<i>H. ruttneri</i> Strenzke et Thienemann, 1942		+			+		+			ПАЕ
<i>Krenosmittia borealpina</i> (Goetghebuer, 1944)					+		+	+		ГОЛ
<i>K. camptophleps</i> (Edwards, 1929)							+	+		ПАЕ
<i>K. halvorseni</i> Cranston et Sæther, 1986	+	+			+	+	+	+		ГОЛ
<i>K. margarittoi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2019								+		ВПМ
<i>K. sakhalinensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2011					+					ВПО
<i>K. toyamaquerea</i> Sasa, 1996								+		ВМО
<i>K. variabilis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2011								+	+	ВПМ
<i>K. zhiltzovae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006							+			ВПМ
<i>Limnophyes aagaardi</i> Sæther, 1990		+								ПАЕ
<i>L. anderseni</i> Sæther, 1990	+				+				⊕	ГОЛ
<i>L. akannonus</i> Sasa et Kamimura, 1987				+	+		+	+		ВМО
<i>L. asquamatus</i> Andersen, 1937		+		+	+	+	+	+		ГОЛ
<i>L. brachytomus</i> (Kieffer, 1922)	+								⊕	ГОЛ
<i>L. chulmanensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012								+	+	ВПМ
<i>L. convexiusculus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2013						+	+	+		ВПМ
<i>L. ? cranstoni</i> Sæther, 1990						+	+	+		ПАЕ
<i>L. difficilis</i> Brundin, 1947							+	+		ПАЕ
<i>L. edwardsi</i> Sæther, 1990				+	+	+	+	+		ПАЕ
<i>L. eltoni</i> (Edwards, 1922)	+	+			+		+	+		ГОЛ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>L. gelasinus</i> Sæther, 1990							+	+	+	ВПМ
<i>L. margaretae</i> Sæther, 1975								+		ГОЛ
<i>L. minimus</i> (Meigen 1818)		+		+	+		+	+	+	ГОЛ
<i>L. natalensis</i> (Kieffer, 1914)			+	+	+		+	+	+	ГОЛ
<i>L.? ninae</i> Sæther, 1975								+		ГОЛ
<i>L. okhotensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2003							+		+	ВПМ
<i>L. pentaplastus</i> (Kieffer, 1921)					+	+		+	+	ГОЛ
<i>L. pseudopumilio</i> Makarchenko et Makarchenko, 2001	+									ВПА
<i>L. pumilio</i> (Holmgren, 1869)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	ГОЛ
<i>L. schnelli</i> Sæther, 1990				+	+					ПАЕ
<i>L. strobilifer</i> Makarchenko et Makarchenko, 2004					+	+			+	ВМО
<i>L. tamakitanoides</i> Sasa, 1981						+				ВПО
<i>L. verpus</i> Wang et Sæther, 1993									+	ВПМ
<i>L. vrangelensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2001	+									ВПА
<i>Limnophyes</i> sp.									+	
<i>Mesocricotopus thienemanni</i> (Goetghebuer, 1940)		+				+			+	ГОЛ
<i>Mesosmittia patriarchae</i> Sæther, 1985							+	+		ГОЛ
<i>Metroclemens amurensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009						+		+		ВПМ
<i>M. aprilis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2020								+		ВПМ
<i>M. beringiensis</i> (Cranston et Oliver, 1988)					+					ГОЛ
<i>M. bilobatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2004						+		+	+	ВМО
<i>M. brusti</i> Sæther, 1989		+							+	ГОЛ
<i>M. caudigus</i> Saether, 1995								+		ПАЕ
<i>M. dilatatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2014								+	+	ВПМ
<i>M. eurynotus</i> (Holmgren, 1883)	+	+		+	+	+	+	+	+	ГОЛ
<i>M. fuscipes</i> (Meigen, 1818)	+	+	+	+	+		+		+	ГОЛ
<i>M. hydropetricus</i> (Kieffer, 1912)									⊕	ПТТ
<i>M. intergerivus</i> Sæther, 1995	+							+		ГОЛ
<i>M. picipes</i> (Meigen, 1818)					+	+	+	+	+	ГОЛ
<i>M. robustus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2014									+	ВПМ
<i>M. rufulus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009							+			ВПО
<i>M. sternerectus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2013	+									ВПА
<i>M. tenebricus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2013	+									ВПА
<i>M. ursinus</i> (Holmgren, 1869)	+									ГОЛ
<i>Nanocladius</i> (<i>Nanocladius</i>) <i>balticus</i> (Palmen, 1959)							+	?+		ПАЕ
<i>N. (N.) bicolor</i> Zetterstedt, 1838						+				ПАЕ
<i>N. (N.) dichromus</i> (Kieffer, 1906)						+				ПАЕ
<i>N. (N.) distinctus</i> (Malloch, 1915)						+	+	+	+	ГОЛ
<i>N. (N.) minimus</i> Sæther, 1977								+		ГОЛ
<i>N. (N.) palpideminutus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2001								+		ВПМ
<i>N. (N.) pubescens</i> Makarchenko et Makarchenko, 2004						+		+		ВПО
<i>N. (N.) spiniplenus</i> Sæther, 1977							+	+		ГОЛ
<i>N. (N.) tamabilicolor</i> Sasa, 1981					+		+	+		ВМО
<i>N. (Plecopteracoluthus) asiaticus</i> Hayashi, 1998					+					ВПО
<i>Ninelia proboscidea</i> (Makarchenko et Makarchenko, 2003)							+	+		ВПМ
<i>Oliveridia? tricornis</i> Oliver, 1976							+	+		ГОЛ
<i>Orthocladius</i> (<i>Eudactylocladius</i>) <i>dubitatus</i> Johannsen, 1942						+				ГОЛ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>O. (E.) gelidorum</i> (Kieffer, 1923)								+		ПАЕ	
<i>O. (E.) olivaceus</i> (Kieffer, 1911)			+	?+	?+				+	ГОЛ	
<i>O. (Euorthocladius) abiskoensis</i> Thienemann et Krüger, 1937							+	+		ГОЛ	
<i>O. (E.) insolitus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006	+	+				+				ВПА	
<i>O. (E.) kanii</i> (Tokunaga, 1939)					+	+	+			ВМО	
<i>O. (E.) rivicola</i> Kieffer, 1921						+	+	+		ГОЛ	
<i>O. (E.) rivulorum</i> Kieffer, 1909						+	+	+		ГОЛ	
<i>O. (E.) saxosus</i> (Tokunaga, 1939)				+	+	+	+	+		ГОЛ	
<i>O. (E.) subbullatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2008							+			ВПМ	
<i>O. (E.) subletteorum</i> Cranston, 1988					?+				?+	+	ГОЛ
<i>O. (E.) tschernovi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2014	+									ВПА	
<i>O. (E.) thienemanni</i> Kieffer, 1906							+		⊕	ГОЛ	
<i>O. (E.) ushakovskiensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2014	+									ВПА	
<i>O. (Mesorthocladius) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)		+	+	+	+	+	+	+	+	ГОЛ	
<i>O. (M.) ebrius</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012									+	ВПМ	
<i>O. (M.) klishkoae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2008								+		ВПМ	
<i>O. (M.) lamellatus</i> Sæther, 2005								+	+	ГОЛ	
<i>O. (M.) roussellae</i> Soponis, 1990	+	+						+		ГОЛ	
<i>O. (M.) vaillanti</i> Langton et Cranston, 1991							+	+		ПАЕ	
<i>O. (Orthocladius) appersoni</i> Soponis, 1977				+		+				ГОЛ	
<i>O. (O.) chuzesectus</i> Sasa, 1984							+	+		ВМО	
<i>O. (O.) cognatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006		+								ВПА	
<i>O. (O.) dorenu</i> s (Roback, 1957)					+					ГОЛ	
<i>O. (O.) defensus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006			+			+	+	+		ВПМ	
<i>O. (O.) dentifer</i> Brundin, 1947									⊕	ГОЛ	
<i>O. (O.) hazenensis</i> Soponis, 1977	+									ГОЛ	
<i>O. (O.) hellenthali</i> Soponis, 1977									⊕	ГОЛ	
<i>O. (O.) gr. nitidoscutellatus</i>		+	+	+		+					
<i>O. (O.) linevitshae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2008				+						ВПМ	
<i>O. (O.) oblidens</i> (Walker, 1856)					+					ГОЛ	
<i>O. (O.) sakhalinensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006					+					ВПО	
<i>O. (O.) pedestris</i> Kieffer, 1909			+				+	+	+	ПАЕ	
<i>O. (O.) rubicundus</i> (Meigen, 1818)							+	+		ПАЕ	
<i>O. (O.) setosus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006			+		+	+	+	+	+	ВМО	
<i>O. (O.) yugashimaensis</i> Sasa, 1979			+				+	+		ВМО	
<i>O. (Pogonocladius) consobrinus</i> (Holmgren, 1869)	+	+							⊕	ГОЛ	
<i>O. (Symposiocladius) lignicola</i> Kieffer, 1915			+		?+	+	+	+		ГОЛ	
<i>O. (S.) schnelli</i> Sæther, 2004						+		+		ПАЕ	
<i>Parachaetocladius akanoctavus</i> Sasa et Kamimura, 1987							+			ВМО	
<i>Paracladius alpicola</i> Zetterstedt, 1850						+			+	ГОЛ	
<i>P. onverses</i> (Walker, 1856)			+				+		+	ГОЛ	
<i>P. omolonus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006	+									ВПА	
<i>P. quadrinodosus</i> Hirvenoja, 1973									⊕	ГОЛ	
<i>P. seutacanus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006	+									ВПА	
<i>Paracricotopus</i> sp.							+	+			

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>P. tamabrevis</i> (Sasa, 1983)							+	+		ВМО
<i>Parakiefferiella bathophila</i> (Kieffer, 1912)		+	+	+	+	+		+	⊕	ГОЛ
<i>P. bilobata</i> Tuiskunen, 1986								+		ПАЕ
<i>P. chuzeundecima</i> (Sasa, 1984)								+		ВПО
<i>P. coronata</i> (Edwards, 1929)						+		+		ГОЛ
<i>P. fennica</i> Tuiskunen, 1986									+	ГОЛ
<i>P. gynocera</i> (Edwards, 1937)	+									ПТТ
<i>P. nigra</i> Brundin, 1949							+		+	ГОЛ
<i>P. rara</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007		+		?+	+	+	+			ВПМ
<i>P. scandica</i> Brundin, 1956	+				+				⊕	ПАЕ
<i>P. smolandica</i> (Brundin, 1947)					+	+	+	+	+	ПАЕ
<i>P. viktana</i> Makarchenko et Makarchenko, 2010		+			+					ВПМ
<i>P. vshivkovae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2001								+		ВПМ
<i>Paralimnophyes longiseta</i> (Thienemann, 1921)								+		ПАЕ
<i>P. dolgikh</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015								+		ВПМ
<i>P. trilineatus</i> (Lundström, 1915)									⊕	ГОЛ
<i>Parametriocnemus borealpinus</i> Gouin, 1942		+				+	+	+		ПАЕ
<i>P. biappendiculatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006	+									ВПА
<i>P. graminicola</i> (Lundbeck, 1898)								+		ГОЛ
<i>P. kuriensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006			+				+			ВМО
<i>P. stylatus</i> (Kieffer, 1924)					+		+	+		ГОЛ
<i>P. zorinae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009							+			ВПМ
<i>Parametriocnemus</i> sp.*							+			
<i>Parametriocnemus</i> sp. A* Sæther, 1969							+		+	ГОЛ
<i>Paraphaenocladius exagitans</i> (Johannsen, 1905)							+		+	ГОЛ
<i>P. impensus</i> (Walker, 1856)	+	+		+	+	+		+	+	ГОЛ
<i>P. gr. irritus</i>									+	
<i>P. kunashiricus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006				+						ВПО
<i>P. nasthecus</i> Sæther, 1969									⊕	ГОЛ
<i>P. penerasus</i> (Edwards, 1929)				+	+			?+		ПАЕ
<i>Parasmittia bidzhanica</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012								+		ВПМ
<i>P. carinata</i> Strenzke, 1950								+		ГОЛ
<i>P. kamicuta</i> (Sasa et Hirabayashi, 1993)								+		ВМО
<i>Paratrichocladius rufiventris</i> (Meigen, 1830)				+	+		+	+		ГОЛ
<i>P. skirwithensis</i> (Edwards, 1929)		+	+			+	+			ГОЛ
<i>Paratrissocladius excerptus</i> (Walker, 1856)				+					⊕	ПАЕ
<i>Parorthocladius</i> sp. 1 Makarchenko et Makarchenko, 2015							+	+		ВПМ
<i>P. lazovskiensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015						+		+		ВМО
<i>P. plolabius</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015			+			+		+		ВПМ
<i>P. tyurkini</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015	+									ВПМ
<i>Platysmittia bilyji</i> Sæther, 1985								+	+	ГОЛ
<i>Prosmittia anyuica</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009								+		ВПМ
<i>P. kamiquarta</i> (Sasa et Hirobayashi, 1991)				+	+	+				ВМО
<i>P. rectangularis</i> Tuiskunen, 1985	+					+		+		ПАЕ
<i>P. tauiensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007							+			ВПМ
<i>Psectrocladius (Allopsectrocladius) obvius</i> (Walker, 1956)		+		+	+			?+	⊕	ГОЛ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Psectrocladius (Psectrocladius) bisetus</i> Goetghebuer, 1942							+		ПАЕ	
<i>P. (P.) fennicus</i> Storă, 1939	+		+					⊕	ГОЛ	
<i>P. (P.) sokolovae</i> Zelentsov et Makarchenko, 1988	+							⊕	ВПА	
<i>P. (P.) sordidellus</i> (Zetterstedt, 1838)					+	+	+		ПАЕ	
<i>P. (P.) zelentzovi</i> Makarchenko, 2003				+		+			ВМО	
<i>P. (P.) zetterstedti</i> Brundin, 1949						+	+		ГОЛ	
<i>Pseudorthocladius barbatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006				+			+	+	ВМО	
<i>P. cristatus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012								+	ВПМ	
<i>P. curtistylus</i> Goetghebuer, 1921					+			+	ГОЛ	
<i>P. fujiquintus</i> (Sasa, 1985)							+	+	ВМО	
<i>P. insularis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012				+					ВПО	
<i>P. labayi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012					+				ВПО	
<i>P. multisetus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012								+	ВПМ	
<i>P. rectilobus</i> Sæther et Sublette, 1983				+					ГОЛ	
<i>P. ruttneri</i> Strenzke et Thienemann, 1942	+							+	ПАЕ	
<i>Pseudosmittia angustia</i> (Edwards, 1929)								+	+	ПАЕ
<i>P. brundini</i> Makarchenko et Makarchenko, 2008							+	+	ВПМ	
<i>P. danconai</i> (Marcuzzi, 1947)					+	+	+	+	ПАЕ	
<i>P. forcipata</i> (Goetghebuer, 1921)				+	+	+	+	+	ГОЛ	
<i>P. holsata</i> Thienemann et Strenzke, 1940					+			+	ПАЕ	
<i>P. mathildae</i> Albu, 1968							+	+	ПАЕ	
<i>P. nansemi</i> (Kieffer, 1926)				+	+	+	+	+	ГОЛ	
<i>P. nishiharaensis</i> Sasa et Okazawa, 1988							+		ВМО	
<i>P. oxoniana</i> (Edwards, 1922)				+	+	+		+	ГОЛ	
<i>P. rostriformis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006							+	+	ВПМ	
<i>P. sirotskyi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2011								+	+	ВПМ
<i>P. trilobata</i> (Edwards, 1929)					+		+		ПАЕ	
<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) effusus</i> (Walker, 1956)					+		+	+	ГОЛ	
<i>R. (R.) brunensis</i> (Goetghebuer, 1937)								⊕	ПТТ	
<i>R. (R.) eminellobus</i> Sæther, 1969							+	+	ГОЛ	
<i>R. (R.) pauciseta</i> Sæther, 1969				+	+	+			ГОЛ	
<i>R. (R.) redundus</i> Sæther et Schnell, 1988	+								ПАЕ	
<i>R. (R.) tshernovskii</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005					+	+	+	+	+	ВМО
<i>R. (Psilocricotopus) chalybeatus</i> Edwards, 1929							+		ПТП	
<i>R. (P.) glabricollis</i> (Meigen, 1830)							+	+	ГОЛ	
<i>R. (P.) imperfectus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005					+				ВПО	
<i>R. (P.) insularis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005					+				ВПО	
<i>R. (P.) nigrus</i> Wang et Zheng, 1989							+	+	ВПМ	
<i>R. (P.) nudisquamus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009							+		ВПМ	
<i>Rheosmittia arcuata</i> Coldwell, 1996								+	ГОЛ	
<i>R. languida</i> (Brundin, 1956)	+	+	+			+		⊕	ПАЕ	
<i>R. spinicornis</i> (Brundin, 1956)		+			+	+	+	⊕	ПАЕ	
<i>Sasacricotopus jintusecundus</i> (Sasa, 1990)							+		ВМО	
<i>Smittia admiranda</i> Makarchenko et Makarchenko, 2003							+		ВПМ	
<i>S. akanduodecima</i> Sasa et Kamimura, 1987				+		+	+	+	ВМО	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>S. aquatilis</i> Goetghebuer, 1921								⊕	ПТТ	
<i>S. aterrima</i> (Meigen, 1818)		+	+	+	+	+	+	+	+	ГОЛ
<i>S. controversa</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005						+		+	+	ВПМ
<i>S. edwardsi</i> Goetghebuer, 1932								⊕	ГОЛ	
<i>S. extrema</i> (Holmgren, 1869)	+					+	+	+	+	ГОЛ
<i>S. hakusansecunda</i> Sasa et Okazawa, 1994				+						ВМО
<i>S. insignipes</i> Brundin, 1947				+						ПАЕ
<i>S. itachipennis</i> Sasa et Kawai, 1987					+		+	+	+	ВМО
<i>S. joganbrevicosta</i> Sasa et Okazawa, 1991							+	+		ВМО
<i>S. leucopogon</i> (Meigen, 1804)						+	+	+	+	ПАЕ
<i>S. longivirga</i> Makarchenko et Makarchenko, 2011								+		ВПМ
<i>S. nudipennis</i> Goetghebuer, 1913						+		+	+	ПАЕ
<i>S. pratorum</i> (Goetghebuer, 1927)								+		ГОЛ
<i>S. rostrata</i> Wang, 1996	+						+			ВПМ
<i>S. sainokoensis</i> Sasa, 1984	+								+	ВМО
<i>S. seppfittkai</i> Ashe et O'Connor, 2012							+	+		ВПМ
<i>S. vesparum</i> Goetghebuer, 1921 (after Tokunaga 1940)					+					ПАЕ
<i>Stilocladius intermedius</i> Wang, 1998				+	+	+	+	+		ВМО
<i>S. orientalis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2003						+	+	+		ВПМ
<i>Symbiocladius villosus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2015						+	+	+		ВМО
<i>Synorthocladius semivirens</i> (Kieffer, 1909)							+	+	+	ГОЛ
<i>Thienemanniella chuzeduodecima</i> Sasa, 1984	+	+	+				+	+		ВМО
<i>T.? lobapodema</i> Hestenes et Sæther								+		ГОЛ
<i>T. ingular</i> (Edwards, 1924)	+		+			+	+			ГОЛ
<i>T. oyabedilata</i> Sasa, Kawai et Ueno, 1988					+		?+	+		ВМО
<i>T. tiunovae</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006					+	+		+		ВМО
<i>T. xena</i> (Roback, 1957)					+	+	+	+	+	ГОЛ
<i>Tokunagaia ambigua</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007					+	+		+	+	ВМО
<i>T. biconvexa</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007					+					ВПО
<i>T. chuzenona</i> (Sasa, 1984)						+				ВПО
<i>T. darpiri</i> Makarchenko et Makarchenko, 2019									+	ВПМ
<i>T. ikip</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007					+					ВПО
<i>T. interdicta</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009								+		ВПМ
<i>T. kibunensis</i> (Tokunaga, 1939)	+							?+		ВМО
<i>T. lagutini</i> Makarchenko et Makarchenko, 2017								+		ВПМ
<i>T. oleantoni</i> Makarchenko et Makarchenko, 2007				+			+	+		ВПМ
<i>T. paraexcellens</i> Tuiskunen, 1986		+						+		ПАЕ
<i>T. pseudorowensis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2004						+				ВПО
<i>T. rectangularis</i> (Goetghebuer, 1940)	+	+	+					?+		ПАЕ
<i>T. rowensis</i> (Sæther, 1969)							+			ГОЛ
<i>T. scutellata</i> (Brundin, 1956)								+	+	ПАЕ
<i>T. ingular</i> Makarchenko et Makarchenko, 2009								+		ВПМ
<i>Tokunagaia</i> sp.*								+		ВПМ
<i>T. tatyanae</i> (Makarchenko et Makarchenko, 2006)				+				+		ВПА
<i>T. tonollii</i> (Rossaro, 1983)					+					ПАЕ
<i>Trichosmittia hikosana</i> Yamamoto, 1999								+		ВПО
<i>Trissocladius brevipalpis</i> Kieffer, 1908									⊕	ПТТ
<i>Tsudayusurika fudosecunda</i> Sasa, 1985							+			ВМО

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>T. safonikha</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012							+	+		ВПМ
<i>Tvetenia bidzhanica</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012				+			+	+		ВПМ
<i>T. boreomontana</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006	+					+		+		ВПМ
<i>T. duodenaria</i> Kieffer, 1922					+					ГОЛ
<i>T. paucunca</i> Sæther, 1969									⊕	ГОЛ
<i>T. pilata</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012					+	+	+	+		ВПМ
<i>T. pogibi</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012					+					ВПО
<i>T. tamaflava</i> Sasa, 1981					+	+		+	+	ВМО
<i>T. veralli</i> (Edwards, 1929)									⊕	ГОЛ
<i>T. vialis</i> Makarchenko et Makarchenko, 2012							+	+		ВПМ
<i>T. vitracies</i> (Sæther, 1969)					+	+	+	+		ГОЛ
<i>Vivacricotopus ablusus</i> Schnell et Sæther, 1988								+	⊕	ПАЕ
<i>V. elgandzha</i> Makarchenko et Makarchenko, 2005								+		ВПМ
<i>V. nikolaii</i> Makarchenko et Makarchenko, 2016								+		ВПМ
<i>V. piloculus</i> Cranston et Oliver, 1988						+		+	⊕	ГОЛ
<i>Zalutschia furcarca</i> Sæther, 1976						+				ГОЛ
<i>Z.?</i> <i>humphriesiae</i> Dowling et Murray, 1980						+			+	ПАЕ
<i>Z. mucronata</i> (Brundin, 1949)									⊕	ПТТ
<i>Z. tatica</i> (Pagast, 1935)	+									ГОЛ
<i>Z. tornetraeskensis</i> (Edwards et Thienemann, 1941)								+		ПТТ
<i>Z. trigonacies</i> Sæther, 1976	+							+	+	ГОЛ
<i>Z. zalutschicola</i> Lipina, 1939						+				ГОЛ
Подсем. Chironominae										
Триба Chironomini										
<i>Ainuyusurika tuberculata</i> (Tokunaga, 1940)					+		+			ВМО
<i>Axarus fundorum</i> (Albu, 1980)								+		ПТП
<i>Beckidia biraensis</i> Zorina, 2006								+		ВПМ
<i>B. connexa</i> Zorina, 2006								+		ВПМ
<i>B. tethys</i> (Townes, 1945)								+		ГОЛ
<i>B. zabolotskyi</i> (Goetghebuer, 1938)								⊕		ПТП
<i>Benthalia carbonaria</i> (Meigen, 1804)					+	+		+	+	ПТП
<i>Chernovskia orbicus</i> (Townes, 1945)								+		ГОЛ
<i>Chironomus (Chaetolabis) macani</i> Freeman, 1948				+		+	+	+		ПТП
<i>C. (Chironomus) acidophilus</i> Keyl, 1960	+									ПТП
<i>C. (C.) agilis</i> Shobanov, Dyomin, 1988									⊕	ПТП
<i>C. (C.) annularis</i> Meigen, 1818									⊕	ГОЛ
<i>C. (C.) anthracinus</i> Zetterstedt, 1860									⊕	ГОЛ
<i>C. (C.) biwaprimus</i> Sasa, Kawai, 1997								+		ВМО
<i>C. (C.) borokensis</i> Kerkis et al., 1988							+		⊕	ПТП
<i>C. (C.) cingulatus</i> Meigen, 1830									⊕	ПТП
<i>C. (C.) jommartini</i> Lindeberg, 1979									⊕	ПАЕ
<i>C. (C.) nipponensis</i> Tokunaga, 1940					⊕					ВМО
<i>C. (C.) novosibiricus</i> Kiknadze et al., 1993						⊕				ПТП
<i>C. (C.) pallidivittatus</i> Edwards, 1929		+							⊕	ГОЛ
<i>C. (C.) plumosus</i> (Linnaeus, 1758)				+				⊕	⊕	ГОЛ
<i>C. (C.) salinarius</i> Kieffer, 1915							+			ПТП
<i>C. (C.) saxatilis</i> Wuelker, Ryser & Scholl, 1981									⊕	ПАЕ
<i>C. (C.) tentans</i> Fabricius, 1805					+		+	+	⊕	ГОЛ
<i>C. (C.) trinigrivittatus</i> Tokunaga, 1940						⊕				ВПО
<i>C. (C.)? tuvanicus</i> Kiknadze et al., 1993							⊕			ПТП

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>C. (C.) yoshimatsui</i> Martin, Sublette, 1972					⊕					BMO
<i>Chironomus</i> (C.) spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>C. (Lobochironomus) dorsalis</i> (Meigen, 1818)					+	+	+			ГОЛ
<i>C. (L.)? mendax</i> (Storå, 1936)						+				ГОЛ
<i>C. (Lobochironomus) sp. 1</i>								+		
<i>C. (Lobochironomus) sp. 2</i>								+		
<i>Cladopelma edwardsi</i> (Kruseman, 1933)						+	+	+		ГОЛ
<i>C. goetghebueri</i> Spies, Sæther, 2004						+				ПТП
<i>C. krusemani</i> (Goetghebuer, 1935)				+	+	+				ПТП
<i>C. virescens</i> (Meigen, 1818)								+		ПТП
<i>C. viridulum</i> (Linnaeus, 1767)	+	+	+	+	+	+	+	+		ГОЛ
<i>Cryptochironomus</i> (<i>Cryptochironomus</i>)? <i>albofasciatus</i> (Staeger, 1839)							+	+		ПТП
<i>C. (C.) defectus</i> (Kieffer, 1913)						+	+	+		ПТП
<i>C. (C.) hentonensis</i> Hasegawa, Sasa, 1987		+		+		+				BMO
<i>C. (C.) psittacinus</i> (Meigen, 1830)						+				ГОЛ
<i>C. (C.) redekei</i> (Kruseman, 1933)	+	+	+						+	BMO
<i>C. (C.) tamaichimori</i> Sasa, 1987					+		+	+		BMO
<i>C. (C.) ussouriensis</i> (Goetghebuer, 1933)					+			+		ПТП
<i>Cryptochironomus</i> (C.) spp.		+	+	+	+	+	+	+	⊕	
<i>C. (Chironozorina) dilatatus</i> (Zorina, 2000)								+		ВПМ
<i>C. (C.) rectus</i> (Zorina, 2000)								+		ВПМ
<i>Cryptotendipes casuarinus</i> (Townes, 1945)					+		+	+		ГОЛ
<i>C. emorsus</i> (Townes, 1945)					+					ГОЛ
<i>C. lyalichi</i> Zorina, 2006								+		ВПМ
<i>C. usmaensis</i> (Pagast, 1931)								+		ПТП
<i>Cyphomella cornea</i> Sæther, 1977					+		+			ГОЛ
<i>Demeijerea rufipes</i> (Linnaeus, 1761)					+		+	+		ПТП
<i>Demicryptochironomus</i> (<i>Demicryptochironomus</i>) <i>chuzequartus</i> Sasa, 1984						+	+	+		BMO
<i>D. (D.) evgenii</i> Zorina, 2004	+	+		+		+	+	+		BMO
<i>D. (D.) lutoga</i> Zorina, 2004					+	+		+		BMO
<i>D. (D.) uresicarinus</i> Sasa, 1989								+		BMO
<i>D. (D.) vulneratus</i> (Zetterstedt, 1838)						+			⊕	ПТП
<i>D. (Irmakia) fastigatus</i> (Townes, 1945)				+	+		+	+		ГОЛ
<i>D. (I.) neglectus</i> Reiss, 1988					+					ПТП
<i>D. (I.) oyabeprimus</i> (Sasa, Kawai, Ueno, 1988)								+		BMO
<i>Dicrotendipes inouei</i> Hashimoto, 1984					+		+			BMO
<i>D. lobiger</i> (Kieffer, 1921)	+	+		+		+	+	+		ГОЛ
<i>D. nervosus</i> (Staeger, 1939)					+		+		⊕	ГОЛ
<i>D. nigrocephalicus</i> Niitsuma, 1995							+	+		BMO
<i>D. orientalis</i> Zorina, 2006							+	+		ВПМ
<i>D. ovaliformis</i> Zorina, 2001								+		ВПМ
<i>D. pelochloris</i> (Kieffer, 1921)								+		BMO
<i>D. pulsus</i> (Walker, 1856)	+	+	+	+	+	+	+	+	⊕	ГОЛ
<i>D. tritomus</i> (Kieffer, 1916)								+	+	ГОЛ
<i>D. unicus</i> Zorina, 2001									+	ВПМ
<i>Einfeldia pagana</i> (Meigen, 1838)						+	+	+		ГОЛ
<i>Endochironomus?</i> <i>albibennis</i> (Meigen, 1830)				+		+	+	+	⊕	ПТП
<i>E. oldenbergi</i> Goetghebuer, 1932	+									ГОЛ
<i>E. pekanus</i> (Kieffer, 1911)								+		BMO

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>E. stackelbergi</i> Goetghebuer, 1935							+			ПТП
<i>E.? tendens</i> (Fabricius, 1775)				+	+		+	+		ПТП
<i>Endotribelos</i> sp.							+			
<i>Glyptotendipes (Caulochironomus) imbecilis</i> (Walker, 1856)								+		ПТП
<i>G. (Glyptotendipes) barbipes</i> (Staeger, 1839)								+	⊕	ГОЛ
<i>G. (G.) caulinigallus</i> (Kieffer, 1913)					+		+	+		ПТП
<i>G. (G.) glaucus</i> (Meigen, 1818)								+	⊕	ПТП
<i>G. (G.) lobiferus</i> (Say, 1823)	+									ГОЛ
<i>G. (G.) nishidai</i> Yamamoto, 1995					+		+	+		ВМО
<i>G. (G.) pallens</i> (Meigen, 1804)							+	+		ПТП
<i>G. (G.) paripes</i> (Edwards, 1929)	+	+		+			+	+	⊕	ГОЛ
<i>G. (G.) tokunagai</i> Sasa, 1979								+		ВМО
<i>G. (Heynotendipes) signatus</i> (Kieffer, 1909)				+			+	+		ПТП
<i>Glyptotendipes (G.)</i> spp.										ПТП
<i>Harnischia angularis</i> Albu, Botnariuc, 1966								+		ПТП
<i>H. curtilamellata</i> (Malloch, 1915)							+	+		ГОЛ
<i>H. incidata</i> Townes, 1945							+	+		ГОЛ
<i>H. japonica</i> Hashimoto, 1984					+		+	+		ВМО
<i>H. fuscimanus</i> Kieffer, 1921										ПТП
<i>H. tirgitula</i> Wang, Zheng, 1993								+		ВПМ
<i>Kloosia dorsenna</i> (Saether, 1983)							+			ГОЛ
<i>K. pusilla</i> (Linnaeus, 1767)							+	+		ПТП
<i>Lauterborniella agrayloides</i> (Kieffer, 1911)							+			ГОЛ
<i>Lipiniella moderata</i> Kalugina, 1970							+	+		ПТТ
<i>Lipiniella prima</i> Shilova et al., 1993									⊕	ПАЕ
<i>Microchironomus tener</i> (Kieffer, 1918)				+			+	+		ГОЛ
<i>Microtendipes famiefusus</i> Sasa, 1996										ВМО
<i>M. karaftutonis</i> Tokunaga, 1940				⊕						ВПО
<i>M. pedellus</i> (De Geer, 1776)					+	+	+			ГОЛ
<i>M. shoukomaki</i> Sasa, 1989					+		+	+		ВМО
<i>M. umbrosus</i> Freeman, 1955					+		+			ПТП
<i>Nilothauma hibaraterium</i> Sasa, 1993								+		ВМО
<i>Olecryptotendipes lenzi</i> (Zorina, 2001)							+	+		ВПМ
<i>O. secundus</i> (Zorina, 2003)					+			+		ВМО
<i>Omisus caledonicus</i> (Edwards, 1932)					+	+				ПТП
<i>Pagastiella orophilla</i> (Edwards, 1929)		+		+						ГОЛ
<i>Parachironomus biannulatus</i> (Staeger, 1839)				+			+	+		ПТП
<i>P. forceps</i> (Townes, 1945)					+	+	+	+		ГОЛ
<i>P. frequens</i> (Johannsen, 1905)				+			+	+		ГОЛ
<i>P. gracilior</i> (Kieffer, 1918)					+		+	+		ПТТ
<i>P. hazelriggi</i> Spies, 2000	+									ГОЛ
<i>P. khatyrka</i> Orel, 2017	+									ВПМ
<i>P. monochromus</i> (v.d. Wulp, 1874)					+		+	+		ГОЛ
<i>P. paradigitalis</i> Brundin, 1949						+		+		ПТП
<i>P. parilis</i> (Walker, 1856)								+	+	ГОЛ
<i>P. supalpinus</i> (Goetghebuer, 1932)	+								⊕	ПТП
<i>P. vitiosus</i> (Goetghebuer, 1921)								+		ПТТ
<i>Parachironomus</i> sp.								+	⊕	
<i>Paracladopelma augustus</i> Zorina, 2006								+		ВПМ
<i>P. doris</i> (Townes, 1945)								+		ВПМ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>P. globosum</i> Zorina, 2006					+					ВМО
<i>P. jacksoni</i> Zorina, 2003					+					ВМО
<i>P. furudoprima</i> Sasa, 1994								+		ВМО
<i>P. laminatum</i> (Kieffer, 1921)							+	+		ПТП
<i>P. nais</i> (Townes, 1945)							+			ГОЛ
<i>P. nereis</i> (Townes, 1945)							+	+		ГОЛ
<i>P. nigritulum</i> (Goetghebuer, 1942)	+			+	+		+	+	+	ПТП
<i>P. pseudocamptolabis</i> Zorina, 2006					+		+	+		ВМО
<i>P. undine</i> (Townes, 1945)					+		+	+		ГОЛ
<i>P. urkanensis</i> Zorina, 2006								+		ВПМ
<i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i> (Malloch, 1915)					+		+	+		ГОЛ
<i>Paratendipes albimanus</i> (Meigen, 1818)						+	+			ГОЛ
<i>P. laticollus</i> Zorina, 2004							+	+		ВПМ
<i>P. tamafuscus</i> Kobayashi, 1991								+		ВМО
<i>P. tshernovskii</i> Zorina, 2004	+		+				+			ВПМ
<i>Phaenopsectra bicalcarata</i> Zorina, 2005						+		+	+	ВПМ
<i>P. flavipes</i> (Meigen, 1818)				+	+	+		+	+	ГОЛ
<i>P. punctipes</i> (Wiedemann, 1817)				+		+		+	+	ГОЛ
<i>P. tiunovae</i> Zorina, 2005								+		ВПМ
<i>Phaenopsectra</i> sp.								+		
<i>Polypedilum (Cerobregma) exilicaudatum</i> Saether, Sundal, 1998								+		ВПМ
<i>P. (C.) yamasinensis</i> (Tokunaga, 1940)								+		ВМО
<i>P. (C.) okigrandis</i> Sasa, 1993								+		ВМО
<i>Polypedilum (Cerobregma) sp. 1</i>										
<i>Polypedilum (Cerobregma) sp. 2</i>										
<i>P. (Pentapedilum) convexum</i> (Johannsen, 1932)										ВМО
<i>P. (P.) exsectum</i> (Kieffer, 1916)				+			+	+		ПТП
<i>P. (P.)? pseudotritum</i> Ree, Kim, 1988								+		ВПМ
<i>P. (P.) sordens</i> (v.d. Wulp, 1874)		+	+	+			+	+		ГОЛ
<i>P. (P.) tigrinum</i> Hashimoto, 1982							+	+		ВМО
<i>P. (P.) tritum</i> (Walker, 1856)				+	+		+	+		ГОЛ
<i>P. (P.) uncinatum</i> Goetghebuer, 1921							+	+		ПТП
<i>P. (Polypedilum) aberufobrunneum</i> Niitsuma, 1996								+		ВМО
<i>P. (P.) acutum</i> Kieffer, 1915								+	⊕	ПТП
<i>P. (P.) albicorne</i> (Meigen, 1838)					+		+	+		ГОЛ
<i>P. (P.) asakawaense</i> Sasa, 1980								+		ВМО
<i>P. (P.)? binokiense</i> Sasa, Hasegawa, 1988										ВМО
<i>P. (P.) brunneofasciatum</i> Zorina, Makarchenko, 2000										ВПМ
<i>P. (P.) crassum</i> Mashwitz, Cook, 2000						+				ГОЛ
<i>P. (P.) ginzanprimum</i> Sasa, Suzuki, 1998					+					ВМО
<i>P. (P.) kyotoensis</i> (Tokunaga, 1938)							+	+		ВМО
<i>P. (P.) laetum</i> (Meigen, 1818)					+		+	+	+	ГОЛ
<i>P. (P.) nubeculosum</i> (Meigen, 1804)				+	+		+	+		ГОЛ
<i>P. (P.) paludosum</i> Zorina, Makarchenko, 2000								+		ВПМ
<i>P. (P.) parviacumen</i> Kawai, Sasa, 1985						+		+		ВМО
<i>P. (P.) pedestre</i> (Meigen, 1830)					+	+	+	+	+	ГОЛ
<i>P. (P.) tamahosohige</i> Sasa, 1993						+				ВМО
<i>P. (P.) tamanigrum</i> Sasa, 1983					+	+		+	+	ВМО

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>P. (P.) toganudum</i> Sasa, Okazawa, 1991				+		+				ВМО
<i>P. (P.) trinimaculus</i> Tokunaga, 1940				⊕						ВПО
<i>P. (P.) tuberculatum</i> Mashwitz, Cook, 2000				+	+	+	+			ГОЛ
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i> spp.				+		+	+			
<i>P. (Tripedilum) nubifer</i> (Skuse, 1889)							+			ПТП
<i>P. (Tripodura) acifer</i> Townes, 1945				+			+			ГОЛ
<i>P. (T.) aegyptium</i> Kieffer, 1925							+			ВМО
<i>P. (T.) albinodus</i> Townes, 1945	+			+						ГОЛ
<i>P. (T.) asoprimum</i> Sasa, Suzuki, 1991				+			+			ВМО
<i>P. (T.) birenatum</i> Kieffer, 1921				+	+		+	+		ПТП
<i>P. (T.) dangsanensis</i> Ree, Jeong, 2010							+			ВПМ
<i>P. (T.)? gomphus</i> Townes, 1945							+			ГОЛ
<i>P. (T.) japonicum</i> (Tokunaga, 1938)							+	+		ВМО
<i>P. (T.) maculatum</i> Zorina, Makarchenko, 2000							+			ВПМ
<i>P. (T.) masudai</i> (Tokunaga, 1938)							+	+		ВМО
<i>P. (T.) pseudacifer</i> Zorina, Makarchenko, 2000							+			ВПМ
<i>P. (T.) pullum</i> (Zetterstedt, 1838)	+	+		+		+	+			ПТП
<i>P. (T.) scalaenum</i> (Schrank, 1803)		+		+	+	+	+	+		ГОЛ
<i>P. (T.) tetricrenatum</i> Hirvenoja, 1962							+			ПТП
<i>P. (T.) unifascium</i> (Tokunaga, 1938)				+			+			ВМО
<i>Polypedilum (Tripodura)</i> sp. 1				+						
<i>Polypedilum (Tripodura)</i> sp. 2				+			+			
<i>Polypedilum (Tripodura)</i> sp. 3										
<i>P. (Uresipedilum) convictum</i> (Walker, 1856)							+			ПТП
<i>P. (U.) cultellatum</i> Goetghebuer, 1931				+	+		+	+		ГОЛ
<i>P. (U.) hiroshimaense</i> Kawai, Sasa, 1985				+			+	+		ВМО
<i>P. (U.) paraviceps</i> Niitsuma, 1992							+			ВМО
<i>P. (U.) pedatum</i> Townes, 1945				+						ГОЛ
<i>Robackia aculeata</i> Zorina, 2003							+	+		ВМО
<i>R. demejerei</i> (Kruseman, 1933)					+	+	+	+		ГОЛ
<i>R. lukini</i> Orel, 2018							+			ВПМ
<i>Saetheria reissi</i> Jackson, 1977					+	+		+	+	ПТП
<i>S. tamanippurai</i> Sasa, 1983							+			ВМО
<i>S. tylus</i> (Townes, 1945)							+			ГОЛ
<i>Sergentia baueri</i> Wülker et al., 1998	+	+		+		+	+	+		ПТП
<i>S. coracina</i> (Zetterstedt, 1824)	+			+					⊕	ГОЛ
<i>S. prima</i> Proviz, Proviz, 1997		+	+							ПТП
<i>S. psiloptera</i> Edwards, 1935								+		ПТП
<i>Sergentia</i> spp.		+	+	+		+	+			
<i>Stenochironomus?</i> <i>balteatus</i> Borkent, 1984				+						ВПМ
<i>S. borkenti</i> Zorina, 2010					+		+			ВМО
<i>S. hastatus</i> Zorina, 2001							+			ВПМ
<i>S. gibbus</i> (Fabricius, 1794)						+	+	+		ПТП
<i>S. koreanus</i> Borkent, 1984								+		ВПМ
<i>S. membranifer</i> Yamamoto, 1981					+		+	+		ВМО
<i>S. nelumbus</i> Tokunaga, Kuroba, 1935							+			ВМО
<i>S. nubilipennis</i> Yamamoto, 1981							+	+		ВМО
<i>S. pannus</i> Borkent, 1984					+		+	+		ВМО
<i>Stenochironomus</i> sp.								+		

Продолжение табл. 1

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>M. tori</i> Säwedal, 1981									⊕	ГОЛ
<i>M.? tusimalemea</i> Sasa, Suzuki, 1999							+			ВМО
<i>M.? tusimaopea</i> Sasa, Suzuki, 1999				+						ВПО
<i>Micropsectra</i> agg. <i>insignilobus</i>	+	+		+		+			⊕	
<i>Micropsectra</i> gr. <i>atrofasciata</i>				+	+	+		+		
<i>Micropsectra</i> gr. <i>attenuata</i>						+				
<i>Micropsectra</i> gr. <i>notescens</i>			+				+	+		
<i>Neostempellina simantoneoa</i> (Sasa, Suzuki et Sakai, 1998)							+			ВМО
<i>Neozavrelia fengchengensis</i> Wang, Wang, 1996							+	+		ВПМ
<i>N. kedrovaya</i> Orel, 2021						+	+	+		ВПМ
<i>N. kuzmychikha</i> Orel, 2021								+		ВПМ
<i>N. nadezhdae</i> Orel, 2021			+		+			+		ВПМ
<i>N. oyabeparvulus</i> (Sasa, Kawai, Ueno, 1988)					+					ВМО
<i>N. paramushirica</i> Orel, 2021					+					ВПО
<i>N. samarga</i> Orel, 2021							+			ВПМ
<i>N. tygda</i> Orel, 2021								+		ВПМ
<i>N. zarya</i> Orel, 2021							+			ВПМ
<i>N. yakuefa</i> (Sasa, Suzuki, 2000)							+			ВМО
<i>Paratanytarsus brevicalcar</i> (Kieffer, 1909)							+			ГОЛ
<i>P. dissimilis</i> (Johannsen, 1905)		+		+			+			ГОЛ
<i>P. grimmii</i> (Schneider, 1885)		+								ГОЛ
<i>P. hyperboreus</i> Brundin, 1949	+	+				+	+	+		ПАЕ
<i>P. inopertus</i> (Walker, 1856)									+	ГОЛ
<i>P. kaszabi</i> Reiss, 1971	+								⊕	ПТП
<i>P. laccophilus</i> (Edwards, 1929)				+	+	+				ГОЛ
<i>P.? laetipes</i> (Zetterstedt, 1850)				+	+		+	+		ПТП
<i>P. miikesecundus</i> Sasa, 1985					+		+	+		ВМО
<i>P. natvigi</i> (Goetghebuer, 1933)	+					+				ГОЛ
<i>P. paralaccophilus</i> Gilka, Paasivirta, 2008	+						+			ПАЕ
<i>P. penicillatus</i> (Goetghebuer, 1928)	+					+			+	ГОЛ
<i>P. setisimanus</i> (Goetghebuer, 1933)	+								⊕	ГОЛ
<i>P. tamanegi</i> Sasa, 1983							+			ВМО
<i>P. tenuis</i> (Meigen, 1830)	+	+		+	+	+	+	+		ГОЛ
<i>Rheotanytarsus fluminis</i> Kawai, Sasa, 1985					+	+	+			ВМО
<i>R. okisimplex</i> Sasa, 1993							+	+		ВМО
<i>R. pentapoda</i> (Kieffer, 1909)					+	+	+	+		ГОЛ
<i>R. photophilus</i> (Goetghebuer, 1921)							+	+		ПТП
<i>R. rivulophilus</i> Kawai, Sasa, 1985					+		+	+		ВМО
<i>R. simantopequeus</i> (Sasa et al., 1998)										ВМО
<i>R. tamaquintus</i> Sasa, 1980						+				ВМО
<i>Rheotanytarsus</i> spp.					+		+	+		
<i>Stempellina subglabripennis</i> (Brundin, 1947)					+		+	+		ГОЛ
<i>Stempellinella edwardsi</i> Spies, Saether, 2004					+	+		+	+	ГОЛ
<i>S. coronata</i> Inoue, Kawai & Imabayashi, 2004								+		ВМО
<i>S. tamaseptima</i> Sasa, 1980					+		+	+		ВМО
<i>Stempellinella</i> sp. 1					+			+		
<i>Stempellinella</i> sp. 2					+		+	+		
<i>Tanytarsus aberrans</i> Lindeberg, 1970					+	+				ПТП

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>T. aculeatus</i> Brundin, 1949				+		+				ПТП
<i>T. angulatus</i> Kawai, 1991		+			+		+			ГОЛ
<i>T. anderseni</i> Reiss & Fittkau, 1971		+	+			+	+	+		ГОЛ
<i>T. bathophilus</i> Kieffer, 1911		+	+	+		+	+	+	⊕	ПТП
<i>T. brundini</i> Lindeberg, 1963				+		+	+	+		ГОЛ
<i>T. chuzesecundus</i> Sasa, 1984					+	+	+			ВМО
<i>T. dibranchius</i> Kieffer, 1926						+		+		ПТП
<i>T. eminulus</i> (Walker, 1856)							+	+		ПТП
<i>T. glabrescens</i> Edwards, 1929								+		ГОЛ
<i>T. gracilentus</i> (Holmgren, 1883)		+							⊕	ГОЛ
<i>T. gregarius</i> Kieffer, 1909		+	+			+				ГОЛ
<i>T. heliomesonyctios</i> Langton, 1999						+		+		ГОЛ
<i>T. herrmanni</i> Ekrem et al., 2003			+							ГОЛ
<i>T. heusdensis</i> Goetghebuer, 1923				+	+		+	+		ПТП
<i>T. inaequalis</i> Goetghebuer, 1921										ГОЛ
<i>T. konichii</i> Sasa, Kawai, 1985						+		+		ВМО
<i>T. lapponicus</i> Lindeberg, 1970							+			ГОЛ
<i>T. latens</i> Gilka et al., 2018							+			ПАЕ
<i>T. lestagei</i> Goetghebuer, 1922		+	+	+	+	+	+	+		ГОЛ
<i>T. mendax</i> Kieffer, 1925				+	+		+	+		ГОЛ
<i>T. miriforceps</i> (Kieffer, 1921)						+				ПТП
<i>T. multipunctatus</i> Brundin, 1947							+	+		ПТП
<i>T. nearcticus</i> Butler, 2000			+							ГОЛ
<i>T. nemorosus</i> Edwards, 1929							+	+		ГОЛ
<i>T. norvegicus</i> (Kieffer, 1924)									⊕	ГОЛ
<i>T. occultus</i> Brundin, 1949					+	+		+	+	ГОЛ
<i>T. paraniger</i> Gilka, Paasivirta, 2008		+					+			ПАЕ
<i>T.? shouautumnalis</i> Sasa, 1989								+		ВМО
<i>T. simantoseteus</i> Sasa et al., 1998							+			ВМО
<i>T. striatulus</i> Lindeberg, 1976				+	+		+	+		ПТП
<i>T. takahashii</i> Kawai, Sasa, 1985								+		ВМО
<i>T. tamagotoi</i> Sasa, 1983							+	+		ВМО
<i>T. unagiseptimus</i> Sasa, 1985					+	+		+	+	ВМО
<i>T. usmaensis</i> Pagast, 1931						+	+			ГОЛ
<i>T. verralli</i> Goetghebuer, 1928				+		+		+	+	ПТП
<i>T. volgensis</i> Miseiko, 1967		+	+	+	+		+	+		ГОЛ
<i>Tanytarsus</i> spp.						+	+	+	+	
<i>Zavrelia elenae</i> Zorina, 2008							+	+	+	ВПМ
<i>Z. pentatoma</i> Kieffer, Bause, 1913									⊕	ПТП
<i>Z. pseudopentatoma</i> Zorina, 2008					+			+	+	ВПМ
ИТОГО	51	139	120	131	303	203	421	544	110	

Примечания. Типы распространения (по: К.Б. Городкову, 1984): ГОЛ – голарктический; ПАЕ – палеарктический амфиевразиатский; ПТП – палеарктический трансевразиатский полидизъюнктивный; ПТТ – палеарктический темперантный; ПАА – палеарктический аркто-альпийский; ВМО – восточно-палеарктический материково-островной; ВПО – восточно-палеарктический островной; ВПМ – восточно-палеарктический материковый; ВПА – восточно-палеарктический арктический; ВАА – восточно-палеарктический аркто-альпийский. Знаками отмечено: + – присутствие вида по имаго, * – присутствие вида по личинке или куколке, ⊕ – присутствие вида по литературным данным.

Таблица 2

**Число новых видов, описанных в родах подсемейств Diamesinae, Prodiamesinae,
Orthocladiinae и Chironominae**

Подсемейства и роды	Новые виды	Подсемейства и роды	Новые виды
Diamesinae		<i>Parametriocnemus</i> Goetghebuer	3
<i>Arctodiamesa</i> Makarchenko	1	<i>Paraphaenocladius</i> Thienemann	1
<i>Boreoheptagyia</i> Brundin	1	<i>Parasmittia</i> Strenzke	1
<i>Diamesa</i> Meigen	7	<i>Paratrichocladius</i> Santos Abreu	2
<i>Kaluginia</i> Makarchenko	1	<i>Parorthocladius</i> Thienemann	3
<i>Lappodimesa</i> Serra-Tosio	3	<i>Prosmittia</i> Brundin	2
<i>Linevitshia</i> Makarchenko	1	<i>Psectrocladius</i> Kieffer	2
<i>Protanypus</i> Kiefer	3	<i>Pseudorthocladius</i> Goetghebuer	5
<i>Pseudodiamesa</i> Goetghebuer	1	<i>Pseudosmittia</i> Edwards	3
<i>Sympothastia</i> Pagast	2	<i>Rheocricotopus</i> Brundin	4
<i>Syndiamesa</i> Kieffer	1	<i>Smittia</i> Holmgren	3
Prodiamesinae		<i>Stilocladius</i> Rossaro	1
<i>Monodiamesa</i> Kieffer	2	<i>Symbiocladius</i> Kieffer	1
<i>Prodiamesa</i> Kieffer	1	<i>Thienemanniella</i> Kieffer	1
<i>Propsilocerus</i> Kieffer	1	<i>Tokunagaia</i> Sæther	8
Orthocladiinae		<i>Tsudayusurica</i> Sasa	1
<i>Aagaardia</i> Sæther	1	<i>Tvetenia</i> Kieffer	5
<i>Abiskomyia</i> Edwards	4	<i>Vivacricotopus</i> Schnell et Sæther	2
<i>Boreosmittia</i> Tuiskunen	3	Chironominae	
<i>Bryophaenocladius</i> Thienemann	13	<i>Beckidia</i> Saether	2
<i>Chaetocladius</i> Kieffer	17	<i>Cryptochironomus (Chironozorina) Zorina</i>	2
<i>Corynoneura</i> Winnertz	10	<i>Cryptotendipes</i> Beck, Beck	1
<i>Cricotopus</i> van der Wulp	8	<i>Demicryptochironomus</i> Lenz	2
<i>Doithrix</i> Sæther et Sublette	1	<i>Dicrotendipes</i> Kieffer	3
<i>Eukiefferiella</i> Thienemann	5	<i>Oleocryptotendipes</i> Zorina	2
<i>Heterotriassocladus</i> Spärck	2	<i>Parachironomus</i> Lenz	1
<i>Hydrobaenus</i> Fries	14	<i>Paracladopelma</i> Harnisch	5
<i>Krenosmittia</i> Thienemann et Krüger	3	<i>Paratendipes</i> Kieffer	2
<i>Limnophyes</i> Eaton	6	<i>Phaenopsectra</i> Kieffer	1
<i>Metriocnemus</i> van der Wulp	7	<i>Polypedilum</i> Kieffer	4
<i>Nanocladius</i> Kieffer	2	<i>Robackia</i> Saether	2
<i>Ninelia</i> Makarchenko et Makarchenko	1	<i>Stenochironomus</i> Kieffer	1
<i>Orthocladius</i> van der Wulp	11	<i>Synendotendipes</i> Grodhaus	1
<i>Paracladius</i> Hirvenoja	2	<i>Constempellina</i> Brundin	1
<i>Parakiefferiella</i> Thienemann	3	<i>Neozavrelia</i> Goetghebuer, Thienemann	6
<i>Paralimnophyes</i> Brundin	1	<i>Zavrelia</i> Kieffer, Thienemann, Bause	2
Всего: 225 новых видов в 68 родах			

острова Врангеля. Распространение видов по другим районам показано в табл. 1. Естественно, данные таблицы всё ещё носят предварительный характер, так как обширные территории Магаданской области, северной части Хабаровского края, верховья Амура и др. не исследованы.

Большинство зарегистрированных видов (614 или 68 %) имеют палеарктическое распространение, 289 видов или 32 % – голарктическое. По типам распространения 187 видов (30 %) относятся к восточно-палеарктическим континентальным, 156 видов (25 %) – к восточно-палеарктическим континентально-островным, 87 видов (14 %) с палеарктическим трансевразиатским полидизюнктивным ареалом, 78 видов (13 %) – с амфиевразийским, 39 видов (6 %) известно только с островов Дальнего Востока и 28 видов (5 %) имеют палеарктические темперантное распространение. Другие типы распространения редки (см. табл. 1).

Благодарности

Авторы глубоко признательны Марине Анатольевне Макарченко за переданные для работы материалы по подсемейству Orthocladinae, полученные ею в течение многих лет работы в Лаборатории пресноводной гидробиологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. Также мы благодарны всем коллегам за предоставленные сборы хирономид, многие из которых содержали новые для науки или региона виды.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000147-6).

Литература

- Городков К.Б.** 1984. Типы ареалов насекомых тундры и лесных зон Европейской части СССР. Ареалы насекомых Европейской части СССР, карты 179–221. Ленинград: Наука. С. 3–20.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А., Зорина О.В., Сергеева И.В.** 2005. Первые итоги изучения фауны и таксономии хирономид (Diptera, Chironomidae) российского Дальнего Востока // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 394–420.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А.** 2006. Подсем. Orthocladinae // Определитель насекомых Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. Том 6. Часть 4. С. 280–372, 482–530, 623–671.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А.** 2019. Обзор хирономид рода *Gymnometriocnemus* (Diptera, Chironomidae, Orthocladinae) российского Дальнего Востока // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 18. Вып. 5. С. 333–340.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А., Поздеев И.В., Яворская Н.М.** 2019а. Новые данные по таксономии хирономид рода *Eukiefferiella* Thienemann (Diptera, Chironomidae, Orthocladinae) российского Дальнего Востока // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 18. Вып. 1. С. 47–59.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А., Орел О.В., Хаменкова Е.А.** 2019б. Предварительные данные по фауне хирономид (Diptera, Chironomidae) горных озер южных отрогов хребта Черского (Магаданская область и Республика Саха (Якутия)) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 8. Владивосток: Дальнаука. С. 73–90.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А.** 2020. Новые данные по таксономии хирономид подсемейства Orthocladinae (Diptera, Chironomidae) российского Дальнего Востока и сопредельных территорий // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 19. Вып. 1. С. 38–46.
- Орел О.В.** 2016. Fauna комаров-звонцов подсемейства Chironominae (Diptera, Chironomidae) российского Дальнего Востока // Жизнь пресных вод. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 185–196.
- Яворская Н.М., Макарченко М.А., Орел О.В., Макарченко Е.А.** 2017. Fauna комаров-звонцов (Diptera, Chironomidae) природного заповедника «Большехехцирский» (Хабаровский край) // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 16. Вып. 2. С. 180–191.
- Makarchenko E.A., Makarchenko M.A.** 2011. Fauna and distribution of the Orthocladinae (Diptera, Chironomidae) of the Russian Far East // Contemporary chironomid studies. Proceedings of the 17th International Symposium on Chironomidae. Nankai University Press, Tianjin, China. P. 107–125.

- Makarchenko E.A., Makarchenko M.A. 2017a.** A new species of the genus *Tokunagaia* Sæther, 1973 (Diptera: Chironomidae: Orthocladiinae) from the Russian Far East // Far Eastern Entomologist. N 343. P. 19–24.
- Makarchenko E.A., Makarchenko M.A. 2017b.** Fauna and distribution of the Podonominae, Diamesinae, Prodiamesinae and Orthocladiinae (Diptera, Chironomidae) of the Russian Far East and bordering territory // Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings. Vol. 7. Vladivostok: FSCEATB FEB RAS. P. 127–142.
- Makarchenko E.A., Makarchenko M.A., Semenchenko A.A. 2017a.** New or little-known species of *Chaetocladius* s. str. Kieffer, 1911 (Diptera: Chironomidae: Orthocladiinae) from the Amur River basin (Russian Far East) // Zootaxa. Vol. 4247. N 3. P. 313–330.
- Makarchenko E.A., Makarchenko M.A., Semenchenko A.A., Veliaev O.A. 2017b.** Morphological description and DNA barcoding of *Hydrobaenus golovinensis* sp.nov. (Diptera: Chironomidae: Orthocladiinae) from the Russian Far East // Zootaxa. Vol. 4286. N 2. P. 277–284.
- Makarchenko E.A., Makarchenko M.A., Semenchenko A.A. 2019.** Towards the taxonomy of *Corynoneura* Winnertz (Diptera: Chironomidae: Orthocladiinae) from the Russian Far East and Eastern Siberia // Zootaxa. Vol. 4612. N 2. P. 221–236.
- Orel O.V. 2022.** Additional data on *Oleryptotendipes secundus* (Zorina, 2003) from Russian Far East, with a description of preimaginal stages (Diptera: Chironomidae) // Zootaxa. Vol. 5205. N 1. P. 87–96.
- Orel O.V. 2023.** The first record of *Neostempellina simantoneoa* (Sasa, Suzuki *et* Sakai, 1998), comb. nov. for the Russian Far East, with a description of the preimaginal stages (Diptera, Chironomidae) // Zootaxa. Vol. 5254. N 4. P. 567–575.
- Orel O.V., Semenchenko A.A. 2019.** Morphological description and DNA barcodes of adult males of *Tanytarsus heliomesonyctios* Langton, 1999 (Diptera, Chironomidae) in northeast of Russia // Zootaxa. Vol. 4686. N 1. P. 119–126.
- Yavorskaya N.M., Makarchenko M.A., Orel O.V., Makarchenko E.A. 2018.** An updated checklist of Chironomidae (Diptera) from the Amur River basin (Russian Far East) // Journal of Limnology. Vol. 77. N s1. P. 155–159.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.14>

<https://elibrary.ru/kwqxkv>

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВОДОРОСЛЕЙ НЕКОТОРЫХ ВОДОТОКОВ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

Л.А. Медведева¹, Т.В. Никулина¹, А.А. Семенченко^{1,2}, Н.А. Селивёрстов²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия. E-mail: medvedeva@biosoil.ru, nikulinatv@mail.ru

² Институт Мирового Океана, Дальневосточный федеральный университет, о. Русский, п. Аякс, 10, г. Владивосток, 690922, Россия. E-mail: semenchenko_alexander@mail.ru

Представлены результаты изучения биологического разнообразия флоры пресноводных водорослей некоторых водотоков полуострова Камчатка, выявлена структура водорослевых перифитонных сообществ, дана экологическая характеристика изученной альгофлоры. Обследованы реки: Камчатка, Андриановка, Плотникова, Авача, Паратунка, Гаванка, Кирпичная, Карамшина, Мутнушка и ключ Первый. В результате обработки проб обнаружено 193 вида, разновидности и формы цианобактерий и водорослей из пяти отделов: Cyanobacteria – 5 видов, Bacillariophyta – 167 таксонов (с учетом разновидностей и форм – 177), Ochrophyta – 2, Charophyta – 4, Chlorophyta – 5.

В сообществах водорослей обследованных водотоков как по обилию в обрастаниях, так и по видовому разнообразию преобладали диатомовые водоросли. Наиболее обычными видами, в массе развивающимися на камнях и доминирующими в обрастаниях были *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Hannaea arcus*, *Gomphonema ventricosum*, *Ulnaria inaequalis*, *Coccconeis placentula*, *Fragilaria capucina*, *Nitzschia palea*. В качестве субдоминантов чаще всего присутствовали *Melosira varians*, *Meridion circulare*, *Planothidium lanceolatum*, *Gomphonella olivacea*, виды родов *Staurosira*, *Diatoma*, *Cymbella*, *Fragilaria* и некоторые другие. В отдельных случаях на первые места по обилию выходили виды *Rhoicosphenia abbreviata*, *Didymosphenia geminata*, *Tabularia fasciculata*. Из Зеленых водорослей обнаружены *Ulothrix zonata* и *Cladophora glomerata*. В ряде водотоков в массе встречался *Hydrurus foetidus*. Отдел Харовых водорослей представлен нитями *Spirogyra* и единичными экземплярами родов *Closterium* и *Cosmarium*. Цианобактерии массовых обрастаний практически не образовывали, за исключением рода *Tapinothrix*. Для каждого обследованного участка рек определен видовой состав водорослей и охарактеризованы комплексы доминирующих видов.

В общей экологической характеристике изученной альгофлоры отмечено, что в перифитонных сообществах преобладают бентосные и планктонно-бентосные организмы, индифферентные по отношению к солености воды и предпочитающие слабощелочную среду обитания.

NEW DATA ON THE COMPOSITION OF CYANOBACTERIA AND ALGAE OF SOME WATERCOURSES OF THE KAMCHATKA PENINSULA

Л.А. Medvedeva¹, Т.В. Nikulina¹, А.А. Semenchenko^{1,2}, Н.А. Seliverstov²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: medvedeva@biosoil.ru, nikulinatv@mail.ru

²Institute of the World Ocean, Far Eastern Federal University, Russky Island, 10 Ajax Bay, Vladivostok, 690922, Russia. E-mail: semenchenko_alexander@mail.ru

The results of studying the biological diversity of the flora of freshwater algae in some streams of the Kamchatka Peninsula are presented, the structure of algal periphyton communities is revealed and the ecological characteristics of the studied algoflora are given. The following rivers were surveyed: Kamchatka, Andrianovka, Plotnikova, Avacha, Paratunka, Gavanka, Kirpichnaya, Karamshina, Mutnushka and the First stream. As a result of sample processing, 193 species, varieties and forms of cyanobacteria and algae from five divisions were found: Cyanobacteria – 5 species, Bacillariophyta – 167 taxa (taking into account varieties and forms – 177), Ochrophyta – 2, Charophyta – 4, Chlorophyta – 5.

In the algae communities of the surveyed water bodies, both in terms of abundance in fouling and species diversity, diatoms prevailed. The most common species, often growing on stones and dominating in fouling, were *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Hannaea arcus*, *Gomphonema ventricosum*, *Ulnaria inaequalis*, *Cocconeis placentula*, *Fragilaria capucina*, *Nitzschia palea*, *Melosira varians*, *Meridion circulare*, *Planothidium lanceolatum*, *Gomphonella olivacea*, species of the genera *Staurosira*, *Diatoma*, *Cymbella*, *Fragilaria* and some others were most often present as subdominants. In some cases, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Didymosphenia geminata*, and *Tabularia fasciculata* took the first places in terms of abundance. Of the Chlorophyta *Ulothrix zonata* and *Cladophora glomerata* were found. In a number of streams *Hydrurus foetidus* was encountered in mass. The division of Charophyta is represented by filaments of *Spirogyra* and single specimens of the genera *Closterium* and *Cosmarium*. Cyanobacteria practically did not form mass fouling, except for the *Tapinothrix* genus. For each surveyed area, the species composition of algae was determined and complexes of dominant species were characterized.

Giving a general ecological characteristic of the studied algoflora, it should be noted that benthic and planktonic-benthic organisms predominate in periphyton communities, which are indifferent to water salinity and prefer a slightly alkaline habitat.

Введение

Изучение флоры водорослей и цианобактерий различного типа водотоков и водоемов полуострова Камчатка имеет длительную историю. Первые публикации основаны на случайных сборах и включают краткие видовые списки, описание редких и новых для науки таксонов (Agardh, 1924; Ehrenberg, 1842; Миддендорф, 1867; Schmidt, 1875; Gutwinski, 1891; Cleve, 1894). Согласно этим литературным данным для п-ва Камчатка была получена информация о 25 видах цианобактерий, красных и диатомовых водорослей пресных вод, минеральных и горячих источников.

Следующий этап исследований флоры полуострова связан с проведением двух масштабных экспедиций. Во время Камчатской комплексной экспедиции Русского географического общества в 1908–1910 гг., известной как «экспедиция Ф.П. Рябушинского», был собран обширный альгологический материал участниками этой кампании Л.Г. Раменским, В.П. Савичем, В.Н. Лебедевым, В.Л. Комаровым, альгофлористические сборы этих исследователей были дополнены материалом из коллекции Б.В. Перфильева и легли в основу аннотированной сводки водорослей Камчатки. За годы проведения экспедиции были обследованы следующие водотоки и водоемы полуострова: озера Ближнее, Микижинское, Дальнее, Большое, Начинское, Калахтырское, Кроноцкое, Нерпичье, Култучное, Столбовое, Азабачье, Сергучихина, Машура, Налочевского, «Гречишное», озеро вулкана «Шапочка», озеро в промоине у Светлого ключа, озеро в Тарьинской бухте, кратерные озера влк. Узон (с холодной и горячей водой 45–60 °C); болота в Большой, Малой Кирганикской и Паратунской тундрах, в долине р. Халыгера; реки Тихая, Тополовая, Коряцкая, Озерная, Камчатка, бассейн р. Авачи, горячие источники горы Узон,

Начикинские, Паратунские, Малкинские, Пущинские, Щапинские (названия приведены согласно пояснениям Еленкина (1914)). Водоросли планктона и обрастаний были обработаны, описаны и их видовой состав был идентифицирован А.А. Еленкиным, согласно его сводке, всего выявлено 345 видов пресноводных водорослей и цианобактерий (согласно первоисточнику: *Schizophyceae* (синезеленые) – 90; *Chrysomonadineae* – 6; *Heterocontae* – 1; *Dinoflagellata* – 4; *Acontae: Conjugatae* (десмидиевые) – 76, *Bacillariales* (диатомовые) – 115; *Chlorophyceae* – 47; *Charales* – 2; *Rhodophyceae* – 4). Новых для науки описано 9 видов и 27 разновидностей и форм синезеленых, десмидиевых, зеленых, хризомонадовых и диатомовых водорослей) (Еленкин, 1914).

В работе Дж. Петерсена описана альгофлора в основном горячих источников, материалом его исследования послужили сборы Э. Хилтена в составе Шведской Камчатской экспедиции, проведенной в 1920–1922 гг. (Petersen, 1946). Были обследованы более 10 горячих источников, в том числе Начикинские, Паратунка, Карымшинские, Банные, Нижне-Киреунские, Гора Горячая, Ходуткинские, а также водотоки в бассейнах рек Саван, Опала, Большая, на склонах влк. Горелый. Общая диатомовая флора природных источников включает 132 вида, разновидности и формы, из них в число доминирующих и наиболее часто встречающихся входят 27 таксонов диатомей (Petersen, 1946).

Позднее, вплоть до настоящего времени, изучение флоры водорослей и цианобактерий было продолжено российскими и зарубежными исследователями. Информация об исследованиях альгофлоры горячих источников изложена в публикациях, например, Н.И. Головенкиной (1981), посвященной диатомовым водорослям трех термальных источников кальдеры вулкана Узон. В работе японских и российских авторов описаны диатомовые сообщества пяти горячих источников (Кипелье, Тумрок, Киреунские, расположенные в бассейнах рек Саван и Ходутка) (Yoshitake et al., 2008). Данные о диатомовой флоре 14 горячих источников Малкинских, Начикинских, Верхне-Паратунских и Мутновских геотермальных полей изложены в работах Т.В. Никулиной с соавторами (Никулина и др., 2015, 2016; Nikulina, Sorokin, 2016; Никулина, Грищенко, 2017; Nikulina et al., 2019) и Е.Г. Калитиной с соавторами (2015). Изучению цианобактерий термальных источников также посвящен ряд исследований российских ученых (Никитина, 2001, 2005; Кузякина и др., 2005; Ефимов, Ефимова, 2007; Nikulina et al., 2019 и др.).

Альгосообщества озерных систем полуострова Камчатки изучены наиболее полно, ряд научных публикаций посвящен описанию видового состава флор, преимущественно, диатомовых водорослей, выявлению редких, интересных и новых для территории полуострова видов, определению морфологических особенностей структуры панциря диатомовых водорослей и описанию новых для науки таксонов. Известны литературные данные о диатомеях оз. Дальнее, Паланское, Азабачье, Курильское, Этамынк, Камбальное, Ульяновское, Ключевское, Штюбеля, Державина, Карымское, Таловское, Халактырское, Нерпичье, Явинское и Толмачевского водохранилища (Генкал, Лупикина, 1998; Лепская, Маслов, 1998; Лупикина, 1999; Лепская и др., 1998, 2003, 2010, 2019; Лепская, 2000, 2003, 2004, 2007, 2017; Lepskaya, 2001; Генкал и др., 2004, 2007, 2022; Шкурина и др., 2004; Genkal et al., 2004; Лепская, Лупикина, 2007; Yoshitake et al., 2009; Lepskaya, et al., 2010; Куликовский и др., 2013; Никулина, 2013; Genkal, Lepskaya, 2013; Генкал, Лепская, 2013, 2014; 2015 и др.).

Речная альгофлора до настоящего времени остается менее изученной, имеется несколько работ, посвященных выявлению видового состава и особенностей флоры

диатомовых водорослей ряда камчатских водотоков: эстuarной части р. Камчатка, р. Фальшивая, р. Ича, ручьи Перевальный, Ралли, Саматкин ключ, Сорный, Холодный и Тройной, которые протекают в междуречье р. Ича и ее правого притока р. Шануч (Шкурина и др., 2005; Куликовский и др., 2009; Лепская, 2014; Nikulina, Sorokin, 2016; Никулина, Сорокин, 2021).

Следует отметить, что к настоящему времени отсутствует какая-либо обобщающая научная работа или флористическая сводка, объединяющая воедино все вышеназванные исследования и позволяющая оценить полный видовой состав флоры пресноводных водорослей и цианобактерий территории п-ва Камчатка.

Цель нашего исследования – изучение видового состава альгофлоры некоторых водотоков полуострова Камчатка, выявление структуры водорослевых перифитонных сообществ и анализ экологической характеристики обследованной флоры.

Материалы и методы исследований

Речная сеть Камчатки развита очень хорошо. По территории области протекает более 140000 больших и малых рек, около 95 % которых – это реки длиной менее 10 км (Ресурсы, 1966). Значительные продольные уклоны рек способствуют быстрому стеканию поверхностных вод. Для большинства рек Камчатки характерно весенне-летнее половодье, на которое накладываются значительные дождевые паводки. По окончании половодья наступает сравнительно многоводная устойчивая летне-осенняя межень. По характеру источников питания обследованные нами реки имеют преимущественно подземное питание (подземный сток составляет 50–70 % годового стока).

По условиям протекания и характеру питания реки Камчатки разделены на шесть групп (Ресурсы, 1966). К наиболее распространенной относятся горные реки, истоки которых расположены вблизи водоразделов, образуются главным образом за счет таяния снежников и зачастую принимающие подземные воды. В пределах гор реки текут в узких долинах и имеют быстрое нередко порожистое течение. С выходом на равнины русла разветвляются и меандрируют, образуя много староречий. Вблизи устья русла подвергаются приливным явлениям, в результате чего устьевые участки рек превращаются в длинные лиманы, расположенные параллельно морскому побережью.

В период с 11 по 19 сентября 2022 г. научным сотрудником лаборатории экологии и эволюционной биологии водных организмов Института Мирового Океана ДВФУ А.А. Семенченко и ведущим специалистом этой лаборатории Н.А. Селивёрстовым был обследован ряд водотоков полуострова Камчатка. Собрано 20 альгологических проб на 20 станциях из 10 водотоков: реки Камчатка, Андриановка, Плотникова, Авача, Паратунка, Гаванка, Кирпичная, Карамшина, Мутнушка и ключ Первый (рис. 1, таблица 1).

Качественные пробы водорослей собирали, счищая водорослевые обрастания с камней (4–5 камней). Собранные водоросли фиксировали 4 % формалином, обрабатывали материал по общепринятым методикам (Голлербах, Полянский, 1951; Водоросли, 1989). Определение видового состава водорослей из всех отделов, за исключением *Bacillariophyta*, проводили при камеральной обработке проб в фиксированном состоянии. Затем, для идентификации диатомовых водорослей были изготовлены постоянные препараты перекисным способом, с прокаливанием водорослей в перекиси водорода при нагревании. После этого проводилось определение диатомовых водорослей. Идентификация материала проводилась с помощью

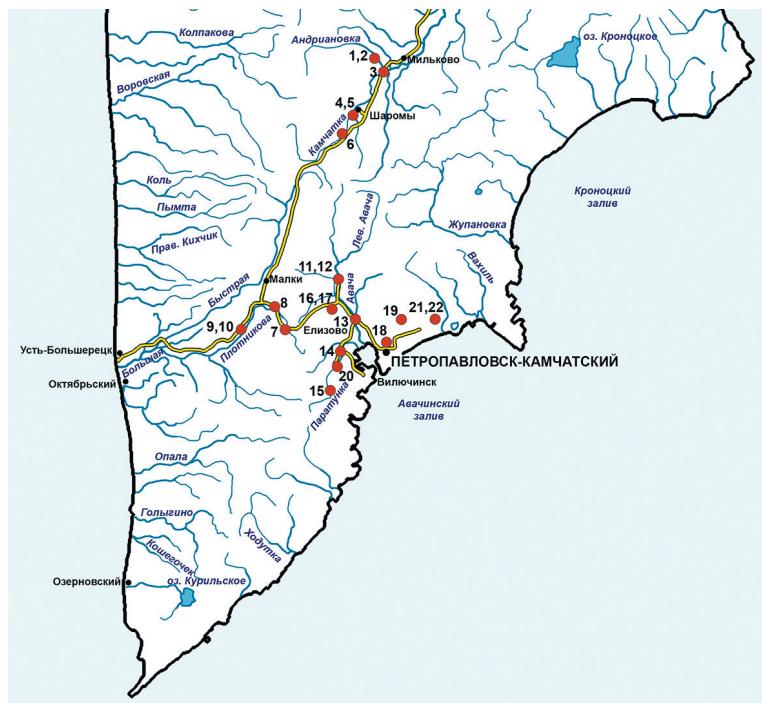


Рис. 1. Схема обследованных водотоков п-ва Камчатка и расположения точек отбора проб

световых микроскопов «Alphaphot-2 YS-2» (Nikon), «Jenaval» и «Axioskop 40» (Carl Zeiss Jena), при увеличениях в 400 и 1000 раз. Для каждого вида отмечалась частота встречаемости по шкале С.М. Вислоуха от 1 до 6 (Кордэ, 1956).

При выявлении видового состава альгофлоры была использована обширная научная литература, в том числе определители и атласы отечественных и зарубежных специалистов (Забелина и др., 1951; Голлербах и др., 1953; Косинская, 1960; Виноградова и др., 1980; Мошкова, Голлербах, 1986; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991а, б; Hartley, Barber, 1996; Krammer, 2000, 2002). Общий таксономический список водорослей составлен в соответствии с мировой базой данных по водорослям AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2016–2023). Внутри отделов водоросли расположены в алфавитном порядке. Экологические характеристики указаны в соответствии со сводкой С.С. Бариновой с соавторами (Баринова и др., 2019).

Для оценки сходства сообществ водорослей обследованных водотоков п-ва Камчатка был проведен кластерный анализ, при выполнении которого применена статистическая программа PAlaeontological STatistics, версия 1.89 (Hammer et al., 2007). В качестве меры сходства использован коэффициент Съёренсена (Sørensen, 1948), в качестве алгоритма построения кластеров – метод невзвешенного парногруппового арифметического усреднения (UPGMA), за единицу сравнения выбран таксон рангом ниже вида.

Результаты и обсуждение

В результате обработки проб нами обнаружено 193 вида, разновидности и формы цианобактерий и водорослей из 5 отделов: Cyanobacteria – 5 видов, Bacillariophyta – 167 таксонов (с учетом разновидностей и форм – 177), Ochrophyta – 2, Charophyta – 4, Chlorophyta – 5 (табл. 2, 3).

Таблица 1

Характеристика обследованных водотоков полуострова Камчатка (сентябрь 2022 г.)

Название водотока	Координаты точки отбора проб	Длина, км	T воды, °C	Скорость течения, м/сек	Ширина реки, м	pH ¹	Площадь бассейна, км ²
1 – р. Андриановка у с. Андриановка, перекат	N54.63781° E158.46008°	70	9,8	0,86	7	6,85–7,35	1190
2 – р. Андриановка, у с. Андриановка, плес	N54.63781° E158.46008°		9,8	0,36	10		
3 – р. Камчатка у с. Мильково, плес	N54.62442° E158.46306°	758	9,0	0,42	80	6,3–7,55	55 900
4 – р. Камчатка у с. Шаромы, плес	N54.390341° E158.192.101°		13,2	0,6	22		
5 – р. Камчатка у с. Шаромы, перекат	N54.39071° E158.196828°		13,2	1,42	22		
6 – р. Камчатка у устья р. Грешна, перекат	N54.25325° E158.10814°		13,0	1,23	26		
7 – р. Плотникова выше пос. Сокоч, перекат	N53.10431° E157.75616°	134	9,8	0,87	25	7,05–7,2	4450
8 – р. Плотникова, у моста за пос. Сокоч, плес	N53.18871° E157.61647°		9,9	0,67	43		
9 – Протока р. Плотникова, плес	N53.06820° E157.36436°		10,0	0,28	8		
10 – Протока р. Плотникова, перекат	N53.06820° E157.36436°		10,0	1,18	50		
11 – р. Авача у с. Северные Коряки, плес	N53.35797° E158.21237°	122	8,8	0,94	54	6,25–7,35	5090
12 – р. Авача у с. Северные Коряки, перекат	N53.35797° E158.21237°		8,8	1,41	56		
13 – р. Авача, мост у г. Елизово	N53.202951° E158.38869°		8,6	2,0	113		
14 – р. Паратурнка, пос. Паратурнка, в районе ул. Рябиновая, перекат	N53.009070° E158.275630°	81	8,7	0,43	51	6,85–7,2	1500
15 – р. Паратурнка, 9 км выше пос. Термальный, плес	N52.87888° E158.20930°		8,8	1,61	35		
16 – р. Гаванка у с. Коряки, плес	N53.26493° E158.21468°	48	7,8	0,43	7	–	–
17 – р. Гаванка у с. Коряки, перекат	N53.26493° E158.21468°		7,8	0,9	7		
18 – р. Кирпичная, окр.г. Петропавловск-Камчатский, плес	N53.047608° E158.687301°	24	8,2	0,97	2,5	–	207
19 – кл. Первый, окр.г. Петропавловск-Камчатский, район Нагорный, плес	N53.05845° E158.73706°	17	7,0	0,64	3,6	–	–
20 – р. Карымшина у пос. Термальный, плес	N52.93571° E158.23479°	20	8,8	0,87	22	–	–
21 – р. Мутнушка, 1,7 км ниже Козельского полигона, перекат	N53.176660° E159.103997°	20	6,4	1,33	3	–	–
22 – р. Мутнушка, 1,7 км ниже Козельского полигона, плес	N53.176660° E159.103997°		6,4	0,8	2,5		

¹ – данные по pH приводятся согласно литературным сведениям (Ресурсы..., 1966).

Таблица 2

**Таксономический состав водорослей перифитона водотоков полуострова Камчатка
(сентябрь 2022 г.)**

№	Отдел	Род	Вид	Вид, разновидность и форма
1	CYANOBACTERIA	4	5	5
2	BACILLARIOPHYTA	56	167	177
3	OCHROPHYTA	2	2	2
4	CHLOROPHYTA	2	4	4
5	CHAROPHYTA	4	5	5
Всего		68	183	193

Общий список цианобактерий и водорослей, обнаруженных в водотоках п-ва Камчатка в результате наших исследований, приведен в таблице 3. В списке указаны экологические характеристики каждого вида (местообитание, отношение к солености и активной реакции воды), а также частота встречаемости вида для каждого обследованного водоема. В таблице отсутствуют данные по реке Мутнушка, ввиду незначительного числа видов, отмеченных для этого водотока.

В сообществах водорослей обследованных водоемов как по обилию в обрастаниях, так и по видовому разнообразию преобладали диатомовые водоросли. Наиболее обычными видами, часто развивающимися на камнях и доминирующими в обрастаниях, можно назвать *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Hannaea arcus*, *Gomphonema ventricosum*, *Ulnaria inaequalis*, *Cocconeis placentula*, *Fragilaria capucina*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia palea*. В качестве субдоминантов чаще всего присутствовали *Melosira varians*, *Meridion circulare*, *Planothidium lanceolatum*, *Gomphonella olivacea*, виды родов *Staurosira*, *Diatoma*, *Cymbella*, *Fragilaria* и некоторые другие. В отдельных случаях на первые места по обилию выходили виды *Rhoicosphenia abbreviata*, *Didymosphenia geminata*, *Tabularia fasciculata*.

Из зеленых водорослей заметные скопления образовывали нити *Ulothrix zonata* и кустики *Cladophora glomerata*. В ряде водотоков в массе встречались слизистые «косички» Охофитовой водоросли *Hydrurus foetidus*. Отдел Харовых водорослей представлен нитями *Spirogyra* и единичными экземплярами родов *Closterium* и *Cosmarium*. Цианобактерии массовых обрастаний практически не образовывали, за исключением рода *Tapinothrix*.

Для каждого обследованного участка рек определен видовой состав водорослей и охарактеризованы комплексы доминирующих видов (табл. 3).

Река Андриановка, у с. Андриановка, перекат (ст. 1), плес (ст. 2).

Сообщества водорослей на перекате и плесе были практически идентичны. Обрастания камней на этом участке были представлены скоплениями нитей зеленой водоросли *Ulothrix zonata*, в массе присутствовали створки диатомовых водорослей *Didymosphenia geminata*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Gomphonema ventricosum*, *Ulnaria inaequalis*, *U. ulna* и *Hannaea arcus* с вариациями.

Река Камчатка, остановка у с. Мильково, плес (ст. 3).

На этом участке реки отмечены массовые обрастания камней цианобактерией *Tapinothrix varians* в комплексе с диатомовыми водорослями *Achnanthidium minutissimum*, *Cocconeis placentula*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Hannaea arcus*, *Gomphonella olivacea*, *Gomphonema micropus*, видами рода *Fragilaria*. Также присутствовали нити зеленой водоросли *Ulothrix zonata*.

Таблица 3

Видовой состав водорослей перифитона водотоков полуострова Камчатка (сентябрь, 2022 г.)

№	Таксон	Место-обитание	Га-лоб-ность	Отно-шение к рН	Водотоки												
					CYANOBACTERIA												
1.	<i>Anabaena</i> sp.	—	—	—	1												
2.	<i>Tapinohrix simplex</i> (Woronichin) Bohunická et Johansen	B	—	—											1		
3.	<i>T. varians</i> (Geitler) Bohunická et Johansen	B	—	—	6	6									6	5	6
4.	<i>Schizothrix</i> sp.	—	—	—													3
5.	<i>Oscillatoria tenuis</i> C. Agardh ex Gomont	P-B	hl	—	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1			
6.	<i>Achnanthidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	B	i	alf	1										4	1	1
7.	<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	P-B	i	ind	5	3	6	2	5	5	3	6	6	2	2	5	5
8.	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman et R.E.M. Archibald	B	i	alf								1	1				2
9.	<i>A. libyca</i> Ehrenberg	B	i	alf										1			
10.	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing	B	i	alf	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1			1
11.	<i>A. pedicellatus</i> (Kützing) Grunow ex A. Schmidt	B	i	alf	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
12.	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	P	i	alf							1						
13.	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	P	i	alf						1		1			1	2	1
14.	<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	P-B	i	alf						2	1	1	1	1			
15.	<i>A. subarctica</i> (O. Müller) Haworth	P	i	alf	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1
16.	<i>Aulacoseira</i> sp.	—	—	—					2	2	3	1					
17.	<i>Brebissonia boeckii</i> (Ehrenberg) E.O. Meara	B	hl	alf											3		1
18.	<i>Caloneis falcifera</i> Lange-Bertalot, Genkal et Vekhov	—	—	—								1					
19.	<i>C. silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	B	i	ind											1		
20.	<i>Cavinula pseudoscutiformis</i> (Hustedt) D.G. Mann et Stickle	P-B	i	ind													
21.	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	B	i	alf											4	1	1
22.	<i>C. placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>	P-B	i	alf	2	3	5	6	6	6	6	6	6	6	5	4	5

Продолжение табл. 3

№	Taxon	Местообитание	Глубина	Отношение к рН	Водотоки																
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
23.	<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	P-B	i	alf	2	2	2	2	1	2	3	1	1	1	1	1	1	3	1	2	
24.	<i>Cyclostella meneghiniana</i> Kützing	P-B	hl	alf	1	1	1	1	3	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
25.	<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	P-B	i	alf																	3
26.	<i>Cymbella amplificata</i> Krammer	P-B	hb	ind							1	2	1	2	1	2	1	3			
27.	<i>C. cf. arctica</i> (Lagerstedt) A.W.F.Schmidt	-	-	-																	
28.	<i>C. cistula</i> (Ehrenberg) O. Kirchner	B	i	alf																	
29.	<i>C. lanceolata</i> C. Agardh	B	i	alf																	
30.	<i>C. neocistula</i> Krammer	B	i	ind	2				1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31.	<i>C. mexicana</i> var. <i>kamchatka</i> (Grunow) Cleve	B	-	-					1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32.	<i>C. proxima</i> Reimer	B	hb	alf					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
33.	<i>C. tumida</i> (Brébisson) Van Heurck var. <i>tumida</i>	B	i	alf					1	1									1	5	
34.	<i>C. tumida</i> var. <i>borealis</i> (Grunow) Cleve	B	i	-															2		
35.	<i>C. turgidula</i> Grunow	B	-	ind															4		
36.	<i>Cymbopleura apiculata</i> Krammer	B	-	ind															1		
37.	<i>C. cuspidata</i> (Kützing) Krammer	P-B	i	alf																	
38.	<i>C. heteroplecta</i> (Ehrenberg) Z.X. Shi	B	i	ind																1	
39.	<i>C. naviculiformis</i> (Auerswald) Krammer	B	i	ind					2	1	1								1	1	2
40.	<i>Diaionoma anceps</i> (Ehrenberg) Kirchner	P-B	hb	ind					1	2									2	1	1
41.	<i>D. hemialis</i> (Lyngbye) Heiberg	P-B	hb	ind	2	3	3	4	4	2	1	2	2	3	4	3	5	2	1	3	2
42.	<i>D. mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	B	hb	ind	3	4	2	2	4	4	1	3	3	2	1	3	4	1	5	4	5
43.	<i>D. moniliformis</i> Kützing	P-B	i	alf	2	2	1				1	2	2	3			3				
44.	<i>D. temue</i> C. Agardh	P-B	hl	alf																3	2
45.	<i>D. vulgare</i> Bory	P-B	i	alf	1									5	3	3	1	2	4	2	
46.	<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) M. Schmidt	B	i	ind	5	5			1	2	1	1	1	1	5	6	5		6	1	1
47.	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	B	i	alf	1														2		
48.	<i>D. ovalis</i> (Hilse) Cleve	B	i	alf															1		
49.	<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk et Klee	P	i	ind														1	1	1	
50.	<i>Encyonema cespitosum</i> Kützing	B	i	alf														1			

Прологжение табл. 3

Прологжение табл. 3

Окончание табл. 3

CHLOROPHYTA									
189. <i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützing	P-B	i	alf			6	2	6	
190. <i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E. Hegewald	P-B	i	ind						1
191. <i>Ulothrix tenerima</i> (Kützing) Kützing	P-B	i	-					2	
192. <i>U. tenuissima</i> Kützing	P-B	i	-				1		
193. <i>U. zonata</i> (Weber et Mohr) Kützing	P-B	i	ind	6	5	4			

Примечание. Обозначения водотоков: 1 – р. Андриановка у с. Андриановка, перекат; 2 – р. Андриановка, плес; 3 – р. Камчатка у с. Мильково, плес; 4 – р. Камчатка у с. Шаромы, плес; 5 – р. Камчатка у с. Шаромы, перекат; 6 – р. Камчатка выше пос. Сокоч; 7 – р. Плотникова выше пос. Сокоч, перекат; 8 – р. Плотникова выше пос. Сокоч, плес; 9 – протока р. Плотникова, плес; 10 – протока р. Плотникова, перекат; 11 – р. Авача у с. Северные Коряки, перекат; 12 – р. Авача у с. Северные Коряки, плес; 13 – р. Авача, мост у г. Елизово, перекат; 14 – р. Паралунка, пос. Паралунка, в районе ул. Рябиновая, перекат; 15 – р. Паралунка, 9 км выше пос. Термальный, плес; 16 – р. Гаванка у с. Коряки, плес; 17 – р. Гаванка у с. Коряки, перекат; 18 – р. Кирпичная, окрестности г. Петропавловск-Камчатский, плес; 19 – кл. Первый, окрестности г. Петропавловск-Камчатский, район Нагорный, плес; 20 – р. Карымчина у пос. Термальный, плес.

Условные обозначения. Частота встречаемости: 1 – единично, 2 – редко, 3 – нередко, 4 – часто, 5 – очень часто, 6 – масса; местообитание: Р – планктонные, Р-В – планктонно-бентосные, В – бентосные; галофобные, hb – галофобы; отопление к pH: alf – алкалифины, acf – ацидофилы; <> – нет данных.

Река Камчатка у с. Шаромы, плес (ст. 4), перекат (ст. 5).

Доминирующими видами в перифитонных альгосообществах этого участка р. Камчатка были *Vaucheria* sp. ster. из отдела *Ochrophyta* и цианобактерии *Tapinothrix varians*. На плесе в обрастаиях преобладали диатомовые водоросли *Cocconeis placentula*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Gomphonella olivacea*, *Hannaea arcus*, *Melosira varians*, *Meridion circulare*, *Planothidium lanceolatum*, виды рода *Staurosira*, на перекате – *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Cocconeis placentula*, *Gomphonella olivacea*, *Hannaea arcus*, *Melosira varians*, *Planothidium lanceolatum* и другие виды.

Река Камчатка у устья р. Гречна, перекат (ст. 6).

В обрастаиях каменистых субстратов отмечено массовое развитие цианобактерии *Tapinothrix varians* и диатомовых водорослей, со сходным доминантным составом с альгосообществами р. Камчатка у с. Шаромы.

Река Плотникова выше пос. Сокоч, перекат (ст. 7).

В р. Плотникова наблюдались массовые обрастаия зеленых кустиков водоросли *Cladophora glomerata* (отдел Chlorophyta). Эпифитно на нитях кладофоры в больших количествах развивались разнообразные диатомовые водоросли: *Rhoicosphenia abbreviata*, *Cocconeis placentula*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Gomphonema ventricosum*, *Fragilaria capucina*. Интересно отметить наряду с обычными речными видами доминирование *Rhoicosphenia abbreviata* – вида, более характерного для устьев рек и эстuarных зон водотоков.

Река Плотникова, у моста около пос. Сокоч, плес (ст. 8).

Ложе р. Плотникова и на плесе и на перекате было покрыто сплошным ковром зеленых кустиков водного травянистого растения Шелковника воло-

солистного – *Batrachium trichophyllum* (Chaix) Bosch. из семейства Лютиковые (Ranunculaceae) (рис. 2).

В сообществах перифитона преобладали диатомовые водоросли *Melosira varians*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Cocconeis placentula*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Gomphonema ventricosum*, *Navicula cryptocephala*, виды родов *Fragilaria* и *Staurosira*. Кроме того, были найдены единичные экземпляры вида *Closterium ehrenbergii* из отдела Харовых.

Протока р. Плотникова, плес (ст. 9), перекат (ст. 10).

Видовой состав диатомовых водорослей на плесе и перекате реки имел высокую степень сходства. В обрастианиях растений и камней преобладали диатомовые водоросли *Melosira varians*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Cocconeis placentula*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Gomphonema ventricosum*, *Navicula cryptocephala*, виды родов *Fragilaria* и *Staurosira*. На перекате встречались также кустики *Cladophora glomerata*, нити *Spirogyra* и единичные экземпляры *Closterium ehrenbergii*.

Река Авача у с. Северные Коряки, плес (ст. 11), перекат (ст. 12).

Перифитонные сообщества на плесе были представлены скоплениями диатомовых водорослей *Achnanthidium minutissimum*, *Ulnaria inaequalis*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Gomphonema ventricosum*, *Hannaea arcus*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia palea*. Поверхность камней на перекате была густо покрыта слизистыми тяжами бурого цвета – колониями *Hydrurus foetidus*. Видовой состав диатомовых водорослей на перекате отличается массовым развитием вида *Didymosphenia geminata*, в дополнение к также отмеченным здесь в значительном количестве видам *U. inaequalis*, *E. minutum*, *E. silesiacum*, *G. ventricosum*, *H. arcus*.

Река Авача, мост у г. Елизово, перекат (ст. 13).

Видовой состав водорослей этого участка был весьма своеобразным и характеризовался присутствием диатомовых водорослей *Rhoicosphenia abbreviata*, *Cocconeis placentula*, *Ulnaria inaequalis*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Nitzschia palea*, *Planothidium lanceolatum*, *P. haynaldii*. Особенность данного комплекса состоит в том, что здесь, как и в р. Плотникова в разряд доминантов выходит вид *Rhoicosphenia abbreviata*, характерный для эстуариев и устьев рек.



Рис. 2. Река Плотникова, плес у моста около пос. Сокоч

Река Паратунка, в районе ул. Рябиновая, перекат (ст. 14).

Комплекс диатомовых водорослей данного участка был представлен видами родов *Diatoma*, *Cymbella*, *Fragilaria*, а также *Navicula cryptocephala*, *Ulnaria ulna*. Только здесь в значительных количествах вегетировал мезогалобный солоноватоводный вид *Tabularia fasciculata*, виды *Cumatopleura solea*, *Caloneis silicula*, *Fragilaria rumpens*, *Nitzschia amphibia*, *Planothidium capitatum* отмечены нами только в перифитоне р. Паратунка, а вид *Brebissonia boeckii* зафиксирован в двух реках – в Паратунке и Карамшина.

Река Паратунка, 9 км выше пос. Термальный, плес (ст. 15).

Обрастания камней в русле реки были сформированы цианобактериями *Tapinothrix varians* и слизистыми «косичками» охрофитовой водоросли *Hydrurus foetidus*. В массе вегетировали диатомовые водоросли *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Gomphoneis quadripunctatum*, *Gomphonella olivacea*, *Hannaea arcus*.

Река Гаванка у с. Коряки, плес (ст. 16), перекат (ст. 17).

В реке и на плесе, и на перекате наблюдались сходные группировки водорослей с доминированием *Tapinothrix varians* и *Hydrurus foetidus*. В составе диатомовых водорослей преобладали *Achnanthidium minutissimum*, *Diatoma mesodon*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Ulnaria ulna*.

Река Кирпичная, окрестности г. Петропавловск-Камчатский, плес (ст. 18).

В составе группировки обрастаний вегетировали только диатомовые водоросли, преобладали виды рода *Encyonema*: *E. minutum* и *E. silesiacum*, а также *Fragilaria vaucheriae*, *Gomphoneis quadripunctatum*, *Planothidium lanceolatum*, *Hannaea arcus*.

Ключ Первый, окрестности г. Петропавловск-Камчатский, район Нагорный, плес (ст. 19).

Комплекс диатомовых водорослей этого водотока имел специфические особенности и отличался по составу видов от сообществ диатомей в других водотоках. Кроме обычных видов *Encyonema* здесь в больших количествах присутствовали *Melosira varians*, *Fragilaria vaucheriae*, *Diatoma mesodon*, *Frustulia vulgaris*, *Meridion circulare*, *M. constrictum* и *Planothidium lanceolatum*.

Река Карымшина у пос. Термальный, плес (ст. 20).

Видовой состав водорослей был довольно обычен – доминировали *Coccconeis placentula*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Fragilaria vaucheriae*, *Planothidium lanceolatum*, однако здесь с высокими оценками обилия вегетировали виды рода *Staurosira* (*S. construens*, *S. leptostauron*) и *Staurosirella pinnata*.

Река Мутнушка перекат (ст. 21), плес (ст. 22).

Обследование русла реки Мутнушка (участок в 1,7 км ниже Козельского полигона) показало присутствие чрезвычайно малого числа водорослей, как на плесе, так и на перекате водотока. По-видимому, сильная мутность воды и наличие очень плотного наилка, состоящего из мелких частиц вулканического пепла и крепко цементирующего камни на дне реки, не позволяют водорослям полноценно развиваться. На данном участке реки нами отмечены только диатомовые водоросли, имевшие частоту встречаемости «единично» и «редко». Всего выявлено одиннадцать видов и разновидностей: *Achnanthidium minutissimum*, *Diatoma mesodon*, *Encyonema silesiacum*, *Fragilaria vaucheriae*, *Frustulia vulgaris*, *Hannaea arcus* с вариацией *rectus*, *Gomphonema ventricosum*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia dissipata* и *N. palea*.

Высокую степень сходства видового состава альгосообществ изученных водотоков показало сравнение, проведенное с помощью кластерного анализа на основании коэффициента общности Т. Съёренсена (Sørensen, 1948). На дендрограмме выделены четыре основных ветви: в единый кластер объединены р. Камчатка

и ее приток р. Андриановка, а также три водотока, расположенные вблизи побережья Авачинского залива – р. Карамшина, кл. Первый и р. Кирпичная, второй кластер объединяет альгосообщества рек Авача, Гаванки, Плотникова и протоки р. Плотникова, два одиночных кластера выделяют реку Паратурнку с ее уникальным составом альгофлоры и реку Мутнушку, отличающуюся низким видовым богатством водорослей (рис. 3).

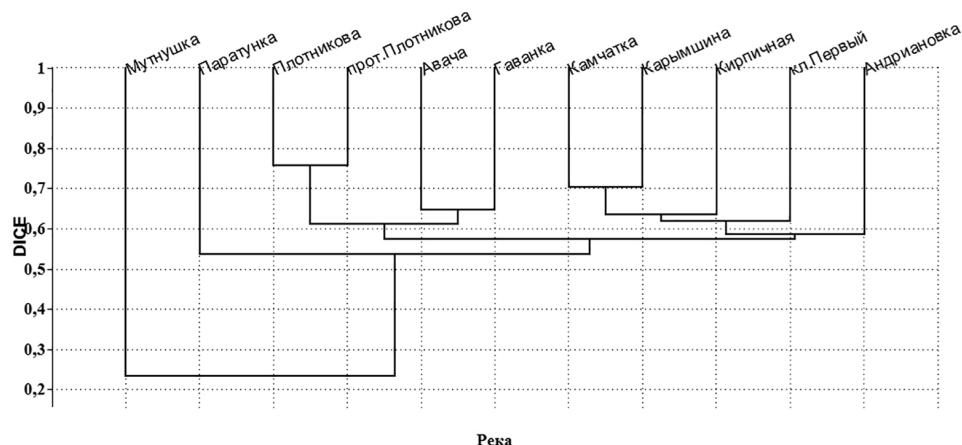


Рис. 3. Дендрограмма флористического сходства перифитонных альгосообществ водотоков п-ва Камчатка. На оси ординат указаны значения коэффициента Съёренсена, сверху – названия рек (метод UPGMA)

Эколого-географическая характеристика альгофлоры

Характеризуя экологические особенности изученной альгофлоры, можно сказать, что в обследованных водотоках наиболее широко представлена группа бентосных организмов – 104 вида или 53,9 % от общего числа таксонов (табл. 4).

Таблица 4

Распределение водорослей по экологическим группам

Группы	Всего таксонов	%
МЕСТООБИТАНИЕ		
Планктонные (P)	6	3,1
Планктонно-бентосные (P-B)	74	38,3
Бентосные (B)	104	53,9
Нет данных	9	4,7
ГАЛОБНОСТЬ		
Мезогалобы (mh)	7	3,6
Галофилы (hl)	19	9,8
Индифференты (i)	125	64,8
Галофобы (hb)	17	8,8
Нет данных	25	13,0
ОТНОШЕНИЕ К pH		
Алкалибионты (alb)	3	1,6
Алкалифилы (alf)	86	44,6
Индифференты (ind)	67	34,7
Ацидофилы (acf)	13	6,7
Нет данных	24	12,4

Примечание: процент учитывается от общего числа таксонов.

Однако довольно значительна была также и группа планктонно-бентосных видов – 74 вида (38,3 %). Планктонные виды насчитывают всего 6 таксонов, что составляет 3,1 %.

Распределение водорослей по категориям галобности (по отношению к солености воды) показывает, что группа индифферентных видов наиболее многочисленна и включает 125 таксонов или 64,8 % (табл. 4). Именно индифференты составляют основу альгологических группировок в обследованных водотоках. К самым массовым видам можно отнести *Hannaea arcus*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Gomphonema ventricosum*, *Cocconeis placentula*, *Fragilaria capucina* из диатомовых водорослей, представители рода *Ulothrix* из зеленых водорослей. Группа галофилов (видов, способных выдерживать слабую степень засоления) насчитывает 19 видов (9,8 %). Массовых видов среди них не обнаружено, хотя в отдельных водотоках в значительных количествах были отмечена *Melosira varians*, *Staurosirella pinnata*. Группа галофобов, то есть видов, не выдерживающих даже слабой степени засоления, насчитывает 17 видов и составляет 8,8 %, причем нужно отметить, что в этой группе есть виды, играющие значительную роль в составе перифитонных сообществ: *Meridion constrictum*, *Diatoma mesodon*, *D. hiemalis*. Типичные галофобы рода *Eunotia* встречались единичными экземплярами. Из семи мезогалобных видов (то есть, обитающих при слабой степени засоления) в массе была отмечена только *Tabularia fasciculata*.

Анализ количества видов водорослей по отношению к pH среды показал, что по числу видов в обследованных водотоках на первом месте стоит группа алкалифилов, то есть видов, предлагающих слабощелочную среду – 86 видов (44,6 %), группа алкалибионтов представлена 3 видами (1,6 %), индифференты насчитывают 67 видов (34,7 %). Виды группы ацидофилов (видов, предлагающих воды слегка пониженной pH) составляют 13 таксонов (6,7 %), практически все они отмечены с низкой частотой встречаемости.

Массовыми видами обрастаний являются в равной степени алкалифильтные и индифферентные виды, такие как *Gomphonella olivacea*, *Hannaea arcus*, *Achnanthidium minutissimum*, *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Reimeria sinuata*, *Planothidium lanceolatum*, *Meridion circulare*, виды родов *Gomphonema*, *Staurosira*.

Заключение

В результате обследования некоторых водотоков полуострова Камчатка выявлена структура водорослевых перифитонных сообществ. Обследованы реки: Камчатка, Андриановка, Плотникова, Авача, Паратунка, Гаванка, Кирпичная, Карамшина, Мутнушка и ключ Первый. В результате обработки проб обнаружено 193 вида, разновидности и формы цианобактерий и водорослей из пяти отделов: Cyanobacteria – 5 видов, Bacillariophyta – 167 таксонов (с учетом разновидностей и форм – 177), Ochrophyta – 2, Charophyta – 4, Chlorophyta – 5.

В сообществах водорослей обследованных водоемов как по обилию в обрастаниях, так и по видовому разнообразию преобладали диатомовые водоросли. Наиболее обычными видами, часто развивающимися на камнях и доминирующими в обрастаниях, можно назвать *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Hannaea arcus*, *Gomphonema ventricosum*, *Ulnaria inaequalis*, *Cocconeis placentula*, *Fragilaria capucina*, *Nitzschia palea*. В отдельных случаях на первые места по обилию выходили виды *Rhoicosphenia abbreviata*, *Didymosphenia geminata*, *Tabularia fasciculata*. Из Зеленых водорослей отмечены *Ulothrix zonata* и *Cladophora glomerata*. Иногда

в массе встречались *Hydrurus foetidus* (отдел Охрофитовые) и виды рода *Tapinothrix* (Цианобактерии). Харовые водоросли представлены единичными экземплярами родов *Spirogyra*, *Closterium* и *Cosmarium*.

В пробах из р. Мутнушка обнаружено одиннадцать видов и разновидностей водорослей с низкими значениями обилия. По-видимому, водоросли не могут вегетировать на поверхности мелкого вулканического песка, покрывающего ложе реки.

Давая общую экологическую характеристику изученной альгофлоры следует отметить, что в перифитонных сообществах преобладают бентосные и планктонно-бентосные организмы, индифферентные по отношению к солености воды и предпочтитающие слабо щелочную среду обитания.

Все вышеперечисленные результаты получены впервые для водотоков р. Андриановка, р. Плотникова, р. Паратурка, р. Гаванка, р. Кирпичная, р. Карамшина, р. Мутнушка, кл. Первый, а для бассейнов р. Камчатка и р. Авача значительно дополнены данные о видовом богатстве цианобактерий и водорослей, поэтому в дальнейшем могут служить основой для мониторинга и проведения сравнительного анализа как альгофлористического состава, так и качества вод водотоков п-ва Камчатка.

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность гл.н.с. ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН, д.б.н. В.Ю. Баркалову за определение видовой принадлежности высших водных растений. Наша работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FZNS-2022-0001, а также в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000147-6).

Литература

- Баринова С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. 2019.** Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа, Киев: Издательство University of Haifa. 367 с.
- Виноградова К.Л., Голлербах М.М., Зауэр Л.М., Сдобникова Н.В. 1980.** Зеленые, красные и бурые водоросли. Л.: Наука. 248 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 13).
- Водоросли. Справочник. 1989.** Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Киев: Наукова думка, 608 с.
- Генкал С.И., Лупикина Е.Г. 1998.** Новые и редкие виды *Aulacosira* (*Bacillariophyta*) из кальдерных озер Камчатки // Ботанический журнал. Т. 83, № 2. С. 104–110.
- Генкал С.И., Лупикина Е.Г. Лепская Е.В. 2004.** *Cyclotella tripartita* Håkansson из озер Камчатки // Ботанический журнал. Т. 89, № 3. С. 92–101
- Генкал С.И., Лепская Е.В., Лупикина Е.Г. 2007.** Диатомовые водоросли озера Хангар (Камчатка). 2007. Ботанический журнал. Т. 92, № 10. С. 20–27.
- Генкал С.И., Лепская Е.В. 2013.** Материалы к флоре центрических диатомовых водорослей оз. Нерпичье (эстуарий р. Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 31 (1). С. 62–73
- Генкал С.И., Лепская Е.В. 2014.** Флора диатомовых водорослей лососевых озер Корякского нагорья Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 35. С. 31–47.
- Генкал С.И., Лепская Е.В. 2015.** *Bacillariophyta* планктона озера Кроноцкое (Камчатка, Россия) // Альгология. Т. 25, № 1, с. 74–82.
- Генкал С.И., Трифонова И.С., Лепская Е.В. 2022** *Aulacoseira makarovae* (*Bacillariophyta*) – новый вид из России // Ботанический журнал. Т. 107, № 9. С. 917–925.
- Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. 1953.** Синезеленые водоросли. М.: Советская наука. 652 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2).

- Голлербах М.М., Полянский В.И. 1951.** Пресноводные водоросли и их изучение. М.: Советская наука. 199 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 1).
- Головенкина Н.И. 1981.** Диатомовые водоросли из термальных источников кальдеры вулкана Узон на Камчатке // Диатомовые водоросли. Труды Биологического научно-исследовательского института. Ленинград: Изд-во Ленинградского университета. № 30. С. 132–148.
- Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. 1951.** Диатомовые водоросли. М.: Советская наука. 619 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4).
- Еленкин А.А. 1914.** Пресноводные водоросли Камчатки // Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского, снаряженная при содействии Императорского Русского Географического Общества. Ботанический отдел. Вып. II. Споровые растения Камчатки: 1) водоросли, 2) грибы (Ред. А.А. Еленкин). Москва: Типография П.П. Рябушинского. С. 3–404.
- Ефимов А.А., Ефимова М.В. 2007.** Альгобактериальные сообщества плавающих матов Нижне-Паратунских горячих источников (Камчатка) // Современные проблемы науки и образования. № 6. С. 29–33.
- Калитина Е.Г., Никулина Т.В., Харитонова Н.А., Вах Е.А. 2015.** Материалы к изучению разнообразия микроорганизмов в термальных источниках Камчатки (Россия) // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогоеэкологии Евразии» с элементами научной школы. 23–27 ноября 2015 г., Томск, Россия. С. 510–513.
- Кордэ Н.В. 1956.** Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. Т. 4. Ч. 1. М., Л. С. 383–413.
- Косинская Е.К. 1960.** Десмидиевые водоросли. Коньюгаты, или спеплянки (2). М.-Л.: Изд-во АН СССР. 706 с. (Флора споровых растений СССР. Т. 5.Вып. 1).
- Кузякина Т.И., Ефимова М.В., Ефимов А.А. 2005.** Биологическое разнообразие синезеленых водорослей альгобактериальных сообществ гидротерм Камчатки // Материалы VI научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 29–30 ноября 2005 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 49–51.
- Куликовский М.С., Шкурина Н.А. 2009.** Видовой состав и особенности флоры центрических диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*) водоемов и водотоков Камчатки // Поволжский экологический журнал. № 4. С. 305–318.
- Куликовский М.С., Шкурина Н.А., Белякова Г.А. 2013.** Морфология и систематика *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve et Möller (*Bacillariophyta*) из озера Дальнее (Камчатка) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. № 1. С. 39–44.
- Лепская Е.В. 2000.** Фитопланктон оз. Азабачье и его роль в питании массовых видов зоопланктона // Исследование биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Вып. V. С. 152–160.
- Лепская Е.В. 2003.** Фитопланктон Толмачевского водохранилища в начальной стадии его существования // Доклады III научн. конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей», 27–28 ноября 2002 г. Петропавловск-Камчатский. С. 80–86.
- Лепская Е.В. 2004.** Многолетняя динамика численности и биомассы фитопланктона озера Курильское и определяющие ее факторы // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана / Камчатский науч.-исслед. ин-т рыбного хозяйства и океанографии. Петропавловск-Камчатский. Вып. 7. С. 79–87.
- Лепская Е.В. 2007.** Фитопланктон озера Паланского. Таксономия, экология, динамика количественных характеристик // Исследования биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. научных трудов. Вып. 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 5–9.
- Лепская Е.В. 2014.** Фитопланктон эстуария реки Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 32. Эстуарий реки Камчатки. Итоги комплексного изучения экосистемы. Ч. II. С. 5–20.
- Лепская Е.В. 2017.** «Цветение» *Cyanoproctiota* (синезеленые водоросли) в литорали оз. Халактырское (Восточная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы VIII международной научной конференции, посвященной 70-летию со дня рождения доктора биологических наук П.А. Хоментовского. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 239–241.
- Лепская Е.В., Маслов А.В. 1998.** Многолетняя динамика фитопланктона сообщества оз. Курильское (Южная Камчатка) // Исследование биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Вып. IV. С. 182–188.

- Лепская Е.В., Лутика Е.Г., Миловская Л.В., Сиротенко И.Н., Свириденко В.Д.** 1998. Фитопланктон оз. Паланское (Камчатка) как показатель состояния его экосистемы // Исследование биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Вып. IV. С. 176–181.
- Лепская Е.В., Лутика Е.Г., Маслов А.В., Уколова Т.К., Свириденко В.Д.** 2003. К характеристике альгофлоры пелагиали некоторых озер Камчатки // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 2. С. 272–286.
- Лепская Е.В., Горин С.Л., Маркевич Г.Н.** 2010. О фитопланктоне и первичной продукции озера Нерпичьего и некоторых лагун бывшего залива Тахирка (Восточная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Материалы XI международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения выдающихся российских ихтиологов А.П. Андрияшева и А.Я Таранца. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 158–161.
- Лепская Е.В., Бонк Т.В., Беккер Е.И.** 2019. Водоросли и беспозвоночные пресных водоемов бассейна Таловского озера (Корякский заповедник, Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Научный рецензируемый журнал. Вып. 52. С. 108–119.
- Лепская Е.В., Лутика Е.Г.** 2007. Диатомовые вулканических озер Камчатки // Морфология, клеточная биология, экология, флористика и история развития диатомовых водорослей: материалы X Междунар. научн. конф. диатомологов стран СНГ, г. Минск, 9–14 сент. 2007 г. Минск: БГПУ. С. 95–97.
- Лутика Е.Г.** 1999. Некоторые аспекты влияния вулканизма (1996–1998 гг.) на альгогруппировки Карымского озера (Камчатка) // Альгология. Т. 9. № 2. С. 107.
- Миддендорф А.Ф.** 1867. Путешествие на север и восток Сибири. Ч. I. Север и восток Сибири в естественно-историческом отношении. Отд. IV. Раствительность Сибири. Санкт-Петербург: Акад. наук. 756 с.
- Мошкова И.А., Голлербах М.М.** 1986. Зеленые водоросли. Класс улотриковые (1). Л.: Наука. 360 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10).
- Никитина В.Н.** 2001. К флоре *Cyanophyta* термальных источников Камчатки / Материалы II научн. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 9–10 апреля 2001 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчат. С. 73–75.
- Никитина В.Н.** 2005. Синезеленые водоросли (цианобактерии) природных термальных биотопов. СПб.: Изд-во СПб. ун-та. 110 с.
- Никулина Т.В.,** 2013. Видовое разнообразие диатомовых водорослей оз. Явинского (юго-запад Камчатки) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: тезисы докладов XIV международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения известного дальневосточного учёного, д.б.н., профессора В.Я. Леванидова. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2013, с. 198–200.
- Никулина Т.В., Грищенко О.В.** 2017. Флора диатомовых водорослей Дачных термальных источников (Камчатка, Россия) // Чтения памяти профессора В.Я. Леванидова. Вып. 7. Владивосток: ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. С. 185–193.
- Никулина Т.В., Калитина, Вах Е.А., Харитонова Н.А.** 2015. Бактерии и диатомовые водоросли Малкинских, Начикинских и Верхне-паратунских термальных источников (Камчатка, Россия) // Всероссийская научная конференция с международным участием «Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов», посвященная 100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова, 7–9 октября 2015 г., г. Петропавловск-Камчатский, Россия. 2015. С. 104–110.
- Никулина Т.В., Калитина Е.Г., Вах Е.А., Харитонова Н.А.** 2016. Список диатомовых водорослей трех термальных источников Камчатки – Малкинских, Начикинских и Верхне-паратунских (Россия) // Жизнь пресных вод. Владивосток: Дальнаука. Т. 2. С. 108–115.
- Никулина Т.В., Сорокин Ю.В.** 2021. Диатомовая флора р. Фальшивая (Камчатка) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 129–139.
- Ресурсы поверхностных вод СССР.** 1966. Т. 20. Камчатка. Ленинград: Гидрометеоиздат. 257 с.
- Шкурина Н.А., Лепская Е.В., Белякова Г.А.** 2004. Диатомовые водоросли озера Дальнее (Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана / Камчатский науч.-исслед. ин-т рыбного хозяйства и океанографии. Петропавловск-Камчатский. Вып. 7. С. 88–93.
- Шкурина Н.А., Белякова Г.А., Лепская Е.В.** 2005. Диатомовые водоросли горных ручьев реки Ича (Центральная Камчатка) // Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография

- диатомовых водорослей. Тез. докл. IX Школы диатомологов России и стран СНГ (Борок, 13–16 сентября 2005). С. 72.
- Agardh C.A. 1824.** Systema algarum. Lundae. XXXVIII. 312 p.
- Cleve, P.T. 1894.** Synopsis of the Naviculoid Diatoms. Part I. Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. V. 26, N 2. 194 p.
- Ehrenberg C.G. 1842.** Mikroskopische Analyse einiger von A. Erman in Nord-Asien gesammelten sehr merkwürdigen organischen Erden. Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland, V. 2. P. 791–796.
- Genkal S.I., Lupikina E.G., Lepskaya E.V. 2004.** *Cyclotella tripatria* Håkansson from the lakes of Kamchatka, Russia // Proceedings of the 17th International Diatom Symposium, Ottawa, Canada, 25th – 31th August, 2002. Bristol: Biopress Limited. P. 103–120.
- Genkal S.I., Lepskaya E.V. 2013.** *Stephanodiscus popovskayae* a new species from volcanic lakes of Kamchatka in East Asia, Russia // Diatom Research. Vol.28, N4, P. 365–372.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2016–2023.** AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (accessed 15.02.2023).
- Gutwinski R. 1891.** Algarum e lacu Baykal et e Peninsula Kamtschatka clariss. prof. Dr.B. Dybowski anno 1877 reportatarum enumeratio et diatomacearum lacus Baykal cum iisdem tetricorum, italicorum atque franco-gallicorum lacum comparatio // Nuova Not. S. 2. 417 p.
- Hammer Ø., Harper D.A. T., Ryan P.D. 2007.** PAST – PAleontological STatistics, version 1.89. World Wide Web electronic publication, accessible at <http://folk.uio.no/ohammer/past/>
- Hartley B., Barber H.G., Carter J.R. 1996.** An Atlas of British Diatoms. Bristol: Biopress Ltd. 601 p.
- Krammer K. 2000.** The genus *Pinnularia* // Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 1. 703 p.
- Krammer K. 2002.** The genus *Cymbella* // Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 3. 584 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986.** Bacillariophyceae. Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 1. Jena. 876 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988.** Bacillariophyceae. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 2. Stuttgart, New York. 596 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a.** Bacillariophyceae. Centrales, Fragilariaeae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 2, 3. Stuttgart, Jena. 576 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b.** Bacillariophyceae. Achnanthaceae, *Navicula* und *Gomphonema*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 4. Stuttgart, Jena. 438 s.
- Lepskaya E.V. 2001.** Common *Stephanodiscus* Ehr. species in salmon Kamchatka lakes // Proceedings of 16th International Diatom Symposium, Athens–Aegean Islands, 25 August–1 September, 2000 (ed. by A. Economou-Amilli) / Greece, Athence: AMVROSIOS Press. P. 333–346.
- Lepskaya E.V., Jewson D.H., Usoltseva M.V. 2010.** *Aulacoseira subarctica* in Kurilskoye Lake, Kamchatka: a deep, oligotrophic lake and important pacific salmon nursery // Diatom research. V. 25 (2). P. 323–335.
- Nikulina T.V., Sorokin Yu.V. 2016.** Features of periphyton diatom communities from the stream of volcanic region (Falshivaya River, South-Eastern Kamchatka, Russia) // 3rd International Symposium of Benthological Society of Asia. Vladivostok, Russian Federation. August 24–27, 2016: Abstract Book. Vladivostok: Dalnauka. P. 92.
- Nikulina T.V., Kalitina E.G., Kharitonova N.A., Chelnokov G.A., Vakh E.A., Grishchenko O.V. 2019.** Chapter 14. Diatoms from hot springs of the Kamchatka Peninsula (Russia) // Diatoms: Fundamentals & Applications. J. Seckbach and R. Gordon (eds.). Wiley-Scrivener, Beverly, MA, USA. Vol. 1. P. 311–333.
- Petersen J.B. 1946.** Algae collected by Eric Hultén on the Swedish Kamtschatka Expedition 1920–22, especially from hot springs // Det Kgl. Danske Vidensk. Selskab, Biol. Meddel. V. 20. N1. 120 p.
- Schmidt A. 1875.** Atlas der Diatomaceenkunde. Aschersleben, Commissions-Verlag Von Ludwig Siever's Buchhandlung Series I (Heft 5). Akademie-Verlag, Berlin.
- Sørensen T.A. 1948.** A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content // K. Danske Vidensk Selk. 1948. N5 (4). P. 1–34.
- Yoshitake S., Fukushima H., Lepskaya E.V. 2008.** The diatom flora of some hot springs in Kamchatka, Russia // Proceedings of the 19 International Diatom Symposium. Bristol: Biopress Ltd. P. 151–168.
- Yoshitake S., Fukushima H., Kimura T., Ko-Bayashi T., Lepskaya E.V. 2009.** Variability of the pennatae diatom *Gomphonema ventricosum* Gregory from Far Eastern lakes // Acta Botanica Croatica. T. 68. № 2. C. 421–430.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.15>
<https://elibrary.ru/lbufws>

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТРОФИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА ПОСОЛЬСКОГО СОРА ОЗ. БАЙКАЛ В 2022 Г.

С.Ю. Неронова¹, Н.Г. Шевелева², Е.А. Мишарина³

¹Байкальский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (БайкалНИРО),
ул. Хахалова, 4Б, г. Улан-Удэ, 670034, Россия. E-mail: nesveta5@yandex.ru

²Лимнологический институт СО РАН, ул. Улан-Баторская, 3, Иркутск, 664033, Россия

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Иркутский государственный университет», ул. Карла Маркса, г. Иркутск, 1664003, Россия.

Представлены оригинальные результаты исследования зоопланктона наиболее типичного мелководного участка Байкала (Посольского сора) в 2022 г. Проанализированы изменения, произошедшие в видовом составе, количественных показателях развития и структуре зоопланктона. В связи с тем, что данный участок Байкала является местом нагула молоди омуля, особое внимание уделено оценке продуктивности зоопланктона как кормовой базы рыб.

ZOOPLANKTON CURRENT STATE AND TROPHIC RELATIONSHIPS IN THE POSOLSKY SOR OF BAIKAL LAKE IN 2022

S.Y. Neronova¹, N.G. Sheveleva², E.A. Misharina³

¹Baikal branch of «Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography» (BaikalNIRO),
4 b Khakhalov St., Ulan-Ude, 670034, Russia. E-mail: nesveta5@yandex.ru

²Limnological Institute of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033, Russia

³Irkutsk State University, 1 Karl Marx St., Irkutsk, 664003, Russia

The present study provides the original results of research of zooplankton in the most typical shallow area of Lake Baikal (Posolsky Sor) in 2022. Changes in species composition, quantitative indicators of development and the structure of zooplankton are analyzed. Since this area of Baikal is considered a feeding ground for juvenile omul, special attention is paid to assessing the productivity of zooplankton as a food supply for fish.

Введение

Особенности структуры и функционирования зоопланктона мелководий оз. Байкал изучались на протяжении нескольких десятилетий, в т.ч. и как кормовой базы для обитающих там личинок и молоди байкальского омуля (Вилисова, 1954; Шнягина, 1963; Помазкова, 1970; Левковская, 1977; Долгоаршинных, 1990; Павлицкая, 1997; Павлицкая, Бобков, 1999, 2000; Бобков, Павлицкая, 2003). Соры и прилегающие мелководья Байкала играют значительную роль

в биопродуктивности озера. Вода в сорах прогревается раньше, чем в открытых районах Байкала, в них раньше начинает развиваться планктон. Поэтому соры являются местом нагула молоди многих промысловых рыб.

Посольский сор – наиболее типичный мелководный участок Байкала, расположенный на восточном берегу в 40 км к югу от дельты р. Селенга. Его площадь – 35 км², максимальная длина (вдоль береговой линии Байкала) – 12,6 км, ширина – 4,6 км. От Байкала сор отделен узкой и низкой песчаной косой. Наибольшие глубины сора (3–4 м) находятся в центральной части (Кожов, 1962).

С 1933 г. Посольский сор используется в качестве естественного выростного водоема для личинок омуля придонно-глубоководной формы морфо-экологической группы, выпускаемых с Большелереченского рыболоводного завода (Павлицкая, Бобков, 2000).

Цель данной работы – определение таксономического состава фауны планктона Посольского сора, его структуры и продуктивности в современный период; выявление изменений, произошедших в сообществе.

Материал и методика

Анализ современного состояния зоопланктона Посольского сора проведен по пробам, отобранным на 13 точках в мае–июне 2022 г. (см. рис. 1). На точках с глубиной не более 1 м отбор проб осуществлялся путем процеживания 100 л воды через сеть Апштейна, на глубинах свыше 1 м – планктонной сетью Джеди (диаметр входного отверстия – 30 см, размер ячей – 100 мкм). При отборе проб измеряли поверхностную температуру воды, прозрачность.

Обработка собранных планктонных проб проводилась по стандартным гидробиологическим методикам (Руководство по методам..., 1984). Для подсчета биомассы ракообразных и коловраток использовали индивидуальные веса, которые рекомендованы для байкальских организмов (Кожова, Мельник, 1978). Продукция метазойного планктона определена физиологическим методом с использованием принятых в литературе коэффициентов K2. При разделении зоопланктона на трофические уровни к хищникам отнесли старших копеподитных (III–V) и взрослых

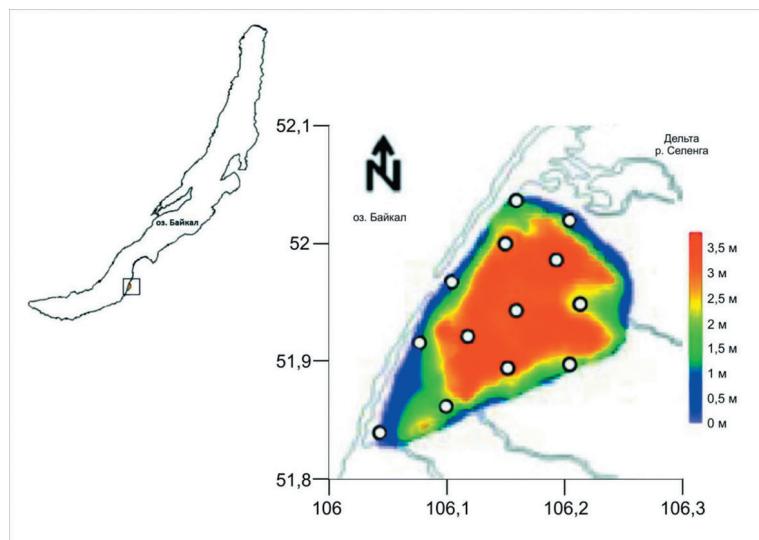


Рис. 1. Карта-схема отбора проб в Посольском соре оз. Байкал в 2022 г.

Cyclopoida, *Leptodora kindtii* (Focke), половину биомассы *Asplanchna* и *Synchaeta* (Методические рекомендации..., 1982).

При идентификации коловраток и ракообразных использованы определители (Кутикова, 1970; Einsle, 1996; Коровчинский, и др., 2021; Боруцкий, Степанова и др., 1991). Номенклатура коловраток приведена в соответствии с (Кутикова, 1970), ветвистоусых ракообразных (Коровчинский, Котов и др., 2021), веслоногих ракообразных (Боруцкий, Степанова и др., 1991; Einsle, 1996).

Доминирующими видами считали представителей с относительной биомассой не менее 5 % (Лазарева, Лебедева и др., 2001).

Дополнительно для оценки изменений видового разнообразия зоопланктона Посольского сора использовались наши данные, полученные в период исследования с 2015 г. по настоящее время.

Результаты и обсуждение

В период наших исследований (2015–2022 гг.) состав фауны коловраток и ракообразных насчитывал 60 видов, при большем разнообразии коловраток (см. таблицу 1). В 2022 г. нами обнаружено 37 видов, из которых на долю коловраток приходилось 36 %. Ветвистоусые и веслоногие ракообразные насчитывали почти равное число видов (11 и 12 соответственно). В середине мая зоопланктон беден качественно, всего 9 видов, при доминировании по численности популяции циклопидных копепод *Cyclops kolensis*, *C. kikuchii* (*C. vicinus*) и коловратки *Synchaeta kitina*. В начале июня в планктоне увеличиваются разнообразие и плотность коловраток – обильного развития достигают *Polyarthra dolichoptera* (35 тыс. экз./м³), *S. kitina* (9 тыс. экз./м³), *Keratella cochlearis* и *K. quadrata* (по 8 тыс. экз./м³). Хотя плотность *Asplanchna priodonta* не превышала 4 тыс. экз./м³, по биомассе она входила в доминантное ядро в течение всего июня (см. таблицу 2). С прогреванием воды в конце июня максимального развития достигают теплолюбивые и фитофильные коловратки: *Euchlanis dilatata* – 19 тыс. экз./м³, *Conochilus unicornis* – 218 тыс. экз./м³. Последний вид по показателям своей биомассы входил в структурообразующий комплекс (см. таблицу 2).

Сравнение видового состава Rotifera с таковым в предыдущие годы показало, что наибольшее разнообразие коловраток (52 вида) отмечено в 1972–1975 гг. (Кардашевская, Николаева и др., 1981). Это связано с большим разнообразием фитофильных и бентосных таксонов, а также большим числом эндемичных видов из рода *Notholca*. В указанные годы авторы (Кардашевская, Николаева и др., 1981) своими исследованиями охватили все биотопы, включая заросли высшей водной растительности и участки, подверженные влиянию байкальских вод. Сбор проб проводили в течение четырех лет ежедекадно (общее количество собранных и обработанных проб – 260).

Общими видами для всего срока наблюдений (1949–2022 гг.) являются *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *Bipalpus hudsoni*, *Kellicottia longispina*. При сравнении доминирующего состава коловраток в 2015–2022 гг. с данными 1949–1975 гг., видно, что изменения не значительны. Как и в прежние годы, доминантами по численности выступают *K. cochlearis*, *Synchaeta grandis*, *S. kitina*, *P. dolichoptera* (см. таблицу 1).

Разнообразие ветвистоусых ракообразных в период наших исследований (2015–2022 гг.) не велико – 11 видов, из которых большая часть отмечена в единичных экземплярах. Основное ядро по численности составляли *Bosmina longirostris*

Таблица 1

Видовой состав зоопланктона Посольского сора в разные периоды наблюдений

Таксон	1949 г. (Вилисова, 1954)	1960–1961 г. (Шнягина, 1963)	1972–1973 г. (Левковская, 1977)	1972–1975 г. (Кардашевская и др., 1981)	2015–2022 г. (наши данные)
1	2	3	4	5	6
Rotifera					
<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse	+	-	-	+	+
<i>Asplanchna herricki</i> Querne.	-	+	-	+	+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	+	+*	+	+	+*
<i>Bipalpus hudsoni</i> Imhof	+	+	+*	+	+
<i>Brachionus angularis</i> Gosse	-	-	-	-	+
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	-	-	-	+	+
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann	-	+	+	+	+
<i>Brachionus urceus</i> Linnaeus	-	-	-	+	+
<i>Cephalodella poitera</i> Myers	-	-	-	+	-
<i>Collotheca mutabilis</i> Hudson	-	-	-	+	-
<i>Collotheca pelagica</i> Rousselet	-	-	-	+	-
<i>Conochiloides natans</i> Seligo	-	-	-	+	+
<i>Conochilus hippocrepis</i> Schrank	-	-	-	+	-
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet	+	+*	-	+	+*
<i>Dicranophorus longidactylum</i> Fadeev	-	-	-	+	-
<i>Enteroplea lacusrtis</i> Ehrenberg	+	-	-	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	-	+*	+	+	+*
<i>Euchlanis lyra</i> Hudson	-	-	-	+	+
<i>Euchlanis pyriformis</i> Gosse	-	-	-	+	-
<i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg	+	+	-	+	+
<i>Filinia terminalis</i> Plate	-	+	+	+	+
<i>Gastropus stilifer</i> Imhof	-	-	-	+	-
<i>Kellicottia longispina</i> Kellicott	+	+	+	+	+
<i>Keratella irregularis</i> Lauterborn	-	-	-	+	-
<i>Keratella cochlearis</i> Gosse	+	+*	+*	+*	+*
<i>Keratella quadrata</i> Müller	+	+	+	+	+
<i>Lecane cornuta</i> Müller	-	-	+	-	+
<i>Lecane lunaris</i> Ehrenberg	+	+	-	-	+
<i>Lecane ungulata</i> Gosse	-	-	-	+	-
<i>Lepadella ovalis</i> Ehrenberg	+	+	-	+	+
<i>Mytilina mucronata</i> Müller	-	-	-	+	-
<i>Mytilina mutica</i> Pert	+	-	-	-	-
<i>Notholca acuminata</i> Ehrenberg	-	+*	-	+	+
<i>Notholca intermedia</i> Voronkov	-	-	+	+	+
<i>Notholca grandis</i> Voronkov	-	+	-	+	+*
<i>Notholca kozhovi</i> Vassiljeva et Kutikova	-	-	+	+	-
<i>Notholca labis</i> Gosse	+	+*	-	-	+
<i>Notholca lamellifera</i> Vassiljeva et Kutikova	-	-	-	+	-
<i>Notholca rectospina</i> Kutikova	-	-	-	+	-
<i>Notholca squamula</i> Müller	+	+	-	+	+
<i>Notholca triarthroides</i> Scorikov	-	+	-	+	-
<i>Notommata pachyura</i> Gosse	+	-	-	-	-
<i>Platyias polyacanthus</i> Ehrenberg	-	-	-	+	-
<i>Polyarthra</i> sp.	+*	+*	+	+	-
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson	-	-	-	+*	+*

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
<i>Synchaeta grandis</i> Zacharias	-	-	-	+*	+
<i>Synchaeta kitina</i> Rousselet	-	-	-	+*	+
<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg	-	+	-	+*	+
<i>Synchaeta pachypoda</i> Jaschnov	+	+	-	+	+
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg	+	+	-	+	+
<i>Synchaeta stylata</i> Wierzejski	-	-	-	+	+
<i>Testudinella patina</i> Müller	+		-	+	-
<i>Trichocerca capucina</i> Wierzejski et Zacharias	-	+	+	+	+
<i>Trichocerca cylindrica</i> Imhof	+	+	-	+	-
<i>Trichocerca pussilla</i> Lauterborn	-	-	-	+	-
<i>Trichocerca rousseleti</i> Voigt	-	-	-	+	-
<i>Trichocerca stylata</i> Gosse	-	-	-	+	-
<i>Trichotria pocillum</i> Müller	-	-	-	+	+
<i>Trichotria tetractis</i> Ehrenberg	+	+	-	+	+
Cladocera					
<i>Acroperus harpae</i> Baird	-	+	-	+	+
<i>Alona affinis</i> Leydig	-	+	-	+	-
<i>Alona quadrangula</i> Sars	-	-	-	-	+
<i>Bosmina coregoni</i> Baird	-	+	-	+	-
<i>Bosmina longirostris</i> Müler	+	+	+*	+*	+*
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars	-	+	-	+	-
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> Müler	+		+	-	+
<i>Chydorus sphaericus</i> Müler	+	+	+*	+	+
<i>Daphnia cristata</i> Sars	-	-	+*	+*	+
<i>Daphnia cucullata</i> Sars	-	-	-	+	-
<i>Daphnia galeata</i> Sars	+	+*	+*	+*	+*
<i>Diasparalona rostrata</i> Koch	-	-	-	+	+
<i>Eury cercus lamellatus</i> Müler	-	+	-	+	+
<i>Graptoleberis testudinaria</i> Fisher	+	+	-	-	+
<i>Ilyocryptus sordidus</i> Lievin	-	-	-	+	-
<i>Limnosida frontosa</i> Sars	+	-	-	-	-
<i>Leptodora kindtii</i> Focke	+	+	+	+	+
<i>Monospilus dispar</i> Sars	-	-	-	+	+
<i>Sida crystallina</i> Müler	+	+	+	+*	+
<i>Simocephalus vetulus</i> Müler	+	-	-	-	-
Copepoda					
<i>Cyclops kolensis</i> Lilljeborg	-	+	+	+	+*
<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin	+	+*	+	+	-
<i>Cyclops kikuchii</i> Smirnov	-	-	-	-	+*
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> Claus	+		-	+	+
<i>Eucyclops macruroides</i> Lilljeborg	-	+	-	+	-
<i>Eucyclops serrulatus</i> Fisher	+	+	+	+	+
<i>Eucyclops speratus</i> Lilljeborg	+	-	-	-	-
<i>Macro cyclops albidus</i> Jurine	+	-	-	-	+*
<i>Megacyclops viridis</i> Jurine	+	+	-	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	+	+*	+*	+*	+
<i>Paracyclops fimbriatus</i> Fischer	-	-	-	-	+
<i>Thermocyclops crassus</i> Fischer	-	-	+*	+	+
<i>Eudiaptomus graciloides</i> Lilljeborg	+	+*	+*	+*	+*
<i>Epischura baikalensis</i> Sars	+	+	+	+	+
<i>Harpacticella inopinata</i> Sars	+	+	+	+	+
Итого	40	45	28	78	60

Таблица 2

Доминантный состав отдельных видов зоопланктона в Посольском соре в 2022 г.

Дата	Вид (% от общей биомассы)
13.05	<i>C. kolensis</i> (47); <i>C. kikuchii</i> (46).
02.06	<i>C. kolensis</i> (46); <i>C. kikuchii</i> (5); <i>A. priodonta</i> (37).
28.06	<i>C. kolensis</i> (5); <i>E. graciloides</i> (6); <i>M. albidus</i> (18); <i>T. crassus</i> (5); <i>D. galeata</i> (5); <i>S. crystallina</i> (5); <i>A. priodonta</i> (40); <i>C. unicornis</i> (6).

(3 тыс. экз./м³) и *Daphnia galeata* (2 тыс. экз./м³). В структурообразующую группу по биомассе входили *D. galeata* и *Sida crystallina* – по 5 % от общей биомассы зоопланктона (см. таблицу 2).

Существенных изменений в видовом составе Cladocera, по сравнению с исследованиями 60–80 гг. (Шнягина, 1963; Левковская, 1977; Кардашевская, Николаева и др., 1981) прошлого века, не выявлено. Как и ранее, по биомассе доминировали *D. galeata* и *S. crystallina* (см. таблицу 2), при этом численность последнего вида была не велика, но в силу крупных индивидуальных размеров этот ветвистоусый ракоч давал большую биомассу. Необходимо отметить, что в 2022 г. в пробах отсутствовала *D. cristata*. Этот вид нами был отмечен только в 2015 и 2016 гг. в единичных экземплярах, хотя ранее в 1972–1975 гг. по данным (Левковская, 1977; Кардашевская, Николаева и др., 1981) популяция этого вида кладоцер доминировала в группе ракообразных.

В доминантном ядре таксономической группы веслоногих ракообразных существенных изменений также не выявлено. Структурообразующий комплекс, как по численности, так и по биомассе, составляли циклопоидные копеподы *C. kolensis*, *C. kikuchii*, *Macrocylops albidus*, из каланоидных копепод по биомассе лидировал *Eudiaptomus graciloides* (см. таблицу 2).

Исследования, выполненные в 2022 г. с периода вскрытия водоема и до максимального прогрева воды, когда омуль на стадии личинки покидает сор, позволили рассчитать средние величины биомассы и продукции зоопланктона и показать соотношение таксономических групп (см. рисунок 2). Так численность зоопланктона в период вскрытия сора составляла $11,0 \pm 7,04$ тыс. экз./м³, при биомассе $126 \pm 62,5$ мг/м³, из которых на ракообразный планктон по биомассе приходилось 98 %. (см. таблицу 2). При этом 93 % биомассы сообщества зоопланктона составляли *C. kolensis* (47 %) и *C. kikuchii* (46 %).

По мере прогревания водоема увеличивается видовое разнообразие, количественные показатели зоопланктона и меняется соотношение таксономических групп (см. рис. 2). Максимальная численность $53,3 \pm 15,5$ тыс. экз./м³ фауны планктона приходилась на начало июня при биомассе 163 ± 73 мг/м³. В этот период, при доминировании в планктоне тех же видов циклопоидных копепод, увеличилась плотность коловратки *A. priodonta* – на ее долю приходилось 37 % от общей биомассы зоопланктона. Наибольшее разнообразие фауны коловраток, ракообразных и максимальные значения биомассы (420 ± 138 мг/м³) отмечены в конце июня. На долю веслоногих ракообразных в этот период приходилось 34 % биомассы сообщества зоопланктона. В планктоне по численности и биомассе доминировали эвритермные *E. graciloides*, *C. kolensis*, *M. albidus* и теплолюбивый *T. crassus* (см. таблицу 2). Также в планктоне увеличилась численность теплолюбивых кладоцер и коловраток. Так, в структурообразующее ядро по биомассе входили *D. galeata*, *S. crystallina*, *A. priodonta* и *C. unicornis*. Общая численность зоопланктона $51,5 \pm 25,3$ тыс. экз./м³ была немногим ниже, чем в начале июня.

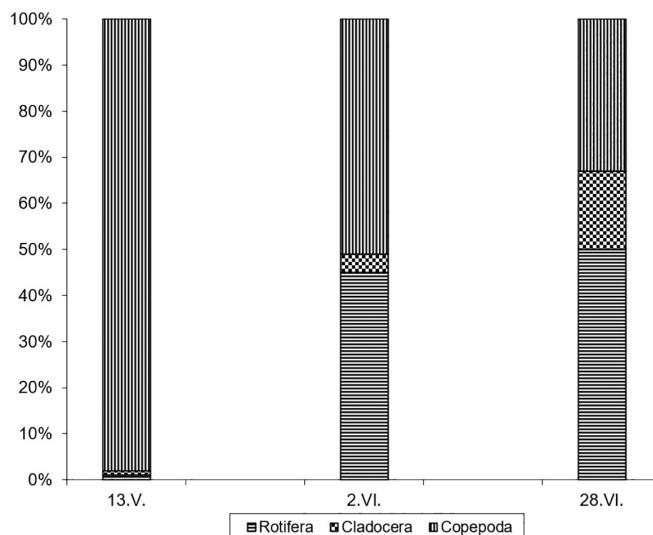


Рис. 2. Соотношение биомасс основных таксономических групп зоопланктона в Посольском Соре за период май–июнь 2022 г.

Зоопланктон играет существенную роль в пищевом рационе рыб на их ранних стадиях развития. Кормовая ценность зоопланктона определяется уровнем количественного развития и соотношением биомассы и, главным образом, продукцией раков и коловраток в различные периоды года. Чем выше относительное значение биомассы и продукции ракообразных по сравнению с коловратками, тем выше кормовая ценность всего зоопланктона. Рядом исследователей (Шерстюк, 1980; Романова, Бондаренко, 1984; Романова, 1996) установлено, что наиболее высокая калорийность у циклопов хищников весеннего комплекса – *C. kikuchii*, *C. kolensis*. Яйценосные особи имеют более высокие энергетические характеристики. Ветвистоусые ракообразные характеризуются меньшей энергетической ценностью, чем веслоногие. Наибольшей пищевой ценностью обладает *S. crystallina*.

Как показали наши данные в середине мая продукция хищного зоопланктона в 20 раз выше, чем мирного (см. таблицу 3). Продукцию зоопланктона на 93 %, как было сказано выше, определяли половозрелые особи циклопов весенней генерации (*C. kolensis*, *C. kikuchii*). Численность и биомасса коловраток в этот период была минимальной. В начале июня продукция хищного зоопланктона была немногим (1,5 раза) выше мирного, но ее на 56 % также составляли хищные особи циклопов; на долю коловраток приходилось 35 %. Только в конце июня, когда увеличилось разнообразие и количество теплолюбивых видов, в том числе фильтраторов, продукция мирного уровня стала на порядок выше хищного (см. таблицу 3). Тем не менее, продукция циклопоидных копепод составила 25 % хищного зоопланктона, на долю коловраток приходилось немногим более 50 %.

Таблица 3

Биотический баланс зоопланктона (кал/м³, суточные показатели) в Посольском соре в 2022 г.

Дата	Мирный уровень			Хищный уровень		
	B	P	P/B	B	P	P/B
13.05	21,84	0,24	0,01	61,32	4,81	0,08
02.06	109,74	9,15	0,08	159	13,63	0,085
28.06	254,97	25,74	0,09	80,29	5,24	0,07

Выводы

1. Проведенные исследования в Посольском соре показали, что в период наших наблюдений существенных изменений в видовом составе и структуре зоопланктона, по сравнению с ранее полученными данными, не отмечено. Состав зоопланктона представлен 37 видами.

2. Основу биомассы (от 30 до 97 %) сообщества зоопланктона составляли веслоногие ракообразные. Второе место по относительной значимости биомассы играли коловратки, биомасса которых в июне составляла 45–50 % (главным образом за счет *A. priodonta* и массового развития в конце июня *C. unicornis*). Роль в количественных показателях ветвистоусых ракообразных мала; их относительная величина в биомассе в период наблюдений колебалась от 3 до 12 %.

3. Показатели продукции хищного уровня зоопланктона в середине мая и начале июня в (20 и 1,5 раза соответственно) больше, чем мирного. Основу продукции хищного зоопланктона в мае создают циклопоидные копеподы *C. kikuchii* и *C. kolensis* (93 % от хищного уровня). В начале июня продукцию определяют эти же виды циклопоид, на долю которых приходится 56 % от хищного уровня; на долю хищной коловратки *A. priodonta* приходится только 40 %. В конце июня доля циклопоидных копепод в хищном уровне зоопланктона снизилась до 25 %, большая часть продукции создается мирным зоопланктоном.

Благодарности

Сбор, обработка материала выполнена в рамках госзадания Лимнологического института СО РАН 0279-2021-0007.

Литература

- Бобков А.И., Павлицкая В.П. 1998.** Питание и рост личинок омуля в Посольском соре // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования. Материалы научных чтений, посвященных памяти профессора Б.Г. Иоганзена. Томск. С. 273–274.
- Бобков А.И., Павлицкая В.П. 2003.** Экология молоди посольской популяции придонно-глубоководного омуля // Большереченскому рыбоводному заводу 70 лет: Материалы регионально-практической конференции. Улан-Удэ. С. 11–23.
- Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С. 1991.** Определитель Calanoida пресных вод СССР. СПб.: Наука. 503 с.
- Вилисова И.К. 1954.** Сравнительный обзор зоопланктона Посольского сора и прибрежных районов открытого Байкала // Тр. Байк. лимнол. ст. АН СССР. Т. 14. С. 190–262.
- Долгоаршинных З.М. 1990.** Питание и пищевые взаимоотношения молоди рыб прибрежно-соровой зоны озера Байкал: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. Иркутск: ИГУ. 25 с.
- Кардашевская Г.П., Николаева Е.П., Топорков И.Г. 1981.** Зоопланктон Посольского Сора озера Байкал (1972–1975 гг.) // Гидробиологические исследования в Восточной Сибири. Иркутск. С. 93–105.
- Кожевников М.М. 1962.** Биология озера Байкал. М.: Изд-во АН СССР. 315 с.
- Кожева О.М., Мельник Н.Г. 1978.** Инструкция по обработке проб планктона счетным методом. Иркутск. 52 с.
- Коровчинский Н.М., Котов А.А., Синев А.Ю., Неретина А.Н., Гарibyan П.Г. 2021.** Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) северной Евразии. Т. II. Москва. 544 с.
- Кутикова Л.А. 1970.** Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Euritatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida). Л.: Наука. 744 с.
- Лазарева В.И., Лебедева И.М., Овчинникова Н.К. 2001.** Изменения в сообществе зоопланктона Рыбинского водохранилища за 40 лет // Биология внутренних вод. № 4. С. 46–57.
- Левковская Л.А. 1977.** Зоопланктон заливов и озер прибрежной зоны // Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. С. 175–191.

- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. 1982.** Л.: ГосНИОРХ; Зоологический институт. 34 с.
- Павлицкая В.П., Бобков А.И. 1999.** Оценка уровня кормовой базы и приемная емкость водоемов прибрежно-соровой системы оз. Байкал для молоди омуля // Материалы научно-практической конференции «Проблемы и перспективы рационального использования рыбных ресурсов Сибири». Красноярск. С. 118–128.
- Павлицкая В.П., Бобков А.И. 2000.** Особенности функционирования раннелетнего зоопланктона Посольского сора оз. Байкал в современный период // Материалы международной конф. «Проблемы гидроэкологии на рубеже веков». Спб. С. 6–8.
- Павлицкая В.П. 1997.** Экология питания личинок омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (G.) в прибрежно-соровой системе Байкала: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. Санкт-Петербург. 24 с.
- Помазкова Г.И. 1970.** Зоопланктон озера Байкал: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск. 22 с.
- Романова Е.П. 1996.** Калорийность зоопланктона Куйбышевского водохранилища // Биология внутренних вод. Информационный бюллетень. № 100. С. 30–34.
- Романова Е.П., Бондаренко Л.Ф. 1984.** Калорийность ракообразных Куйбышевского водохранилища // Биология внутренних вод. Информационный бюллетень. № 63. С. 37–42.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. 1984.** Л.: Гидрометеоиздат. 24 с.
- Шерстюк В.В. 1980.** Энергетическая оценка кормовых ракообразных // Гидроб. журнал, Т. XVI. Вып. 6. С. 92–93.
- Шнягина, Г.И. 1963.** Изменения зоопланктона Посольского сора и прилегающих мелководных участков Байкала в мае–августе 1960 и 1961 гг. // Тр. Всесоюз. гидробиол. общества. Т. XIII. С. 56–62.
- Einsle U. 1996.** Copepoda: Cyclopoida genera Cyclops, Megacyclops and Acanthocyclops. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 10, SPB Academic Publishing BV, New York, Amsterdam. 112 p.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.16>

<https://elibrary.ru/lfcmb>

ВИДОВОЙ СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗ. БЛАГОДАТНОЕ (О-В ИТУРУП, КУРИЛЬСКИЕ О-ВА, РОССИЯ)

Т.В. Никулина¹, И.В. Мотылькова²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия. E-mail: nikulinatv@mail.ru

²Сахалинский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии» («СахНИРО»), ул. Комсомольская, 196, г. Южно-Сахалинск, 693023, Россия.
E-mail: surirella@mail.ru

Альгологические исследования, проведенные в июне–августе 2021 г. на лагунном оз. Благодатное, расположенному на о-ве Итуруп, показали высокое разнообразие видового состава цианобактерий и водорослей (274 вида и внутривидовых таксона из восьми отделов: Cyanobacteria, Miozoa, Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta, Cryptista, Ochrophyta, Euglenozoa). Значительную роль в формировании альгоценозов играли диатомовые водоросли (73,2 % от общего количества видов).

Комплексы доминирующих видов в озерном планктоне представлены цианобактериями и диатомовыми водорослями: *Aulacoseira granulata* и его разновидность *A. granulata* var. *angustissima* в сочетании с доминантами *Anabaena* sp. (июнь), *Asterionella formosa* (июнь) и субдоминантом *Aphanizomenon flos-aquae* (август).

Максимальные значения количественных показателей основных доминантов достигали: N=1323,3 тыс. кл/л, B=685,5 мг/л для *Asterionella formosa*; N=3646 тыс. кл/л и B=4579,4 мг/л для *Aulacoseira granulata*.

Эколого-географическая характеристика альгофлоры оз. Благодатное: отмечено преобладание бентосных видов (48,2 % от общего числа таксонов), индифферентных к изменению солености (68,6 %), алкалифильных (42,3 %), космополитных (70,1 %) видов, а также олигосапробионтов и бетамезосапробионтов – 35,4 и 33,9 %, соответственно.

SPECIES COMPOSITION OF PHYTOPLANKTON OF THE BLAGODATNOYE LAKE (ITURUP ISLAND, KURILE ISLANDS, RUSSIA)

T.V. Nikulina¹, I.V. Motylkova²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue,
Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: nikulinatv@mail.ru

²Sakhalin Branch of “Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography” (SakhNIRO),
196 Komsomolskaya Street, Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia. E-mail: surirella@mail.ru

Algalogical studies conducted in June–August 2021 on the lagoon Blagodatnoye Lake (Iturup Island) and showed a high diversity of species composition of cyanobacteria and algae (274 species and intraspecific taxa from eight divisions: Cyanobacteria, Miozoa, Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta, Cryptista, Ochrophyta, Euglenozoa). Diatoms make up a significant share in the formation of algoflora (73,2 % of the total number of species). Complexes of dominant species in lake plankton are represented by cyanobacteria and diatoms: *Aulacoseira granulata* and its variation *A. granulata* var. *angustissima*

combined with dominants *Anabaena* sp. (June), *Asterionella formosa* (June) and subdominant *Aphanizomenon flos-aquae* (August).

The maximum values of quantitative indicators of the main dominants reached: N=1323,3 thousand cells/l, B=685,5 mg/l for *Asterionella formosa*, and N=3646 thousand cells/l, B=4579,4 mg/l for *Aulacoseira granulata*.

The ecological and geographical characteristics of the algal flora of Blagodatnoe Lake were carried out: benthic species (48,2 % of the total number of taxa), indifferent to salinity change (68,6 %), alkaliphilic (42,3 %), cosmopolitan (70,1 %) species were predominance, and oligosaprobionts and betamesosaprobionts were 35,4 and 33,9 %, respectively.

Введение

Первые сведения о флоре цианобактерий и водорослей Курильских островов известны с 1930-х годов из научных работ японских ученых М. Уено (Ueno, 1933, 1934) и И. Окада (Okada, 1934a, b). В дальнейшем, изучение альгофлоры пресных и солоноватых вод курильских островных территорий было продолжено японскими и российскими учеными, и хронология этих исследований изложена в двух обобщающих работах (Медведева, Никулина, 2014; Nikulina, Medvedeva, 2019). Согласно оригинальным и литературным данным общий таксономический список водорослей для островов Курильского архипелага включает 585 видов или 706 внутривидовых таксонов из 8 отделов (Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xanthophyta, Rhodophyta, Chlorophyta) (Никулина, 2002; Медведева, Никулина, 2014).

Данные об альгофлоре водоемов и водотоков о-ва Итуруп приведены в ряде публикаций (Ueno, 1933, 1934; Takayasu et al., 1954; Баринова, 1989; Никулина, 2002), а описание видового состава фитопланктона оз. Благодатное дано в статьях М. Уено (Ueno, 1933, 1934) и М. Такаясу с соавторами (Takayasu et al., 1954). М. Уено использовал альгологический материал, отобранный в июле–августе 1932 г. и в июле–сентябре 1933 г. в пятнадцати озерах о-ва Итуруп, в том числе и оз. Благодатное (яп. Tosimoé-ko), для которого автор приводит список из 10 видов водорослей и цианобактерий, относящихся к 3 отделам (Bacillariophyta, Peridineae, Isocontae), к доминантам отнесен вид *Melosira granulata* (Ehrb.) Ralfs, к субдоминантам – *Asterionella formosa gracillima* (Hantsch) Heiberg, *Cyclotella* (согласно таксономическому списку *C. comta* (Ehrb.) Kütz. и *Cyclotella* sp.).

Статья М. Такаясу с соавторами представляет собой отчет с результатами обследований тринадцати озер о-ва Итуруп в летний сезон 1933 и 1934 гг. Исследования включали морфологическое обследование озер, физико-химические и биологические исследования для определения рыбопродуктивности этих водоемов по данным лимнологических наблюдений. В этой работе для оз. Благодатное упоминаются 11 видов цианобактерий и водорослей, принадлежащих к 4 более высоким таксонам (Cyanophyceae, Chlorococcales, Chlorophyceae, Bacillariales), а в качестве преобладающего вида называется цианобактерия *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb.

Позднее, в серии обзорных работ Х. Фукусима (Fukushima, 1955–1958) представил сводный список пресноводных водорослей Курильских островов, в который включены данные предыдущих японских исследователей об альгофлоре водоемов о-ва Итуруп.

Материалы и методы исследований

Озеро Благодатное – водоем лагунного типа, расположенный в центральной части острова Итуруп и примыкающий к восточной части Куйбышевского

перешейка. Озеро вытянуто с севера на юг, имеет сложную корытообразную форму котловины с крутым и узким подводным склоном, а также сильно изрезанную береговую линию. Озеро проточное, его притоками являются несколько рек, в том числе реки Благодатная и Корсунь, а вытекает р. Благодатная, впадающая в залив Касатка. Длина озера составляет 3,15 км, ширина – 1,9 км, площадь – 4,06 км², высота над уровнем моря – 4 м, водосборная площадь – 75,6 км², максимальная глубина – 15,7 м, соленость – 0,0–6,3‰ (Южные Курильские острова..., 1992; Козлов, 2020). По морфометрической классификации оз. Благодатное относится к малым, глубоким лагунам, по классификации морских вод – к олигогалинным водоемам (Хлебович, 1989; Бровко и др., 2002).

Берега озера с северной и восточной сторон сложены галечниками, с западной и южной сторон выражены песчаные косы, вблизи р. Благодатная наблюдаются илистые отложения. На мелководье отмечены галечные, гравийные и песчаные грунты; подводные склоны глинистые, часто с примесью песка; профундаль выстлана илистыми песками (Экосистемы..., 2023). Оз. Благодатное подвержено антропогенному воздействию, в него производится сброс сточных вод из близрасположенного пос. Горячие ключи.

В период с 5 июня по 15 августа 2021 г. специалистами лаборатории гидробиологии «СахНИРО», сотрудниками ООО «Континент» при участии преподавателей и студентов СахГУ, проведен отбор водорослей планктона оз. Благодатное (о-в Итуруп, район МО «Курильский городской округ»). Всего на четырех гидробиологических станциях (рис. 1) ежедекадно было отобрано 28 проб фитопланктона.

Фитопланктонные пробы отбирали батометром Паталаса с горизонта 5 м в литровые пластиковые емкости. Фиксирование альгологического материала производили раствором Утермеля, концентрирование – методом обратной фильтрации через нуклеопоровые лавсановые фильтры диаметром пор 3 мкм (Методика изучения..., 1975; Федоров, 1979).

Постоянные препараты для диатомового анализа изготавливали методом прожигания альгологического материала в перекиси водорода, с последующим заключением створок в кедровый или канадский бальзам. Идентификацию цианобактерий и водорослей проводили с использованием световых микроскопов «Alphaphot-2 YS-2» (Nikon), «Axioskop 40» (Carl Zeiss Jena), «Leica» (Leica Microsystems) при увеличениях в 400 и 1600 раз.

При выявлении видовой принадлежности организмов использовали определители и атласы отечественных и зарубежных специалистов (Забелина и др.,

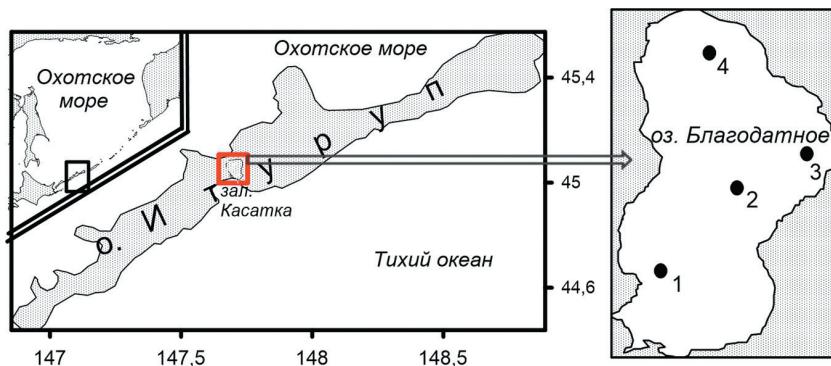


Рис. 1. Схема района исследований и расположения точек отбора проб фитопланктона на оз. Благодатное (1–4 – станции отбора альгологического материала)

1951; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b; Hartley et al., 1996; Komárek, Anagnostidis, 1999; Krammer, 2000, 2002; Генкал, Трифонова, 2009). Общий таксономический список водорослей составлен в соответствии с мировой базой данных водорослей AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2016–2023). Внутри отделов водоросли расположены в алфавитном порядке. Для каждого вида отмечалась относительная частота встречаемости по шкале С.М. Вислоуха от 1 до 6 (Кордэ, 1956). Виды, имевшие частоту встречаемости 6 баллов (в массе), отнесены нами к доминантам, 5 баллов (оч. часто) – к субдоминантам, 1–4 балла (единично–часто) – к числу второстепенных видов.

Степень органического загрязнения вод оценена по методу Пантле-Бук (Pantle, Buck, 1955) в модификации Сладечека (Сладечек, 1967), основанного на выявлении видов водорослей – индикаторов органического загрязнения вод.

Для оценки количественных характеристик цианобактерий и водорослей проводили подсчет их клеток, талломов и колоний в камере Нажотта с объемом 0,05 мл, при увеличении микроскопа ×640. Биомассу фитопланктона (B) рассчитывали счетно-объемным методом, учитывая численность (N) каждого таксона и объем его клеток (Водоросли..., 1989). Объем клеток определяли методом геометрического подобия (Кольцова, 1970; Макарова, Пичкилы, 1970).

Экологические характеристики указаны в соответствии со сводками С.С. Бариновой с соавторами (Баринова и др., 2006; Баринова и др., 2019).

Одновременно с отбором проб планктона с помощью зонда YSI-85 произведены измерения температуры воды (°C), солености (psu), pH и концентрации растворенного кислорода (мл/л).

В период исследований температура воды в озере изменялась от 12,9 до 22,7 °C, средние значения – от 13,4 до 22,1 °C. Минимальный прогрев воды наблюдался в начале июня, максимальный – в конце июля (табл. 1). Изменение активной реакции среды было незначительным и значения pH находились в области 8,2 единиц. Минимальные значения растворенного кислорода ($\text{DO}_{\text{2 средн.}} = 4,7 \text{ мл/л}$) и солености воды ($S_{\text{средн.}} = 2,6 \text{ psu}$) также были отмечены в первой декаде июня, максимальная

Таблица 1

**Абиотические данные оз. Благодатное во время отбора альгологических проб
(летний период 2021 г.)**

Дата	T, °C	DO ₂ , мл/л	S, psu
06.06.2021	13,1–13,9 13,4	3,9–5,4 4,7	0,0–5,6 2,6
19.06.2021	12,9–14,8 13,5	9,3–9,6 9,5	0,0–9,3 4,8
15.07.2021	16,7–17,2 16,9	8,3–8,8 8,6	0,0–9,8 4,7
21.07.2021	20,7–21,7 21,0	8,0–8,5 8,2	0,0–9,2 4,8
28.07.2021	21,7–22,7 22,1	8,2–8,7 8,3	0,0–9,8 5,0
05.08.2021	20,2–20,9 20,7	7,0–8,1 7,4	0,0–8,8 4,4
15.08.2021	17,8–18,7 18,3	8,1–8,9 8,5	0,0–9,0 4,7

Примечание: в числителе – диапазон значений температуры (T), солености (S), растворенного кислорода (DO₂), в знаменателе – среднее значение показателей. Жирным шрифтом выделены минимальные и максимальные значения.

насыщенность воды кислородом зафиксирована во второй половине июня ($\text{DO}_{\text{средн.}} = 9,5 \text{ мл/л}$), а солености – в конце июля ($S_{\text{средн.}} = 5,0 \text{ psu}$). Соленость в озере варьировалась в значительных пределах. Вертикальное распределение солености выглядело следующим образом: в верхнем распресненном слое предельные значения солености составляли 0–1,1 psu, ниже двух метров изменялись в пределах 3,3–9,8 psu (табл. 1; Экосистемы..., 2023).

Результаты и обсуждение

Альгологические исследования, проведенные в июне–августе 2021 г. на лагунном оз. Благодатное (о-в Итуруп, Курильские острова), показали высокое разнообразие видового состава планктонных водорослей. Всего в фитопланктоне озера идентифицировано 259 видов (274 вида и внутривидовых таксона) из восьми отделов: Cyanobacteria, Miozoa, Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta, Criptista, Ochrophyta, Euglenozoa. Значительную роль в формировании альгоценозов играют диатомовые водоросли, на их долю приходится 73,2 % от общего числа внутривидовых таксонов (табл. 2, 3). В систематической структуре флоры наибольшее количество видов, разновидностей и форм также принадлежит родам диатомовых водорослей: *Nitzschia* – 21, *Navicula* – 18, *Gomphonema* – 9, *Aulacoseira* и *Cymbella* – по 7 видов и разновидностей (табл. 3).

Альгофлора оз. Благодатное характеризуется высоким видовым богатством, но практически все его представители в летний период 2021 г. имели низкую частоту встречаемости (единично–часто), за исключением нескольких видов цианобактерий и диатомей, которые достигали высокой степени обилия. Основными доминантами на всей протяженности озера и во время всего периода исследования были колониальные диатомеи *Aulacoseira granulata* и его разновидность *A. granulata* var. *angustissima* в сочетании с доминантами *Anabaena* sp. (июнь), *Asterionella formosa* (июнь) и субдоминантом *Aphanizomenon flos-aquae* (август).

Массовое развитие в фитопланктоне диатомовых водорослей (*Asterionella formosa*, *Aulacoseira granulata*, *A. granulata* var. *angustissima*) определяло динамику общей численности и биомассы фитопланктона (Мотылькова и др., 2023). Обильное развитие *Anabaena* sp. и *Asterionella formosa* при максимальной численности 32160 тыс. кл./л и 1323,28 тыс. кл./л, соответственно, наблюдалось в июне. После 19 июня численность *Anabaena* sp. заметно снижалась (рис. 2 а). В конце

Таблица 2
Таксономический состав фитопланктона оз. Благодатное (летний период 2021 г.)

№	Отдел	Род	Вид	Вид, разновидность и форма
1	Cyanobacteria	15	27	27
2	Miozoa (Dinophyta)	3	3	3
3	Bacillariophyta	63	186	198
4	Chlorophyta	20	30	32
5	Charophyta	1	1	1
6	Criptista (Cryptophyta)	2	5	5
7	Ochrophyta (Chrysophyta)	1	3	3
8	Euglenozoa (Euglenophyta)	3	4	4
Всего		108	259	274

Таблица 3

**Видовой состав альгофлоры оз. Благодатное (о-в Итуруп, Курильские острова)
в летний период 2021 г.**

№	Таксон	05.06	19.06	15.07	21.07	28.07	05.08	15.08	S	M	Г	pH	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CYANOBACTERIA													
1.	<i>Anabaena aequalis</i> Borge	-	-	1-2	-	1-2	1-2	1-3	o-β	BP	-	-	k
2.	<i>Anabaena</i> sp.1	5-6	3-6	1-3	1	1-3	1-2	-	-	BP	-	-	-
3.	<i>Anabaena</i> sp. 2	-	-	1	-	2	-	3	-	BP	-	-	-
4.	<i>Anathece clathrata</i> (West et G.S. West) Komárek, Kastovsky et Jezberová	-	1	1-2	1	2	1	1	β	P	i	-	k
5.	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet et Flahault	1-2	1	1-2	1	1-4	4-5	5	β	P	hl	i	k
6.	<i>Aphanocapsa elachista</i> West et G.S. West	-	-	-	-	-	1	1	-	P	i	-	k
7.	<i>A. holsatica</i> (Lemmermann) Cronberg et Komárek	1-3	1	1-3	1	1-3	1	1	o	P	i	-	k
8.	<i>A. incerta</i> (Lemmermann) Cronberg et Komárek	1	1	1	1	2	-	1	β	BP	i	-	k
9.	<i>A. parasitica</i> (Kützing) Komárek et Anagnostidis	-	-	1	-	1	-	-	-	P	i	-	k
10.	<i>A. planctonica</i> (G.M. Smith) Komárek et Anagnostidis	1	1	1-2	1	1-4	1	1	-	P	i	-	k
11.	<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	-	-	-	-	-	-	1	β-o	P	-	-	-
12.	<i>C. minimus</i> (Keissler) Lemmermann	1	-	-	1	-	-	-	β	P	i	-	k
13.	<i>Clathrocystis holsatica</i> Lemmermann	1-3	-	1-3	-	-	-	-	β	P	hb	alf	k
14.	<i>Dolichospermum affine</i> (Lemmermann) Wacklin, Hoffmann et Komárek	-	-	-	1-2	-	-	-	β	P	i	-	k
15.	<i>D. flos-aquae</i> (Bornet et Flahault) Wacklin, Hoffmann et Komárek	-	1	-	-	-	-	-	β	P	i	-	k
16.	<i>D. lemmermannii</i> (Richter) Wacklin, Hoffmann et Komárek	-	1	-	-	-	-	2	β	P	i	alf	k
17.	<i>D. scheremetievae</i> (Elenkin) Wacklin, Hoffmann et Komárek	-	-	1	-	-	-	1	o	P	i	-	k
18.	<i>D. smithii</i> Thwaites	-	-	-	-	2	4	4	o-β	P	i	i	k
19.	<i>D. spiroides</i> (Klebhan) Wacklin, Hoffmann et Komárek	1-3	2	1	2	1-4	1-3	2-4	β-α	BP	hl	i	k
20.	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	-	-	1	1	-	-	-	β-α	BP	-	-	k
21.	<i>Microcoleus autumnalis</i> (Gomont) Struncky, Komárek et Johansen	-	-	-	-	1	-	-	β	P	hl	alf	k
22.	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	-	-	-	-	-	1	-	o	P	i	-	k
23.	<i>M. wessenbergii</i> (Komárek) Komárek	-	-	1	-	-	-	-	-	P	-	-	-

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
24.	<i>Nostoc</i> sp.	-	1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek	1	1-2	1	1	1	1	β	BP	i	-	k	
26.	<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek et Hindák	-	-	1	1	1	1	β	P	i	-	a-a	
27.	<i>Woronichinia compacta</i> (Lemmermann) Komárek et Hindák	-	-	-	-	-	1	-	β	P	i	-	k
MIOZOA [DINOPHYTA]													
28.	<i>Gymnodinium</i> sp.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
29.	<i>Parvordinium umbonatum</i> (Stein) Carty	-	-	-	-	-	1	-	o	P	i	i	k
30.	<i>Peridinium</i> sp.	1	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-
BACILLARIOPHYTA													
31.	<i>Achnanthidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki [<i>Gogorevia exilis</i> (Kützing) Kulikovskiy et Kocielek]	-	1	-	-	1	-	-	o-β	B	i	alf	k
32.	<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	1	-	1	1	1	1	1	o-β	B	i	i	k
33.	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	1	1	-	-	1	-	1	-	B	i	alf	k
34.	<i>A. ovalis</i> (Kutzing) Kutzing	1	1	1	-	1-3	1	1	β-o	B	i	alf	k
35.	<i>A. pediculus</i> (Kutzing) Grunow	1	1	1	1	1	1	1	o-β	B	i	alf	k
36.	<i>Amphora</i> sp.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
37.	<i>Aneumastus tusculus</i> (Ehrenberg) Mann et Stickle	-	-	1	1	1	1	-	o-β	B	i	alf	k
38.	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	3-6	4-6	3-4	2-4	2-4	2	2	o	P	i	alf	k
39.	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	1-4	1-2	1-2	1-3	3	2	1-3	α-β	P	i	alf	k
40.	<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen var. <i>granulata</i>	5-6	5-6	6	5-6	6	6	6	β-α	P	i	alf	k
41.	<i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen	3-6	3-6	5-6	3-6	5-6	5	5	β-α	P	i	alf	k
42.	<i>A. granulata</i> var. <i>curvata</i> (Grunow) Yang et Wan	-	-	1	-	-	1	-	-	P	-	alf	-
43.	<i>A. subarctica</i> (O. Müller) Haworth	1-2	2	-	-	-	-	-	o	P	hb	acf	a-a
44.	<i>A. valida</i> (Grunow) Krammer	-	2	-	-	-	-	-	-	BP	hb	acf	a-a
45.	<i>A. distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	-	2	1	-	-	-	χ-o	BP	hb	acf	k
Споры <i>Aulacoseira</i>													
46.	<i>Brébissonia boeckii</i> (Ehrenberg) E.O'Meara	-	-	-	1	1	-	-	-	B	mh	-	b
47.	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	1	-	-	-	-	1		o	B	i	alf	k
48.	<i>C. silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	1	1	1	-	1	-	1	χ-o	B	i	alf	k
49.	<i>Cavinula lapidosa</i> (Krasske) Lange-Bertalot	-	-	1	-	1	-	1	o	BP	hb	acf	-
50.	<i>C. pseudoscutiformis</i> (Hustedt) Mann et Stickle	1	-	2	1	-	1	-	o	B	i	i	a-a
51.	<i>C. scutelloides</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	1	1	-	-	-	-	-	o-β	BP	i	alf	k
52.	<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg	-	1	1	-	-	-	1	χ	B	i	alf	k

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
53.	<i>C. neodiminuta</i> Krammer	-	-	1	-	1	-	-	o	BP	i	alf	b
54.	<i>C. placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>	1	1	1	1	1-2	1-2	1-2	o-β	B	i	alf	k
55.	<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Cleve	-	1	1	2	1-2	1-2	1	β	B	i	alf	k
56.	<i>C. scutellum</i> Ehrenberg	1	1	1-2	1	1	1-2	1-2	-	B	mh	alf	k
57.	<i>Cosmoneis pusilla</i> (W. Smith) Mann et Stickle	-	-	-	-	-	1	-	o-β	B	i	i	k
58.	<i>Craticula simplex</i> (Krasske) Levkov	1	-	-	-	-	1	1	-	B	i	alf	-
59.	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	1	1	-	-	-	-	-	β-o	P	hl	alf	k
60.	<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brébisson) W. Smith	3	-	-	-	-	-	-	β	BP	hl	alf	k
61.	<i>C. solea</i> (Brébisson) W. Smith [<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg]	1	1	1	-	1-2	-	1-2	β	BP	i	alf	k
62.	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	1	-	1	-	1-2	1	1	o-β	B	i	alf	b
63.	<i>C. amplificata</i> Krammer	1	1	-	-	-	-	1	-	B	-	-	-
64.	<i>C. cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	-	1	-	-	-	-	-	o-β	B	i	alf	k
65.	<i>C. cymbiformis</i> C. Agardh	-	-	1	-	-	-	-	o	B	i	i	k
66.	<i>C. mexicana</i> (Ehrenberg) Cleve var. <i>kamtschatica</i> (Grunow) Krammer	1	-	-	-	-	-	1	-	B	-	-	-
67.	<i>C. tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	1	1	1	1	1	-	1	β	B	i	alf	k
68.	<i>C. turgidula</i> Grunow	1	-	-	-	1	-	1	-	B	-	-	-
69.	<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli) Krammer	1	-	1	-	1	-	-	o-β	B	i	i	k
70.	<i>C. naviculiformis</i> (Auerswald) Krammer	1	-	-	-	-	-	-	o-β	B	i	i	k
71.	<i>Diatoma anceps</i> (Ehrenberg) Kirchner	1	1	1	-	1	-	-	β	B	hb	-	k
72.	<i>D. hiemalis</i> (Lyngbye) Heilberg	1	1	1	1	1	1	-	β-o	B	i	alf	k
73.	<i>D. mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing [<i>Odontidium mesodon</i> (Kützing) Kützing]	2	1	1	1	1-3	1-2	1	o-β	B	hb	alf	b
74.	<i>D. moniliiformis</i> (Kützing) D.M. Williams	1	1	1	-	1	-	-	-	BP	hl	i	-
75.	<i>D. tenuis</i> C. Agardh	1-4	1-3	1-2	1-2	1-4	1	1	β-α	BP	hl	alf	k
76.	<i>D. vulgare</i> Bory	-	-	-	-	1			β	BP	i	alf	k
77.	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	1	1	-	1	1	1	1	o-α	B	i	alf	k
78.	<i>D. oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) A. Cleve	-	-	-	-	1	-	-	-	B	-	i	k
79.	<i>D. ovalis</i> (Hilse) Cleve	1	1	1	-	1	1	1	o-α	B	i	alf	k
80.	<i>D. parma</i> Cleve	-	-	-	1	-	-	1	o-β	B	i	-	a-a
81.	<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk et Klee [= <i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hustedt]				-	-	-	1	β	P	i	i	-

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
82.	<i>D. stelligera (Cleve et Grunow) Houk et Klee [<i>Cyclotella stelligera</i> (Cleve et Grunow) Van Heurck]</i>	1	1	1	1	1	1	1	o-β	P	i	alf	k
83.	<i>Encyonema caespitosum</i> Kützing	1	1	1	-	1	1	1	β-α	B	i	-	k
84.	<i>E. minutum</i> (Hilse) Mann	1-2	1	1	1	1	1	1	o-β	B	i	i	k
85.	<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	1-3	1	1	1-2	1-3	1-2	1-3	χ-o	B	i	i	k
86.	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson var. <i>adnata</i>	1	1	1	-	1-3	1	1	β-α	B	i	alf	k
87.	<i>E. adnata</i> var. <i>porcellus</i> (Kützing) Ross	-	-	-	-	1	-	-	o-β	B	i	alf	k
88.	<i>E. sorex</i> Kützing	1	1	1	1	1	1	1-2	o-α	B	i	alf	k
89.	<i>E. turgida</i> (Ehrenberg) Kützing	1	1	1	1	1	1	1-2	o	B	i	alf	k
90.	<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	-	-	-	-	-	1	-	o-β	B	i	acf	k
91.	<i>E. implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot et Alles	-	-	1	-	-	-	-	o	B	i	acf	k
92.	<i>E. incisa</i> W. Smith	-	1	-	-	1	1	-	o	B	i	acf	k
93.	<i>E. intermedia</i> (Krasske) Nörpel et Lange-Bertalot	-	-	1	-	-	-	-	-	B	-	acf	-
94.	<i>E. pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	1	-	-	-	-	-	-	o	B	hb	acf	k
95.	<i>E. praerupta</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	1	-	o-α	B	hb	acf	a-a
96.	<i>Fallacia floriniae</i> (M. Möller) Witkowski	-	-	1	-	-	-	-	-	B	-	-	-
97.	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	-	1-2	1-2	2	2-4	1	1	β-o	P	i	i	k
98.	<i>F. capucina</i> var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst [<i>Fragilariforma mesolepta</i> (Rabenhorst) Kharitonov]	1-2	1-2	1-2	-	1	1-2	1	-	P	i	alf	k
99.	<i>F. mazamaensis</i> (Sovereign) Lange-Bertalot	1	-	1-2	2	1	-	1	-	B	-	alb	-
100.	<i>F. radians</i> (Kützing) D.M. Williams et Round	1-2	1	1	1	-	1-2	1	β-o	BP	i	alf	-
101.	<i>F. vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	1-3	1-2	1-3	1	2	1-2	1	o-β	BP	i	alf	k
102.	<i>Fragilariforma constricta</i> (Ehrenberg) Williams et Round	1	1	1	-	-	-	1	o	BP	hb	acf	b
103.	<i>F. virescens</i> (Ralfs) Williams et Round	1	-	1	-	-	-	-	o-β	BP	i	i	k
104.	<i>Frustulia amphipleuroides</i> (Grunow) A. Cleve	1	1	1	-	-	-	-	χ-o	B	hb	acf	-
105.	<i>F. rhombooides</i> (Ehrenberg) De Toni	-	1	-	-	3	-	-	χ-β	B	hb	acf	a-a
106.	<i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	1	-	1	-	1	1	1	β-o	B	hb	alf	b
107.	<i>Gomphonoeis quadripunctatum</i> (Oestrup) Dawson ex Ross et Sims	1	-	1	-	1	1	2	-	B	i	i	b
108.	<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst	1	1	1	1-2	1	1	1	β-α	B	i	alf	k

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
109.	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	1	-	1	-	-	1	-	β -o	B	i	alf	k
110.	<i>G. angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	1	-	1	-	1	-	β	B	i	alf	k
111.	<i>G. angustum</i> C. Agardh	1	-	-	-	1	1	-	o	B	i	alf	b
112.	<i>G. brebissonii</i> Kützing	1		1	-	-	-	-	β	B	i	alf	b
113.	<i>G. capitatum</i> Ehrenberg	-	-	1	-	1	-	-	β	B	i	alf	b
114.	<i>G. gracile</i> Ehrenberg	1	1	1	1	1	1	1	β -o	B	i	i	k
115.	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	1	1	1-2	1	1	-	1	χ	B	i	i	k
116.	<i>G. truncatum</i> Ehrenberg	1	1	1	-	1	1	-	β - α	B	i	alf	k
117.	<i>G. ventricosum</i> Gregory	1	1-2	1	-	1	1	1	α - χ	B	hb	-	a-a
118.	* <i>Gomphosphenia grovei</i> (M. Schmidt) Lange-Bertalot var. <i>grovei</i>	1	1	-	-	1	1	-	α - β	B	i	i	-
119.	* <i>G. grovei</i> var. <i>lingulata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	1	1	1	2	2-4	1	1-3	β - α	B	i	i	k
120.	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kutzing) Rabenhorst	1	1	1-2	-	1-2	1	1	α - χ	BP	i	alf	k
121.	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick var. <i>arcus</i>	1-3	1	1-2	1	1-2	-	1	o	B	i	alf	a-a
122.	<i>H. arcus</i> var. <i>amphioxys</i> (Rabenhorst) Patrick	1	-	-	-	1	-	-	χ	B	i	alf	a-a
123.	<i>H. arcus</i> var. <i>linearis</i> (Holmboe) Ross	1	1	1	-	1	-	-	χ	B	i	alf	a-a
124.	<i>H. arcus</i> var. <i>rectus</i> (Cleve) M. Idei	1	1	1	1	1	1	1	o	B	i	alf	a-a
125.	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	-	-	1	-	-	1	-	β -o	BP	i	i	k
126.	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	1	-	1	1	1	1	1	χ -o	B	i	alf	k
127.	<i>H. hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	1	1	1	-	-	-	-	β -o	B	i	alf	k
128.	<i>Iconella bifrons</i> (Ehrenberg) Ruck et Nakov [<i>Surirella bifrons</i> Ehrenberg]	-	-	1	-	1	-	-	α - β	BP	i	alf	k
129.	<i>I. capronii</i> (Brébisson et Kitton) Ruck et Nakov	-	-	-	-	3	-	-	χ	B	i	alf	k
130.	<i>I. helvetica</i> (Brun) Ruck et Nakov	1	1	-	-	1	-	-	-	B	i	i	b
131.	<i>I. linearis</i> (W. Smith) Ruck et Nakov	1	1	-	-	2	-	-	o	B	i	i	k
132.	<i>I. tenera</i> (Gregory) Ruck et Nakov	-	-	2	-	2	-	-	χ - β	BP	i	alf	k
133.	<i>Lindavia radiososa</i> (Grunow) De Toni et Forti [<i>Cyclotella radiososa</i> (Grunow) Lemmermann]	-	1	1-2	-	1-2	1	1	α - β	P	i	alf	k
134.	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) Mann	1	1	1	1	1	1	1	o	B	hl	i	k
135.	<i>Melosira varians</i> C. Agardh	2	1	1-2	-	3	2	1	α - β	BP	hb	alf	k
136.	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh	1	1	1	1	1	-	1	α - β	BP	i	alf	k

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
137.	<i>M. constrictum</i> Ralfs	1	1	1	-	1	-	1	χ	BP	i	alf	k
138.	<i>Navicula arenaria</i> Donkin	1	-	-	-	-	-	-	-	B	i	alf	-
139.	<i>N. avenaceae</i> (Rabenhorst) Brébisson	1-2	1	-	-	-	1	-	o-β	B	i	acf	-
140.	<i>N. capitatoradiata</i> Germain	-	1	-	-	-	-	-	β-α	B	i	alf	k
141.	<i>N. cryptocephala</i> Kützing	1-2	1	1	1	1	1-2	1	χ	BP	i	alf	k
142.	<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bertalot	1	1	1	1	1	1	-	o-β	B	i	alf	k
143.	<i>N. tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	-	-	-	-	-	-	1	β	B	i	i	k
144.	<i>N. gregaria</i> Donkin	-	-	-	-	-	1	-	χ-β	B	hl	alf	k
145.	<i>N. lanceolata</i> Ehrenberg	1-2	1-2	1	-	1	-	2	χ-β	B	hl	alf	k
146.	<i>N. menisculus</i> Schumann	1	1	1	1	1	-	-	χ-β	B	hl	alf	k
147.	<i>N. meniscus</i> Schumann	-	1	1	-	-	1	-	β-α	B	i	alf	k
148.	<i>N. pseudosilicula</i> Hustedt	-	-	1	-	-	-	-	o	B	hl	alf	b
149.	<i>N. radiosa</i> Kützing	1-2	1	1-2	1	1	1	1	-	P	-	-	k
150.	<i>N. reinhardtii</i> (Grunow) Grunow	1-4	1-3	1-3	1-2	2-3	1	1-3	o	B	i	i	k
151.	<i>N. rhynchocephala</i> Kützing	1-2	1	1-2	1	1-2	1-2	1-2	o-β	B	i	alf	k
152.	<i>N. rhynchotella</i> Lange-Bertalot	-	-	1	-	-	-	-	β-α	B	i	alf	k
153.	<i>N. salinarum</i> Grunow	-	-	1	-	-	-	-	β-α	B	hl	-	-
154.	<i>N. slesvicensis</i> Grunow	-	1	1-3	1	1-2	-	1	β	B	hl	alf	k
155.	<i>N. viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	1	-	-	1	-	-	-	o-β	B	i	alf	k
156.	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfizer	1	1	-	-	-	-	-	o	B	i	i	k
157.	<i>N. cf. alpinum</i> Hustedt	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	acf	-
158.	<i>N. dubium</i> (Ehrenberg) Cleve	1	-	-	-	-	1	-	χ	B	i	alf	b
159.	<i>N. iridis</i> (Ehrenberg) Cleve	1	-	-	-	-	1	1	o-χ	B	i	i	k
160.	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	2	3	3	1	1-4	1	1-3	o-β	P	i	alf	k
161.	<i>N. capitellata</i> Hustedt	1	-	1	-	-	1	-	o	B	mh	alf	k
162.	<i>N. commutatoides</i> Lange-Bertalot	1	1	-	1	1	1	-	-	B	-	-	-
163.	<i>N. dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst var. <i>dissipata</i>	1-2	1-2	1-2	-	1-2	-	1	o	B	i	alf	k
164.	<i>N. dissipata</i> var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow	1	1	1	1	-	-	-	o-β	B	i	alf	k
165.	<i>N. fonticola</i> Grunow	1	1	1	1	1	1	-	o-β	B	i	alf	k
166.	<i>N. frustulum</i> (Kützing) Grunow	1	1-2	1	1	1-2	1	-	o-β	B	hl	alf	k
167.	<i>N. graciliformis</i> Lange-Bertalot et Simonsen	-	-	-	1	-	-	-	-	-	hb	-	-
168.	<i>N. gracilis</i> Hantzsch	1	1	1	1	-	-	-	β-o	BP	i	i	k
169.	<i>N. intermedia</i> Hantzsch ex Cleve et Grunow	-	1	1	-	-	1	-	β	BP	i	i	k
170.	<i>N. linearis</i> W. Smith	1	1	1	-	1	-	1	o-β	B	i	alf	k
171.	<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith	1-3	1	1	1	1-3	1	1-2	α-β	BP	i	i	k
172.	<i>N. paleacea</i> (Grunow) Grunow	1-2	1-3	1	1	1-2	1	1-2	β	BP	i	alf	k
173.	<i>N. pumila</i> Hustedt	-	-	1	-	-	-	-	o	-	-	-	-
174.	<i>N. recta</i> Hantzsch	1	-	1	1	1	1	1	χ	BP	i	alf	k

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
175.	<i>N. subacicularis</i> Hustedt	1	-	-	-	-	-	-	$\alpha\text{-}\beta$	P	i	alf	k
176.	<i>N. subcapitata</i> Østrup	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	-	-
177.	<i>N. sublinearis</i> Hustedt	-	-	1	-	-	-	-	$\sigma\text{-}\beta$	B	i	-	b
178.	<i>N. terrestris</i> (Petersen) Hustedt	-	-	-	-	1	-	-	-	B	i	alf	b
179.	<i>N. umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot	3	1	1	1	-	4	1	$\beta\text{-}o$	B	i	i	k
180.	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	-	-	-	-	1	-	-	o	B	i	alf	k
181.	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C. Agardh	1	-	-	-	-	-	-	-	BP	mh	-	K
182.	<i>Petroneis marina</i> (Ralfs) Mann	1	1	1	-	1	-	-	-	B	i	-	b
183.	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	1	-	$\sigma\text{-}\beta$	B	i	i	a-a
184.	<i>P. grunowii</i> Krammer	1	1	1	-	-	-	-	$\chi\text{-}\beta$	B	-	-	-
185.	<i>P. karelica</i> Cleve	1	1	-	-	-	1	1	-	B	-	-	a-a
186.	<i>Pinnularia</i> sp.	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
187.	<i>Placoneis clementis</i> (Grunow) Cox	1	-	1	-	1	-	1	$\chi\text{-}o$	B	hl	alf	-
188.	<i>P. elginensis</i> (Gregory) Cox	1	-	1	-	-	1	1	$\sigma\text{-}\beta$	B	i	i	k
189.	<i>P. gastrum</i> (Ehrenberg) Mereshchowsky	1	1	-	-	-	-	-	$\chi\text{-}o$	B	i	i	k
190.	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round et Bukhtiyarova	1	1	1	-	1	-	1	-	BP	hl	alf	k
191.	<i>P. ellipticum</i> (Cleve) Edlund	1	1	1	-	1	1	-	-	B	i	alf	k
192.	<i>P. haynaldii</i> (Schaarschmidt) Lange-Bertalot	1	-	-	-	-	-	-	$\beta\text{-}\alpha$	BP	i	alf	k
193.	<i>P. lanceolatum</i> (Brebisson) Lange-Bertalot	1-2	1	1-2	1	1	1	1-2	$\beta\text{-}\alpha$	BP	i	alf	k
194.	<i>P. oestruppii</i> (A. Cleve) Round et Bukhtiyarova [<i>Skabitschewskia oestruppii</i> (A. Cleve) Kuliskovskiy et Lange-Bertalot]	-	-	1	-	-	-	-	o	B	i	i	a-a
195.	<i>P. peragallii</i> (Brun et Héribaud) Round et Bukhtiyarova [<i>Skabitschewskia peragalloi</i> (Brun et Héribaud) Kuliskovskiy et Lange- Bertalot]	-	1	1	-	1	-	-	-	B	i	i	b
196.	<i>Prestauroneis integra</i> (W. Smith) Bruder [<i>Navicula</i> <i>integra</i> (W. Smith) Ralfs]	1	1	-	-	-	-	1	$\chi\text{-}o$	B	mh	i	b
197.	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) Morales	1	1-2	1	-	1	1	1	β	B	i	alf	k
198.	<i>Punctastriata lancettula</i> (Shumann) Hamilton et Siver	-	-	-	1	-	-	-	o	B	i	alf	b
199.	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek et Stoermer f. <i>sinuata</i>	1	-	1	-	1	-	1	$\sigma\text{-}\beta$	BP	i	i	k
200.	<i>R. sinuata</i> f. <i>antiqua</i> (Grunow) Kociolek et Stoermer	1	-	-	1	-	-	1	-	BP	i	-	k

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
201.	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	1	1	1-3	1-2	1	1	1	χ-o	B	hl	alf	k
202.	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller var. <i>gibba</i>	1	1	1	1	1	1	1	χ-o	B	i	alf	k
203.	<i>Rh. gibba</i> var. <i>parallela</i> (Grunow) H. et M. Peragallo [<i>Epithemia parallela</i> (Grunow) Ruck et Nakov]	-	-	-	-	1	-	1	o	B	i	alf	b
204.	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) Mann	1-2	1	1	-	1	1	-	χ	B	i	alf	k
205.	<i>S. pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	1-2	1	1	1	1	1	1	β	B	hl	i	k
206.	<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	-	-	-	1	-	1	o	B	i	i	k
207.	<i>Staurosira binodis</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot [<i>Staurosira construens</i> var. <i>binodis</i> (Ehrenberg) Hamilton]	1	1	1	-	2-3	1	1	o	BP	i	alf	k
208.	<i>S. construens</i> Ehrenberg	1	1	-	-	-	1	1	o-β	BP	i	alf	k
209.	<i>Staurosirella leptostauron</i> (Ehrenberg) Williams et Round [<i>Staurosira leptostauron</i> (Ehrenberg) Kulikovskiy et Genkal]	1	-	1	-	-	-	-	o	BP	i	alf	k
210.	<i>S. martyi</i> (Héribaud) Morales et Manoylov	1-3	1	1	1	1-2	1	1	o-α	B	i	alf	k
211.	<i>S. pinnata</i> (Ehrenberg) Williams et Round	1	1	1-3	1	1	1-2	1	β	B	hl	alf	k
212.	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	1	1-2	-	1	-	1	1	α-β	P	i	alf	k
213.	<i>S. minutulus</i> (Kützing) Cleve et Mo	1	1	-	-	-	1	1	β	P	hl	alf	-
214.	<i>S. aff. neoastraea</i> Håkansson et Hickel	2-4	2-4	3-4	2-4	3-4	3	1-4	o-β	P	i	alf	k
215.	<i>S. niagarae</i> Ehrenberg	1	1	1	1	1	1	1	-	P	i	-	b
216.	<i>Surirella brightwellii</i> W. Smith	1	1	1	-	-	1	1	-	B	hl	-	-
217.	<i>S. elegans</i> Ehrenberg	-	-	2	-	-	-	-	o	B	i	i	k
218.	<i>S. minuta</i> Brébisson	1	-	-	-	1	1	-	β-α	BP	i	alf	k
219.	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	1	1	1	1	-	-	1	χ	BP	hb	acf	k
220.	<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	1	1	-	-	1	1	-	o-α	BP	hb	acf	k
221.	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) Williams et Round	1	1	1-3	-	1-2	1	1	χ-o	BP	mh	alf	k
222.	<i>Thalassiosira bramaputrae</i> (Ehrenberg) Håkansson et Locker	1	1	1	-	1	1	1	β	P	i	i	b
223.	<i>Tryblionella levidensis</i> (W. Smith) Grunow W. Smith	1	-	1	-	1	-	1	β	B	hl	alf	k
224.	<i>Ulnaria aff. acus</i> (Kützing) Aboal	1-2	1-4	3-4	1-3	1-2	1	1	o-α	B	i	alf	k
225.	<i>U. danica</i> (Kützing) Compère et Buktiyarova	2	1	1	-	1	-	-	o-χ	P	i	alf	k
226.	<i>U. inaequalis</i> (H. Kobayasi) M. Idei	1	1	1	1	1	1	1	-	B	-	-	-

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
227.	<i>U. oxyrhynchus</i> (Kützing) Aboal	1	1	1-2	1	1	1	1	α	BP	i	alf	k
228.	<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère	2-4	1-2	2-3	1-3	1-2	2	3	o-α	BP	i	i	k
CHLOROPHYTA													
229.	<i>Acutodesmus acutiformis</i> (Schröder) Tsarenko et John	-	-	1	-	-	-	-	β	BP	-	-	k
230.	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov	1	1	1	1	1	1	1	β	BP	i	i	k
231.	<i>A. falcatus</i> (Corda) Ralfs	1	1	1	1	1	1	1	β	BP	hb	acf	k
232.	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	-	1	-	1	-	-	-	β	P	i	-	k
233.	<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle	1	1	1	1	1	1	1	β	BP	i	-	k
234.	<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) Hegewald	-	1	-	-	-	-	-	β	BP	i	i	k
235.	<i>D. communis</i> (Hegewald) Hegewald	1-3	1	2-3	1-3	2-4	1	1	β-α	BP	i	i	k
236.	<i>D. opoliensis</i> (Richter) Hegewald	-	-	1	-	1	-	-	β	BP	i	i	k
237.	<i>D. subspicatus</i> (Chodat) Hegewald et A.W.F. Schmidt	-	1	1	-	1	1	-	o-β	BP	i	i	k
238.	<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli	1	-	1-3	1	1	1-2	1	o-β	BP	i	-	k
239.	<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille	1-2	1	1	1	1	1	1	o	P	i	i	k
240.	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	1	1	1	1	1	1	1	β	BP	i	-	k
241.	<i>Koliella spiculiformis</i> (Vischer) Hindak	1-3	1-2	1-3	1	2-3	1	1	o-α	P	i	i	-
242.	<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat	-	-	-	-	1	1	-	β	P	i	i	k
243.	<i>Lemmermannia tetrapedia</i> (Kirchner) Lemmermann	-	-	-	1	1	-	-	o-α	BP	i	-	k
244.	<i>L. triangularis</i> (Chodat) Bock et Krienitz	1-2	-	-	1	1	-	-	o-β	BP	i	-	k
245.	<i>Monoraphidium convolutum</i> (Corda) Komárková-Legnerová	2-3	1-2	1-2	1	1	1	1	β	P	hl	i	k
246.	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (Wood) Bock, Proschold et Krienitz	1	1	1	1	1	-	1	β	BP	hb	i	k
247.	<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	1	1	1	1	1-2	1	1	o-β	BP	i	i	k
248.	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen var. <i>duplex</i>	1	1	1	1-2	1-2	1-2	1	β-o	P	i	i	k
249.	<i>P. duplex</i> var. <i>rotundatum</i> Lucks	-	-	-	1	1	-	1	-	P	i	i	k
250.	<i>P. tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs	1	1	1	1	1	1	1	β-o	BP	i	i	k
251.	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) Hegewald var. <i>boryanum</i>	1-2	1-3	1	1	2	1	1	β	P	i	i	k
252.	<i>P. boryanum</i> var. <i>longicorne</i> (Reinsch) Tsarenko	-	-	1	-	-	-	-	-	P	i	i	k
253.	<i>P. cornutum</i> (Raciborski) Lenarczyk	-	-	1	-	1-3	-	-	β	P	i	i	k

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
254.	<i>Quadrigula korsikovii</i> Komárek	-	-	-	-	-	1	-	-	BP	i	i	-
255.	<i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek et Comas	-	-	1	-	1	-	-	-	P	i	i	-
256.	<i>Scenedesmus aciculatus</i> González	-	-	1	-	-	-	1	-	BP	-	-	-
257.	<i>S. apiculatus</i> Corda	-	-	-	1	-	-	-	-	BP	i	i	k
258.	<i>S. ellipticus</i> Corda	-	-	1	-	-	-	-	-	o-β	BP	hl	-
259.	<i>Staurodesmus cuspidicurvatus</i> Coesel et Meesters	-	-	-	-	-	-	1	-	-	P	i	i
260.	<i>S. triangularis</i> (Lagerheim) Teiling	-	-	-	-	-	-	1	1	β	BP	i	i
261.	<i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) Wynne	1	1-2	1	1-2	1	1	1	1	β	BP	i	-
CHAROPHYTA													
262.	<i>Mougeotia</i> sp. ster.	-	-	-	1-3	-	-	-	-	B	-	-	-
CRIPISTA [CRYPTOPHYTA]													
263.	<i>Cryptomonas gracilis</i> Skuja	-	-	-	-	-	-	-	-	o-β	B	hb	-
264.	<i>Cryptomonas</i> sp. 1	-	-	1-3	1-3	2-3	3-4	3-4	-	-	-	-	-
265.	<i>Cryptomonas</i> sp. 2	-	1	3	-	2-3	1-3	1	-	-	-	-	-
266.	<i>Cryptomonas</i> sp. 3	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-
267.	<i>Komma caudata</i> (Geitler) Hill	1	1-3	1-3	1	1-3	1-2	1	β	P	i	-	k
OCHROPHYTA [CHRYSOPHYTA]													
268.	<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof	1-2	1	1	1	1	-	-	o	P	i	-	k
269.	<i>D. divergens</i> Imhof	1-2	1	1	1	1-3	1-2	1-2	β	P	i	-	k
270.	<i>D. sociale</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1	-	1	-	1-3	1	-	o-β	P	i	-	k
EUGLENOZOA [EUGLENOPHYTA]													
271.	<i>Euglena</i> sp.	-	1	1	1	1	3	3	-	-	-	-	-
272.	<i>Phacus acuminatus</i> Stokes	-	-	1	-	-	-	-	β-α	BP	i	i	k
273.	<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein	1	1	1	1	-	1	1-2	β	P	i	i	k
274.	<i>T. plantonica</i> Svirenko	1	-	1	1	1	1	2	β-o	P	i	i	k

Примечание: Частота встречаемости организмов указана по шестибалльной шкале: 1 – единично; 2 – редко; 3 – нередко; 4 – часто; 5 – очень часто; 6 – масса (Кордэ, 1956). «–» – нет данных. S (сапробная характеристика): χ – ксеносапробионт; χ-о – ксено-олигосапробионт; о-χ – олиго-ксеносапробионт; χ-β – ксено-бетамезосапробионт; о – олигосапробионт; о-β – олиго-бетамезосапробионт; β-о – бета-олигосапробионт; о-α – олиго-альфамезосапробионт; β – бетамезосапробионт; β-α – бета-альфамезосапробионт; α-β – альфа-бетамезосапробионт; ρ-α – поли-альфамезосапробионт; ρ – полисапробионт; i – изосапробионт. M (местообитание): Р – планктонные, В-Р – бентосно-планктонные, В – бентосные. Г (галобность): mh – мезогалобы, hl – галофилы, hb – галофобы, i – индифференты. pH (отношение к pH): alf – алкалифильты, alb – алкалибионты, i – индифференты, acf – ацидофильты, acb – ацидбионты. Р (распространение): а-а – аркто-альпийский, б – бореальный, к – космополит. «*» – вид впервые указывается для Дальнего Востока России.

июля эта цианобактерия была отмечена на отдельных станциях при численности не превышающей 228,65 тыс. кл./л, к середине августа – исчезла из сообщества. Подобная динамика численности наблюдалась и у *Asterionella formosa* (рис. 2 б). Но в отличие от *Anabaena* sp. данный вид при небольших количественных показателях (0,7–29,89 тыс. кл./л) продолжал свое развитие и в конце августа. Снижение численности *Anabaena* sp. и *A. formosa* сопровождалось увеличением числа клеток *Aulacoseira granulata* и *A. granulata* var. *angustissima*. Обильное развитие этих двух

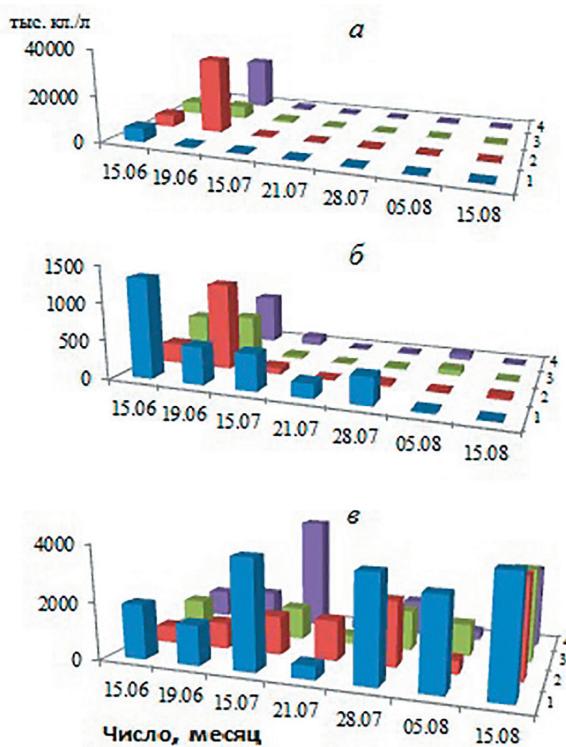


Рис. 2. Сезонная динамика численности доминирующих видов фитопланктона в оз. Благодатное в летний период 2021 г.: а – *Anabaena* sp., б – *Asterionella formosa*, в – *Aulacoseira granulata*+*A. granulata* var. *angustissima*. 1–4 – номера станций

видов наблюдалось в середине июля на станциях 1 (3804,72 тыс. кл./л) и 4 (3984,30 тыс. кл./л) и в середине августа на станции 1 (3969,96 тыс. кл./л) (рис. 2 в). При этом максимальная средневзвешенная численность *Aulacoseira granulata* и *A. granulata* var. *angustissima* по всем станциям (3330,71 тыс. кл./л) была зарегистрирована 15 августа (рис. 2).

Можно предположить, что состав доминирующих видов изменился незначительно за продолжительный период, прошедший со времени исследования оз. Благодатное японскими исследователями. Для фитопланктона озера нами вслед за М. Уено (Ueno, 1933, 1934) выявлены в качестве преобладающих диатомеи *Aulacoseira granulata*, *A. granulata* var. *angustissima* (*Melosira granulata*) и *Asterionella formosa* (*Asterionella formosa gracillima*), а также подтверждено присутствие доминанта *Anabaena flos-aquae*, выявленное М. Такаясу с соавторами (Takayasu et al., 1954).

На протяжении всего временного периода отбора проб в озерном фитопланктоне отмечено постоянное присутствие более пятидесяти видов, но из них частота встречаемости равная 4 баллам (часто) зафиксирована только для видов: *Dolichospermum smithii* (цианобактерии), *Diatoma tenuis*, *Fragilaria capucina*, *Gomphosphenia grovei* var. *lingulata*, *Navicula reinhardtii*, *Nitzschia acicularis*, *N. umbonata*, *Stephanodiscus aff. neoastraea*, *Ulnaria aff. acus* (диатомовые), *Desmodesmus communis* (зеленые), *Cryptomonas* sp. 1 (криптофитовые) (табл. 3).

В результате нашего исследования были значительно дополнены данные о флористическом богатстве водоемов о-ва Итуруп и, в частности, для оз. Благодатное, но следует отметить, что для некоторых водорослей, включенных

в таксономический список, не была установлена видовая принадлежность (*Anabaena* sp. 1, *Anabaena* sp. 2, *Nostoc* sp., *Gymnodinium* sp., *Peridinium* sp., *Amphora* sp., *Mougeotia* sp. ster., *Cryptomonas* sp. 1, *Cryptomonas* sp. 2, *Cryptomonas* sp. 3, *Euglena* sp.) либо требуется ее уточнение (*Stephanodiscus* aff. *neoastraea*, *Ulnaria* aff. *acus*). Также за рамками настоящей работы остались несколько видов навикулоидных диатомей, для идентификации которых необходимо применение методов электронной микроскопии.

Вид *Gomphosphenia grovei* (M. Schmidt) Lange-Bertalot var. *grovaei* и его разновидность *G. grovei* var. *lingulata* (Hustedt) Lange-Bertalot впервые указываются для пресных и солоноватых вод российского Дальнего Востока.

При эколого-географическом анализе диатомовой флоры оз. Благодатное выявлено, что сведения о приуроченности водорослей к местообитанию известны для 95,6 % от общего числа внутривидовых таксонов, из них на долю бентосных приходится 48,2 и бентосно-планктонных – 25,9 %. Большинство диатомей альгофлоры являются индифферентными к изменению солености – 68,6 % от общего числа таксонов. По отношению к pH среды преобладают алкалифильные виды (42,3 %) и индифферентные к изменениям активной реакции среды (25,9 %). Характер географического распространения: на долю космополитных видов приходится 70,1 %, boreальных – 8,0 % и аркто-альпийских – 5,5 % (табл. 3, 4). Показателями степени сапробности воды являются 79,9 % от общего числа таксонов альгофлоры. Наиболее представлены бетамезосапробионты и олигосапробионты – 35,4 и 33,9 %, соответственно (табл. 3, 4).

На протяжении всего периода обследования качество вод оз. Благодатное не претерпевало значительных изменений. Значения индекса сапробности (*S*), рассчитанные на основании изучения фитопланктонных сообществ, в июне изменились в пределах от 1,61 до 1,67, в июле – от 1,62 до 1,74, в августе – 1,67 до 1,71. Согласно полученным данным, воды оз. Благодатное в летний период 2021 г. имели степень сапробности β-о, соответствовали бетамезосапробной зоне, III классу чистоты и классифицировались как слабо загрязненные.

Таблица 4

Распределение водорослей по экологическим группам (оз. Благодатное, о. Итуруп, 2021 г.)

Экологическая группа	Коли-чество таксонов	Процент-ное соотно-шение	Экологическая группа	Коли-чество таксонов	Процент-ное соотно-шение
Местообитание			Отношение к pH		
Бентосные	132	48,2	Алкалибионаенты	1	0,4
Планктонные	59	21,5	Алкалифильты	116	42,3
Бентосно-планктонные	71	25,9	Индифференты	71	25,9
Эпифитные	-	-	Ацидофильты	18	6,6
Бентосно-эпифитные	-	-	Ацидбионты	-	-
Нет данных	12	4,4	Нет данных	68	24,8
Всего:	274	100	Всего:	274	100
Галобность			Географическое распространение		
Мезогалобы	6	2,2	Космополиты	192	70,1
Галофилы	25	9,1	Бореальные	22	8,0
Индифференты	188	68,6	Аркто-альпийские	15	5,5
Галофобы	22	8,0	Нет данных	45	16,4
Нет данных	33	12,1	Всего:	274	100
Всего:	274	100			

Таблица 5

**Соотношение индикаторных видов водорослей по степени сапробности
(оз. Благодатное, о-в Итуруп, 2021 г.)**

Сапробиологическая группа	Степень сапробности видов-индикаторов	Количество таксонов	Количество таксонов	% от общего числа таксонов
Ксеносапробионты (S = 0–0,50)	χ	11	22	8,0
	χ-ο	11		
Олигосапробионты (S = 0,51–1,50)	ο-χ	4	93	33,9
	χ-β	6		
	ο	37		
	ο-β	46		
Бетамезосапробионты (S = 1,51–2,50)	β-ο	16	97	35,4
	ο-α	10		
	β	52		
	β-α	19		
Альфамезосапробионты (S = 2,51–3,50)	α-β	6	7	2,6
	β-ρ	-		
	α	1		
	α-ρ	-		
Полисапробионты (S = 3,51–4,50)	ρ-α	-	-	-
	ρ	-		
Нет данных		55	55	20,1
Всего:		274	274	

Заключение

Альгологические исследования, проведенные в июне–августе 2021 г. на лагунном оз. Благодатное, расположенном на о-ве Итуруп, показали высокое разнообразие видового состава цианобактерий и водорослей (274 вида и внутривидовых таксона из восьми отделов: Cyanobacteria, Miozoa, Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta, Cryptista, Ochrophyta, Euglenozoa). Значительную роль в формировании альгоценозов играли диатомовые водоросли (73,2 % от общего количества видов).

Комплексы доминирующих видов в озерном планктоне представлены цианобактериями и диатомовыми водорослями: *Aulacoseira granulata* и его разновидность *A. granulata* var. *angustissima* в сочетании с доминантами *Anabaena* sp. (июнь), *Asterionella formosa* (июнь) и субдоминантом *Aphanizomenon flos-aquae* (август).

Максимальные значения количественных показателей основных доминантов достигали: N=1323,3 тыс. кл/л, В=685,5 мг/л для *Asterionella formosa*; N=3646 тыс. кл/л и В=4579,4 мг/л для *Aulacoseira granulata*.

В эколого-географических спектрах альгофлоры оз. Благодатное отмечено преобладание бентосных видов (48,2 % от общего числа таксонов), индифферентных к изменению солености (68,6 %), алкалифильных (42,3 %), космополитных (70,1 %) видов, а также олигосапробионтов и бетамезосапробионтов – 35,4 и 33,9 %, соответственно. Согласно рассчитанным индексам сапробности (методом Пантле-Бук в модификации Сладечека), воды оз. Благодатное в летний период 2021 г. имели степень сапробности β-ο, соответствовали бетамезосапробной зоне, III классу чистоты (слабо загрязненные воды).

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность заведующей научно-исследовательской лаборатории прикладной экологии СахГУ, к.б.н., доценту А.В. Литвиненко за организацию экспедиции, ведущему специалисту лаборатории гидробиологии «СахНИРО» И.А. Атамановой, ген. директору ООО «Континент» А.В. Пиджакову, гл. рыбоводу ООО «Континент» Н.И. Лахину, вед. рыбоводу ООО «Континент» К.А. Яблонской и студентам СахГУ, принимавшим участие в отборе проб и измерении гидрологических показателей на оз. Благодатное в 2021 г.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FZNS-2022-0001, а также в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № 121031000147-6.

Литература

- Баринова С.С.** 1989. Пресноводные диатомовые водоросли Курильских островов // Систематика и экология речных организмов. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 138–141.
- Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В.** 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio. 498 с.
- Баринова С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М.** 2019. Алгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа, Киев: Издательство University of Haifa. 367 с.
- Бровко П.Ф., Микишин Ю.А., Рыбаков В.Ф., Володарский А.Н., Терентьев Н.С., Токарчук Т.Н.** 2002. Лагуны Сахалина. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 80 с.
- Водоросли. Справочник.** 1989. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Киев: Наукова думка. 608 с.
- Генкал С.И., Трифонова И.С.** 2009. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск: Рыб. дом печати. 72 с.
- Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С.** 1951. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. М: Советская наука. 619 с.
- Козлов Д.Н.** 2020. Самые крупные озера Курильских островов: морфометрия и географическое распределение (материалы к базе данных) // Геосистемы переходных зон. Т. 4. № 4. С. 506–513. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.4.506-513>
- Кольцова Т.И.** 1970. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. № 6. С. 114–120.
- Кордэ Н.В.** 1956. Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. М., Л.: Изд-во АН СССР. Т. 4. Ч. 1. С. 383–413.
- Макарова, И.В. Пичкилы Л.О.** 1970. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Ботанический журнал. Т. 55. № 10. С. 1488–1494.
- Медведева Л.А., Никулина Т.В.** 2014. Каталог пресноводных водорослей южной части Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 271 с.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов.** 1975. М: Наука. 241 с.
- Мотылькова И.В., Заварзин Д.С., Лабай В.С., Литвиненко А.В.** 2023 Летний планктон и бентос оз. Благодатное (о. Итуруп, Россия) // Труды СахНИРО. в печати.
- Никулина Т.В.** 2002. Пресноводные водоросли // Раствительный и животный мир Курильских островов. Владивосток: Дальнаука. С. 23–34.
- Сладечек В.** 1967. Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология. М.: Наука. С. 26–31.
- Федоров В.Д.** 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М: МГУ. 166 с.
- Хлебович В.В.** 1989. Критическая соленость и хорогалиникум: современный анализ понятий // Биология солоноватых вод. Л.: ЗИН АН СССР. С. 5–11.
- Экосистемы «плососевых» озер курильских островов по данным исследований 2021–2022 гг. (на примере оз. Благодатное, о. Итуруп).** 2023. Отчет о научно-исследовательской работе. Южно-Сахалинск. 150 с. Арх. СахНИРО № 13438.
- Южные Курильские острова (Природно-экономический очерк).** 1992. – Южно-Сахалинск: Изд-во ДВО РАН. 156 с.

- Fukushima H.A.** 1955. A list of Japanese freshwater algae. Including the marine species of blue-green algae and fossil diatoms // J. Yokohama munic. univ. Vol. 42. P. 1–26.
- Fukushima H.A.** 1956. A list of Japanese freshwater algae. Including the marine species of blue-green algae and fossil diatoms // J. Yokohama munic. univ. Vol. 46. P. 1–12.
- Fukushima H.A.** 1957. A list of Japanese freshwater algae. Including the marine species of blue-green algae and fossil diatoms // J. Yokohama munic. univ. Vol. 71. P. 1–24.
- Fukushima H.A.** 1958. A list of Japanese freshwater algae. Including the marine species of blue-green algae and fossil diatoms // J. Yokohama munic. univ. Vol. 98. P. 1–20.
- Guiry M.D., Guiry G.M.** 2016–2023. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (accessed 05.05.2023).
- Hartley B., Barber H.G., Carter J.R.** 1996. An Atlas of British Diatoms. Bristol: Biopress Ltd. 601 p.
- Komárek J., Anagnostidis K.** 1999. Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm: Gustav Fischer. Bd. 19/1. 548 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.** 1986. Bacillariophyceae. Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 1. Jena. 876 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.** 1988. Bacillariophyceae. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 2. Stuttgart, New York. 596 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.** 1991a. Bacillariophyceae. Centrales, Fragilariaeae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 2, 3. Stuttgart, Jena. 576 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.** 1991b. Bacillariophyceae. Achnanthaceae, *Navicula* und *Gomphonema*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 4. Stuttgart, Jena. 438 s.
- Krammer K.** 2000. The genus *Pinnularia* // Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 1. 703 p.
- Krammer K.** 2002. The genus *Cymbella* // Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 3. 584 p.
- Nikulina T.V., Medvedeva L.A.** 2019. Diatoms of the southern part of the Russian Far East // Diatoms: Fundamentals & Applications. Chapter 16. Wiley-Scrivener, Beverly, MA, USA. Vol. 1. P. 355–389.
- Okada Y.** 1934a. Preliminary notes on desmids in the Northern Kurile Islands // Bull. Biogeogr. Soc. Japan. Vol. 4. N 4. P. 351–365.
- Okada Y.** 1934b. The desmid-flora of the Northern Kurile Islands // J. Imp. Fish. Inst. Vol. 30. N 3. P. 123–199.
- Sládeček V.** 1986. Diatoms as indicators of organic pollution // Hydrochim. hydrobiol. V. 14, N 5. P. 555–566.
- Takayasu M., Kondo K., Ohigashi Sh., Watari Sch.** 1954. Limnological studies on the lakes of Etorup Island // Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatch. Vol. 9: 1.2. P. 1–85 (in Japanese).
- Ueno M.** 1933. Plankton of the lakes of Iturup // Japan J. Limnol. Vol. 3. N 1. P. 18–22 (in Japanese).
- Ueno M.** 1934. Plankton of the lakes of the island of Etorofu (Iturup) // Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc. Vol. 13. N 3. P. 298–12.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.17>

<https://elibrary.ru/lfuqnh>

МАТЕРИАЛЫ ПО ФАУНЕ ПОДЁНОК (EPHEMEROPTERA), ВЕСНЯНОК (PLECOPTERA) И РУЧЕЙНИКОВ (TRICHOPTERA) КРОНОЦКОГО ЗАПОВЕДНИКА И ДРУГИХ РАЙОНОВ КАМЧАТКИ

Е.В. Потиха¹, Л.Е. Лобкова², Т.С. Вшивкова^{3,4,5}

¹Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник имени К.Г. Абрамова, пгт. Терней, Россия. E-mail: potikha@mail.ru

²Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник, г. Елизово, Россия. E-mail: lel1947@mail.ru

³Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия. E-mail: vshivkova@biosoil.ru

⁴Институт Мирового океана, ДВФУ, г. Владивосток, Россия

⁵Международный институт окружающей среды и туризма, ВВГУ, г. Владивосток, Россия

На основании обработки оригинальных материалов (сборы 2014–2021 гг.) получены дополнительные сведения по фауне и распространению трёх отрядов амфибиотических насекомых: Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera в водотоках Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника и других районов полуострова Камчатка. Общий список изученного материала включает 56 таксонов: 8 таксонов подёнок, 17 – веснянок, 31 – ручейников. Для Кроноцкого заповедника отмечено 50 таксонов: 8 – подёнок, 11 – веснянок и 31 – ручейников, подтверждено присутствие 48 ранее известных видов. Веснянка *Capnia nigra* (Pictet, 1833) и ручейник *Hydropsyche kozhantschikovi* Martynov, 1934 отмечены для заповедника впервые. Веснянка *Plumiperla diversa* (Frison, 1935) впервые указывается для водотоков Долины гейзеров, а *Isocapnia orientalis* Zhiltzova, 1975 – впервые для полуострова Камчатка.

MATERIALS ON THE FAUNA OF EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA AND TRICHOPTERA OF THE KRONOTSKY NATURE RESERVE AND OTHER REGIONS OF KAMCHATKA

E.V. Potikhа¹, L.E. Lobkova², T.S. Vshivkova^{3,4,5}

¹Sikhote-Alin State Nature Biosphere Reserve named after K.G. Abramov, Terney, Russia. E-mail: potikha@mail.ru

²Kronotsky State Nature Biosphere Reserve, Yelizovo, Russia. E-mail: lel1947@mail.ru

³Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: vshivkova@biosoil.ru

⁴Institute of the World Ocean, FEFU, Vladivostok, Russia

⁵International Institute of Environment and Tourism, VVSU, Vladivostok, Russia

As a result of collection in 2014–2021, additional information was obtained on the fauna and distribution of three orders of amphibiolytic insects Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera of the Kronotsky State Natural Biosphere Reserve and other regions of the Kamchatka Peninsula. The general list of the three orders the studied territory includes 56 species: 8 species of mayflies, 17 – stoneflies, and 31 – caddisflies. For the territory of Kronotsky Nature Reserve are noted 50 species: 8 – mayflies, 11 – stoneflies, and 31 – caddisflies; the presence of 48 previously known species is confirmed. Stonefly *Capnia nigra* (Pictet, 1833) and caddisfly *Hydropsyche kozhantschikovi* are first finds for the reserve.

Plecoptera *Plumiperla diversa* (Frison, 1935) is discovered for Geyser Valley streams for the first time, and *Isocapnia orientalis* Zhiltzova, 1975 is a new finding for the Kamchatka Peninsula.

Введение

Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник был образован в 1934 г. и включает в себя территорию Кроноцкого полуострова, занимая площадь более чем в 1 миллион га (1 147 619,37 га). На этой уникальной территории расположены действующие вулканы, термальные озёра, знаменитая Долина гейзеров и большое количество водопадов. Несмотря на долгую историю исследований фауны амфибиотических насекомых всего Камчатского полуострова (Леванидов и др., 1978; Леванидова, 1970а, б, 1975, 1982, 1989; Чебанова, 2009; Вшивкова и др., 2013; Тиунова, 2022), фауна уникальных водных объектов территории Кроноцкого заповедника остается недостаточно изученной. Более полно на территории заповедника были изучены олигохеты, жестокрылые, ручейники и двукрылые (Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова и др., 2012; Лобкова, Вшивкова, 2015). Остальные группы амфибиотических насекомых собирались попутно во время полевых работ и изучены недостаточно (Лобкова, 2002). По фауне подёнок и веснянок опубликованы предварительные списки видов (Летопись природы.., 2010, 2013, 2014, Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова и др., 2012; Лобкова, 2013, 2019), которые, очевидно, будут расширены в результате дальнейших исследований.

В данной работе представлены неопубликованные материалы, собранные вторым автором в 2014–2020 гг. и первым автором в 2021 г. на территории Кроноцкого заповедника и за его пределами, включая некоторые районы юго-восточного и южного побережий, а также центральную часть Камчатского полуострова (рис. 1).

Основные районы исследований

Кроноцкий заповедник расположен на юго-восточном побережье полуострова Камчатка. Протяженность его границы по береговой линии составляет 234 км, ширина заповедника – 60 км. Площадь сухопутной территории заповедника составляет 1 012 619,37 га и включает два кластера: основной (площадью 964 000 га) и присоединенный в 1992 г. участок хвойной тайги в бассейне реки Камчатка (площадью 43 134 га). Морская охраняемая акватория имеет площадь 135 000 га.

Территория заповедника находится в центре Восточного вулканического пояса, который составляют Восточный вулканический хребет и прилегающее к нему плато. Ширина Восточного хребта – до 80 км, абсолютные отметки вершин – 2000–3500 м. Рельеф заповедника, несущий на себе отпечаток недавних мощных вулканических извержений, горный и расчлененный, поэтому густота речной сети достаточно велика (на 1 км² площади приходится 650 м различных водотоков). Все реки заповедника берут начало на склонах горных хребтов, лишь немногие из них образуют сквозные долины, например, Кроноцкая. Реки горные и несудоходные с водопадами и порогами. Наибольший расход воды приходится на июнь–июль, а минимальный – на февраль–март. Высота паводковых вод над меженью обычно достигает 1,5–2 м, осенние дожди иногда поднимают уровень воды на 1–1,5 м. Ледостав приходится на конец октября–середину ноября, лед устанавливается толщиной около 50 см. Часть рек, протекающих в зоне термальных источников, не замерзают почти на всем своём протяжении. Вскрываются реки обычно в апреле–мае.

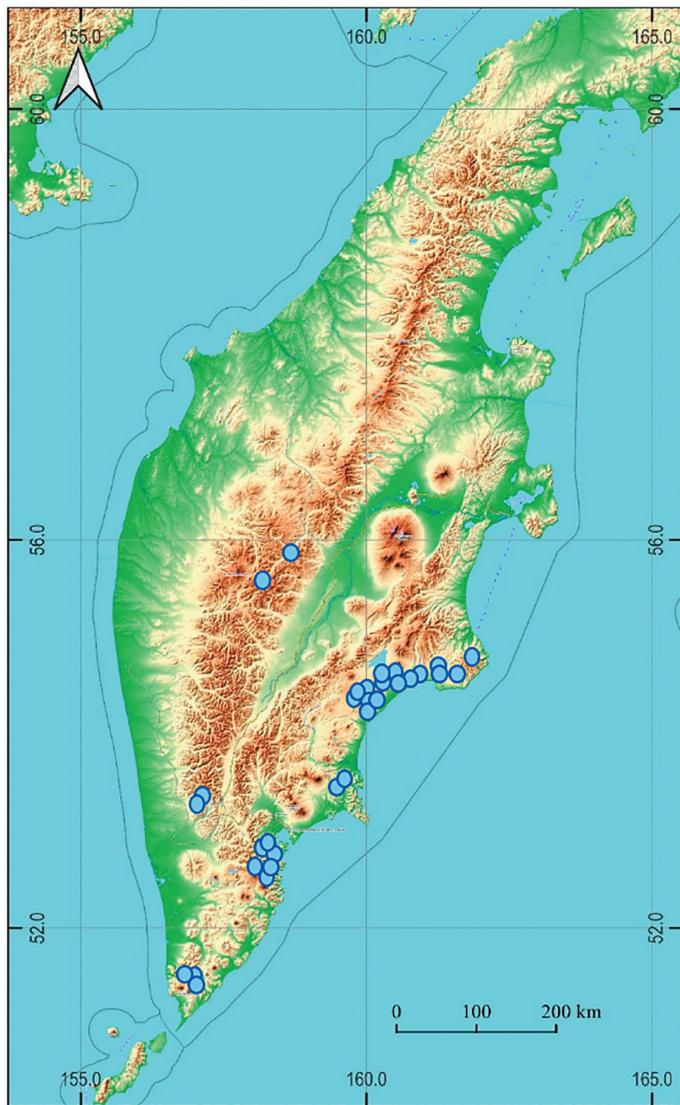


Рис. 1. Карта-схема полуострова Камчатка с указанием мест сбора материала

На территории заповедника много озер, но большинство из них некрупные. Самое большое озеро – Кроноцкое, его площадь 242 км².

Долина гейзеров (абс. высота 400 м) расположена в районе Узон-Гейзерной тектонической депрессии на центральном участке Восточного тектонического пояса Камчатки. Эта динамичная, постоянно меняющаяся экосистема хранит на себе отпечатки неконтролируемого туризма 60–70-х годов прошлого века, последствия тайфуна Эльза 1981 г., схода оползней и селевых потоков 2007 и 2014 гг. Долина представляет собой глубокий каньон, протяженностью около 4 км. По его дну протекает р. Гейзерная, принимающая стоки расположенных на склонах гейзеров и термальных источников (Дроздин и др., 2008). Долиной гейзеров называют гейзерную группу в нижнем течении реки Гейзерной близ её впадения в реку Шумную. Здесь на отрезке 2,5 км в нижней части бортов каньона русла реки Гейзерной сосредоточено несколько сотен выходов термальных источников и около 20 крупных гейзеров, из которых вырываются клубы горячего пара

и течёт почти кипящая вода, температура которой достигает 95 °С. В Долине гейзеров термальные воды относятся к хлоридно-натриевому типу с общей минерализацией <2,4 г/л и нейтральной реакцией (Дроздин и др., 2008). Горная река Гейзерная на всем протяжении собирает стоки гидротермальных источников, разнообразных по химическому составу. Температура воды в реке в летнюю межень составляет на разных участках +14–28 °С, зимой и в паводок 14–18 °С. По данным С.М. Жмодика (Жмодик и др., 2011; Предельно допустимые концентрации ..., 2003) при +23 °С, pH=8.5 и минерализации 343 мг/л относительно ПДК питьевой воды наблюдается превышение содержания кремния в 4,6 раза, лития в 17 раз, мышьяка в 11 раз и сурьмы в 3 раза. В прибрежье р. Гейзерной во время регулярных изливов гейзера Жемчужного температура воды может достигать 70 °С (Лобкова, Чебанова, 2010). Горный ручей Водопадный (левый приток Гейзерной) до обвала 2007 г. имел в приусадебной части Т 14–28 °С, к 2013 г. он частично восстановил свое русло и стал холодноводным (Т 4–8 °С). В период исследований 2021 (8 июля) Т 12–12,5 °С. Ручей Лавовый – горный и холодноводный ручей – правая составляющая реки Гейзерной. Ручей Лавовый не имеет термальных источников. В июле 2021 г. температура воды была 5,5 °С.

Кальдера вулкана Узон (абс. высота 700). Ручей Весёлый до Восточного термального поля имеет чистые воды без превышения показателей ПДК, соответственно Т 4–6 °С (Жмодик и др., 2011). Для ручья Комариного, протекающего вне зоны термопроявлений, в среднем течении вдоль прибрежья характерны локальные бугры восстановленной серы, а ниже – сток термоминеральных вод Восточного термального поля. В русле ручья Т 8–11 °С, в заводях – 29 °С, кислотность воды (pH) соответственно 6,5 и 5,5.

Природный Парк «Налычево». Река Горячая собирает стоки из руч. Котельного и скважины № 2, вода отнесена к Налычевскому типу минеральных вод: слабоминерализованная борная, кремнистая, мышьяковистая, хлоридная, кальциево-натриевая, слабокислая-слабощелочная (Вакин, 2004). Горячереченские источники относятся к Налычевскому типу минеральных вод, в них превышение ПДК по общей минерализации в 3,8 раза, кремния в 16,8 раза, лития в 217 раз, мышьяка в 29 раз (Вакин, 2004). Вода в этих источниках имеет Т 38 °С.

Окрестности г. Елизово. Река Авача – длина реки 122 км, площадь бассейна 5090 км², расход воды 138 м³/с. Вытекает река из Верхне-Авачинского озера, вначале река протекает по узкой горной долине, затем по низменности, образуя небольшую дельту. Впадает река в Авачинскую губу – бухту Тихого океана. Питание реки снеговое, дождевое, грунтовое и ледниковое. Среднегодовой расход воды у г. Елизово – 138 м³/с. В бассейне реки расположено 194 небольших озера общей площадью 6,18 км², а также многочисленные минеральные горячие и холодные источники.

Материал и методы

Список представителей трёх отрядов амфибиотических насекомых (Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera) Кроноцкого заповедника основан на оригинальных материалах, собранных вторым автором в 2014–2020 гг. в крупнейших гидротермальных системах Камчатки: кальдере вулкана Узон, бассейне р. Гейзерной (ДГ), р. Правая Налычева (ПП «Налычево»); р. Авача (окр.г. Елизова), а также в оз. Курильское (исток р. Озёрная, Южно-Камчатский заказник) (Летопись природы..., 2010, 2013, 2014, Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова и др., 2012;

Лобкова, 2013, 2019). В 2021 г. (07–22 июля) первым автором были обследованы водные объекты Долины гейзеров: р. Гейзерная, ручьи Термальный, Водопадный, Лавовый. Отбор материала по преимагинальным фазам амфибиотических насекомых в зоне ритрали и в местах влияния термальных вод проведен с помощью бентометра конструкции В.Я. Леванидова (1977). Сбор имаго осуществлен вручную, кошением прибрежной растительности энтомологическим сачком, в лёт, экскаватором, ловушкой Малеза, а в вечернее время на свет. Материал фиксировался 70% этиловым спиртом.

Определение подёнок выполнено Т.М. Тиуновой, веснянок – Е.В. Потиха, ручейников – Т.С. Вшивковой и Е.В. Потиха.

Обзор фауны подёнок, веснянок и ручейников приведён ниже. Рода и виды в пределах семейств представлена в алфавитном порядке. Список включает видовое название, автора и год описания, литературный источник с первым указанием вида для Кроноцкого заповедника, число экземпляров, место и дата сбора, распространение и замечания. В тексте фамилии и имена коллекторов приведены в сокращении: Л.Е. Лобкова (Л.Л.), Е.В. Потиха (Е.П.), фамилии остальных сборщиков указаны без сокращений.

Принятые в тексте сокращения: ♂ – самец (самцы), ♀ – самка (-и), лич. – личинка, кук. – куколка, шкур. – шкурка, экз. – экземпляр, субим. – субимаго, басс. – бассейн, р. – река, руч. – ручей, оз. – озеро, Т – температура воды, ПП – природный парк, пп – памятник природы, КЗ – Кроноцкий заповедник, ДРК – другие районы Камчатки, ДГ – Долина гейзеров. Типы ареалов приведены по Жильцовой и Леванидовой (1984).

Аннотированный список видов

Отряд Ephemeroptera – Поденки Семейство Heptageniidae

Cinygmulia cava Ulmer, 1927

Летопись природы.., 2013; Лобкова, 2013, 2019.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-палеарктический вид. Россия: Магаданская обл., Камчатский и Приморский края, о-в Сахалин, Курильские о-ва, Забайкалье, Алтай. Монголия.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике известен из руч. Весёлый (Узон). Личинки населяют небыстрые перекаты горных и предгорных водотоков с гравийно-галечным грунтом.

Cinygmulia putoranica Kluge, 1980

Летопись природы.., 2013; Лобкова, 2013, 2019.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-палеарктический вид. Россия: Сибирь, п-ов Таймыр, Магаданская обл., Камчатский и Приморский края.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен из р. Гейзерная, р. Шумная (ДГ) и ручьев Весёлый и Комариный (Узон). Обитатель горных и предгорных водотоков с гравийно-галечным грунтом. Редок.

Семейство Ameletidae

Ameletus camtschaticus Ulmer, 1927

Летопись природы.., 2013; Лобкова, 2013, 2019.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-палеарктический вид. Россия: Чукотский АО, Магаданская обл., Камчатский, Хабаровский и Приморский края.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике известен из ручьев Весёлый и Комариный (Узон). Типичные биотопы личинок – каменистые грунты горных и предгорных рек.

Семейство Baetidae

Baetis (Baetis) molecularis Tiunova, Semenchenko, 2020

Летопись природы.., 2013; Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова, 2013 (как *Baetis bicaudatus* Dodds, 1923).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Палеарктический вид. Россия: Дальний Восток (Тиунова, 2022).

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен из р. Гейзерная и руч. Теремковый (ДГ), а также из руч. Весёлый (Узон). Личинки в верховьях горных и предгорных рек и быстрых ручьях на каменистых грунтах.

Baetis (Baetis) pseudothermicus Kluge, 1983

Летопись природы.., 2013; Лобкова, 2013, 2019; Лобкова и др., 2012.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Сибирь, юг Дальнего Востока, включая Южные Курильские о-ва, о-в Сахалин, Камчатский край. Корея.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен из р. Гейзерная, руч. Водопадный (ДГ), а также из ручьев Весёлый и Комариный (Узон). Обычен в реках и ручьях горного и предгорного типа на каменистом и галечном грунте.

Baetis (Baetis) vernus Curtis, 1834

Летопись природы.., 2010, 2013; Лобкова и др., 2012; Лобкова. 2013.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Транспалеарктический вид. Россия: Кавказ, Сибирь, Магаданская обл., Амурская обл., о-в Сахалин, Южные Курильские о-ва, Камчатский и Приморский края. Европа.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен из р. Гейзерная и руч. Водопадный (ДГ). Характерен для горных и предгорных рек с любым грунтом.

Семейство Ephemerellidae

***Drunella* sp.**

Лобкова, 2013.

ЗАМЕЧАНИЕ. Для Кроноцкого заповедника *Drunella* sp. указан для руч. Водопадный (ДГ).

Ephemerella aurivillii (Bengtsson, 1908)

Летопись природы.., 2013; Лобкова, 2013.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Транспалеарктический вид. Россия: Юго-Восточная Сибирь, Магаданская обл., басс. Амура, Камчатский и Приморский края, о-в Сахалин, Южные Курильские о-ва. Северная Европа, Северная Америка.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен из руч. Водопадный (ДГ). В реках Камчатки вид широко распространен и многочислен. Личинки населяют реки и ручьи различных типов.

Отряд Plecoptera – Веснянки

Семейство Taeniopterygidae

Taenionema japonicum (Okamoto, 1922)

Летопись природы.., 2013, 2014; Леванидова, 1982; Лобкова и др., 2012; Лобкова, Чебанова, 2010.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♂, ДГ, на окне кордона, 17.07.2019 (Л.Л.); 5 ♂, р. Гейзерная, кошение вдоль термальных площадок, 17.07.2019 (Л.Л.); ДРК: 2 ♀, ПП «Налычево», вулкан Авача, тундра, ольха, кедрач, 06.07.2016 (В. Лобанова); 1 ♀, г. Елизово, р. Авача, 15.09.2018 (Л.Л.); 1 ♀, там же, 20.06.2020 (Л.Л.); 3 ♂, 2 ♀, там же, 06.06.2020 (Л.Л.); 1 ♂, р. Авача, чозения, 14.06.2018 (Л.Л.); 8 ♂, 2 ♀, там же, 29.05.2018 (Л.Л.); 11 ♂, 6 ♀, р. Авача, на берегу, 20.06.2020 (Л.Л.); 2 ♂, 1 ♀, р. Авача, оз. Ключевое, 14.06.2018 (Л.Л.); 1 ♂, р. Пинчева – левый приток р. Авача, на берегу, 11.05.2020 (Л.Л.); 1 ♀, р. Авача, у моста на снегу, 01.06.2014 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Сибирь, Дальний Восток (кроме севера), Курильские о-ва. Монголия, Япония, п-ов Корея, Китай.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен также в притоках оз. Кроноцкое (массовый вылет имаго наблюдали 19 августа), в р. Озерная (массовый вылет имаго отмечен в начале июня) и руч. Водопадный.

Семейство Capniidae

Capnia levanidovae Kawai, 1969

Летопись природы.., 2010, 2013, 2014; Лобкова и др., 2012.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♀, р. Гейзерная, 07.08.2014 (Л.Л.); 1 ♀, там же, руч. Теремковый, кошение прибрежной растительности, 12.07.2021 (Е.П.); 1 ♀, Узон, оз. Дальнее, в желудке гольца, 6.08.2013 (Л.Л.). ДРК: 3 ♂, Узон, оз. Дальнее, 25.07.2015; 1 ♂ 1 ♀, там же, площадка № 5, 14.07.2014 (Л.Л.); 1 ♀, р. Авача, у моста, площадка № 3, 04.07.2014 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Эндемик Северо-Востока России. Распространение ограничено Камчаткой и островом Шумшу.

ЗАМЕЧАНИЕ. Вид внесён в Красную Книгу Камчатки (2006) и согласно классификации Международного Союза Охраны Природы (МСОП) отнесён к 4 категории, как эндемичный вид с неопределённым статусом, охрана которого важна для сохранения биоразнообразия полуострова и живой природы в целом, но биология изучена недостаточно.

Capnia nigra (Pictet, 1833)

МАТЕРИАЛ. КЗ: р. Ольга, на снегу, 25.04.1975 (П. Сарычев). ДРК: 3 ♂, 4 ♀, 2 нимфы, р. Авача, у моста, 01.06.2014 (Л.Л.); 2 ♂, 2 ♀, р. Авача, 26.04.2015 (Л.Л.); 1 ♀, р. Авача, 20.06.2020 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Транспалеарктический вид. Россия: Европейская часть, Восточная Сибирь, Алтай, Дальний восток, Камчатский край, о-в Сахалин, Южные Курилы. Европа, Монголия, Китай, Япония.

ЗАМЕЧАНИЕ. Для Кроноцкого заповедника вид ранее не указывался. Личинки *C. nigra* очень пластичны к условиям среды и населяют водотоки разного типа.

Capnia sp.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♀, руч. Теремковый, кошение по прибрежной растительности, 12.07.2021 (Е.П.).

ЗАМЕЧАНИЕ. Самки *Capnia* sp. отличны от самок *C. levanidovae* и *C. nigra*.

Isocapnia guentheri (Joost, 1970)

МАТЕРИАЛ. ДРК: 1 ♂, р. Пиначева, левый приток р. Авача, на берегу, 11.05.2020 (Л.Л.); 1 ♀, р. Авача, 06.06.2020 (Л.Л.); 1 ♂, р. Авача, на берегу, 20.06.2020 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Восточная Сибирь, Забайкалье, Магаданская обл., Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин. Монгolia.

ЗАМЕЧАНИЕ. Вид указан для Камчатского полуострова И.М. Леванидовой (1982).

Личинки *I. guentheri* населяют реки со значительным расходом воды.

Isocapnia orientalis Zhiltzova, 1975

МАТЕРИАЛ. ДРК: 1 ♂, р. Авача, г. Елизово, карликово-березовый лес, скала, 05.06.2020 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический притихоокеанский вид. Россия: басс. р. Колыма, побережье Охотского моря, басс. р. Амур, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин.

ЗАМЕЧАНИЕ. Первое указание для плекоптерофауны полуострова Камчатка.

Mesocapnia sp.

Летопись природы.., 2013; Лобкова, 2013.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике род *Mesocapnia* известен только по личинкам из руч. Лавовый.

Семейство Leuctridae

Paraleuctra cercia (Okamoto, 1922)

МАТЕРИАЛ. ДРК: 1 ♂, р. Авача, на берегу, 20.06.2020 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический притихоокеанский вид. Россия: Магаданская и Амурская области, Еврейская АО, Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин, Южные Курильские о-ва. Китай, п-ов Корея, Япония.

ЗАМЕЧАНИЕ. Вид указан для Камчатского полуострова И.М. Леванидовой (1982).

Семейство Perlodidae

Arcynopteryx dichroa (McLachlan, 1872)

МАТЕРИАЛ. ДРК: 3 ♂, р. Пиначева (левый приток р. Авача), на берегу, 11.05.2020 (Л.Л.); 2 ♂, 3 ♀, р. Авача, 06.06.2020 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Циркумполярный вид. Россия: Южная Якутия, Алтай, Саяны, Забайкалье, весь Дальний Восток, включая Камчатский край и о-в Сахалин. Европа, Монголия, США.

ЗАМЕЧАНИЕ. Вид указан для Камчатского полуострова И.М. Леванидовой (1970а) как *A. compacta* McLachlan 1872.

Arcynopteryx polaris Klapálek, 1912).

Летопись природы..., 2013, 2014; Лобкова, 2013.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♀, ДГ, у кордона, на свет, 16.09.2015 (Л.Л.); 1 ♀, ДГ, р. Гейзерная, 13.07.2021 (Е.П.); 1 ♀, ДГ, руч. Водопадный, кошение прибрежной растительности, 13.07.2021. (Е.П.). **ДРК:** 1 ♂ 1 ♀, ПП «Налычево», вулкан Авача, горная тундра, 12.07.2016 (В. Лобанова); 3 ♂, 3 ♀, 2 лич. (1 ♂, 1 ♀), ПП «Быстринский», пойма р. Иракан, ивняк, 22–25.06.2016 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Саяны, Алтай, Дальний Восток от Чукотского п-ова до границы на юге. Монголия, Китай, Корея.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен также из руч. Лавовый (ДГ), ручьев Комариный и Весёлый (Узон), также из оз Кроноцкое и истока р. Кроноцкая. На Камчатке *A. polaris* обитает в водоёмах разного типа вплоть до озёр.

Diura majuscula (Klapálek, 1912)

МАТЕРИАЛ. ДРК: 2 лич., р. Авача, в реке, 14.03.2020 (Л.Л.); 1 ♂, 1 ♀, 1 шкур., р. Авача, 06.06.2020 (Л.Л.); 1 ♀, г. Вилючинск, оз. Дальнее, 08.07.2014 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Саяны, Алтай, Дальний Восток, включая Камчатский край и о-в Сахалин. Монголия.

ЗАМЕЧАНИЕ. Вид указан для Камчатского полуострова И.М. Леванидовой (1982).

Pictetiella asiatica Zwick et Levanidova, 1971

Летопись природы..., 2013, 2014; Лобкова, 2013.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♂, руч. Водопадный, среднее течение, кошение прибрежной растительности, 13.07.2021 (Е.П.); 3 ♀, р. Кроноцкая, кордон Аэродром, 11.08.2017 (И.А. Кудряшов); 1 ♀, там же, 11.08.2017 (Л.Л.). **ДРК:** 1 ♀, ПП «Налычево», центр, 07.07.2016 (В. Лобанова).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Алтай, Саяны, Забайкалье, Дальний Восток. Корея.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен также из р. Гейзерная (ДГ) и руч. Весёлый (кальдера вулкана Узон). Помимо этого, по свидетельству Т. Введенской, вид отмечен в оз. Кроноцкое.

Skwala compacta (McLachlan, 1892)

МАТЕРИАЛ. ДРК: 1 ♂, р. Авача, на мосту, 04.07.2020 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Алтай, Саяны, Забайкалье, Восточная Сибирь, Дальний Восток: от среднего течения р. Колымы до южных его границ, Камчатский край, о-в Сахалин, Курильские о-ва. Китай, Монголия, Япония.

ЗАМЕЧАНИЕ. Вид был указан для Камчатского полуострова Копоненом (как *S. brevis* (Koponen, Brinck, 1949) (Цвик и др., 1971).

Семейство Chloroperlidae

Alloperla mediata (Navás, 1925)

Летопись природы..., 2013, 2014; Лобкова, 2019.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♀, ДГ, кордон, на свет, 07.08.2014 (Л.Л.). **ДРК:** 1 ♀, р. Авача, 15.09.2018 (Л.Л.); 6 ♂, 2 ♀, там же, 20.06.2020 (Л.Л.); 1 ♀, р. Авача, чозения, 29.05.2018 (Л.Л.); 3 ♂, 3 ♀, р. Авача, там же, 10.07.2018 (Л.Л.); 2 ♀, р. Авача, там же, 10.08.2018 (Л.Л.); 1 ♀, р. Авача, там же, 22.08.2018 (Л.Л.); 1 ♀, р. Авача, 14.06.2020 (Л.Л.); 2 ♂, 3 ♀, р. Авача, 06.07.2020 (Л.Л.); ♂♂, ♀♀, р. Авача, оз. Ключевое, 27.06.2018 (Л.Л.); 3 ♂, 1 ♀, р. Авача, там же, 27.07.2018 (Л.Л.); 4 ♀, р. Авача, Горводоканал, 27.07.2018 (Л.Л.); 1 ♂, 3 ♀, г. Елизово, р. Половинка, 04.07.2020 (Л.Л.); 1 ♀, ПП «Налычево», центр, 07.07.2016 (В. Лобанова).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Сибирь, Алтай. Магаданская и Амурская области, Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин, Курильские о-ва. Северо-Восточный Китай, Монголия, Япония.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике известен также из оз. Дальнее (Узон).

Suwallia kerzhneri Zhiltzova et Zwick, 1971

Летопись природы.., 2013, 2014; Лобкова, 2019.

МАТЕРИАЛ. ДРК: 1 ♂, 2 ♀, р. Авача, сентябрь 2019 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Чукотский АО, Корякское нагорье, Магаданская обл., Камчатский, Хабаровский и Приморский края, Южные Курильские о-ва, о-в Сахалин. Монголия.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен из руч. Весёлый (кальдера вулкана Узон).

Suwallia errata Li & Li, 2021 (nov. comb.)

Летопись природы.., 2013, 2014; Лобкова, 2013.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 3 ♂, 4 ♀, 1 шкур., р. Кроноцкая, кордон Аэродром, 13.08.2019 (Л.Л.); 3 ♀, там же, 12.08.2017 (Л.Л.); 1 ♀, 2 шкур. ♀, там же, 18.08.2019 (Л.Л.); 1 ♀, ДГ, р. Гейзерная, в районе устья руч. Водопадный, 08.07.2021 (Е.П.); 6 ♂, Узон, руч. Весёлый кошение по разнотравью, 08.08.2014 (Л.Л.); 1 ♂, Узон, там же, 20–28.07.2019 (Л.Л.); 1 ♀, Узон, там же, 01–10.08.2018 (Л.Л.); 2 ♂, Узон, там же, 20–28.07.2019 (Л.Л.). **ДРК:** 4 ♂, г. Елизово, р. Авача, кошение по осоке, 09.09.2014 (Л.Л.); 1 ♂, 2 ♀, р. Авача, ПП «Аквариум», 22.08.2020 (Л.Л.); 1 ♂, 2 ♀, р. Авача, чозения, 22.08.2018 (Л.Л.); 1 ♀, р. Авача, 05.08.2020 (Л.Л.); 4 ♂, 5 ♀, окр. горы Алней, пойма ручья, кошение по злакам, 26.07.2016 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточно-пaleарктический вид. Россия: Алтай, Восточный Саян, Забайкалье, Магаданская и Амурская обл., Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин, Курильские о-ва. Монголия, Китай, Япония.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид известен также из оз. Дальнее и руч. Комариный (кальдера вулкана Узон). На Камчатке *S. errata* обитает в водоёмах разного типа вплоть до озёр. В Летописи природы (2013) вид был указан как *Suwallia teleckojensis* (Šámal, 1939).

Plumiperla diversa (Frison, 1935)

Летопись природы.., 2013, 2014; Лобкова, 2013.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♂, ДГ, р. Гейзерная, на окне кордона, 17.07.2019 (Л.Л.); 2 ♀, ДГ, верхняя вертолётная площадка, 07.07.2021 (Е.П.); 2 ♀, ДГ, у кордона на свет лампы, 14.07.2021 (Е.П.). **ДРК:** 1 ♀, р. Авача, 20.06.2020 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Амфиапатифический вид. Россия: Магаданская обл. и Камчатский край. США, Канада.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид ранее указывался только для руч. Весёлый (кальдера вулкана Узон). Первое указание вида для водотоков Долины гейзеров.

Отряд Trichoptera – Ручейники Семейство Apataniidae

Apatania stigmatella (Zetterstedt, 1840)

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова, 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015:

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике обнаружены в р. Гейзерная, руч. Весёлый, пос. Кроноки.

Apatania zonella (Zetterstedt, 1840)

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова, 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В заповеднике вид указан для водотоков Долины гейзеров: р. Гейзерная, ручьи Водопадный и Теремковый; для кальдеры вулкана Узон: руч. Комариной; Налычевской долины: река Горячая; Горячереченских источников.

Apatania sp.

Лобкова, Вшивкова, 2015.

ЗАМЕЧАНИЕ. Не определенные до вида самки и личинки были указаны в Кроноцком заповеднике для Долины гейзеров: р. Гейзерная, Узон, руч. Весёлый, верховье, руч. Бормотина, Синий дол.

Семейство Arctopsychidae*Arctopsyche ladogensis* (Kolenati, 1859)

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова, 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике имаго и личинки указаны для р. Гейзерной и р. Узон.

Семейство Brachycentridae*Brachycentrus americanus* (Banks, 1899)

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова и др., 2012; Лобкова, 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♀, там же, 10.08.2011 (Л.Л.); ♀♀ в массе, р. Гейзерная, 22–30.07.2017 (Л.Л.); 2 лич., р. Гейзерная, правый берег, перед гейзеритовой стеной Витраж, напротив водопада Эскалатор, 09.07.2021 (Е.П.); 1 лич., 3 кук., р. Гейзерная, выше стенки Устиновой, спокойная часть реки у левого берега, между крупными валунами, 14.07.2021 (Е.П.); 1 кук., 2 предкук., р. Гейзерная, правая часть основного русла, напротив гейзера Большой, 15.07.2021 (Е.П.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид встречается в водотоках Долины гейзеров: р. Гейзерная, ручьи Водопадный, Теремковый; в окрестностях кальдеры вулкана Узон: руч. Весёлый; в Налычевской долине: р. Горячая; обнаружены в р. Шумная и оз. Восьмёрка.

Brachycentrus subnubilus (Curtis, 1834)

Лобкова и др., 2012; Лобкова, 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике известен из р. Гейзерной и оз. Гейзерное.

Micrasema (superspecies gelidum) prospecies gentile (McLachlan, 1880)

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова, 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♀, р. Гейзерная, 6.08.2006 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В заповеднике личинки найдены в р. Гейзерной и р. Шумной.

Семейство Hydropsychidae*Hydropsyche kozhantschikovi* Martynov, 1924

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова и др., 2012.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 2 лич., р. Гейзерная, правый берег, перед Витражом, напротив водопада Эскалатор, 09.07.2021 (Е.П.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. Первая находка для Кроноцкого заповедника.

Hydropsyche newae (Kolenati, 1858)

Nimmo, 1995 (как *Hydropsyche smetanini* sp.n.); Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова и др., 2012; Лобкова, Вшивкова, 2015.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 6 ♂, 10 ♀, Долина Гейзеров, 20.05.2008 (Л.Л.); лич., в массе, р. Гейзерная, 22–30.07.2017 (Л.Л.); 17 лич., р. Гейзерная, 5 м выше устья руч. Водопадный, 08.07.2021 (Е.П.); 2 ♂, там же, роение над водой, 08.07.2021 (Е.П.); 42 лич., р. Гейзерная, выше впадения руч. Водопадный, 08.07.2021 (Е.П.); 2 лич., р. Гейзерная, выше впадения руч. Водопадный, выше стоков термальных вод, 08.07.2021 (Е.П.); 31 лич., р. Гейзерная, правый берег, перед Витражом, напротив водопада Эскалатор, 09.07.2021 (Е.П.); 27 лич., 6 кук., р. Гейзерная, напротив Витража, 09.07.2021 (Е.П.); 1 ♂, 1 ♀, 2 шкур. кук., там же, активный вылет из линька, 20.07.2021 (Е.П.); 1 ♂, 1 ♀, 2 шкур. кук., там же, сбор с камней, 20.07.2021 (Е.П.); 40 лич., 5 кук., р. Гейзерная, правый берег у Трамплина, 09.07.2021 (Е.П.); 13 лич., р. Гейзерная, в устье гейзера Жемчужный, 13.07.2021 (Е.П.); 17 лич., 5 кук., р. Гейзерная, выше стенки Устиновой, спокойная часть реки у левого берега, между крупными валунами, 14.07.2021 (Е.П.); 77 лич., 10 кук., 5 предкук., р. Гейзерная, правая часть основного русла, напротив гейзера Большой, 15.07.2021 (Е.П.); 2 ♂, 1 ♀, кордон ДГ, на настилах, 16.07.2021 (Е.П.); 1 ♂, 4 ♀, 1 лич., р. Шумная, у гейзера Первенец, 20.07.2021 (Е.П.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид обнаружен в водных экосистемах Долины Гейзеров: руч. Водопадный и оз. Гейзерное, руч. Комариный (кальдера вулкана Узон), в руч. Тёплый (Nimmo, 1995, указан как *H. smetanini*), а также в р. Шумной.

Hydropsyche sp.

Лобкова, Вшивкова, 2015.

ЗАМЕЧАНИЕ. Не определенные до вида личинки обнаружены в водотоках Долины Гейзеров, а также у пос. Жупаново.

Семейство Glossosomatidae

Glossosoma intermedium Klapalek, 1892)

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова и др., 2012; Лобкова, Вшивкова, 2015.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♂, Долина Гейзеров, 08.08.2006 (Л.Л.)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике личинки и имаго *G. intermedium* отмечены в водотоках Долины гейзеров: р. Гейзерная, ручьи Водопадный и Лавовый, в р. Шумной, а также на территории ПП «Налычево» – в р. Горячая и в Горячереченских источниках.

Семейство Leptoceridae

Ceraclea sp.

Лобкова, Вшивкова, 2015.

ЗАМЕЧАНИЕ. В материалах Л. Лобковой была обнаружена единственная личинка рода *Ceraclea* из р. Гейзерная (сбор 06.06.2007).

Mystacides bifidus (Martynov, 1924)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. Единичные находки имаго самцов в кальдере Узон, оз. Дальнее, в том числе, в желудке гольца.

Семейство Limnephilidae

Arctopora trimaculata (Zetterstedt, 1840)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. Вид известен в Кроноцком заповеднике по одной самке из желудка гольца, пойманного в оз. Дальнее (Узон).

Asynarchus iteratus McLachlan, 1880

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике известен по единичной находке самца и самки из оз. Дальнее (Узон).

Grammotaulius signatipennis (McLachlan, 1876)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. Единичная находка самца в кальдере Узон.

Hydatophylax nigrovittatus (McLachlan, 1872)

Лобкова, Чебанова, 2010; Извекова, Маркевич, 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике *H. nigrovittatus* известен из р. Гейзерная, ручья Комариного (Узон), а также из оз. Кроноцкое.

Lenarchus productus (Morton, 1896)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♂, пос. Жупаново, 08.08.1973 (А. Сметанин).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. Единичная находка самца в районе Семячикского лимана.

Limnephilus dispar (McLachlan, 1875)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. Единичная находка самца у р. Бондаренкина, пос. Жупаново.

Limnephilus fenestratus (Zetterstedt, 1840)

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова, 2013; Лобкова и др., 2012 (как *Onocosmoecus fenestratus*); Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Долине гейзеров единичные особи отловлены на свет (Лобкова и др., 2012).

Limnephilus rhombicus Linnaeus, 1758)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♂, Узон, руч. Весёлый, 10.08.2013 (Л.Л.)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике обнаружен в Долине Гейзеров, водотоках кальдеры Узон и Семячикском лимане.

Limnephilus sericeus (Say, 1824)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 1 ♂, Долина Гейзеров, 08.08.2006 (Л.Л.)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид собран в окрестностях пос. Жупаново и Долине Гейзеров.

Limnephilus sparsus (Curtis, 1834)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике вид обнаружен в водотоках Долины Гейзеров, р. Восьмая Речка, заболоченных прибрежьях оз. Утиное.

Limnephilus stigma (Curtis, 1834)

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова и др., 2012; Лобкова, 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. Единичные особи отловлены на свет у кордона в Долине гейзеров.

Limnephilus sp.

Лобкова, Вшивкова, 2015.

ЗАМЕЧАНИЕ. Материал представлен 1 самкой, найденной в Долине гейзеров, которая не определена до вида.

Nemotaulius amurensis (Nimmo, 1995)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике обнаружено 2 самца в окр. кальдеры Узон.

Onocosmoecus unicolor (Banks, 1897)

Лобкова, Чебанова, 2010; Лобкова и др., 2012; Лобкова, Вшивкова, 2015.

МАТЕРИАЛ. КЗ: 11 ♂, 5 ♀, ДГ, р. Гейзерная, 22–30.07.2016 (Л.Л.). **ДРК:** 1 ♂, 1 ♀, окр. горы Алней, пойма ручья, 26.07.2016 (Л.Л.).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Восточная Палеарктика и Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. Часто встречается в водотоках Кроноцкого заповедника в Долине гeyзеров, ручьях Теремковый и Весёлый (кальдера вулкана Узон), у оз. Кроноцкое.

Семейство Phryganeidae

Agrypnia picta (Kolenati 1848)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике обнаружен в Долине Гейзеров, руч. Веселый (Узон).

Agrypnia sahlbergi (McLachlan, 1880)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. В Кроноцком заповеднике самки *A. sahlbergi* обнаружены в Долине гeyзеров, в заболоченных местообитаниях в окрестностях кальдеры Узон.

Agrypnia sp.

Лобкова, Вшивкова, 2015.

ЗАМЕЧАНИЕ. Особь не определена до вида.

Oligotricha lapponica (Hagen, 1864)

Лобкова, Вшивкова, 2015.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Западная и Восточная Палеарктика, Неарктика.

ЗАМЕЧАНИЕ. Встречен единственный раз в окрестностях кальдеры Узон.

Заключение

На основании оригинальных материалов составлен аннотированный список из 56 таксонов амфибиотических насекомых, включающий 8 видов подёнок, 17 видов веснянок и 31 вид ручейников с дополнительными материалами по срокам лёта и распространению видов на территории южных районов Камчатского полуострова.

Для Кроноцкого заповедника отмечено 50 таксонов: 8 видов подёнок (из 5 родов и 4 семейств), 11 видов веснянок (из 8 родов и 4 семейств) и 31 вид ручейников (из 18 родов и 8 семейств). С учётом последних данных фауна подёнок Кроноцкого заповедника составляет 47,1% от фауны подёнок Камчатки, насчитывающей 36 видов (из 17 родов и 8 семейств) (Тиунова, 2022), фауна веснянок – 38,5% фауны веснянок Камчатки, представленной 26 видами (из 17 родов и 6 семейств) (Леванидова, 1982; Тесленко, 2007; Чебанова, 2009). Для полуострова Камчатка (включая Корякское нагорье) установлено 84 вида ручейников (из 40 родов и 13 семейств) (Вшивкова и др., 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015), из них для Кроноцкого заповедника отмечен, в результате, 31 вид, что составляет 36,9%.

В зоогеографическом плане основу фауны подёнок и веснянок Кроноцкого заповедника составляют восточно-палеарктические виды: 57,1% и 66,7%. Среди ручейников преобладают голарктические виды – 53,8%; а также виды с палеарктическим – 23,1% и восточно-палеарктическим распространением – 15,4%, а виды, обитающие как в Восточной Палеарктике, так и Неарктике – 7,7%. Таким образом, фауна ручейников Кроноцкого заповедника характеризуется как банальная и обеднённая, с преобладанием широко распространённых в Палеарктике, с заходом в Неарктику, видов.

В результате наших исследований для Кроноцкого заповедника подтверждено присутствие 48 видов, при этом впервые для его территории указаны виды *Capnia nigra* и *Capnia* sp., последний представлен в сборах только самками, отличными от самок видов *C. levanidovae* и *C. nigra*, также впервые для заповедника указываем ручейника *Hydropsyche kozhantschikovi*. Вид *Plumiperla diversa* впервые отмечен в водных объектах Долины гейзеров заповедника. Интересна находка веснянки *Isocapnia orientalis* на р. Авача (единственный самец отловлен 05 июня 2020 г. в лесу из каменной берёзы у скалы г. Елизово) – это первое указание вида для полуострова Камчатка. В водных объектах Кроноцкого заповедника возможно нахождение *Isocapnia guentheri* и *Paraleuctra cercia*.

Бедность фауны амфибиотических насекомых Кроноцкого заповедника обусловлена не только наличием большого числа гидротермальных систем, которые могут негативно влиять на биоразнообразие холодолюбивых амфибиотических видов, а также тем, что сбор материала, как правило, носил попутный характер и не охватывал все сезоны.

Благодарности

Выражаем сердечную благодарность администрации Кроноцкого заповедника, а именно директору заповедника П.И. Шпиленку и начальнику научного отдела Д.М. Паничевой за помощь в организации проведения полевых работ в Долине гейзеров, а также всему коллективу сотрудников отдела охраны и волонтёрам заповедника, оказавшим неоценимую помощь в сборе материалов в июле 2021 г. Первый автор признателен сотрудникам ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток) д.б.н. В.А. Тесленко и д.б.н. Т.М. Тиуновой за ценные рекомендации при подготовке рукописи статьи.

Работа выполнена в рамках Договора о сотрудничестве в области научно-исследовательской и научно-технической деятельности между Федеральным государственным бюджетным учреждением «Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник» и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник имени К.Г. Абрамова» (Соглашение № 01/2021) и в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000147-6).

Литература

- Вакин Е.А. 2004.** Термальные источники Налычевской долины // Камчатка: прошлое и настоящее: материалы XXI Крашенинниковских чтений. Петропавловск-Камчатский: Оперативная полиграфия. С. 40–69.
- Вшивкова Т.С., Засыпкина И.А., Лобкова Л.Е. 2013.** Итоги исследования трихоптерофауны (Insecta: Trichoptera) Камчатки: к 100-летнему юбилею И.М. и В.Я. Леванидовых // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: тезисы докладов XIV международной научной конференции. Петропавловск-Камчатский. С. 183–190.
- Дроздин В.А., Двигайло В.Н., Муравьев Я.Д. 2008.** Оползень 3 июня 2007 г. в Долине Гейзеров на Камчатке // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Пятигорск: Изд-во «Севкавгипроводхоз». С. 41–44.
- Жильцова Л.А., Леванидова И.М. 1984.** Аннотированный каталог веснянок (Plecoptera) Дальнего Востока СССР // Биология пресных вод Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 18–45.

- Жмодик С.М., Брянская А.В., Лазарева Е.В. 2011.** Оперативный информационный отчет Института цитологии и генетики СО РАН по программе НИР «Исследование биологических систем, развивающихся в экстремальных условиях». 13 с.
- Извекова Э.И., Маркевич Г.Н. 2013.** Личинки амфибиотических насекомых как одна из составляющих донного населения Кроноцкого озера (Камчатка) и их роль в питании рыб // Гидроэнтомология в России и сопредельных странах: материалы V Всероссийского симпозиума по амфибиотическим и водным насекомым (Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН). С. 68–72.
- Красная книга Камчатки. 2006.** Том 1. Животные. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатский печатный двор. 272 с.
- Леванидов В.Я. 1977.** Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь». Владивосток: ДВНЦ АН СССР. Т. 45 (148). С. 126–158.
- Леванидов В.Я., Леванидова И.М., Nikolaeva E.T. 1978.** Годовая динамика бентоса р. Кирпичной (юго-восточная Камчатка) // Систематика и биология пресноводных организмов северо-востока Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 27–36.
- Леванидова И.М. 1970а.** Веснянки Камчатского полуострова (эколого-географический очерк) // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 203–224.
- Леванидова И.М. 1970б.** Экология и зоогеография веснянок, подёнок, ручейников рек Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 73. С. 100–114.
- Леванидова И.М. 1975.** Ручейники Камчатского полуострова (эколого-фаунистический обзор) // Изв. ТИНРО. Т. 97. С. 83–114.
- Леванидова И.М. 1982.** Амфибиотические насекомые горных областей Дальнего Востока СССР. Л.: Наука. 215 с.
- Леванидова И.М. 1989.** Ручейники (Trichoptera) Дальнего Востока СССР. Часть II. Семейства Glossosomatidae и Hydroptilidae // Анnotatedный каталог ручейников (Trichoptera), поденок (Ephemeroptera) и вислокрылок (Megaloptera) Дальнего Востока СССР и сопредельных территорий. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 3–11.
- Летопись природы Кроноцкого заповедника 2010 год** // Кроноцкий заповедник: официальный сайт. URL: <https://kronoki.ru/upload/iblock/513/513009ec9e4a4b128cf661c8cc6sa81f.pdf> (дата обращения: 05.05.2023).
- Летопись природы Кроноцкого заповедника 2013 год** // Кроноцкий заповедник: официальный сайт. URL: <https://kronoki.ru/upload/iblock/06b/06b64221e0ae33942ed84a7c3aa21ab4.pdf> (дата обращения: 05.05.2023).
- Летопись природы Кроноцкого заповедника 2014 год** // Кроноцкий заповедник: официальный сайт. URL: <https://kronoki.ru/upload/iblock/1cb/1cb046c2bb31e6f354c79cbf909ea54f.pdf> (дата обращения: 05.05.2023).
- Лобкова Л.Е. 2002.** Насекомые // Растворительный и животный мир Долины гейзеров. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 72–136.
- Лобкова, Л.Е., Чебанова В.В. 2010.** Бентофауна водоемов в кальдеро вулкана Узон и Долине гейзеров (Камчатка) // Экология водных беспозвоночных: материалы между. конф., посвящ. 100-летию Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Борок, 30 окт. –2 ноября 2010 г. ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН. Ярославль: Принтхаус. С. 185–188.
- Лобкова Л.Е., Перова С.Н., Чебанова В.В. 2012.** Бентофауна в условиях влияния термальных вод в Долине гейзеров (Камчатка) // Успехи наук о жизни. № 4. С. 41–50.
- Лобкова Л.Е. 2013.** Поденки, веснянки и ручейники крупнейших гидротермальных систем Камчатки // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: тез. докл. XIV международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения известного дальневосточного ученого, д.б.н., профессора В.Я. Леванидова. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 191–194.
- Лобкова Л.Е., Вшивкова Т.С. 2015.** Ручейники (Insecta, Trichoptera) особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Камчатского края // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Вып. 4. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 128–162.
- Лобкова Л.Е. 2019.** Особенности макрозообентоса в кальдеро Узон (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // Проблемы водной энтомологии России и сопредельных территорий: материалы VII всерос. (с международным участием) науч. симпозиума по амфибиотическим и водным насекомым. Владикавказ, 13–18 мая 2019 г. Сев.-Осет. гос. ун-т им. К.Л. Хетагурова. Владикавказ: ИПЦ СОГУ. С. 84–91.

- Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. 2003.** Федеральные санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы.
- Тесленко В.А. 2007.** Обзор фауны веснянок (Plecoptera) и районирование водотоков Дальнего Востока России // Евразиатский энтомол. журнал. Т. 6 (2). С. 157–180.
- Тиунова Т.М. 2022.** Обзор фауны подёнок (Insecta, Ephemeroptera) полуострова Камчатка с приведением новых данных для региона // Евразиатский энтомол. журнал. № 21 (Приложение 1): С. 102–111.
- Цвик П., Леванидова И.М., Жильцова Л.А. 1971.** К фауне веснянок (Plecoptera) советского Дальнего Востока // Энтомологическое обозрение. Т. 50 (4). С. 849–869.
- Чебанова В.В. 2009.** Бентос лососёвых рек Камчатки. М.: Изд-во ВНИРО. 172 с.
- Koronen J.S.W., Brinck P. 1949.** Neue oder wenig bekannte Plecoptera // Annales Entomologici Fennici. Vol. 15. P. 1–21.
- Nimmo A.P. 1995.** New species of Hydropsychidae and Limnephilidae (Insecta, Trichoptera) from the Far East of Russia, with description of a new genus of Limnephilidae (Limnephilini) // Occasional Papers on Trichoptera Taxonomy. N 1. P. 1–15.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.18>

<https://elibrary.ru/ljmhip>

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ *DIAMESA TSUTSUI TOKUNAGA* (DIPTERA, CHIRONOMIDAE, DIAMESINAE)

Е.М. Саенко, Е.А. Макарченко

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия.
E-mail: sayenko@biosoil.ru, makarchenko@biosoil.ru

Обсуждаются характеристики хранящихся в коллекции Лаборатории пресноводной гидробиологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток) личинок и самцов имаго хирономид *Diamesa tsutsui* (Tokunaga, 1936) из сборов на о-ве Сахалин и в Приморском крае. Проведен анализ систематических признаков с целью отбора критерiev, наиболее подходящих для их использования в определительных таблицах.

TAXONOMIC SIGNIFICANCE OF MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF *DIAMESA TSUTSUI TOKUNAGA* (DIPTERA, CHIRONOMIDAE, DIAMESINAE)

Е.М. Sayenko, Е.А. Makarchenko

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS,
159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia.

Collection of larvae and male imago of *Diamesa tsutsui* (Tokunaga, 1936) (Diamesinae, Chironomidae, Diptera) from a few localities of Sakhalin Island and Primorye stored in the Laboratory of Freshwater Hydrobiology FSCEATB FEB RAS (Vladivostok) is under discussion. A comparison of conchological features with the purpose to check the validity of taxonomic characters is made.

Введение

Хирономиды относятся к отряду двукрылых насекомых, чьи личинки заселяют преимущественно внутренние водоемы. В пресной воде нет группы многоклеточных животных того же таксономического ранга, равных им по обилию видов, численности и экологической пластиности. Повсеместность распространения и массовость хирономид в сочетании с высокими пищевыми качествами насекомых делают их одним из важнейших кормовых объектов бентосных рыб в континентальных водоемах (Тодераш, 1984; Балушкина, 1987; Поздеев, 2006). Помимо большого рыбохозяйственного значения, хирономиды важны как биоиндикаторы чистоты водных объектов (Зинченко, Шитиков, 1999; Зинченко и др., 2000; Жукова, Мастицкий, 2014).

Для изучения питания рыб большое практическое значение имеет определение возрастного состава личинок хирономид. С одной стороны, знание возрастного

состава личинок хирономид, поедаемых рыбой, позволяет уточнить места нагула последних, поскольку биотопы, которых держатся хирономиды по мере роста, различны. С другой стороны, знание размерного состава личинок хирономид позволяет более точно судить о пищевых взаимоотношениях рыб. Возрастной анализ хирономид также необходим для исследования биологии данных насекомых, в частности, темпах их развития, числе генераций в конкретно изучаемых условиях.

Вопрос о числе возрастных стадий у хирономид решался путем трудоемких наблюдений над линькой отдельных особей (Константинов, 1958а; Садчиков, 2008, 2009; Алексеевнина, 2009), однако вместо этого можно провести биометрическую обработку промеров разноразмерных личинок, собираемых в природных водоемах. Известно, что рост головной капсулы у хирономид в период между двумя последовательными линьками отсутствует (Калугина, 1959), а вариационные ряды размеров головных капсул у личинок, выращиваемых в искусственных условиях, разграничиваются четче, чем у особей из естественных местообитаний (Константинов, 1958а, б), т.е. изменчивость хирономид по рассматриваемому признаку выше в природных водоемах, где условия более разнообразны. В таком случае, у разноразмерных личинок из природных водоемов обязательно будут присутствовать несколько размерных групп.

В данной работе предпринята попытка применить математический анализ в изучении морфологических признаков на примере *Diamesa tsutsuii* Tokunaga, 1936. Данный восточноалеарктический вид выбран по нескольким причинам. Во-первых, *Diamesa tsutsuii* является одним из самых массовых видов, что делает его важнейшим объектом питания рыб (Тиунова и др., 2008; Волобуев, Марченко, 2011; Лабай, 2020). Во-вторых, вид характеризуется довольно широким распространением. На Дальнем Востоке он известен с Охотского побережья Магаданской области, полуострова Камчатка, из Приморья, бассейна Амура, Курильских островов, о-ва Монерон, Сахалина, а также Японии (Макарченко и др., 2005а, б; Травина, 2005; Хаменкова и др., 2014; Хаменкова, Тесленко, 2017; и др.). Западной границей ареала этого вида считается бассейн оз. Байкал, вид также отмечали в бассейне оз. Хубсугул (Монголия) (Ербаева, 1998), хотя личинки *D. tsutsuii* также были указаны для бассейнов ряда рек Армении (Качворян и др., 2007; Petrova et al., 2011; Оганесян, 2012), что на наш взгляд является ошибочным и связано с их неправильным определением.

Была поставлена задача проанализировать систематические признаки трех популяций вида – южно-приморской, сихотэ-алинской и сахалинской с целью отбора критериев, наиболее подходящих для их использования в определительных таблицах.

Материал и методы

Материалом послужили хранящиеся в Лаборатории пресноводной гидробиологии энтомологические (имаго) и гидробиологические (личинки) сборы *D. tsutsuii* за 1976–1977, 1983, 1985 гг. из следующих районов Дальнего Востока: о-в Сахалин (р. Тымь) и Приморский край, а именно Хасанский р-он (заповедник «Кедровая Падь», р. Кедровая), Партизанский р-он (р. Фроловка), Сихотэ-Алинский заповедник (ключ Ясный, р. Заболоченная).

Для определения количества личиночных возрастов были промерены 90 личинок из четырех серий, собранных в 1979–1980 гг. в р. Фроловка. У личинок измеряли длину тела, ширину головной капсулы и массу. В качестве основного

признака для биометрического метода анализа морфометрической дифференцировки личинок была выбрана ширина головной капсулы, т.к. просмотр ширины головы очень прост и не трудоемок. Для получения хороших результатов нажим покровного стекла на головную капсулу должен быть не сильным и во всех случаях стандартным.

С целью анализа таксономической значимости признаков для каждой популяции были подготовлены по 30 постоянных препаратов самцов имаго по стандартной методике (Шилова, 1976; Панкратова, Шилова, 1982; Макарченко, 1985; Макарченко, Макарченко, 2011).

Промеры имаго самца проводились по 13 признакам: ширина головы; «индекс антенн» (отношение длины последнего членика к сумме длин всех предыдущих члеников жгутика, AR); количество дорсоцентральных щетинок среднеспинки груди (Dc); количество преаллярных щетинок среднеспинки груди (Pa); длина крыла (Lw); количество макротрихий крыла на жилках $R+R_1$ и R_{4+5} ; отношение длины гонокосита к длине геностиля (HR); длина анального отростка; отношение длины анального отростка к длине геностиля; отношение длины придатка геностиля к длине геностиля.

При измерении индексов ног приняты следующие сокращения: P_I – передняя, P_{II} – средняя, P_{III} – задняя нога; fem – длина бедра; ti – длина голени; ta_{1-5} – длина члеников лапки с 1-го по 5-й. Индексы ног (LR , SV , BV) подсчитаны для всех трех пар ног каждой особи, где

$$LR = \frac{ta1}{ti}, SV = \frac{fem+ti}{ta1}, BV = \frac{fem+ti+ta1}{ta2+ta5}.$$

Работы проводили на микроскопах Carl Zeiss Amplival и МБС-1.

Для оценки достоверности таксономической значимости признаков сравнивали их вариабельность в пределах вида. Для этого проводили анализ на разных уровнях иерархии: первоначально сравнивалась изменчивость признаков между разными популяциями, затем анализировалась изменчивость признаков для всего массива данных; вычисляли стандартное отклонение как среднее квадратическое отклонение (σ), равное квадратному корню из среднего квадрата отклонений отдельных значений признака от средней арифметической. Оценка коэффициента вариации признаков с большой вариабельностью проводили по размаху варьирования.

Результаты и обсуждение

Ниже приводится краткое описание морфологии самцов имаго и личинок *Diamesa tsutsui* с указанием на основные признаки, используемые в данной работе; используется принятая терминология (Макарченко, 1985; Sæther, 1980; Sæther et al., 2000).

Морфология личинки. Тело делится на голову и туловище, состоящее из 3-х грудных и 9–10 брюшных сегментов. На первом грудном сегменте центрально находятся передние подталкиватели, или ложные ножки, покрытые хитиновыми крючками. Задние подталкиватели (ложноНожки), также с дистально расположеными в несколько рядов крючками, находятся на последнем сегменте брюшка. Предпоследний брюшной сегмент дорсально имеет одну пару подставок, редуцированных до слабо склеротизованного кольца и апикально несущих по одному пучку щетинок преанальной кисточки; 4 щетинки кисточки игловидные, 1–2 латеральные щетинки сидят непосредственно на теле.

Голова коричнево-желтая, с размытыми коричневыми пятнами на лобном и щечном склеритах. Два глазных пятна не соприкасаются, их окружает светлое пятно. Кпереди от глаз находятся желтовато-коричневые антенны. Крупный кольцевой орган антенны находится у основания базального членика, маленький – в середине базального членика. Большая ветвь щетинки антенны достигает основания 4-го членика, маленькая – основания 3-го членика; щетинка 2-го членика плоская, достигает основания 4-го членика. Третий членик антенны кольчатый.

Мандибула темно-коричневая, вершинный зубец длинный и тонкий, остальные зубцы остро-треугольной формы. Щетинка под зубцами плоская и короткая, внутренняя щетинка состоит из 20–22 простых перистых ветвей.

Лабиум с 1 срединным и 10 парами боковых зубцов, причем срединный и первые две пары боковых зубцов выделяются более светлой окраской.

Морфология самца имаго. Тело разделено на три отдела: голову, грудь и брюшко. Голова покрыта щетинками. Глаза большие, широко расставлены, опущены короткими щетинками. Антенны 9-члениковые. Первый членик (скапус) шаровидный, темнее остальных восьми, образующих жгутик. Жгутик с редкими, короткими щетинками, его вершинный членик длиннее остальных, с тремя субапикальными щетинками. Клинеус с округленным передним краем, покрыт щетинками. Ротовой аппарат редуцирован. Максиллярные щупики светлоокрашенные, 4-хчлениковые, первый членик самый короткий, четвертый – самый длинный; членики покрыты щетинками, причем на 1–3-м члениках они длиннее, чем на 4-м.

Переднеспинка груди посередине с выемкой. Среднеспинка хорошо развита, ее дорсальная и латеральная части с рядами щетинок. Дорсальная часть среднеспинки с рядами дорсоцентральных (=дорсолатеральных) и преаллярных щетинок.

Наиболее длинные задние ноги, самые короткие – средние. Дистальные концы передних голеней с одной шпорой, средних – с двумя шпорами. Задние голени, кроме шпор, дистально имеют гребень из многочисленных игловидных щетинок. Членики лапки покрыты щетинками. Дистальный конец пятого членика вооружен коготками.

Поверхность крыла покрыта микротрихиами, видимыми лишь при большом увеличении микроскопа. Жилки R, R₁ и R₄₊₅ опущены макротрихиами. Аналная лопасть крыла хорошо развита.

Гениталии коричневые или темно-коричневые. IX тергит с анальным отростком, длина которого относительно постоянна. Гонококсит с придатками, массивный. Гоностиль простой, т.е. не расщеплен на две ветви, изогнут, постепенно расширяется к середине, терминальный шип мелкий.

Морфометрическая дифференцировка личинок. Немаловажное значение для использования биометрического метода имеет удачный выбор элементов промера. Очевидно, что чем выше будет точность измерения, тем меньше будетискажаться истинная картина варьирования размеров, обусловленная индивидуальной изменчивостью особей. В качестве одного из наиболее удобных показателей может служить ширина головной капсулы, однако точность измерения зависит от степени нажима покровного стекла на головную капсулу. Несколько более трудоемок, но дает лучшие результаты промер длины гулярно-лабиального склерита. Поскольку вентральная сторона головной капсулы в продольном направлении почти не изогнута, результаты промеров длины гулярно-лабиального склерита не зависят от нажима покровного стекла и отражают истинную картину варьирования выбранного размерного показателя. Для данной работы был выбран первый способ (измерение ширины головной капсулы) как менее трудоемкий и, что важнее, дающий незначительную

ошибку, которой можно пренебречь. Именно этот признак стали использовать при анализе размерно-массовой характеристики личинок хирономид (Безматерных, Щербина, 2015а, б).

По литературным данным, для личинок вида *Diamesa tsutsuii* характерно наличие 4-х возрастных стадий (Макарченко, 1985). По результатам промеров нами выявлено три пика, что отражает присутствие в обработанном материале личинок трех возрастных стадий (табл. 1). Личинки первого возраста в сборах практически не присутствуют, скорее всего, по некоторым причинам: с одной стороны, у *D. tsutsuii* они очень мелкие и почти отсутствуют в бентосе, держась в толще воды, с другой стороны, личиночная молодь этого вида существует очень короткое время и поэтому могла просто не попасть в пробы. Вылет комаров *D. tsutsuii* происходит раньше других массовых видов, в декабре–марте.

Таблица 1

Средние показатели массы и длины личинок *Diamesa tsutsuii* Tokunaga из р. Фроловка

Характеристика	Возрастная стадия личинок		
	II	III	IV
Масса, мг	0,73	1,35	2,54
Длина, мм	3,17	5,31	7,06
Длина головной капсулы (min–max), мкм	200–232	235–440	445–500

Основными внешними факторами, определяющими пределы варьирования размеров головной капсулы личинок, является температура воды и, в меньшей степени, условия питания.

По результатам промеров найдены средние масса и длина личинок II–IV возрастов (табл. 2). Эти сведения могут быть использованы при расчете частного и общего индекса потребления в пищевом комке рыб, т.к. по данным о соотношении ширины головной капсулы и массы личинок для конкретных видов хирономид можно высчитать показатель массы личинок хирономид в пищевом комке рыб (Безматерных, Щербина, 2018).

Таблица 2

Динамика состава личинок *Diamesa tsutsuii* Tokunaga (в %), р. Фроловка

Месяц	Возрастная стадия личинок		
	II	III	IV
Март	40	43,4	16,6
Апрель	36,7	20	43,3
Май	20	26,7	53,3
Июнь	40	20	40

Статистическая оценка систематических признаков *Diamesa tsutsuii*. При идентификации имаго самцов хирономид наибольшее значение имеют строение глаз, клипеуса, степень развития максиллярного щупика и фронтальных бугорков головы, антенн, строение и хетотаксия груди, особенно передне- и среднеспинки, жилкование крыльев, строение гениталий. В строении гипопигия особое внимание обращают на форму верхних и нижних придатков гонококсита, анального отростка.

По таким признакам, как ширина головной капсулы, количество дорсоцентральных щетинок среднеспинки груди (*Dc*), длина крыла и длина анального, наблюдались явные различия южно-приморской популяции от двух остальных, при этом различия оказались значимы (табл. 3). В случае применения этих признаков

в диагностических целях, необходимо учитывать, что они крайне вариабельны внутри вида.

При сравнении индексов ног установлено, что наименьшей внутривидовой изменчивостью обладают индексы для первой пары ног (LR_{pI} , SV_{pI} , BV_{pI}) (табл. 3).

Большинство диагностических признаков генитального аппарата самца *Diamesa tsutsuii* (отношение длины гонококсита к длине гоностиля, отношение длины анального отростка к длине гоностиля, отношение длины придатка гоностиля к длине гоностиля) показали незначительную внутривидовую изменчивость (табл. 3). Данные признаки рекомендуем использовать в случаях, когда видовая идентификация каждой особи должна проводиться с минимальной потерей ее веса, например, при экологических исследованиях с измерением сухого веса особи.

Таблица 3

**Морфометрические признаки (среднее значение ± стандартное отклонение)
имаго *Diamesa tsutsuii* Tokunaga**

Признак	Популяции		
	Южно-Приморская	Сихотэ-Алинская	Сахалинская
Ширина головной капсулы, мкм	$693,1 \pm 7,62$	$702,2 \pm 5,09$	$702,0 \pm 3,42$
Индекс антенны (AR)	$0,29 \pm 0,04$	$0,33 \pm 0,06$	$0,30 \pm 0,05$
Длина члеников максиллярного щупика, мкм	I	$102,5 \pm 6,13$	$107,9 \pm 6,94$
	II	$137,9 \pm 6,28$	$147,3 \pm 6,02$
	III	$143,2 \pm 6,28$	$145,3 \pm 6,71$
	IV	$214,9 \pm 6,04$	$223,3 \pm 6,98$
Количество дорсоцентральных щетинок среднеспинки груди (Dc)	$14,8 \pm 2,12$	$17 \pm 2,61$	$13 \pm 3,1$
Количество преаллярных щетинок среднеспинки груди (Pa)	$8 \pm 2,9$	$9 \pm 2,83$	$9 \pm 2,9$
Длина крыла (Lw), мм	$3,47 \pm 0,02$	$3,97 \pm 0,02$	$3,86 \pm 0,02$
Количество макротрихий на жилках $R+R_1$	$31 \pm 3,2$	$30 \pm 2,1$	$37 \pm 1,89$
Количество макротрихий на жилке R_{4+5}	$14 \pm 2,7$	$16 \pm 2,5$	$18 \pm 1,2$
Отношение длины гонококсита к длине гоностиля (HR)	$1,33 \pm 0,80$	$1,27 \pm 0,82$	$1,31 \pm 0,34$
Длина анального отростка, мкм	$229,1 \pm 5,67$	$200,9 \pm 6,59$	$256,7 \pm 4,8$
Отношение длины анального отростка к длине гоностиля	$0,65 \pm 0,06$	$0,65 \pm 0,08$	$0,66 \pm 0,06$
Отношение длины придатка гоностиля к длине гоностиля	$0,46 \pm 0,08$	$0,41 \pm 0,05$	$0,46 \pm 0,06$
Индексы ног	LR_{pI}	$0,60 \pm 0,12$	$0,61 \pm 0,09$
	SV_{pI}	$0,42 \pm 0,05$	$0,44 \pm 0,09$
	BV_{pI}	$0,58 \pm 0,12$	$0,60 \pm 0,12$
	LR_{pII}	$3,52 \pm 0,81$	$3,61 \pm 0,48$
	SV_{pII}	$5,16 \pm 0,73$	$4,69 \pm 0,65$
	BV_{pII}	$3,29 \pm 0,49$	$3,73 \pm 0,71$
	LR_{pIII}	$6,93 \pm 0,63$	$7,15 \pm 0,59$
	SV_{pIII}	$7,69 \pm 0,75$	$7,87 \pm 0,78$
	BV_{pIII}	$6,51 \pm 0,83$	$6,67 \pm 0,80$

Наиболее доступны и просты в вычислении такие параметры как «индекс антенных» (*AR*) и отношение длины гонококсита к длине гоностиля (*HR*); эти признаки удобно использовать, когда необходимо быстрое определение материала, однако с учетом некоторой доли возможной ошибки.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000147-6).

Литература

- Алексеинина М.С. 2009.** Морфометрические параметры предимагинальных стадий хирономид (Diptera, Chironomidae) из дельты Волги // Вестник Пермского университета. Вып. 10 (36). С. 39–42.
- Балушкина Е.В. 1987.** Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах // Труды Зоологического института АН СССР. Т. 142. 185 с.
- Безматерных В.В., Щербина Г.Х. 2015а.** Размерно-массовая характеристика личинок старших возрастов хирономид (Diptera, Chironomidae), наиболее распространенных в бассейне Верхней Волги // Биология внутренних вод. № 2. С. 1–5.
- Безматерных В.В., Щербина Г.Х. 2015б.** Размерно-массовая характеристика личинок старших возрастов хирономид (Diptera, Chironomidae) оз. Виштынецкое // Биология внутренних вод. № 3. С. 91–96.
- Безматерных В.В., Щербина Г.Х. 2018.** Питание линя *Tinca tinca* (Cyprinidae) в условиях малого эвтрофного водоема // Вопросы ихтиологии. Т. 58. № 4. С. 464–470.
- Волобуев В.В., Марченко С.Л. 2011.** Тихookeанские лососи континентального побережья Охотского моря (биология, популяционная структура, динамика численности, промысел). Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 303 с.
- Ербаева Э.А. 1998.** Водные насекомые озера Хубсугул (Монголия) // Энтомологические проблемы байкальской Сибири. Новосибирск: Наука. С. 28–31.
- Жукова А.А., Мастицкий С.Э. 2014.** Биоиндикация качества природной среды. Минск: БГУ. 112 с.
- Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. 2000.** Методологический подход к оценке экологического состояния речных систем по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Известия Самарского НЦ РАН. Т. 2. № 2. С. 233–243.
- Зинченко Т.Д., Шитиков В.К. 1999.** Гидробиологический мониторинг как основа типологии малых рек Самарской области // Известия Самарского НЦ РАН. № 1. С. 118–127.
- Калугина Н.С. 1959.** О некоторых возрастных изменениях в строении и биологии личинок хирономид (Diptera, Chironomidae) // Труды Всесоюзного гидробиологического общества. Т. 9. С. 85–107.
- Качворян Э.А., Оганесян В.С., Петрова Н.А., Зеленцов Н.И. 2007.** Видовой состав хирономид и моск (Diptera, Chironomidae, Simuliidae) р. Раздан в Армении и гидрохимические особенности водоема // Энтомологическое обозрение. Санкт-Петербург. Т. 8. № 1. С. 104–113.
- Константинов А.С. 1958а.** Биология хирономид и их разведение // Труды НИИ озерного и речного рыбного хозяйства. Саратовское отделение. Саратов. Т. 5. 362 с.
- Константинов А.С. 1958б.** О типе роста личинок хирономид // Доклады АН СССР. Т. 120. № 5. С. 1151–1154.
- Лабай В.С. 2020.** Сезонная динамика макрозообентоса кренали лесного ручья южного Сахалина // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды «СахНИРО». Южно-Сахалинск: «СахНИРО». Т. 16. С. 159–185.
- Макарченко Е.А. 1985.** Хирономиды Дальнего Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 200 с.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А., Зорина О.В., Сергеева И.В. 2005а.** Первые итоги изучения фауны и таксономии хирономид (Diptera, Chironomidae) российского Дальнего Востока // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 394–420.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А., Зорина О.В., Холин С.К., Сергеева И.В. 2005б.** Fauna хирономид (Diptera, Chironomidae) острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Международного сахалинского проекта). Часть 2. Владивосток: Дальнаука. С. 189–222.

- Макарченко Е.А., Макарченко М.А. 2011.** Методы сбора и обработки хирономид (Diptera, Chironomidae), обитающих в водотоках // Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем. Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием (г. Тольятти, 5–8 сентября 2011 г.). Тольятти: Кассандра. С. 106.
- Оганесян В.С. 2012.** Паразиты и хищники кровососущих двукрылых (Diptera: Tabanidae, Simuliidae, Culicidae) фауны Армении: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Ереван. 49 с.
- Панкратова В.Я., Шилова А.И. 1982.** Методика сбора и хранения личинок, куколок и имаго хирономид // Методическое пособие по изучению хирономид. Душанбе: Дониш. С. 20–22.
- Поздеев И.В. 2006.** Роль личинок хирономид в донных сообществах рек бассейна Верхней и Средней Камы: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург. 22 с.
- Садчиков А.П. 2008.** Биотехнология культивирования водных беспозвоночных. М.: Изд-во МАКС Пресс. 160 с.
- Садчиков А.П. 2009.** Культивирование водных и наземных беспозвоночных (принципы и методы). М.: Изд-во МАКС Пресс. 272 с.
- Тиунова Т.М., Тесленко В.А., Макарченко М.А. 2008.** Спектры питания молоди кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum), видовой состав сообщества и дрифта беспозвоночных реки Барабашевка (Южное Приморье) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 4. Владивосток: Дальнаука. С. 258–278.
- Тодераш И.К. 1984.** Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии. Кишинев: Штиинца. 172 с.
- Травина Т.Н. 2005.** Видовое разнообразие и значение личинок хирономид (Diptera, Chironomidae) в донных сообществах бассейна р. Большая (западная Камчатка) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 368–373.
- Хаменкова Е.В., Макарченко Е.А., Макарченко М.А. 2014.** Предварительные данные по фауне хирономид (Diptera, Chironomidae) бассейна р. Ола в Магаданской области // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 13. Вып. 2. С. 190–198.
- Хаменкова Е.В., Тесленко В.А. 2017.** Структура сообществ макрообентоса и динамика их биомассы в реке Ола (северное побережье Охотского моря, Магаданская область) // Зоологический журнал. Т. 96. № 6. С. 619–630.
- Шилова А.И. 1976.** Хирономиды Рыбинского водохранилища. Ленинград: Наука. 251 с.
- Petrova N.A., Zhirov S.V., Zelentsov N.I., Kachvoryan E.A. 2011.** On the fauna of Chironomidae (Diptera) of the Hrazdan basin (Armenia) // Entomological Review. V. 91. N 3. P. 360–366.
- Sæther O.A. 1980.** Glossary of chironomid morphology terminology (Diptera: Chironomidae) // Entomologica Scandinavica. Supplement 14. P. 1–51.
- Sæther O.A., Ashe P., Murray D.A. 2000.** Family Chironomidae / Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera (with special reference to the flies of economic importance). Budapest: Science Herald. V. 4. N 6. P. 13–334.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.19>

<https://elibrary.ru/lkhbjj>

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВЗАИМООТНОШЕНИЯХ РЫБ (CYPRINIDAE) И МОЛЛЮСКОВ (BIVALVIA, MARGARITIFERIDAE, UNIONIDAE) РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Е.М. Саенко¹, Д.М. Палатов²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия. E-mail: sayenko@biosoil.ru

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН), г. Москва, Россия.
E-mail: triops@yandex.ru

Обсуждаются находки икры и предличинок горчаков *Rhodeus sericeus* в жабрах пресноводных двустворчатых моллюсков из бассейна р. Раздольная. В жемчужницах *Margaritifera dahurica* из р. Комаровка (приток Раздольной) на территории Уссурийского заповедника обнаружены икра и предличинки, а в перловицах *Nodularia douglasiae* из р. Раздольная выявлены предличинки на разных этапах развития.

NEW DATA ON RELATIONSHIPS BETWEEN FISHES (CYPRINIDAE) AND MOLLUSKS (BIVALVIA, MARGARITIFERIDAE, UNIONIDAE) IN THE RUSSIAN FAR EAST

Е.М. Sayenko¹, Д.М. Palatov²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue,
Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: sayenko@biosoil.ru

²A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.
E-mail: triops@yandex.ru

The findings of bitterling (*Rhodeus sericeus*) eggs and larvae in the gill chambers of freshwater bivalve mollusks from Razdolnaya River basin are discussed. Bitterling eggs and larvae were registered in *Margaritifera dahurica* pearl mussels from Komarovka river, a tributary of Razdolnaya River, on the territory of the Ussuriysky Nature Reserve. Bitterling larvae at different stages of development were also found in *Nodularia douglasiae* mussels from Razdolnaya River.

Введение

В зависимости от особенностей нереста выделяют несколько экологических групп рыб, среди которых особое место занимают рыбы, прячущие икру в беспозвоночных (Макеева, 1992). В их число входит так называемая остракофильная группа, куда относят рыб, откладывающих икру при помощи яйцеклада в мантийную полость пресноводных двустворчатых моллюсков (Крыжановский, 1949; Крыжановский и др., 1951; Макеева и др., 2011). Представителями остракофильной группы являются некоторые карповые рыбы, а именно горчакоподобные Acheilognathinae – это колючие горчаки (*Acanthorhodeus*), ханкинские горчаки

(*Acheilognathus*), обыкновенные горчаки (*Rhodeus*), горчаки танакия (*Tanakia*), а также ряд пескариевых *Gobioninae*, а именно пескари-лени (*Sarcocheilichthys*) (Kondo et al., 1984; Барабанщиков, 2004; Smith et al., 2004; Liu et al., 2006; Reichard et al., 2007a, b; Хлопова, 2009; и др.).

Большинство видов *Acheilognathinae* обитает на территории Восточной Азии. Следует отметить, что в статье мы будем придерживаться доминирующей в настоящее время идеи о валидности родов *Acanthorhodeus* и *Acheilognathus*, при этом в отличие от колючих горчаков, включающих совсем небольшое количество видов, так называемые ханкинские горчаки стали рассматриваться как более южный род, в который входит более сорока видов из Юго-Восточной Азии (Banarescu, 1990; Chang et al., 2014). В Европе встречается европейский горчак *Rhodeus amarus*, а в водоемах Средней Азии – глазчатый горчак *Rhodeus ocellatus*.

Эмбриональный период развития рыб, когда питание идет за счет желтка, делят на период икринки (до вылупления зародышей) и предличинки (после вылупления) (Макеева, 1992). У горчаков период развития зародышей в оболочке икринок короткий, после вылупления предличинки остаются в жабрах моллюсков около месяца. Следующий, личиночный период развития характеризуется переходом рыб на экзогенное питание фито- и зоопланктоном. Считается, что основное время развития остракофильных рыб в моллюсках после вылупления зародышей из оболочек относится к предличинкам и перед самым выходом из моллюска – к личинкам (Макеева, 1992).

Развитие эмбрионов и предличинок остракофильных рыб приспособлено к условиям жизни в полужабрах моллюсков, где предличинки получают необходимые для жизнедеятельности кислород, питание и защиту от неблагоприятных условий окружающей среды, покидая моллюсков уже активно плавающими и способными к самостоятельному существованию. Повторим, что развитие рыб внутри моллюска продолжается довольно долго, около одного месяца, однако в течение первых дней эмбрионального развития может произойти выброс развивающихся зародышей (Mills, Reynolds, 2002; Kitamura, 2005), для чего моллюски усиливают прокачку воды через жабры. Существуют различные морфологические особенности предличинок рыб, позволяющие им удерживаться такое длительное время в полужабрах моллюска. Для предличинок обыкновенного горчака характерно наличие крыловидных выростов желточного мешка, количество и размер подобных выростов у разных видов различаются. Предличинки европейского обыкновенного горчака *R. amarus* имеют два симметричных крыловидных выроста переднего отдела желточного мешка (Крыжановский и др., 1951). Предличинки амурского обыкновенного горчака *R. sericeus* также имеют два выроста переднего отдела желточного мешка, но они больше по размеру (Suzuki et al., 1986; Suzuki, Jeon, 1987, 1988; Aldridge, 1999). У личинок амурского горчака *R. amurensis* три выроста желточного мешка – один передний и два боковых (Саенко, Хлопова, 2009; Хлопова, 2009; Sayenko, Khlopova, 2009). Наибольшее количество выростов желточного мешка (их четыре: передний, нижний и два боковых) отмечено у личинок глазчатого горчака *R. ocellatus* (Макеева, 1976; Yi et al., 2021). Желточный мешок без крыловидных выростов у предличинок токийского горчака *Tanakia tanago* – только с парой небольших бугристых выступов (Suzuki et al., 1986), а также у амурского колючего горчака *Acanthorhodeus astmussii* (Саенко, Хлопова, 2009; Sayenko, Khlopova, 2009).

Все виды обыкновенных горчаков (*Rhodeus*), амурский колючий горчак *Acanthorhodeus astmussii*, некоторые виды ханкинских горчаков (*Acheilognathus*)

и танакий (*Tanakia*) имеют особые эпидермальные чешуйки на поверхности предличинок (Uchida, 1937; Fukuhara et al., 1982; Саенко, Хлопова, 2009; Sayenko, Khlopova, 2009; Kim, 2020), которые в какой-то мере помогают эмбриону оставаться в жабрах моллюска.

В отличие от горчаков, икра пескарей-леней *Sarcocheilichthys lacustris* вначале развивается в мантийной полости моллюска, и лишь затем предличинки крепятся к жаберным филаментам с помощью развитых грудных плавников (Барабанчиков, 2004; Sayenko, Khlopova, 2009).

На территории Дальнего Востока основные работы по изучению взаимоотношений рыб и моллюсков, биологии остракофильных рыб велись в бассейне реки Амур в Хабаровском крае и Забайкалье. Исследования показали, что обыкновенные горчаки *Rhodeus sericeus* и *R. amurensis* откладывают икру в перловицу *Nodularia douglasiae* и беззубку *Sinanodonta schrenkii* (Саенко, Хлопова, 2009; Хлопова, 2009; Sayenko, Khlopova, 2009). Предличинки обыкновенного горчака *R. sericeus* также отмечали у жемчужницы *Margaritifera dahurica* (Клишко, 2012), перловиц *Unio tumidus* и *U. pictorum*, беззубки *Amuranodonta sitaensis* (Клишко, 2012). Амурский колючий горчак *Acanthorhodeus astmussii* в бассейне Амура откладывает икру в жабры перловицы *N. douglasiae* и беззубок *Buldowskia shadini* и *S. schrenkii*, пескарь-лень *Sarcocheilichthys lacustris* – только в мантийную полость перловицы *N. douglasiae* (Саенко, Хлопова, 2009; Хлопова, 2009; Sayenko, Khlopova, 2009).

На Сахалине предличинки обыкновенного горчака отмечали в жабрах жемчужниц из р. Тымь (Жульков, Никифоров, 1988).

На территории Приморского края исследования по взаимоотношениям остракофильных рыб и пресноводных моллюсков велись в бассейне р. Уссури и оз. Ханка. В двустворчатых моллюсках из реки Уссури преимущественно отмечены икра и личинки обыкновенных и колючих горчаков: *Rodeus sericeus*, *R. amurensis*, *Acanthorhodeus astmussii*, *A. chankensis* (Барабанчиков, 2022). Кроме горчаков, для Уссури есть указание на остракофильный нерест пескаря-лена *Sarcocheilichthys lacustris*, обнаруженные икринки были локализованы в мантийной полости перловиц *Lanceolaria grayii* и беззубок *Sinanodonta schrenckii* (Барабанчиков, 2022). В озере Ханка икра пескаря-лена была найдена в перловицах *L. grayii*, а предличинки горчаков отмечены в жабрах беззубок *S. schrenkii* (Барабанчиков, 2004).

Опубликованных данных по остракофильному нересту рыб из бассейна р. Раздольная, Приморский край, до настоящего времени не было.

Материал и методы

Материалом для работы послужили следующие сборы моллюсков (рис. 1):

1) жемчужницы *Margaritifera dahurica* (сем. Margaritiferidae) из р. Комаровка, территория Уссурийского государственного природного заповедника им. академика В.Л. Комарова (01.VII.1999, сб. Л.А. Прозорова; 05.VII.2016, сб. Е.М. Саенко, В.В. Богатов);

2) перловицы *Nodularia douglasiae* (сем. Unionidae) из р. Раздольная у ж/д станции Раздольное (29.V.2022, сб. Е.М. Саенко, И.А. Родионов).

У живых жемчужниц (вид находится под охраной) на месте проводили предварительный осмотр, в случае обнаружения признаков наличия икры промывали мантийную полость и жабры моллюска, после чего жемчужниц возвращали в реку; только 1 экземпляр был изъят и зафиксирован. Основную часть собранной икры зафиксировали 10% формальдегидом, остальную часть икры и все предличинки –



Рис. 1. Места сбора материала и вид собранных раковин, в которых обнаружены икра и предличинки горчаков: А – р. Комаровка (территория Уссурийского заповедника); Б – жемчужница *Margaritifera dahurica*; В – р. Раздольная; Г – перловицы *Nodularia douglasiae*. Масштабная линейка 5 см

75% спиртом. Предварительный осмотр перловиц также проводили на месте, экземпляры с обнаруженными предличинками фиксировали 75% спиртом.

Определение моллюсков дается согласно последним ревизионным данным (Клишко, 2014; Bolotov et al., 2016; Lopes-Lima et al., 2018, 2020). Описание икры и предличинок рыб, их определение проводили по приводимым в литературе данным (Крыжановский, 1949; Крыжановский и др., 1951; Макеева, 1976; Макеева и др., 2011).

Фотографии икры и предличинок, а также их промеры выполнены в Центре коллективного пользования «Биология и генетическая инженерия» (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) на бинокуляре AxioCam MRc (Carl Zeiss, Германия) с использованием камеры AxioCam HRc и программы Axiovision 4.6.

Результаты и обсуждение

Для бассейна реки Раздольной указывают несколько видов горчаков, в первую очередь это обыкновенный горчак *Rhodeus sericeus* и колючий горчак *Acanthorhodeus chankaensis* (Шедько, 2001; Барабанчиков, Магомедов, 2002; Новиков и др., 2002). Как вполне массовый вид для р. Раздольная также указан *Acanthorhodeus astmussii* (Таразанов, 2003). Относимый рядом специалистов в состав колючих горчаков *A. macropterus* другими авторами рассматривается в составе рода *Acheilognathus* (Zhu et al., 2016; Xu et al., 2020; и др.), следовательно, его присутствие на территории российского Дальнего Востока, включая указания для бассейна р. Раздольная (Шедько, 2001; Барабанчиков, Магомедов, 2002; Новиков и др., 2002), находятся под вопросом (Богуцкая, Насека, 2004; Романов, 2015). Вследствие этого мы не учитываем *A. macropterus* в списке видов бассейна реки Раздольной как не вполне подтвержденный для данной территории.

В жабрах моллюсков из реки Раздольной и ее притока Комаровки обнаружены икра и предличинки на разных стадиях развития, которые по особенностям морфологии мы относим к обыкновенному горчаку *Rhodeus sericeus*.

В наружных полужабрах одного экземпляра жемчужницы найдено две икринки и три предличинки, всего из жемчужниц было вымыто в общей сложности 150 икринок. Икра овальной формы, диаметр фиксированной икры составил 3,7–3,9 мм, диаметр желтка 2,0–2,4 мм (табл. 1, рис. 2). Предличинки на ранних стадиях развития с двумя симметричными крыловидными выростами переднего отдела желточного мешка (рис. 2).

Таблица 1

**Морфологические особенности предличинок остракофильных рыб:
литературные и новые данные**

Вид	Форма и размеры зрелых икринок	Морфологические особенности предличинок		Ссылки
		Количество и расположение крыловидных выступов желточного мешка	Наличие особых эпидермальных чешуек	
Европейский горчак <i>Rhodeus amarus</i>	овальные	2 небольших (боковые)	имеются	Макеева и др., 2011
Глазчатый горчак <i>Rhodeus ocellatus</i>	овально-грушевидные, анимальный полюс сильно удлинен	4 (передний, нижний и два боковых)	имеются	Yi et al., 2021
Амурский горчак <i>Rhodeus amurensis</i>	овально-веретеновидные, вегетативный полюс заострен, анимальный полюс удлинен, d икры до 2,75 мм, d желтка ок. 1,6 мм	3 (передний и два боковых)	имеются	Крыжановский и др., 1951; Макеева и др., 2011
Обыкновенный горчак <i>Rhodeus sericeus</i>	овальные, d икры от 2,1 мм, d желтка ок. 2 мм	2 достаточно крупных (боковые)	имеются	Smith et al., 2004; Саенко, Хлопова, 2009; Макеева и др., 2011; новые данные
Амурский колючий горчак <i>Acanthorhodeus asmuissii</i>	овальные, d икры до 1,45 мм	выростов нет	имеются	Макеева и др., 2011
Ханкайский колючий горчак <i>Acanthorhodeus chankaensis</i>	овальные, d икры до 2,28 мм	выростов нет	нет данных	Хлопова, 2009
Токийский горчак <i>Tanakia tanago</i>	овально-грушевидные, d икры до 2,2 мм	выростов нет, только пара небольших бугристых выступов	имеются	Suzuki et al., 1986
Горчак танакия <i>Tanakia signifer</i>	овально-грушевидные, d икры до 2,39 мм	выростов нет	имеются	Baek, Song, 2005; Kim et al., 2016
Пескарь-лень <i>Sarcocheilichthys lacustris</i>	округлые, очень крупные, матовые, d икры 4,7–6,5 мм, d желтка 1,8–1,9 мм	выростов нет	нет данных	Крыжановский и др., 1951

В четырех экземплярах *N. douglasiae* обнаружено 34 предличинки, все они были на более позднем этапе развития, чем предличинки из жемчужниц, разброс длины составил 5,3–7,5 мм. У некоторых экземпляров желточный мешок почти исчез, на голове заметен характерный для рода *Rhodeus* выступ, на верхней части головы между глаз, а также по спине вдоль позвоночника видны меланофоры (рис. 3).

Наличие в одном моллюске одновременно икры и предличинок, либо предличинок на разных этапах развития подтверждает порционность откладки икры горчаками (Крыжановский и др., 1951; Макеева, 1976; Макеева и др., 2011), а также то, что один и тот же моллюск может неоднократно стать объектом остракофильного нереста горчаков (Mills, Reynolds, 2003; Клишко, 2012).

Обнаруженные в нодуляриях предличинки горчаков были локализованы только во внутренних полужабрах моллюсков, а наружные полужабры всех четырех перловиц оказались заполнены глохидиями – собственными личинками моллюсков. В отличие от жемчужниц, вынашаивающих глохидии в обеих полужабрах, униониды (как перловицы, так и беззубки) вынашивают глохидии только в наружных полужабрах. Предполагалось, что заполненные глохидиями марсупии (участки жабр, приспособленные к вынашиванию глохидиев) препятствуют попаданию икры в эти полужабры (Mills, Reynolds, 2003), однако показано, что даже в случаях, когда наружные полужабры унионид были пусты в течение всего периода развития предличинок, большинство предличинок все равно было локализовано во внутренних полужабрах моллюска (Саенко, Хлопова, 2009). Для жемчужниц также отмечали локализацию предличинок рыб именно во внутренних полужабрах (Клишко, 2012), хотя наружные и внутренние полужабры этих моллюсков морфологически не отличаются.

Максимальное количество предличинок остракофильных рыб, обнаруженных в одном моллюске, по разным источникам сильно варьирует (табл. 2). Так, для европейского горчака *Rhodeus amarus* указано до 257 предличинок в беззубках *Anodonta anatina* и до 149 предличинок в перловицах *Unio pictorum* (Smith et al., 2004). Для азиатского горчака *Tanakia lanceolata* максимально отмечено 94 предличинки в перловице *Inversinio* sp. (Kondo et al., 1984).

Количество икринок горчаков, обнаруживаемых в моллюсках, как правило более 100 штук на одну двустворку (Mills, Reynolds, 2003). Хотя по количе-

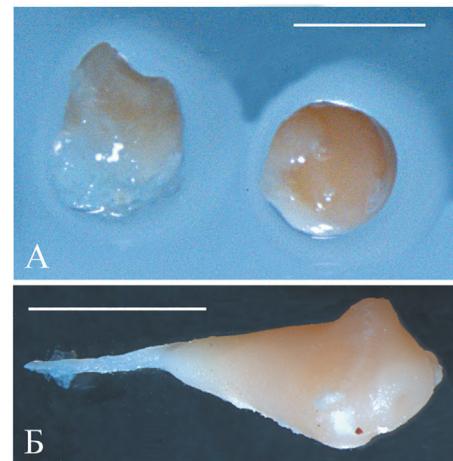


Рис. 2. Икра (А) и предличинка (Б) обыкновенного горчака *Rhodeus sericeus* из жемчужницы *Margaritifera dahurica*. Масштабные линейки 2 мм



Рис. 3. Разновозрастные предличинки обыкновенного горчака *Rhodeus sericeus* из перловиц *Nodularia douglasiae*. Масштабная линейка 2 мм

ству выявляемых икринок жемчужницы (*Margaritifera*) сопоставимы с унионидами (*Anodonta*, *Unio*, *Nodularia*), число развивающихся предличинок в жабрах жемчужниц обычно значительно меньше. В реке Тымь на Сахалине у *Margaritifera laevis* (=*M. sachalinensis*) выявлено до 15 предличинок (Жульков, Никифоров, 1988), а у *M. dahurica* из бассейна Амура – до 48 предличинок горчаков (Smith, Hartel, 1999; Клишко, 2012) (табл. 2). Разница в количестве икры и предличинок можно объяснить процессом выброса икры из моллюска в первые 1–4 дня, в итоге предличинок остается много меньше. Особенно активный процесс выброса икры и ранних предличинок отмечен у жемчужниц и беззубки *Anodonta cygnea* по сравнению с другими изученными беззубками (*Anodonta anatina*, *Sinanodonta woodiana*) и перловицами (*Unio*, *Nodularia*, *Tanakia*), что объясняют разным строением жабр моллюсков, а именно разной шириной водных трубочек в марсупиях (Smith, Hartel, 1999; Mills, Reynolds, 2003; Smith et al., 2004).

Таблица 2

Максимальное количество предличинок (N) различных горчаковых, собранных из одного моллюска: литературные и новые данные

Вид моллюска	N	Место сбора	Ссылка
Горчаки из рода <i>Rhodeus</i>			
<i>Margaritifera dahurica</i>	48	р. Онон (бассейн Амура)	Клишко, 2012
<i>Margaritifera dahurica</i>	10	р. Белая (бассейн Амура)	Smith, Hartel, 1999
<i>Margaritifera laevis</i>	15	р. Тымь, Сахалин	Жульков, Никифоров, 1988
<i>Margaritifera dahurica</i>	3	р. Комаровка (бассейн Раздольной)	новые данные
<i>Unio pictorum</i>	19	басс. р. Дунай, Словения	Balon, 1962
<i>Nodularia douglasiae</i>	51	р. Амур, Хабаровский кр.	Саенко, Хлопова, 2009
<i>Nodularia douglasiae</i>	10	р. Раздольная	новые данные
<i>Unio tumidus</i>	63	Великобритания	Aldridge, 1999
<i>Unio pictorum</i>	149	Европа	Smith et al., 2004
<i>Anodonta cygnea</i>	147	Европа	Smith et al., 2004
<i>Anodonta anatina</i>	257	Чехия	Smith et al., 2004
Горчак <i>Tanakia lanceolata</i>			
<i>Inversiunio</i> sp.	94	о-в Хонсю, Япония	Kondo et al., 1984

Находки икры и предличинок горчаков *Rhodeus sericeus* в жабрах пресноводных двустворчатых моллюсков (жемчужницы *Margaritifera dahurica* и перловицы *Nodularia douglasiae*) из бассейна р. Раздольная продолжают работы по исследованию взаимоотношений остракофильных рыб и моллюсков. Дальнейшие исследования необходимы для лучшего понимания особенностей предпочтения остракофильными рыбами видов моллюсков-хозяев.

Литература

- Барабанников Е.И. 2004.** Обнаружение икры пескаря-лена *Sarcocheilichthys sinensis* (Cyprinidae) в мантийной полости двустворчатых моллюсков рода *Lanceolaria* (Bivalvia, Unionidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 44. № 4. С. 565–566.
- Барабанников Е.И. 2022.** Новые виды двустворчатых моллюсков, используемых пескарем-ленем *Sarcocheilichthys lacustris* (Dybowski, 1872) при остракофильном нересте // Труды «СахНИРО». Т. 18. С. 223–226.

- Барабанщиков Е.И., Магомедов Р.А.** 2002. Состав и некоторые черты биологии рыб эстuarной зоны рек Южного Приморья // Известия ТИНРО центра. Т. 131. С. 179–200.
- Богуцкая Н.Г. Насека А.М.** 2004. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. М.: Товарищество научных изданий КМК. 389 с.
- Жульков А.И., Никифоров С.Н.** 1988. Некоторые данные по морфологии и биологии горчака *Rhodeus sericeus* из р. Тымь (Сахалин) // Вопросы ихтиологии. Т. 28. С. 149–153.
- Клишко О.К.** 2012. Некоторые данные по репродуктивной биологии двусторчатых моллюсков (Margaritiferidae, Unionidae) и их взаимоотношениях с горчаками (Cyprinidae) в водоемах Забайкалья // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. Вып. 15/16. С. 31–55.
- Клишко О.К.** 2014. Жемчужницы рода *Dahurinaia* (Bivalvia, Margaritiferidae) – разноразмерные группы вида *Margaritifera dahurica* Middendorff, 1850 // Известия РАН. Серия биологическая. № 5. С. 481–491.
- Крыжановский С.Г.** 1949. Эколо-морфологические закономерности развития карповых, выюновых и сомовых рыб (Cyprinoidei и Siluroidei) // Труды ИМЖ АН СССР. Вып. 1. С. 5–332.
- Крыжановский С.Г., Смирнов А.И., Соин С.Г.** 1951. Материалы по развитию рыб р. Амура // Труды Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. Т. II. М.: Изд-во МОИП. С. 5–222.
- Макеева А.П.** 1976. Особенности развития нового в ихтиофауне СССР вида горчака – *Rhodeus ocellatus ocellatus* (Kner) // Вопросы ихтиологии. Т. 16. № 5. С. 823–845.
- Макеева А.П.** 1992. Эмбриология рыб. М.: Изд-во МГУ. 216 с.
- Макеева А.П., Павлов Д.С., Павлов Д.А.** 2011. Атлас молоди пресноводных рыб. М.: Товарищество научных изданий КМК. 383 с.
- Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М.** 2002. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальрыбвтуз. 552 с.
- Романов В.И.** 2015. Ихтиофауна России в системе рыб мировой фауны. Томск: Издательский Дом ТГУ. 410 с.
- Саенко Е.М., Хлопова А.В.** 2009. Новые данные по репродуктивным взаимоотношениям горчаков (Cyprinidae: Acheilognathinae) и перловиц (Unionidae: Nodulariinae) бассейна реки Амур // X съезд Гидробиологического общества при РАН: Тезисы докладов. Владивосток: Дальнаука. С. 349–350.
- Таразанов В.И.** 2003. Особенности ската молоди рыб в эстuarной части реки Раздольной (Приморский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 454–459.
- Хлопова А.В.** 2009. Морфофункциональная характеристика репродуктивной системы горчаков (Cyprinidae, Acheilognathinae) и пескарей-леней (Cyprinidae, Gobioninae) бассейна реки Амур: автореф. дис. канд. биол. наук. Владивосток. 25 с.
- Шедько С.В.** 2001. Список круглоротых и рыб пресных вод побережья Приморья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука. С. 229–249.
- Aldridge D.C.** 1999. Development of European bitterling in the gills of freshwater mussels // Journal of Fish Biology. V. 54. P. 138–151.
- Baek H.-M., Song H.-B.** 2005. Spawning in mussel adaptation strategy of *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae: Acheilognathinae) // Korean Journal of Ichthyology. V. 17. N 2. P. 105–117. (In Korean).
- Balon E.K.** 1962. Note on the number of Danubian bitterlings developmental stages in mussels // Věstník Československé Společnosti Zoologické. V. 26. P. 250–256.
- Banarescu P.** 1990. Zoogeography of Fresh Waters. General Distribution and Dispersal of Freshwater Animals. V. 1. AulaVerlag, Wiesbaden. 511 p.
- Bolotov I.N., Vikhrev I.V., Bespalaya Yu.V., Gofarov M. Yu., Kondakov A.V., Konopleva E.S., Bolotov N.N., Lyubas A.A.** 2016. Multi-locus fossil-calibrated phylogeny, biogeography and a subgeneric revision of the Margaritiferidae (Mollusca: Bivalvia: Unionoida) // Molecular Phylogenetics and Evolution. V. 103. P. 104–121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2016.07.020>
- Chang C.-H., Li F., Shao, K.-T., Lin Y.-S., Morosawa T., Kim S., Koo H., Kim W., Lee J.-S., He S., Smith C., Reichard M., Miya M., Sado T., Uehara K., Lavoué S., Chen W.-J., Mayden R.L.** 2014. Phylogenetic relationships of Acheilognathidae (Cypriniformes: Cyprinoidea) as revealed from evidence of both nuclear and mitochondrial gene sequence variation: Evidence for necessary taxonomic revision in the family and the identification of cryptic species // Molecular Phylogenetics and Evolution. V. 81. P. 182–194. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.08.026>
- Fukuhara S., Nagata Y., Maekawa W.** 1982. Minute scaly tubercles on the yolksac of rhodeine cyprinid fishes in prolarval stages // Japanese Journal of Ichthyology. V. 29. N 2. P. 232–236. (In Japanese).
- Kim H.S.** 2020. Minute tubercles in bitterling larvae: Developmental dynamic structures to prevent premature ejection by host mussels // Ecology and Evolution. V. 10. N 12. P. 5840–5851. <https://doi.org/10.1002/ece3.6321>

- Kitamura J.** 2005. Factors affecting seasonal mortality of rosy bitterling (*Rhodeus ocellatus kurumeus*) embryos on the gills of their host mussel // Population Ecology. V. 47. P. 41–51. <http://dx.doi.org/10.1007/s10144-004-0201-0>
- Kondo T., Yamashita J., Kano M.** 1984. Breeding ecology of five species of bitterling (Pisces: Cyprinidae) in a small creek // Physiology and Ecology Japan. V. 21. P. 53–62.
- Liu H.-Zh., Zhu Yu., Smith C., Reichard M.** 2006. Evidence of host specificity and congruence between phylogenies of bitterling and freshwater mussels // Zoological Studies. V. 45. N 3. P. 428–434.
- Lopes-Lima M., Bolotov I.N., Do V.T., Aldridge D.C., Fonseca M.M., Gan H.M., Gofarov M. Yu., Kondakov A.V., Prié V., Sousa R., Varandas S., Vikhrev I.V., Teixeira A., Wu R.-W., Wu X., Zieritz A., Froufe E., Bogan A.E.** 2018. Expansion and systematics redefinition of the most threatened freshwater mussel family, the Margaritiferidae // Molecular Phylogenetics and Evolution. V. 127. P. 98–118. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.04.041>
- Lopes-Lima M., Hattori A., Kondo T., Lee J.H., Kim S.K., Shirai A., Hayashi H., Usui T., Sakuma K., Toriya T., Sunamura Y., Ishikawa H., Hoshino N., Kusano Y., Kumaki H., Utsugi Y., Yabe S., Yoshinari Y., Hiruma H., Tanaka A., Sao K., Ueda T., Sano I., Miyazaki J.-I., Gonçalves D., Klishko O.K., Konopleva E.S., Vikhrev I.V., Kondakov A.V., Gofarov M. Yu., Bolotov I.N., Sayenko E.M., Soroka M., Zieritz A., Bogan A.E., Froufe E.** 2020. Freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae) from the rising sun (Far East Asia): phylogeny, systematics, and distribution // Molecular Phylogenetics and Evolution. V. 146. N 106755. P. 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2020.106755>
- Mills S.C., Reynolds D.C.** 2002. Host species preferences by bitterling, *Rhodeus sericeus*, spawning in freshwater mussels and consequences for offspring survival // Animal Behaviour. V. 63. P. 1029–1036. <https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1988>
- Mills S.C., Reynolds D.C.** 2003. The bitterling–mussel interaction as a test case for co-evolution // Journal of Fish Biology. V. 63 (Suppl. A). P. 84–104. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2003.00209.x>
- Reichard M., Liu H., Smith C.** 2007a. The co-evolutionary relationship between bitterling fishes and freshwater mussels: insights from interspecific comparisons // Evolutionary Ecology Research. V. 9. P. 239–259.
- Reichard M., Przybylski M., Kaniewska P., Liu H., Smith C.** 2007b. A possible evolutionary lag in the relationship between freshwater mussels and European bitterling // Journal of Fish Biology. V. 70. P. 709–725. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01333.x>
- Sayenko E.M., Khlopova A.V.** 2009. Some new data on reproductive interrelations between cyprinid fishes (Cyprinidae: Acheilognathinae) and freshwater bivalves (Unionidae) in the Amur river, Russia // Abstracts of the 10th International Congress on Medical and Applied Malacology. Busan, Korea. P. 54.
- Smith C., Reichard M., Jurajda P., Przybylsk, M.** 2004. The reproductive ecology of the European bitterling (*Rhodeus sericeus*) // Journal of Zoology. V. 262. P. 107–124. <https://doi.org/10.1017/S0952836903004497>
- Smith D.G., Hartel K.E.** 1999. Margaritiferidae (Mollusca: Unionida): host for *Rhodeus* (Pisces: Cyprinidae) // Polish Archives of Hydrobiology. V. 46. P. 272–281.
- Suzuki N., Jeon S.R.** 1987. Development of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* (Cyprinidae), with notes on minute tubercles on the skin surface and pharyngeal apparatus // Korean Journal of Limnology. V. 20. P. 229–241.
- Suzuki N., Jeon S.R.** 1988. Development of eggs, larvae and juveniles of *Rhodeus ocellatus* from Ansong-River, Korea (Pisces: Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface // Korean Journal of Limnology. V. 21. P. 1–15.
- Suzuki N., Oka A., Sugoh Y., Yamakawa K., Hibiya T.** 1986. Development of the bitterling, *Tanakia tanago* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface // Japanese Journal of Ichthyology. V. 33. P. 225–231.
- Uchida K.** 1937. Peculiar yolk sacs in the larval development of the bitterlings (Cyprinidae) // Kagaku. V. 7. N 10. P. 400–401. (In Japanese).
- Xu H., Yang P., Dai W., Yang Sh.** 2020. Sequence characterization and phylogenetic analysis of mitogenome of the *Acanthorhodeus chankaensis* Dybowsky from Cao'e River // Mitochondrial DNA, Part B. V. 5. N 1. P. 545–547. <https://doi.org/10.1080/23802359.2019.1710282>
- Yi W., Rücklin M., Poelmann R.E., Aldridge D.C., Richardson M.K.** 2021. Normal stages of embryonic development of a brood parasite, the rosy bitterling *Rhodeus ocellatus* (Teleostei: Cypriniformes) // Journal of Morphology. V. 282. P. 783–819. <https://doi.org/10.1002/jmor.21335>
- Zhu X., Ma Zh., Yang X., Xu H., Yang R.** 2016. Complete mitochondrial genome of the Chinese bitterling *Acheilognathus macropterus* (Cypriniformes: Cyprinidae) // Mitochondrial DNA, Part A.V. 27. N 1. P. 589–590. <https://doi.org/10.3109/19401736.2014.908358>

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.20>

<https://elibrary.ru/lluezp>

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ФАУНЕ ВЕСНЯНОК (INSECTA, PLECOPTERA) БОТЧИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И ЗАКАЗНИКА ТУМНИНСКИЙ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

В.А. Тесленко

*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690022, Россия. E-mail: teslenko@ibss.dvo.ru*

Впервые представлены результаты многолетних исследований фауны амфибиотических насекомых веснянок, обитающих в водотоках Ботчинского заповедника и подконтрольного этому заповеднику природного заказника «Тумнинский». Анnotatedный список включает 41 вид из 24 родов и 8 семейств, в фауне веснянок басс. р. Ботчи выявлено 24 вида, в басс. р. Тумнин в полтора раза больше – 35. По составу плекоптерофауна близка Нижнеамурской и представлена в основном широко распространенными восточно-палеарктическими видами.

FIRST INFORMATION ON THE STONEFLY FAUNA (INSECTA, PLECOPTERA) OF THE BOTCHINSKY AND THE TUMNINSKY NATURE RESERVES (KHABAROVSK TERRITORY)

V.A. Teslenko

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue,
Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: teslenko@biosoil.ru*

For the first time, the results of long-term studies of the fauna of amphibiophilic insects of stoneflies inhabiting the watercourses of the Botchinsky and the Tumninsky Nature Reserves are presented. The common annotated list includes 41 species from 24 genera and 8 families, 24 species were revealed in the stonfly fauna of the Botchi River basin and 35 species in the Tumnin River basin. The plecoptero fauna is close to the Lower Amur River fauna and is represented mainly by widespread Eastern Palaearctic species.

Введение

Фауна амфибиотических насекомых в водотоках Ботчинского заповедника и природного заказника «Тумнинский» из-за их труднодоступности остается до сих пор неизученной. Имеются лишь предварительные данные о видовом составе семейства Chironomidae из отряда двукрылых в р. Ботчи (Ботчинский государственный заповедник) (Макарченко, Макарченко, 1999). Сведения о фауне отряда веснянок приводятся впервые.

Краткая физико-географическая характеристика водотоков Ботчинского заповедника и природного заказника «Тумнинский»

Ботчинский государственный природный заповедник расположен в Советско-Гаванском районе Хабаровского края. Территория заповедника охватывает большую

часть водосборного бассейна р. Ботчи, которая стекает с восточных склонов северного Сихотэ-Алиня и впадает в бухту Гроссеевичи Татарского пролива в северной части Японского моря (рис. 1). Река Ботчи течет с запада на юго-восток, ее длина 125 км, имеет два основных притока: левый – р. Мульпа длиной 44 км, который сливается с р. Ботчи в 25 км от ее устья; правый – р. Иха длиной 50 км впадает в русло р. Ботчи в 4 км от моря. Уклон в истоке около 8 %, в низовьях до 0,4 % (Ресурсы..., 1970). Температура воды в верховьях в июле не превышает 3,8 °С, в устье – 7,8 °С. Несмотря на то, что средняя высота гор не превышает 500–800 м над ур. моря, реки заповедника имеют характер холдиноводных горных потоков со ступенчато образным продольным профилем и незначительной глубиной, порожистым руслом, быстрым течением с чередованием плесов и перекатов. Средняя скорость течения 1,1–2,5 м/с, дно галечное, каменистое, берега сравнительно устойчивые (Васьковский, 1972; Водные ресурсы..., 1990; Олейников, 2010). Основу питания рек составляют атмосферные осадки, обеспечивающие 60 % годового стока. Для рек свойственна продолжительная и маловодная зимняя межень с ледоставом, глубокое сезонное промерзание и развитие наледей. По химическому составу вода относится к гидрокарбонатному классу группе кальция первого или второго типа, ультрапресная, общая минерализация не превышает 60 мг/дм³ (Алекин, 1970; Форина, Шестеркин, 2010). Отличительная черта водотоков Ботчинского заповедника состоит в увеличении доли подземной составляющей в их питании, что приводит к значительному повышению содержания фосфатов в воде. Концентрация фосфатов может достигать 0,111–0,287 мг/дм³ (Форина, Шестеркин, 2010). Реки с повышенным содержанием фосфатов замерзают лишь в самые сильные морозы, что, вероятно, связано с выходом подземных вод в зонах тектонических нарушений и распространением базальтов, которые являются основным источником фосфора, поступающего при выветривании и растворении пород в биосферу (Форина, 2011).



Рис. 1. Карта схема Ботчинского заповедника. Точками обозначены места сбора материала

В 2014 г. Ботчинскому заповеднику переданы функции по охране территории государственного природного заказника федерального значения «Тумнинский», расположенного в нижнем течении р. Тумнин, в Ванинском районе Хабаровского края. Река Тумнин длиной 364 км и площадью бассейна 22 400 км² – самая большая на восточном макросклоне северного Сихотэ-Алиня берёт начало на горе Крутой (1268 м), течёт в юго-восточном направлении и впадает в бухту Датта Татарского пролива. Это типичная горная лососевая река, только в низовье разливается и образует несколько рукавов и заводей. Эстуарий около 11 км, характеризуется приливно-отливными явлениями и переменной солёностью воды. На своем протяжении р. Тумнин принимает множество притоков. Левые притоки небольшие, правые более длинные. Питание смешанное, с преобладанием дождевого. Летом 3–4 паводка, образующих половодье. Среднегодовой расход воды около 252 м³/с. Ледостав обычно в первой половине ноября, вскрывается в конце апреля–начале мая, на неделю–две позднее остальных рек в регионе. Берега представляют собой галечники, местами обрывы и скалы, а в нижнем течении – моховые мари и тростниковые отмели. По рыбохозяйственному значению р. Тумнин относится к водотокам высшей категории водопользования, поскольку является местом обитания и нереста лососевых и осетровых рыб. Территория государственного природного заказника «Тумнинский» находится между левым берегом р. Тумнин и материковым побережьем Татарского пролива (рис. 2) и представляет собой горный рельеф. Хребты Приморский, Туманный, Сохатинский, Плоский, Заречный и Горелый покрыты еловопихтовыми лесами и лиственничной тайгой с безлесными участками, заросшими брусничником и багульником, а также скальниками и горельниками. По территории заказника протекает около двух десятков малых рек, длина которых не более 15–25 км, большей частью являющихся притоками р. Тумнин. Речная сеть заповедника густая, характерная для гористой местности. Климат муссонный, годовая сумма осадков составляет 631 мм (Васьковский, 1972; Водные ресурсы..., 1990). Речные воды заказника «Тумнинский» в отсутствие влияния приливно-отливных течений характеризуются

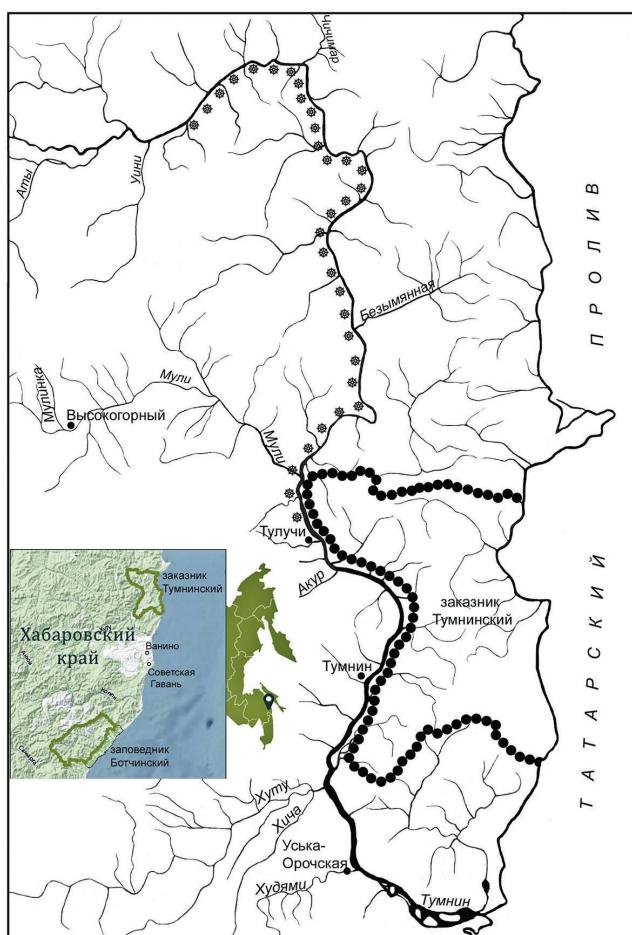


Рис. 2. Карта схема Тумнинского заказника, точками обозначены граница заказника, звездочками – участок р. Тумнин, на котором проведен сбор материала с помощью сплава

низким содержанием основных ионов, т. е. являются ультрапресными (< 65 мг/дм³). По химическому составу воды в основном кальциевые, вследствие преобладания подстилающих пород вулканогенных отложений и имеют повышенное содержание кремния и фосфора (Шестеркин, Костомарова, 2017).

Материал и методы

Материалом послужили качественные и частично количественные сборы личинок и имаго веснянок, собранные в басс. р. Ботчи в июле 1987 и 1989 гг. и в мае–июне 2001 г. (рис. 1). Автором использованы также определения веснянок в питании выдры по сборам А.Ю. Олейникова (АЮО) (ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск) в басс. р. Ботчи с февраля по октябрь 2004–2008 гг. Сборы веснянок в басс. р. Тумнин осуществлялись периодически с мая по сентябрь с 1985 по 2015 гг. Наиболее полно был обследован участок р. Тумнин во время сплава от горы Агандаек до пос. Тулучи в июне–июле 1997 г. Отбор материала осуществлялся сотрудниками ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН Е.А. Макарченко (ЕАМ), М.П. Тиуновым (МПТ), Т.М. Тиуновой (ТМТ), А.А. Семенченко (ААС) и В.А. Тесленко (ВАТ) и С.Е. Сиротским (СЕС) (ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск) общепринятыми в пресноводной гидробиологии методами. Типы распространения даны по Л.А. Жильцовой и И.М. Леванидовой (Жильцова, Леванидова, 1984).

Список видов веснянок Ботчинского заповедника и природного заказника «Тумнинский»

Сем. Taeniopterygidae

Taenionema japonicum (Okamoto, 1922)

Материал. 2♂, 3♀, р. Ботчи, базовый лагерь, 5.07.1989, ЕАМ; 2♂, 2♀, р. Мульпа, 800 м выше устья, басс. р. Ботчи, 7–8.06.2001, МПТ; 1♂, 5 лич., Степанов кл., р. Мульпа, басс. р. Ботчи, 28.05.2001, МПТ; 7♂, 3♀, 2 лич., кл. Ороченка, устье р. Иха, басс. р. Ботчи, 29.05.2001, МПТ; 1♂, 3♀, 5 лич., р. Мульпа, кл. Комарова, 200 м выше устья, 13.06.2001, МПТ; 1♀, скала Гапанки, р. Тумнин, 20.07.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, от кл. Василий до устья р. Чичимар, 25.06.1997, ТМТ; 7♂, 5♀, р. Тумнин, между р. Тунь и р. Безымянная, 28.06.1997, ТМТ; 7♂, 2♀, р. Шумная, басс. р. Тумнин, 18.07.1985, ЕАМ; 13 лич., р. Чистоводная, окр.п. Ванино, 3.05.1986, ВАТ; 34 лич., там же, 06.09.2008, СЕС.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Россия: Восточная Сибирь, Дальний Восток. Монголия, Китай, Корея, Япония.

2. Taeniopteryx nebulosa Linnaeus, 1758

Материал. 1♂, басс. р. Чистоводная, окр.п. Ванино, 3.05.1986, ВАТ.

Распространение. Транспалеарктический вид. Европейская часть России, Саяны, Алтай, Ю Сибирь, Забайкалье, Амурская и Магаданская обл., Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин. З Европа.

Сем. Nemouridae

3. Zapada quadribranchiata (Zhiltzova, 1977)

Материал. 2♀, кл. Солончаковый, р. Мульпа, басс. р. Ботчи, 20.06.2001, МПТ.

Распространение. Восточнопалеарктический притихоокеанский вид: Ю Магаданской обл., Амурская обл., Ю Якутия, Хабаровский и Приморский края. Корея, Китай.

4. Amphinemura borealis (Morton, 1894)

Материал. 53♂, 15♀, р. Тумнин, кл. Слюдянской, 27.06.1997, ТМТ; 1♂, 5♀, р. Безымянная, басс. р. Тумнин, 20.07.1997, ТМТ; 2♂, р. Тумнин, между р. Тунь и р. Безымянная, 28.06.1997, ТМТ; 1♂, 1♀, р. Тумнин, скала Гапанки, 29.06.1997, ТМТ.

Распространение. Транспалеарктический вид. Европейская часть, Сибирь, Забайкалье, Ю Якутия, Ю Магаданской обл., Амурская обл., Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин. Северная и Средняя Европа, Монголия.

5. *Amphinemura verrucosa* Zwick, 1973

Материал. 1♂, 1♀, р. Аджаломи, басс. р. Тумнин, 23.07.2011, ЕАМ.

Распространение. Палеарктический материковый вид: Амурская обл., ЕАО, Хабаровский и Приморский края. Китай, Корея.

6. *Nemoura lazoensis* Zwick, 2010

Материал. 2♂, безымянный ключ в басс. р. Ботчи, 12.07.1989, ЕАМ; 3♂, кл. Асекта, р. Тумнин, 20.07.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Хабаровский и Приморский края.

7. *Nemoura papilla* Okamoto, 1922

Материал. 4 лич., р. Мульпа, басс. р. Ботчи, питание кунжи, 11.07.1989, ЕАМ; 25♂, 15♀, р. Тумнин, от кл. Слюдяной до р. Тунь, 27.06.1997, ТМТ; 1♂, 2♀, р. Тумнин, от скалы Гапанки до п. Тулучи, 29.06.1997, ТМТ.

Распространение. Палеарктический материково-островной вид. Россия: ЕАО, Хабаровский и Приморский края, Южные Курильские о-ва, о-в Сахалин. Китай, Япония.

Сем. Capniidae

8. *Capnia nigra* (Pictet, 1833)

Материал. 2♀, басс. р. Тумнин, кл. Ущельный, 24.06.1997, ТМТ.

Распространение. Транспалеарктический вид. Алтай, Сибирь, Магаданская обл., ЕАО, Камчатский, Хабаровский и Приморский край, о-в Сахалин, Южные Курильские о-ва. Европа, Грузия, Армения, Краснодарский край, Карачаево-Черкесия, С Осетия, Крым, Турция, Монголия, Япония.

9. *Eucapnopsis brevicauda* (Claassen, 1924)

Материал. 1 лич., кл. Солончаковый, р. Мульпа, басс. р. Ботчи, 18–20.06.2001, МПТ.

Распространение. Амфиапафический вид. Россия: В Сибирь, Алтай, Ю Магаданской обл., Хабаровский и Приморский края, Ю Курильские о-ва. Монголия, Северная Америка.

10. *Isocapnia arcuata* Zhiltzova, 1975

Материал. 1♀, кл. Ущельный, басс. р. Тумнин, 24.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, скала Гапанки, 29–30.06.1997, ТМТ.

Распространение. Магаданская обл., Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин.

11. *Isocapnia guentheri* (Joost, 1970)

Материал. 1♀, басс. р. Тумнин, р. Чичимар, устье, 26.06.1997, ТМТ; 3♀, безымянный ключ в 5 км ниже кл. Асекта, басс. р. Тумнин, 29.06.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Алтай, В Сибирь, ЕАО, Чукотский АО, Магаданская обл., Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин. Монголия.

12. *Isocapnia orientalis* Zhiltzova, 1975

Материал. 1♀, правый приток р. Тумнин перед устьем р. Чичимар, 26.06.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический притихоокеанский вид: Магаданская обл., Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин.

Сем. Leuctridae

13. *Paraleuctra zapekinae* Zhiltzova, 1974

Материал. 1♂, кл. Солончаковый, р. Мульпа, басс. р. Ботчи, 18.06.2001, МПТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Забайкалье, ЕАО, Магаданская обл., Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин. Монголия.

14. *Paraleuctra cercia* (Okamoto, 1922)

Материал. 1♂, 2♀, р. Чистоводная, окр.п. Ванино, 10.05.1986, ВАТ.

Распространение. Палеарктический вид. Амурская обл., ЕАО, Магаданская обл., Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин, Ю Курилы. Китай, Корея, Япония.

15. *Leuctra fusca* (Linnaeus, 1758)

Материал. 2 лич., р. Чистоводная, окр.п. Ванино, 06.09.2008, СЕС.

Распространение. Транспалеарктический вид. Европейская часть России, Сибирь, Ю Якутия, Амурская обл., ЕАО, Хабаровский и Приморский край, о-в Сахалин. Украинские

Карпаты, Кавказ, З Европа, С Иран, Монголия, Китай, Корея.

Сем. Pteronarcyidae

16. *Pteronarcys reticulata* (Burmeister, 1893)

Материал. 1 лич., р. Ботчи, напротив устья р. Иха, 29.05.2001, МПТ; 1 лич., р. Хуту, басс. р. Тумнин, 07.09.2008, СЕС; 1 лич., р. Хадя, 16.06.1994, ВМ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Алтай, В Саян, В Сибирь, Ю Якутия, Амурская обл., ЕАО, Хабаровский и Приморский края. Монголия.

17. *Pteronarcys sachalina* Klapálek, 1908

Материал. 2 лич., р. Ботчи, 12.07.1989, ЕАМ; 1♀, р. Ботчи, выше р. Мульпа, 10.07.1987, ЕАМ; многочисленные фрагменты личинок в питании выдры, р. Ботчи, 21.03.2007, 12.06.2007 и 19.02.2008, АЮО; фрагменты личинок в питании выдры, р. Мульпа, 10.02.2005, 22.03.2006, 26.10.2007, 12.02.2008, АЮО; 4♂, кл. Василий, басс. р. Тумнин, 25.06.1997, ТМТ; 1♀, 3лич., кл. Зимовье 1-е, 25.06.1997, ТМТ; 1 лич., ключ на правой стороне р. Тумнин, перед устьем р. Чичимар, 26.06.1997, ТМТ; 2♀, р. Аджаломи, басс. р. Тумнин, 24.07.2011, ЕАМ; 3 лич., р. Хича, басс. р. Тумнин, 07.09.2008, СЕС.

Распространение. Палеарктический материково-островной вид. Россия: ЕАО, Хабаровский и Приморский край, о-в Сахалин. Китай, Корея.

Сем. Perlodidae

18. *Arcynopteryx dichroa* (McLachlan, 1872)

Материал. 1 лич. ♂, р. Мульпа, 800 м выше устья, басс. р. Ботчи, 8.06.2001, МПТ; 3♀, р. Тумнин между р. Тунь и р. Безымянная, 28.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, между скалой Гапанки и п. Тулучи, 29–30.06.1997, ТМТ; 2♀, р. Тумнин от кл. Василий, до устья р. Чичимар, 25.06.1997, ТМТ; 1♂, правый ключ перед устьем р. Чичимар, 26.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, от кл. Слюдяной до устья р. Тунь, 27.06.1997, ТМТ; 2♀, кл. Ущельный, 24.06.1997, ТМТ.

Распространение. Циркумполярный вид. С Европы, Сибирь, Дальний Восток, Монголия, С Америка.

19. *Arcynopteryx polaris* Klapálek, 1912

Материал. 1♂, 5 лич., р. Ботчи, 5.07.1989, ЕАМ; 1♀, р. Ботчи, базовый лагерь, 5.07.1989, ЕАМ; 1 лич., кл. Елизаровский, р. Ботчи, 6.07.1989, ЕАМ; 2♂, р. Ботчи, станция 4, 7.07.1989, ЕАМ; 4лич., кл. Ороченка, напротив устья р. Иха, басс. р. Ботчи, 29.05.2001, МПТ; 10 лич., кл. Солончаковый, р. Мульпа, басс. р. Ботчи, 15.06.2001, МПТ; 2♂, 1♀, р. Безымянная, басс. р. Тумнин, 20.07.1997, ТМТ; 1♀ 2 лич., кл. Зимовье 1-е, 25.06.1997, ТМТ; 1 лич. ♂, кл. Василий, 25.06.1997, ТМТ; 1 лич., кл. Асекта, басс. р. Тумнин, 20.07.1997, ТМТ; 7♂, 1♀, р. Мулинка, окр.п. Высокогорск, 17.07.1985, ЕАМ; 1♂, 1♀, р. Шумная, басс.р. Тумнин, 18.07.1985, ЕАМ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Россия: Саяны, Алтай, Дальний Восток (от Магаданской обл. до Приморского края). Монголия, Китай, Корея.

20. *Diura nanseni* Kempru, 1900

Материал. 1♀, кл. Ороченка, напротив устья р. Иха, басс. р. Ботчи, 29.05.2001, МПТ.

Распространение. Циркумполярный вид. С Европы, Сибирь, Дальний Восток, С Америка.

21. *Diura majuscula* (Klapálek, 1912)

Материал. 1♀, р. Ботчи, выше р. Мульпа, 10.07.1987, ЕАМ; 1♂, 1 лич., р. Мульпа, 800 м выше устья, басс. р. Ботчи, 8.06.2001, МПТ; 1♀, р. Тумнин, от кл. Слюдяной до устья р. Тунь, 27.06.1997, ТМТ; 2♀, р. Тумнин, кл. Ущельный, 24.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, от кл. Василий до р. Бохало, 16.07.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, скала Гапанки, 20.07.1997, ТМТ; 1♂, 3♀, р. Тумнин, от скалы Гапанки до п. Тулучи, 30.06.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Россия: Алтай, Саяны, Ю Якутия, Магаданская обл., Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин. Монголия.

22. *Megarcys ochracea* Klapálek, 1912

Материал. 2♂, 1♀, р. Ботчи, базовый лагерь, 5.07.1989, ЕАМ; 1 лич., кл. Елизаровский, р. Ботчи, 6.07.1989, ЕАМ; 4♂, 1♀, р. Ботчи, ст. 4, 7.07.1989, ЕАМ; 4лич., р. Мульпа,

кл. Комарова, 200 м ниже устья, МПТ; 1♂, 1 лич., кл. Солончаковый, р. Мульпа, басс. р. Ботчи, 20.06.2001, МПТ; 5 лич., кл. Степанов, р. Мульпа, басс. р. Ботчи, 28.05.2001, МПТ; 3 лич., кл. Ороченка, напротив устья р. Иха, басс. р. Ботчи, 29.05.2001, МПТ; многочисленные фрагменты личинок в питании выдры, р. Ботчи, 21.03.2007, 18.02.2008, АЮО; фрагменты личинок в питании выдры, р. Мульпа, 22.03.2006, АЮО; 3 лич., р. Мульпа, 800 м выше устья, басс. р. Ботчи, 8.06.2001, МПТ; 1 лич. ♂, кл. Зимовье 1-е, басс. р. Тумнин, 25.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, от р. Тунь до р. Безымянная, 28.06.1997, ТМТ; 1♂, 2♀, кл. Ущельный, 24.06.1997, ТМТ; 1♀, 1 лич., р. Шумная, басс. р. Тумнин, 18.07.1985, ЕАМ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Россия: Алтай, Ю Сибирь, Ю Якутия, Ю Магаданской обл., Амурская обл., ЕАО, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин, Ю Курильские о-ва. Монголия, Корея, Япония.

23. *Megarcys pseudochracea* Zhiltzova, 1977

Материал. 1♂, 1♀, р. Ботчи, 5.07.1989, ЕАМ; 3лич., р. Ботчи, 6.07.1989, ЕАМ; 1 лич., р. Ботчи, 4.07.1989, ЕАМ; 2 лич., р. Шумная, верх., басс. р. Тумнин, 19.07.1985, ЕАМ.

Распространение. Палеарктический вид: Ю Якутия, Амурская обл., Хабаровский и Приморский края.

24. *Pictetiella asiatica* Zwick et Levanidova, 1971

Материал. 2 лич., кл. Елизаровский, р. Ботчи, 6.07.1989, ЕАМ; 2♂, 1♀, 1 лич., кл. Степанов, р. Мульпа, басс. р. Ботчи, 28.05.2001, МПТ; 2 лич., р. Мульпа, кл. Комарова, 200 м выше устья, басс. р. Ботчи, 13.06.2001, МПТ; 9 лич., кл. Асекта, басс. р. Тумнин, 29.06.1997, ТМТ; 1 лич., р. Шумная, верх., басс. р. Тумнин, 19.07.1985, ЕАМ; 3 лич., р. Уини, басс. р. Тумнин, 5.08.2015, АЮО.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Алтай, В Сибирь, Дальний Восток.

25. *Pictetiella zwicki* Zhiltzova, 1976

Материал. 2 лич., р. Ботчи, ст. 0, 4.07.1989, ЕАМ.

Распространение. Восточно-палеарктический, притихоокеанский вид. Чукотский АО, Магаданская и Амурская обл., Ю Хабаровского и С Приморского краев.

26. *Skwala compacta* (Klapálek, 1912)

Материал. 10♂, 3♀, р. Чистоводная, окр.п. Ванино, 10.05.1986, ВАТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Сибирь, Дальний Восток. Монголия, Китай, Япония.

27. *Stavsolus manchuricus* Teslenko, 1999

Материал. 6 лич., кл. Ороченка, напротив устья р. Иха, басс. р. Ботчи, 29.05.2001, МПТ; 1 лич., р. Чистоводная, окр.п. Ванино, 10.05.1986, ВАТ; 11 лич., р. Чистоводная, там же, 06.09.2008, СЕС; 12 лич., р. Хуту, басс. р. Тумнин, 07.09.2008, СЕС; 4 лич., р. Хича, басс. р. Тумнин, 07.09.2008, СЕС.

Распространение. Палеарктический материковый вид. Россия: Амурская обл., ЕАО, Хабаровский и Приморский края. Корея, Китай.

28. *Isoperla asiatica* Raušer, 1968

Материал. 3♀, р. Тумнин от скалы Гапанки до п. Тулучи, 29.06.1997, ТМТ; 8 лич., р. Тумнин, ниже кл. Слюдяной, 27.06.1997, ТМТ; 2♂, 3♀, р. Безымянная, басс. р. Тумнин, 28.06.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Алтай, Саяны, Амурская обл., ЕАО, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин.

29. *Isoperla eximia* Zapekina-Dulkeit, 1975

Материал. 2 лич., кл. Елизаровский, р. Ботчи, 6.07.1989, ЕАМ; 1 лич., кл. Ороченка, напротив устья р. Иха, басс. р. Ботчи, 29.05.2001, МПТ; 1 лич., р. Тумнин, выше р. Чичмар, 26.06.1997, ТМТ; 3 лич., р. Уини, басс. р. Тумнин, 5.08.2015, АЮО.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Россия: Саяны, Алтай, Забайкалье, Ю Якутия, Магаданская обл., Амурская обл., ЕАО, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин, Ю Курильские о-ва. Китай, Монголия.

30. *Isoperla flavescens* Zhiltzova et Potikha, 1986

Материал. 1♂, 6♀, р. Тумнин, между р. Тунь и р. Безымянная, 28.06.1997, ТМТ.

Распространение. Палеарктический вид. ЕАО, Хабаровский и Приморский края. Китай, Корея.

31. *Isoperla lunigera* Klapálek, 1923

Материал. 1♀, р. Тумнин, скала Гапанки, 20.07.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин от скалы Гапанки до п. Тулучи, 29.06.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Россия: Алтай, Саяны, Забайкалье, Амурская обл., ЕАО, Хабаровский и Приморский края. Монголия.

Сем. Perlidae

32. *Kamimuria exilis* (McLachlan, 1872)

Материал. 1 лич., р. Тумнин, скала Гапанки, 29–30.06.1997, ТМТ; 2лич., р. Тумнин, ниже устья кл. Слюдяной, 27.06.1997, ТМТ; 1 лич., ключ по правой стороне р. Тумнин перед устьем р. Чичимар, 26.06.1997, ТМТ; 4 лич., р. Хуту, басс. р. Тумнин, 07.09.2008, СЕС; 4 лич., р. Хича, басс. р. Тумнин, 07.09.2008, СЕС.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Россия: Алтай, Саяны, Забайкалье, Ю Якутия, Амурская обл., Хабаровский и Приморский края, Ю Курильские о-ва, о-в Сахалин. Монголия, Китай, Корея.

Сем. Chloroperlidae

33. *Utaperla lepnevae* Zhiltzova, 1970

Материал. 2♂, 4♀, кл. Теряющийся, р. Мульпа, басс. Ботчи, 14.06.2001, МПТ; 1♀, р. Тумнин от кл. Василий до р. Чичимар, 25.06.1997, ТМТ; 3♀, кл. Ущельный, 24.06.1997, ТМТ; 5♀, р. Безымянная, басс. р. Тумнин, 29.06.1997, ТМТ; 2♀, кл. Асекта, р. Тумнин, 29.06.1997, ТМТ; 2♀, р. Тумнин, между р. Тунь и р. Безымянная, 28.06.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический притихоокеанский вид. Чукотский АО, Ю Магаданской обл., Амурская обл., ЕАО, Камчатский, Хабаровский и Приморский края.

34. *Utaperla orientalis* Nelson et Hanson, 1969

Материал. 2♀, р. Тумнин, от кл. Слюдяной до устья р. Тунь, 27.06.1997, ТМТ; 1♂, 1♀, р. Тумнин, между р. Тунь и р. Безымянная, 28.06.1997, ТМТ; 1♂, 6♀, р. Тумнин, р. Безымянная, 29.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин от скалы Гапанки до п. Тулучи, 29.06.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. ЕАО, Ю Магаданской обл., Камчатский, Хабаровский и Приморский края. Китай.

**35. *Alloperla teleckojensis* Šámal, 1939 = *Alloperla deminuta* Zapekinae-Dulkeit, 1970
syn. nov.**

Материал. 12♂ 14♀, кл. Асекта, р. Тумнин, 29.06.1997, ТМТ; 3♂, 7♀, р. Тумнин, от кл. Василий до р. Бохало, 16.07.1997, ТМТ; 1♂, 3♀, р. Тумнин от кл. Слюдяной до устья р. Тунь, 27.06.1997, ТМТ; 3♂, 6♀, р. Тумнин, скала Гапанки, 29.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, правый приток перед устьем р. Чичимар, 26.06.1997, ТМТ; 12♂, р. Тумнин, между р. Тунь и р. Безымянная, 28.06.1997, ТМТ; 4♀, р. Тумнин, р. Безымянная. 20.07.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Россия: Алтай, Саяны, Забайкалье, Ю Якутия, Ю Магаданской обл., Амурская обл., Камчатский, Хабаровский и Приморский края. Монголия.

36. *Alloperla mediata* (Navás, 1925)

Материал. 7♂, 1♀, кл. Теряющийся, р. Мульпа, басс. Ботчи, 14.06.2001, МПТ; 1♀, басс. р. Тумнин: р. Мули, окр.п. Высокогорск, 17.07.1985, ЕАМ; 1♀, р. Тумнин от скалы Гапанки до п. Тулучи, 29.06.1997, ТМТ; 1♂, кл. Ущельный, р. Тумнин, 24.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, правый приток перед устьем р. Чичимар, 26.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Тумнин, р. Безымянная, 29.06.1997, ТМТ; 1♀, р. Аджаломи, басс. р. Тумнин, 23.07.2011, ЕАМ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Россия: Алтай, Ю Якутия, Магаданская и Амурская области, Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин, Курильские о-ва. Монголия, Китай, Япония.

37. *Alloperla rostellata* (Klapálek, 1923)

Материал. 1♀, р. Ботчи, 5.07.1989, ЕАМ; 1♂, р. Мулинка, окр.п. Высокогорск, басс. р. Тумнин, 17.07.1985, ЕАМ; 1♀, кл. Ущельный, р. Тумнин, 24.06.1997, ТМТ; 1♂, 3♀, р. Тумнин, скала Гапанка, 29–30.06.1997, ТМТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид: Саяны, Алтай, Забайкалье, Ю Якутия, Чукотский АО, Магаданская и Амурская области, Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин. Монголия.

38. *Suwallia errata* Li & Li, 2021 = *Suwallia teleckojensis* (Šámal, 1939) new name

Материал. 1♂, р. Шумная, басс. р. Тумнин, 18.07.1985, ЕАМ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Алтай, Саяны, Забайкалье, Ю Якутия, Чукотский АО, Магаданская и Амурская области, ЕАО, Камчатский, Хабаровский и Приморский края, о-в Сахалин, Курильские о-ва. Монголия, Китай, Япония.

39. *Sweltsa illiesi* Zhiltzova et Levanidova, 1978

Материал. 1 лич., кл. Степанов, р. Мульпа, басс. р. Ботчи, 29.05.2001, МПТ; 1♂, 1 лич., р. Мульпа, кл. Комарова, 200 м ниже устья, 13.06.2001, МПТ; 6♂, 9♀, кл. Теряющийся, р. Мульпа, 14.06.2001, МПТ; 1♀, кл. Солончаковый, р. Мульпа, 20.06.2001, МПТ; 4♀, р. Ботчи, верх., 10.07.1987, ЕАМ; 1♀, р. Тумнин от кл. Василий до р. Чичимар, 25.06.1997, ТМТ; 3♀, кл. Ущельный, р. Тумнин, 24.06.1997, ТМТ; 3♀, р. Тумнин, от кл. Василий до р. Бохало, 16.07.1997, ТМТ.

Распространение. Палеархеарктический материковый вид. Россия: ЕАО, Ю Хабаровского края, Приморский край. Корея.

40. *Haploperla* sp.

Материал. 5 лич., р. Ботчи, безымянный ручей ниже станции 3, 10.07.1987, ЕАМ; 9 лич., р. Ботчи, станция 6, 14.07.1987, ЕАМ.

41. *Haploperla maritima* Zhiltzova et Levanidova, 1978

Материал. 3♀, р. Тумнин, р. Чичимар, устье, 26.06.1997, ТМТ; 7♂, 8♀, р. Тумнин, от кл. Василий до р. Чичимар, 25.06.1997, ТМТ.

Распространение. Палеархеарктический вид. Россия: Амурская обл., Хабаровский и Приморский края.

Результаты и обсуждение

По результатам обработки собранного материала фауна веснянок Ботчинского заповедника представлена 24 видами из 16 родов и 7 семейств. В бассейне р. Тумнин богатство фауны значительно выше – 35 видов из 22 родов и 8 семейств, поскольку басс. р. Тумнин значительно больше, чем басс. р. Ботчи и его водотоки обследованы значительно лучше. Следует также учитывать, что не все обнаруженные в басс. р. Тумнин виды веснянок могут обитать в малых предгорных реках заказника «Тумнинский», расположенного в нижней части бассейна одноименной реки. Вместе с тем, полученные результаты дают общее представление о фауне веснянок в водотоках этих особо охраняемых территорий восточного макросклона северного Сихотэ-Алиня. Суммарный аннотированный список включает 41 вид из 24 родов и 8 семейств. Мера сходства двух локальных фаун достаточно высока, коэффициент Сёренсена составляет 61 %. По количеству видов преобладают веснянки из сем. Perlodidae (14 видов), затем следуют сем. Chloroperlidae (9), Nemouridae, Capniidae (по 5), Leuctridae (3), Pteronarcyidae, Taeniopterygidae (по 2) и Perlidae – 1 вид. Ранее было установлено, что плекоптерофауна в водотоках восточного склона хр. Сихотэ-Алинь по видовому составу близка Нижнеамурской и представляет собой обедненный вариант последней (Тесленко, 2007). Согласно литературным данным список веснянок Нижнего Приамурья включает 66 видов из 33 родов и 8 семейств (Тесленко, 2011), а фауна веснянок Сихотэ-Алинского государственного природного заповедника им. К.Г. Абрамова, расположенного также на восточных склонах, но южнее, чем Ботчинский, представлена 60 видами из 30 родов и 8 семейств (Потиха, 2010). Следовательно, изученность отряда Plecoptera в водотоках Ботчинского заповедника и заказника «Тумнинский» остается до настоящего времени еще

недостаточно полной. Принимая во внимание близость обследованных территорий к Татарскому проливу, самой холодноводной части Японского моря, и тот факт, что плекоптерофауна в водотоках восточного Сихотэ-Алиня беднее таковой западного склона, есть основания предполагать, что основу фауны Ботчинского заповедника и природного заказника «Тумнинский» будут составлять широко распространенные холодолюбивые восточно-пaleарктические виды. Для уточнения современного состояния плекоптерофауны Ботчинского заповедника и природного заказника «Тумнинский» необходимо проведение дальнейших исследований.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность сотрудникам ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН Е.А. Макарченко, М.П. Тиунову, Т.М. Тиуновой, А.А. Семенченко и С.Е. Сиротскому (ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск) за сбор материала. Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000147-6).

Литература

- Алекин О.А.** 1970. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат. 444 с.
- Васьковский М.Г.** 1972. Гидрологическое районирование, основные черты режима рек и водный баланс Приморья // Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 3. Приморье. Л.: Гидрометеоиздат. С. 90–102.
- Водные ресурсы Хабаровского края.** 1990. Хабаровск: ДВО АН СССР. 173 с.
- Жильцова Л.А., Леванидова И.М.** 1984. Аннотированный каталог веснянок (Plecoptera) Советского Дальнего Востока // Биология пресных вод Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 18–45.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А.** 1999. Первые данные по фауне комаров-звонцов реки Ботчи (Ботчинский государственный заповедник) // Тез. докл. IV Дальневосточная конференция по заповедному делу. Владивосток, 20–24 сентября 1999 г. Владивосток: Дальнаука. С. 101–102.
- Олейников А.Ю.** 2010. Выдра (*Lutra lutra* L., 1758) в Ботчинском заповеднике // Амурский зоологический журнал. Т. П. № 4. С. 378–388.
- Потиха Е.В.** 2010. Обзор фауны веснянок лесных заповедников Приморского края // Матер. конф. IX Дальневосточной конф. по заповедному делу. Владивосток, 20–22 октября 2010. Владивосток: Дальнаука. С. 332–339.
- Ресурсы поверхностных вод СССР.** 1970. Дальний Восток. Т. 18. Вып. 2. Нижний Амур. Л.: Гидрометеоиздат. 570 с.
- Тесленко В.А.** 2007. Обзор фауны веснянок (Plecoptera) и районирование водотоков Дальнего Востока России // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 6. Вып. 2. С. 157–180.
- Тесленко В.А.** 2011. К фауне веснянок (Plecoptera, Insecta) Нижнего Приамурья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 5. Владивосток: Дальнаука. С. 501–521.
- Форина Ю.А., Шестеркин В.П.** 2010. Особенности химического состава речных вод восточного склона Северного Сихотэ-Алиня // География и природные ресурсы. № 3. С. 81–87.
- Форина Ю.А.** 2011. Особенности химического состава воды малых рек северного Сихотэ-Алиня // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 5. Владивосток: Дальнаука. С. 557–562.
- Шестеркин В.П., Костомарова И.В.** 2017. Гидрохимия малых рек государственного природного заказника «Тумнинский» // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 7. Владивосток: ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН. С. 262–266.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.21>
<https://elibrary.ru/lppfor>

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ПО ИНДЕКСУ *EPT* В ВОДОТОКАХ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАУНЫ

В.А. Тесленко¹, Т.М. Тиунова¹, А.А. Семенченко^{1,2}

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690022, Россия. E-mail: teslenko@biosoil.ru, tiunova@biosoil.ru, semenchenko_alexander@mail.ru

²Лаборатория экологии и эволюционной биологии водных организмов, Институт Мирового Океана, Дальневосточный федеральный университет, о. Русский, п. Аякс, 10, г. Владивосток, 690922, Россия

В работе представлены результаты оценки качества вод на обследованных участках предгорных рек полуострова Камчатка в осенний период 2022 г. Индекс *EPT* индикаторных групп поденок (Ephemeroptera), веснянок (Plecoptera) и ручейников (Trichoptera) в водотоках бассейнов рек Большая, Камчатка и Авача изменялся в пределах 8–16, что по стандарту соответствует хорошему-среднему или среднему качеству вод. Учитывая, что фауна этих индикаторных отрядов амфибиотических насекомых в водотоках Камчатки составляет чуть более 20 % от таковой на юге Дальнего Востока, эти региональные особенности отражаются и на индексах при оценке качества вод, в частности на количестве видов *EPT*. И если качество воды считается хорошим при наличии в реках юга Дальнего Востока 24–31 вида, то для водотоков Камчатки такое качество воды, оцененное нами при индексе от 10 до 16 вполне оправдано. Необходимо учитывать и сезонные изменения фауны, поскольку пробы отбирались в сентябре, когда большинство индикаторных таксонов покинули водоток, а ряд видов нового поколения еще не отродился. Подтверждением наших результатов могут служить исследования, проводившиеся ранее в районах действующих хозяйственных объектов на п-ове Камчатка, которые показали, что индекс *EPT* на фоновых участках рек варьировал от 10 (р. Аги) до 13 (р. Толмачева), что сопоставимо с полученными нами результатами.

ESTIMATION OF WATER QUALITY ACCORDING TO THE *EPT* INDEX IN THE KAMCHATKA PENINSULA RIVERS IN AUTUMN, TAKING INTO ACCOUNT REGIONAL FEATURES OF THE FAUNA

V.A. Teslenko¹, T.M. Tiunova¹, A.A. Semenchenko^{1,2}

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: teslenko@biosoil.ru, tiunova@biosoil.ru, semenchenko_alexander@mail.ru

²Laboratory of Ecology and Evolutionary Biology of Aquatic Organisms, Institute of the World Ocean, Far Eastern Federal University, Russian Island, 10 Ajax st., Vladivostok, 690922, Russia.

The paper presents the results of the water quality assessing in the surveyed areas of the foothill Kamchatka Peninsula Rivers in the autumn of 2023. The *EPT* index of indicator groups of mayflies (Ephemeroptera), stoneflies (Plecoptera), and caddisflies (Trichoptera) in the streams of the Bolshaya, Kamchatka, and Avacha River Basins varied within 8–16, which corresponds to the standard of good-fair or fair water quality. However, given that the fauna of these indicator orders of aquatic insects in the Kamchatka Rivers is slightly more

than 20 % of that in the south of the Far East; these regional features are also reflected in the indices when assessing water quality, in particular, in the number of *EPT* species. And if the water quality is considered good if there are 24–31 species in the rivers of the south of the Far East, then for the watercourses of Kamchatka such water quality, which we assessed with an index of 10 to 16, is quite justified. It is also necessary to take into account seasonal changes in the fauna, since the samples were taken in September, when most of the indicator taxa left the streams, and a number of species of the new generation had not yet hatched. Our results can be confirmed by studies conducted earlier in the areas of existing economic facilities on the Kamchatka Peninsula, which showed that the *EPT* index in the background river sections varied from 10 (Agi R.) to 13 (Tolmacheva R.), which is comparable with our results.

Введение

Организмы и сообщества макрозообентоса являются наиболее удобными, информативными и надежными биоиндикаторами. Они отвечают основным требованиям к биологическим индикаторам, к числу которых относятся: повсеместная встречаемость, высокая численность, биотопическая приуроченность, достаточно продолжительный срок жизни (Алимов, 1996; Баканов, 1999; Яковлев, 2000; Шуйский и др., 2002; Балушкина, 2003; Зинченко, 2008). При выборе индексов, которые бы адекватно отражали возможные изменения в бентосном сообществе в результате антропогенного воздействия, необходимо исходить из того, что основу биомассы (до 90 %), численности и видового разнообразия в Дальневосточных водотоках горного и предгорного типов составляют водные стадии амфибиотических насекомых (Леванидов, 1981; Тиунова, 2007). Результаты мониторинговых исследований, проводившихся в районах действующих хозяйственных объектов Камчатского края, убедительно показали, что все виды техногенного воздействия на экосистемы лососевых водотоков вызывают обеднение видового состава и снижение количественных характеристик макрозообентоса (Чебанова, 2009). Одним из таких показателей является индекс *EPT* – индикаторных групп водных насекомых из отрядов *Ephemeroptera* (поденки), *Plecoptera* (веснянки) и *Trichoptera* (ручейники) наименее толерантных к изменению условий обитания даже на начальных этапах техногенного воздействия (Lenat, 1994; Вшивкова и др., 2005; Чебанова, 2009). Реакцию индикаторных групп *EPT* учитывают по изменению их видового разнообразия. Однако вследствие длительных периодов изолированного (полуостровного) существования, морских трансгрессий, вулканической деятельности, горно-долинных оледенений и негативного влияния талых вод, фауна водных насекомых п-ова Камчатка по сравнению с южными регионами Дальнего Востока России отличается обедненностью видового состава (Леванидова, 1982). Эти региональные особенности фауны будут отражаться и на индексах, в частности на количестве видов *EPT* при оценке качества вод.

Цель настоящей работы состояла в оценке экологического состояния водотоков Камчатки, проведенной с помощью индекса *EPT* с учетом региональных особенностей фауны.

Материал и методы

Отбор проб индикаторных организмов макрозообентоса проведен на полуострове Камчатка с 10 по 19 сентября 2022 г. Были обследованы водотоки предгорного типа в бассейнах трех рек: Большая, Камчатка и Авача и Налычева (рис. 1). Учет трех индикаторных отрядов амфибиотических насекомых поденок, веснянок и ручейников осуществлялся с помощью качественных методов сбора (табл. 1).

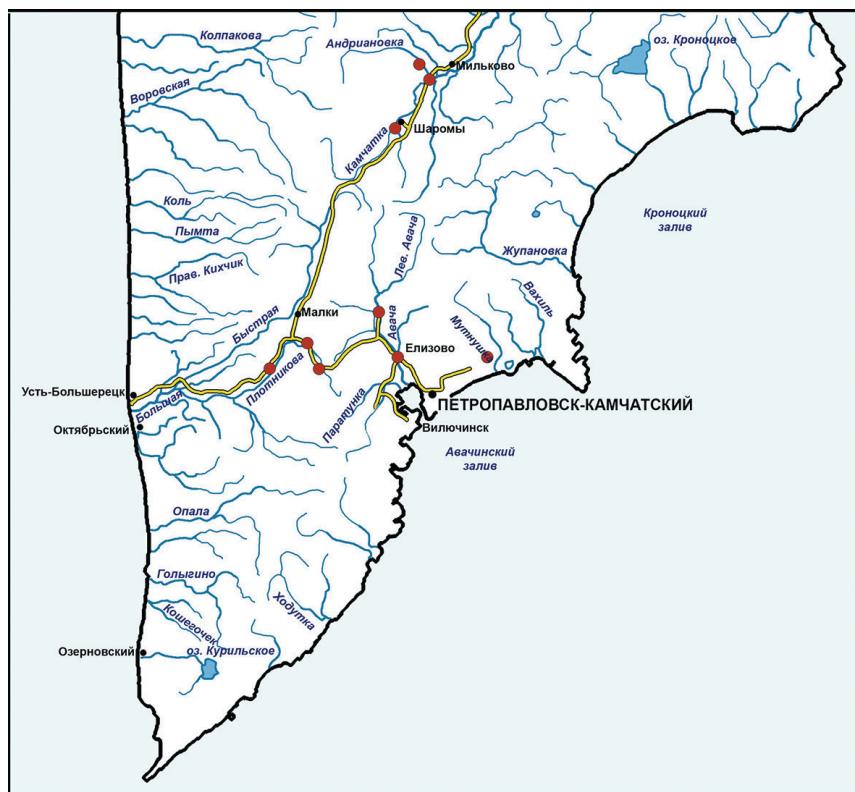


Рис. 1. Карта-схема района исследований. Точками обозначены места отбора проб

Таблица 1

**Основные гидрологические характеристики водотоков полуострова Камчатка
в местах отбора проб**

Место сбора	Дата	Метод сбора	T воды, °C	Скорость течения м/сек, пles—перекат	Координаты
Река Плотникова, басс. р. Большая, окр. пос. Сокоч, верхнее течение	14.09. 2022	лягачка	9,8	0,87–1,51	53°.18871 N 157°.61647 E
Река Плотникова, басс. р. Большая, протока, среднее течение	14.09. 2022	лягачка	9,9	0,28–1,18	53°.06820 N 157°.36456 E
Река Андриановка, левый приток р. Камчатка, пос. Мильково, верхнее течение	11.09. 2022	лягачка, кошение, дрифт	9,8	0,36–0,86	54°.63781 N 158°.46008 E
Река Камчатка, с. Шаромы, среднее течение	12.09. 2022	лягачка, дрифт	13,2	0,6–1,42	54°.390712 N 158°.196826 E
Река Авача, пос. Сев. Коряки, верхнее течение	15.09. 2022	лягачка, кошение	8,8	1,41	53°. 35797 N 158°.21237 E
Река Гаванка, правый приток р. Авача	15.09. 2022	лягачка, кошение	7,8	0,43–0,9	53°. 26493 N 158°.214682 E
Река Авача, окр.г. Елизово, нижнее течение	15.09. 2022	лягачка	8,6	2,0	53°. 202915 N 158°.38869 E
Река Мутнушка, басс. р. Налычева	19.09. 2022	лягачка	6,4	1,33	53°.176660 N 159°.103997 E

Обследованные водотоки отличались высокой скоростью течения и каменистыми гравийно-галечными грунтами, поэтому отбор качественных проб проводился методом «лягания». При этом сачок устанавливался на стрежне реки, а грунт взмучивался ногами выше по течению. Отлов личинок, дрейфующих в водном потоке, производился сачком-ловушкой из газа № 23 с площадью входного отверстия $0,0625 \text{ м}^2$ и глубиной до 1 м. Ловушку устанавливали в толще воды на время работы. После сноса организмов, пробы отмывались и фиксировалась (Методические рекомендации..., 2003).

Воздушную фазу или имаго собирали энтомологическим сачком в процессе роения над водотоком, либо кощением прибрежной растительности. Весь материал фиксировался спиртом и обрабатывался по общепринятой методике (Жадин, 1960). Пробы сортировались по группам с помощью микроскопа МБС-10 и определялись специалистами по возможности до вида. Было обработано 97 качественных проб бентоса, собранных на 9 станциях, включая плесы и перекаты.

Оценка экологического состояния водотоков проведена по индексу *EPT*, рассчитанному по индикаторным группам водных насекомых из отрядов поденки (*Ephemeroptera*), веснянки (*Plecoptera*) и ручейники (*Trichoptera*). Оценка экологического состояния водотоков определялась по критериям, представленным в таблице 2 (Lenart, 1994). При использовании этого индекса учитывали регион исследования, размер водотока и сезонные изменения видового состава.

Краткая характеристика обследованных водотоков

Водотоки полуострова Камчатка характеризуются снеговым, дождевым, грунтовым и ледниковым питанием. Они относятся к Тянь-Шанскому типу и характеризуются преимущественно подземным питанием со значительной долей талого стока (Васьковский, 1959, 1960). Благодаря подземному питанию и высокой скорости течения большинство рек зимой не замерзает или имеет неустойчивый ледостав. Крупные реки полуострова, сохранив значительные уклоны и высокую скорость течения до самого устья, остаются полугорными даже в пределах равнин и низменностей. Все обследованные реки играют важную роль в воспроизводстве тихоокеанских лососей. Ниже представлена краткая характеристика обследованных водотоков и их гидрологические характеристики в местах отбора проб (табл. 1).

Река Плотникова (басс.р. Большая) берёт начало из оз. Начикинское и впадает в р. Большая (басс. Охотского моря) с левого берега на 53-м км от её устья. Длина р. Плотникова 134 км, площадь водосбора 4450 км^2 , общее падение реки 321 м, ширина реки в нижней части составляет от 80 до 150 м. Скорость течения 0,5–1,2 м/с, глубина 1,5–8 м. В долине реки расположено несколько населённых пунктов – поселки Начики, Сокоч, Дальний и Апача (Доклад..., 2022). Пробы отбирались на р. Плотникова в верхнем и среднем течении (рис. 2, 3).

Река Камчатка берет начало на восточном склоне Срединного хребта и впадает в Камчатский залив Тихого океана в 2 км ниже пос. Усть-Камчатск. Бассейн р. Камчатка расположен в центральной части Камчатского п-ова и представляет собой обширную горную страну с разнообразным рельефом, изменяющимся от обширных низменностей Центральной Камчатской депрессии до высоких хребтов, вулканических гор и столовых возвышенностей. Длина р. Камчатка 758 км, площадь водосбора 55900 км^2 , общее падение реки 1200 м, средний уклон 1,58 %. В верховьях река имеет горный характер с многочисленными перекатами и порогами. В среднем течении река выходит на Центрально-Камчатскую низменность и имеет очень извилистое русло, в устье образует дельту. В бассейне р. Камчатка

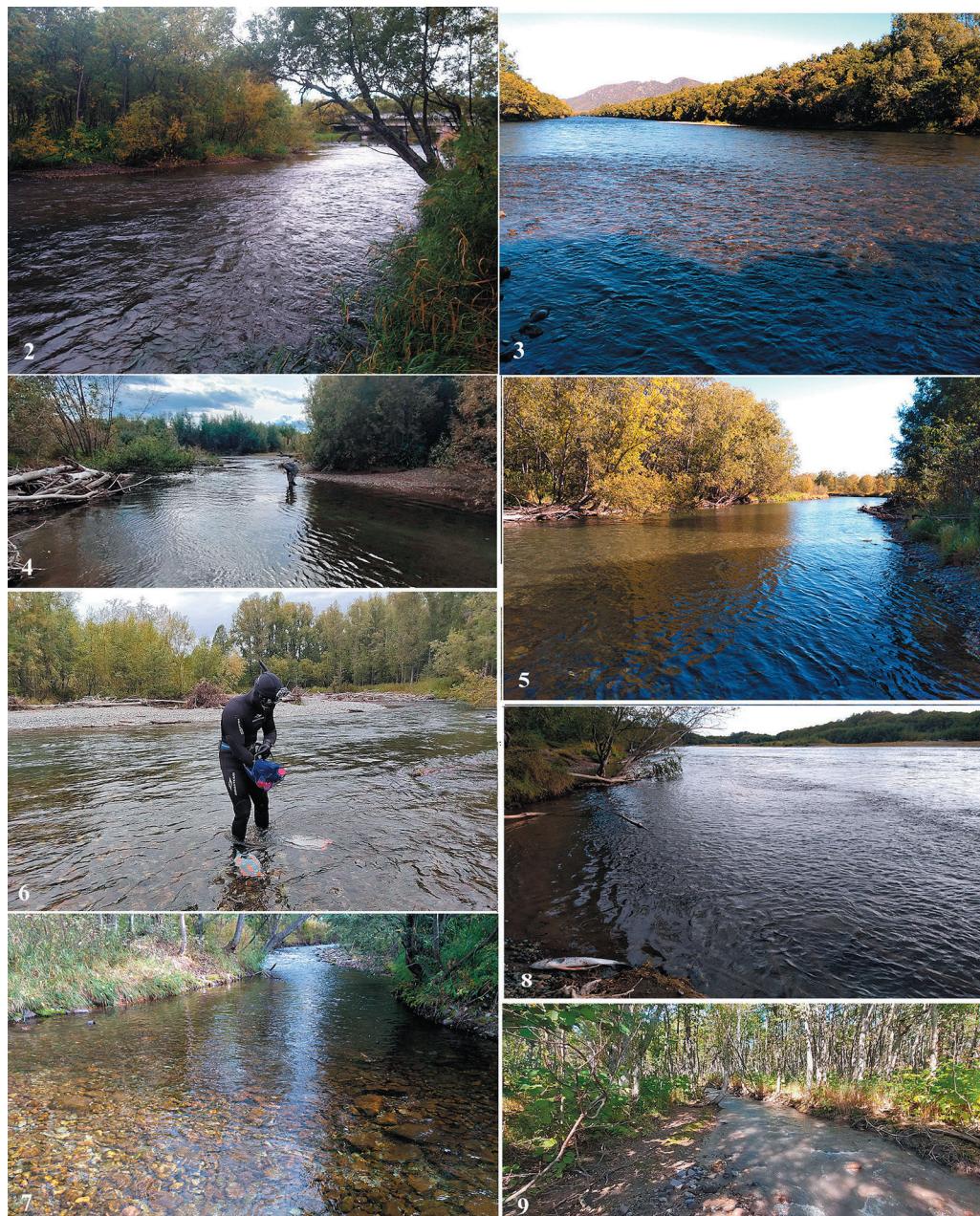


Рис. 2–9. Места и методы отбора проб. 2 – река Плотникова, басс.р. Большая, окрестности пос. Сокоч (верхнее течение); 3 – р. Плотникова, басс.р. Большая, протока, среднее течение; 4 – р. Андриановка, левый приток р. Камчатка, верхнее течение, лягание субстрата; 5, 6 – р. Камчатка, с. Шаромы, среднее течение, сбор материала на плесе; 7 – р. Гаванка, правый приток р. Авача, среднее течение; 8 – р. Авача, окрестности г. Елизово, нижнее течение; 9 – р. Мутнушка

насчитывается 7 707 рек общей протяженностью более 30 тыс. км, большинство рек имеет длину менее 10 км. Река Камчатка имеет преимущественно подземное (50–70 % годового объема) и снеговое питание. Минерализация воды колеблется в пределах 35–200 мг/л. Отмечается значительное повышение минерализации воды после впадения рек Толбачик и Студеная, бассейны которых расположены в районе действующих вулканов. Вода р. Камчатки относится к гидрокарбонатному классу.

Бассейн р. Камчатка относится к зоне повышенной мутности. Средняя многолетняя величина мутности основного русла в верхнем течении равна $50 \text{ г}/\text{м}^3$, в среднем течении $130\text{--}170 \text{ г}/\text{м}^3$ и в нижнем $85\text{--}90 \text{ г}/\text{м}^3$ (*Васьковский, 1973*). Наиболее теплая вода наблюдается в августе, достигая в нижнем течении $14,0^\circ\text{C}$. Продолжительность ледостава в среднем течении реки составляет 150, в нижнем – 170 дней. Вскрытие реки происходит в конце апреля – начале мая. Отличительной особенностью зимней межени является ее высокая водность. Питьевые качества воды хорошие, и она без предварительной очистки используется для бытовых и технических нужд (*Бонк, 2015*). Пробы отобраны в р. Камчатка в ее среднем течении (рис. 5, 6).

Река Андриановка (рис. 4), левый приток р. Камчатка длиной 70 км, площадь водосборного бассейна 1190 км^2 . Образуется при слиянии р. Средняя Андриановка и р. Правая Андриановка. Высота истока над уровнем моря – $474,8 \text{ м}$. Впадает в р. Камчатка слева в 590 км от её устья, в 11 км к юго-западу от с. Мильково.

Река Авача расположена в юго-восточной части п-ова Камчатка. Её протяжённость составляет 122 км, площадь бассейна 5090 км^2 . Истоки реки лежат в оз. Верхне-Авачинское, на высоте около 800 м над уровнем моря. Протекает по узкой горной долине. С правой стороны река упирается в горный хребет Ганальские Востряки, слева ее сопровождают вулканы Восточного района. В среднем течении горный рельеф сменяется на более низменный, хотя и холмистый. В нижнем течении образует небольшую дельту, впадает в Авачинскую губу, которая выходит в Тихий океан. Максимальные значения температуры воды до $14\text{--}15^\circ\text{C}$ наблюдаются в августе в нижнем течении. Замерзает в конце декабря, вскрывается в марте. В бассейне реки 194 небольших озера общей площадью $6,18 \text{ км}^2$, а также многочисленные минеральные горячие и холодные источники. Заболоченность бассейна невелика и составляет около 5 % общей площади водосбора. По химическому составу вода р. Авача относится к гидрокарбонатному классу. Для реки характерно сравнительно равномерное распределение стока внутри года, которое обеспечивается растянутостью весенне-летнего половодья и обильным грунтовым питанием. Около 80 % стока приходится на теплую часть года (*Бонк, 2015*). Материал собран в р. Авача в верхнем и нижнем течении (рис. 7, 8).

Река Налычева протекает на территории природного парка «Налычево» и впадает в Авачинский залив. Основная часть парка расположена в чашеобразной долине р. Налычева, окруженнной действующими и потухшими вулканами. Длина реки 80 км, площадь водосборного бассейна 1460 км^2 . Река Мутнушка (рис. 9), на которой проводился отбор проб, является правым притоком р. Налычева длиной 13 км. Вода в реке имеет беловатый оттенок, поскольку река берет свое начало в леднике кратера потухшего вулкана Козельский. На левом берегу р. Мутнушка в 8,4 км от устья находится Козельский полигон с ядохимикатами и большим количеством ртутных препаратов.

Результаты исследований

В целом в бассейнах рек Большая, Камчатка, Авача и Налычева за период исследований с 11 по 19 сентября 2022 г. выявлено 33 индикаторных таксона амфибиотических насекомых разного ранга из отрядов поденки (*Ephemeroptera*), веснянки (*Plecoptera*) и ручейники (*Trichoptera*) (табл. 2), представленных главным образом, личинками новых генераций. По видовому богатству, хотя и незначительно, преобладали поденки (12 видов) и ручейники (11 видов), затем следовали веснянки (10 таксонов).

Фауна подёнок водотоков Камчатки насчитывает 36 видов из 17 родов и 8 семейств (Тиунова, 2022). По количеству видов лидирует семейство *Heptageniidae* (12), за ним следуют *Baetidae* (9) и *Ephemerellidae* (6 видов), остальные семейства представлены 1–3 видами. Видовой состав в бассейнах крупных рек представлен неравномерно. Так в бассейнах рек Большая и Авача отмечено 16 и 15 видов, соответственно, в бассейнах рек Камчатка и Плотникова по 12 видов. Фауна состоит в основном из широко распространенных транспалеарктических и восточно-пaleарктических видов. Поденки с палеархеарктическим типом распространения немногочисленны. По результатам сборов в сентябре 2022 г. видовой состав поденок представлен 12 видами из 4 семейств и 9 родов (табл. 2). Следует отметить присутствие в обследованных водотоках таких видов как *Isonychia maculatus*, *Cinygma lyriformis*, *Cinygmulia putoranica* и *C. cava* наиболее чувствительных к любым типам загрязнения.

В настоящее время в водотоках Камчатки обитает 29 видов веснянок из 18 родов и 6 семейств (Teslenko, Khamenkova, 2023, в печати). Наибольшее богатство видов веснянок отмечено для семейства *Chloroperlidae* (10), далее следуют *Capniidae* (8) и *Perlodidae* (6), остальные семейства содержат 1–3 вида. Свообразие фауны п-ова Камчатка определяется единственным эндемиком *Capnia levanidovae*. В зоогеографическом аспекте преобладают широко распространенные виды с восточно-пaleарктическим типом ареала. Веснянки с транспалеарктическим и голарктическим распространением немногочисленны. В обследованных водотоках Камчатского полуострова в сентябре 2022 г. собрано 10 видов веснянок из 10 родов и 4 семейств. Материал представлен в основном личинками, только *Suwalla kerzhneri* и *Mesocapnia* sp. собраны в имагинальной стадии развития. В каждом речном бассейне отмечено от 4 до 7 таксонов веснянок. Причем относительно высокое видовое богатство (6 видов) характерно для верхнего течения, в среднем и нижнем течении обследованных водотоков количество видов сокращается до трех. Самые низкие значения толерантности к загрязнению зарегистрированы для представителей семейств *Capniidae* (*Isocapnia guentheri*, *Mesocapnia* sp.) и *Chloroperlidae* (*Suwalla kerzhneri*, *Alloperla rostellata*).

Среди трех отрядов амфибиотических насекомых сравнительно высоким видовым богатством на п-ове Камчатка выделяется фауна ручейников. Согласно опубликованным данным, список ручейников включает 79 видов из 36 родов и 12 семейств (Вшивкова и др. 2013; Лобкова, Вшивкова, 2015). По типам ареалов преобладают широко распространенные голарктические, палеарктические и восточно-пaleарктические виды. В сентябрьских сборах обнаружено 11 видов ручейников, 2 вида представлены имагинальной стадией развития. Количество видов в обследованных водотоках изменялось от 2 до 5, причем самое высокое видовое богатство установлено в протоке р. Камчатка, самое низкое – в басс. р. Авача (табл. 2). Ручейники семейств *Brachycentridae* и *Glossosomatidae* отличаются самой низкой толерантностью к ухудшению качества среды обитания.

Проведенный таксономический анализ биоразнообразия индикаторных отрядов амфибиотических насекомых позволил оценить качество пресных вод на обследованных участках предгорных водотоков п-ова Камчатка. Индекс *EPT* в водотоках бассейнов рек Большая, Камчатка и Авача изменился от 8 до 16, что указывает на хорошее качество вод (табл. 2). Относительно высокие показатели индекса *EPT* 16–11 отмечены в верхнем течении водотоков, а в нижнем течении значения индексов *EPT* снижались до 15–8. Самые высокие показатели индекса *EPT*, и, следовательно, хорошее качество вод, выявлено в басс.р. Камчатка, в р. Андриановка

Таблица 2

Видовой состав индикаторных отрядов амфибиотических насекомых и индексы ЕРТ на обследованных участках рек полуострова Камчатка в сентябре 2022 года

и протоке р. Камчатка. В бассейне р. Плотникова индекс *EPT* варьировал от 13 до 10 в верхнем и нижнем течении соответственно, что отвечало среднему качеству вод. Среднее качество вод с индексами *EPT* от 11 в верховьях до 8 в нижнем течении выявлено и в р. Авача. Причем минимальное значение индекса *EPT* 8 отмечено у г. Елизово. Следовательно, можно предположить, что р. Авача испытывает антропогенную нагрузку этого населенного пункта.

Особое внимание в рамках гидробиологического мониторинга было удалено оценке качества воды в р. Мутнушка (басс.р. Начилова) в связи с экологической катастрофой в акватории Халактырского пляжа в 2020 г. Результаты исследований ФГБУ «Камчатское УГМС» 2020 г. подтвердили отсутствие загрязняющих веществ в р. Начилова в величинах, превышающих допустимые нормативы (Отчет..., 2022). По нашим данным в октябре 2020 г. в р. Мутнушка в бентосе были обнаружены индикаторы чистой воды из отряда веснянок *Mesocapnia* sp. и *Skwala compacta*, которые обладают низкой толерантностью к загрязнениям. Эти же виды веснянок были обнаружены и в сентябре 2022 г. Кроме них в список индикаторных видов вошли веснянки *Taenionema japonicum*, молодые личинки сем. Chloroperlidae (*Plumiperla?* sp.) и личинки поденки *Cinygmulia cava* (табл. 3). Таким образом, учитывая поздние сроки отбора проб, индекс *EPT* для р. Мутнушка не может быть объективным. Однако, принимая во внимание наличие в пробах низко толерантных видов веснянок, можно говорить о относительно чистых водах реки.

Таблица 3

**Критерии классификации качества вод ручьев и рек по количеству видов ЕРТ
(Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera) с июля по сентябрь (по: Lenat, 1994)**

Классификация по качеству	Число видов ЕРТ		
	Горные	Предгорные	Равнинные
Очень хорошее	> 41	> 31	> 27
Хорошее	32–41	24–31	21–27
Хорошее-среднее	22–31	16–23	14–20
Среднее	12–21	8–15	7–13
Плохое	0–11	0–7	0–6

Сопоставляя полученные результаты по количеству видов *EPT* с данными представленными в табл. 2, необходимо отметить, что фауна этих индикаторных групп амфибиотических насекомых для водотоков Камчатки составляет чуть больше 20 % от таковых фауны юга Дальнего Востока. И если качество воды считается хорошим при наличии в водотоке 24–31 вида (табл. 3), то для водотоков Камчатки такое качество воды, оцененное нами при индексе от 10 до 16 вполне оправдано. Необходимо учитывать и то, что пробы отбирались в сентябре, когда большинство индикаторных таксонов покинули водоток, а ряд видов нового поколения еще не отродился. Подтверждением наших результатов могут служить исследования, проводившиеся ранее в районах действующих хозяйственных объектов Камчатки (реки Аги, Толмачева и ручей Ключевой), которые показали, что индекс *EPT* на фоновых участках варьировал от 10 (р. Аги) до 13 (р. Толмачева) (Чебанова, 2009), что сопоставимо с полученными нами результатами.

Благодарности

Авторы благодарят Т.С. Вшивкову (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за помощь при определении имаго ручейников.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000147-6) и при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZNS-2022-0001).

Литература

- Алимов А.Ф.** 1996. О биологической оценке состояния водных экосистем и качества вод (вместо предисловия) // Экологическое состояние водоемов и водотоков бассейна р. Невы. С.-Пб. научный центр РАН. Комитет по экологии природным ресурсам. СПб. С. 4–12.
- Баканов А.И.** 1999. Использование комбинированных индексов для мониторинга пресноводных водоемов по зообентосу // Водные ресурсы. Т. 26. № 1. С. 108–111.
- Балушкина Е.В.** 2003. Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры: влияние гидрофизических и гидрохимических параметров // Биология внутренних вод. № 1. С. 74–80.
- Бонк А.А.** 2015. Характеристика пресноводных водоемов Камчатки. Учебно-справочное пособие. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. Всемирный фонд дикой природы (WWF). 52 с.
- Васьковский М.Г.** 1959. Годовой сток рек Камчатки // Труды ДВ НИГМИ. № 8. С. 5–31.
- Васьковский М.Г.** 1960. Типизация рек Камчатки и некоторые вопросы изучения их стока // Труды ДВ НИГМИ. № 11. С. 130–153.
- Васьковский М.Г.** 1973. Ресурсы поверхностных вод СССР. Камчатка. Л.: Гидрометиздат. 367 с.
- Вшивкова Т.С., Омельченко М.В., Бурухина Е.В., Самчинская Л.П., Сибирская Е.К.** 2005. Оценка влияния Партизанской ГРЭС на экологическое состояние р. Партизанская и р. Ключ Лозовый // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 139–155.
- Вшивкова Т.С., Засыпкина И.А. . Лобкова Л.Е.** 2013. Итоги исследования трихоптерофауны (Insecta: Trichoptera) Камчатки: к 100-летнему юбилею И.М. и В.Я. Леванидовых // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: тезисы докладов XIV международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения известного дальневосточного учёного, д.б.н., профессора В.Я. Леванидова. Петропавловск-Камчатский. С. 183–190.
- Доклад о состоянии окружающей среды в Камчатском крае в 2021 году.** 2022. Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края. [Электронный ресурс] – Петропавловск-Камчатский. 405 с. <https://kamgov.ru/files/63279773404083.44354868.p>
- Жадин В.И.** 1960. Жизнь в реках. Жизнь пресных вод СССР. Изд-во АН СССР. Т. 3. 450 с.
- Зинченко Т.Д.** 2008. Методологический подход к проведению мониторинговых исследований природных гидросистем (на примере Волжского бассейна) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 4. Владивосток: Дальнаука. С. 25–30.
- Леванидов В.Я.** 1981. Экосистемы лососевых рек Дальнего Востока // Беспозвоночные животные в экосистемах лососевых рек Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 3–21.
- Леванидова И.М.** 1982. Амфибиотические насекомые горных областей Дальнего Востока СССР. Л.: Наука. 215 с.
- Лобкова Л.Е., Вшивкова Т.С.** 2015. Ручейники (Insecta, Trichoptera) особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Камчатского края // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Вып. 4. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 128–162.
- Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: Методическое пособие.** 2003. М.: Изд-во ВНИРО. 95 с.
- Отчёт по реке Налычева.** Официальный сайт исполнительных органов государственной власти Камчатского края. Дата обращения: 10 января 2022. Архивировано 10 января 2022 года.
- Тиунова Т.М.** 2007. Динамика биомассы бентоса в экосистемах лососевых рек юга Дальнего Востока // Биологические ресурсы Дальнего Востока России: комплексный региональный проект ДВО РАН. Москва. С. 195–216.

- Тиунова Т.М.** 2022. Обзор фауны поденок (Insecta, Ephemeroptera) полуострова Камчатка с приведением новых данных для региона // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 21 (Приложение 1). С. 102–111.
- Чебанова В.В.** 2009. Бентос лососевых рек Камчатки. М.: ВНИРО. 172 с.
- Шуйский В.Ф., Петрова Т.А., Максимова Т.В., Петров Д.С.** 2002. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений // Сборник научн. докл. VII междунар. конф. «Экология и развитие Северо-Запада России». С.-Петербург, 2–7 августа 2002 г. СПб.: Изд-во МАНЭБ. С. 441–451.
- Яковлев В.А.** 2000. Трофическая структура зообентоса – показатель состояния водных экосистем и качества воды // Водные ресурсы. Т. 27. № 2. С. 237–244.
- Lenat D.R.** 1994. Using Aquatic Insects to Monitor Water Quality // Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality. Publisher: Hohai University Press. P. 68–92.
- Teslenko V.A., Khamenkova E.V.** 2023. Stoneflies (Plecoptera) of Northeast Asia and adjacent regions // Euroasian Entomological Journal (в печати).

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.22>

<https://elibrary.ru/lsteog>

ПОДЕНКИ (INSECTA, EPHEMEROPTERA) СЕВЕРА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Т.М. Тиунова¹, Е.В. Хаменкова²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690022, Россия. E-mail: tiunova@biosoil.ru

² Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, ул. Портовая, 18, Магадан, 685000, Россия.
E-mail: tauy@mail.ru

На основе литературных и оригинальных данных приводится обзор фауны поденок (Ephemeroptera) Севера Дальнего Востока России. К настоящему времени фаунистический список поденок региона включает 72 вида из 23 родов и 8 семейств. В водотоках Магаданской области зарегистрировано 52 вида, Чукотки – 27, севера Хабаровского края (часть Приохотья севернее р. Тугур на юге и р. Охота на севере) – 57 и Камчатки – 38 видов. Внутри локальных фаун виды с восточно-палеарктическим типом распространения преобладают во всех регионах Севера ДВ, достигая максимума в Приохотье (54 %). Выявленное для Севера ДВ видовое богатство поденок значительно меньше, чем в водотоках и водоемах юга Дальнего Востока и Восточной Сибири (басс. оз. Байкал), но вполне сопоставимо с фаунами сопредельных территорий и других северных европейских стран.

THE MAYFLIES (INSECTA, EPHEMEROPTERA) OF THE NORTH OF THE FAR EAST OF RUSSIA

Т.М. Tiunova¹, Е.В. Khamenkova²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS,

159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: tiunova@biosoil.ru

²Institute of Biological Problems of the North FEB RAS, 18 Portovaya St., Magadan, 685000, Russia.
E-mail: tauy@mail.ru

Based on the literature and original data, a review of the fauna of mayflies (Ephemeroptera) of the North of the Russian Far East is given. To date, the faunistic list of mayflies in the region includes 72 species from 23 genera and 8 families. In the watercourses of the Magadan Region, 52 species are recorded, Chukotka Autonomous District – 27, the north of the Khabarovsk territory (a part of Okhotsk north of the Tugur River in the south and the Okhota River in the north) – 57, and Kamchatka – 37 species. Within local faunas, species with the Eastern Palearctic type of distribution prevail in all regions of the North of the Far East, reaching a maximum in north of the Khabarovsk Territory (54 %). The species richness of mayflies revealed for the North of the Far East is much less than in the watercourses and reservoirs of the south of the Far East and Eastern Siberia (bass of Lake Baikal), but quite comparable with the fauna of adjacent territories and other northern European countries.

Введение

В настоящей работе Север Дальнего Востока (Север ДВ) рассматривается в составе Магаданской области, Чукотского Автономного округа (Чукотского АО), Камчатского края и севера Хабаровского края (часть Приохотья севернее р. Тугур

на юге и р. Охота на севере) (рис. 1). Эта территория отличается выраженной географической зональностью, согласно которой материковый Северо-Восток представляет район таежно-тундровых гор, Камчатка – горно-вулканический тундро-лесистый район, а территория между реками Тугур и Охота – таежные горы Алдано-Охотского водораздела (Витвицкий и др., 1961). Особый интерес Север ДВ представляет тем, что его северо-восточная часть – это территория, которая по показателям абсолютного минимума зимних температур, претендует на холодные в северном полушарии – «полюса холода» и, южнее чем где-либо в мире опускается сплошная многолетняя мерзлота к югу (до 60° с.ш.). Границы природных зон на Севере ДВ резко отклоняются к югу от обычного зонального распределения. Южная граница субарктического пояса опускается до 58° с.ш., граница тундровой зоны до 60° с.ш. (Томирдиаро, 1970). В том числе и по этим причинам большая часть территории Севера ДВ находится в пределах зон субполярного и арктического климата, и лишь южная часть Магаданской области и Камчатки находятся в зоне умеренного климата. Одной из особенностей Северо-Востока можно считать и то, что, несмотря на влияние Охотоморского и Ледовитоморского климатов и его континентальный характер в центральных районах территории, по показателям температурного режима теплого сезона, весь регион можно рассматривать как единую гиперзону (Алфимов, Берман, 2021). Для Севера ДВ характерно преобладание рек горного и предгорного типов с высокой густотой речной сети и значительной глубиной врезания долин. Реки равнинного типа, напротив, имеют низкую густоту сети и небольшую глубину врезания. Крупные реки меняют свой характер с горного на равнинный, и лишь отдельные водотоки имеют преимущественно равнинный характер. Наиболее крупные по протяженности реки Севера ДВ – это Колыма (около 2600 км), Индигирка (1790 км), Анадырь (1150 км), Камчатка (758 км), Пенжина (713 км), Паляваам (около 500 км), Амгуэма (498 км) и др.

По причине отдаленности и труднодоступности региона планомерные исследования фауны поденок и других представителей амфибиотических насекомых были начаты только в 60-х годах прошлого столетия. В обзоре фауны поденок Дальнего Востока России (Tiunova, 2009) для Магаданской области и Северного Приохотья указывалось 40 видов, для Чукотки – 17, для полуострова Камчатка 28 видов.

В настоящей работе на основе литературных и оригинальных данных приводится фаунистический список поденок Севера ДВ, проводится сравнительный анализ локальных фаун Севера ДВ и сопредельных территорий.

В работе приняты следующие сокращения: лич – личинка, им – имаго, суб – субимаго; фамилий сборщиков: ТТ – Т.М. Тиунова, ЕХ – Е.В. Хаменкова, АС – А.А. Семенченко, ИР – И.В. Резник.

Регионы исследований

Магаданская область – с северо-запада и севера граничит с Республикой Саха (Якутия) и Чукотским АО, с запада с Хабаровским краем, с юга омывается Охотским морем и на востоке граничит с Камчатским краем (рис. 1). Для территории области характерно сложное сочетание разновысотных хребтов, нагорий, плато, впадин и прибрежных равнин. В восточной части расположено Колымское нагорье (1900 м над ур.м.), на северо-западе находится южная оконечность хребта Черского (2286 м) и отроги хребта Сунтар Хаята (2959 м), на юге вдоль побережья протягивается цепочка приморских заболоченных впадин. Климат территории на севере резко континентальный с экстремальным проявлением зимних отрицательных температур.



Рис. 1. Регионы Севера Дальнего Востока

В пределах Колымского нагорья он имеет переходный характер от континентального к приморскому, что создает его уникальность. На побережье климат значительно мягче и характеризуется как холодный морской. На территории области находится несколько крупных озер: озеро Джека Лондона, Малык, Момонтай, Пареньское, Чистое. Крупнейшая река области – р. Колыма, протяженностью 2129 км (бассейн Северного Ледовитого океана). Большая часть (1400 км) р. Колыма протекает по территории Магаданской области, далее по территории Республики Саха (Якутии). Питание рек области снеговое и дождевое с преобладанием дождевого. Летние дождевые паводки часто превосходят весенне-паводок.

Основные исследования фауны поденок северо-восточных районов Дальнего Востока и в частности Магаданской области были начаты в 70-е годы прошлого столетия (1971–1978 гг.) и связаны с началом работ И.М. Леванидовой, изучавшей поденок наряду с такими отрядами амфибиотических насекомых как ручейники и веснянки. В этот период были обследованы водоразделы рек Великая, Хатырка (Чукотский полуостров) и бассейн

Верхней Колымы (Магаданская область). По результатам этих работ была опубликована монография (Леванидова, 1982), где для бассейна р. Колыма приводились сведения о 14 таксонах поденок. С 1972 г. с организацией в Магадане Института биологических проблем Севера (ИБПС) начинают проводиться регулярные фаунистические исследования, как поденок, так и других представителей отрядов амфибиотических насекомых и к 1996 г. фауна поденок Магаданской области представлена уже 28 видами (Засыпкина, 1975, 1980; Засыпкина, Засыпкин, 1991; Засыпкина и др., 1996).

В начале 2000 г. были проведены комплексные исследования бассейна реки Тауй, в результате чего фаунистический список поденок Магаданской области

был увеличен на 11 видов (Арефина и др., 2003). В 2005 г. выходит коллективная монография, где наряду с поденками (Рябухин, Засыпкина, 2005), были обобщены данные по биологическому разнообразию ряда групп животных речных систем Тауйской губы Охотского моря. На тот период фауна поденок была представлена 39 видами.

С 2008 по 2014 гг. вторым автором проводились планомерные исследования зообентоса по продольному профилю основного русла реки Ола и устьевых участков ее притоков (Хаменкова и др., 2017). В результате этих исследований четыре вида (*Cinygmulia putoranica*, *C. kurenzovi*, *C. iuка* и *Neoleptophlebia japonica*) для рек Магаданской области оказывались впервые. В 2018 г. был собран уникальный материал в экспедиционных исследованиях озерно-речных систем южных отрогов хребта Черского в пределах Дарпирской впадины (горные озера Момонтай и Уи) и в 2021 г. на юге Омулевского среднегорья (горные озера Урультун, Малык и др.). В результате этих работ фауна поденок Магаданской области пополнилась рядом видов и представлена, в настоящее время, 52 видами (табл. 1). В то же время вызывает сомнение в правильности определения таких видов как: единичная находка *Ecdyonurus abracadabrus*, включенная в фаунистический список И.А. Засыпкиной (1996) для р. Ола и *E. kibunensis* для реки Курья. Остается неясным и ситуация с видом *Caenis miliaria*, который в работе И.А. Засыпкиной (1980) приводится по личинкам из верхнего течения реки Курьи с вопросом.

Таблица 1

Видовой список поденок Севера Дальнего Востока России

Таксон	Магадан- ская об- ласть	Чукотка	Приохолье	Камчатка	Якутия	Распрос- ранение
1	2	3	4	5	6	7
Ephemeridae						
<i>Ephemera</i> L., 1758						
<i>E. sachalinensis</i> Matsumura, 1911					*	EP
Heptageniidae						
<i>Cinygma</i> Eaton, 1885						
<i>C. lyriiformis</i> (McDunnough, 1924)	+	+	*	+	+	AP
<i>Cinygmulia</i> McDunnough, 1933						
<i>C. autumnalis</i> Tiunova & Gorovaya, 2012	*		*			EA
<i>C. cava</i> Ulmer, 1927	+	+	+	+	*	EP
<i>C. hirasana</i> Imanishi, 1935	+		*		+	EA
<i>C. irina</i> Tshernova & Belov, 1982			*			EA
<i>C. kurenzovi</i> (Bajkova, 1965)	+		*	+		EP
<i>C. malaisei</i> Ulmer, 1927	+	+	*	+	*	EP
<i>C. sapporensis</i> (Matsumura, 1904)					+	EP
<i>C. tetrica</i> Tiunova & Gorovaya, 2013			*			EA
<i>C. tetrica</i> Kluge, 1980	+	+	*	+	*	EP
<i>C. iuка</i> Tiunova & Gorovaya, 19	+		*			EA
<i>C. unicolorata</i> Tshernova, 1979	+	+	*	+	*	EP
<i>Ecdyonurus</i> Eaton, 1868						
<i>E. abracadabrus</i> Kluge, 1983	+				+	EP
<i>E. aspersus</i> Kluge, 1980			*	+	+	EP
<i>E. aurarius</i> Kluge, 1980					+	EP
<i>E. inversus</i> Kluge, 1980	*					EP

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>E. joernensis</i> Bengtsson, 1909	+*		*	*	+	P
<i>E. kibunensis</i> Imanishi, 1936	+	+		+		EA
<i>Epeorus</i> Eaton, 1881						
<i>E. ninae</i> Kluge, 1995			*		*	EP
<i>E. pellucidus</i> (Brodsky, 1930)	+		*		+	EP
<i>Iron</i> Eaton, 1883						
<i>I. maculatus</i> (Tshernova, 1949)	+*		+*	+*	*	EP
<i>Heptagenia</i> Walsh, 1863						
<i>H. dalecarlica</i> Bengtsson, 1912					+	P
<i>H. flava</i> Rostock, 1878	+*					P
<i>H. orbiticola</i> Kluge, 1987			*			EA
<i>H. sulphurea</i> (Müller, 1776)	+*		*	+	+	P
<i>Rhithrogena</i> Eaton, 1881						
<i>R. bajkova</i> Sowa, 1973			*			EP
<i>R. lepnevae</i> Brodsky, 1930	+*		*		*	EP
<i>R. sibirica</i> Brodsky, 1930	+*	+	*	+	*	EP
Metretopodidae						
<i>Metreplecton</i> Kluge, 1996						
<i>M. macronyx</i> Kluge, 1996			*		*	EP
<i>Metretopus</i> Eaton, 1891						
<i>M. alter</i> Bengtsson, 1930		+				AP
<i>M. borealis</i> (Eaton, 1871)	+*	+*	*	+	*	CB
Ameletidae						
<i>Ameletus</i> Eaton, 1885						
<i>A. allengaensis</i> Tiunova & Semenchenko, 20	*		*	*	*	EA
<i>A. altaicus</i> Kluge, 2007					*	EP
<i>A. cedrensis</i> Sinitshenkova, 1977			*		*	EP
<i>A. camschaticus</i> Ulmer, 1927	+*	+*	+*	+*	*	EP
<i>A. inopinatus</i> <i>inopinatus</i> Eaton, 1871	+*		*			CB
<i>A. inopinatus</i> <i>labiatuas</i> Sinitshenkova, 1981	+*		*		*	EA
<i>A. montanus</i> <i>arlechino</i> Kluge, 2007	*		*	*	*	EP
<i>A. montanus</i> <i>rossicus</i> Kluge, 2007					*	EP
<i>Ameletus</i> gr. <i>montanus</i>	+	+		+	+	
<i>A. sirotskii</i> Tiunova et al., 2017	*		*			EA
Siphlonuridae						
<i>Siphlonurus</i> Eaton, 1868						
<i>S. alternatus</i> Say, 1924			*		+	P
<i>S. immanis</i> Kluge, 1985			*		+	EP
<i>S. lacustris</i> (Eaton, 1870)	+*	+	*	+	+	P
<i>S. zhelochovtsevi</i> Tshernova, 1952	*		*		*	EP
<i>Parameletus</i> Bengtsson, 1908						
<i>P. chelifer</i> Bengtsson, 1908	+*	+	+*	+*	*	CB
<i>P. minor</i> (Bengtsson, 1909)	*		*	+	*	P
Baetidae						
<i>Baetis</i> Leach, 1815						
<i>B. (Nigrobaetis) bacillus</i> Kluge, 1983			*			EP
<i>B. (B.) molecularis</i> Tiunova & Semenchenko, 2019	+*	+*	*	+*	*	EA
<i>B. (B.) feles</i> Kluge, 1980					+	EA
<i>B. (B.) fuscatus</i> L., 1761	+*	+*	*	+*	+	P
<i>B. (B.) macani</i> Kimmins, 1957	*			*		CB
<i>B. (B.) pentaphyllus</i> Tiunova & Semenchenko, 2019		*				EA
<i>B. (B.) pseudothermicus</i> Kluge, 1983	+*		*	+		EP

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>B. (B.) ursinus</i> Kazlauskas, 1963			*		+	EP
<i>B. (B.) vernus</i> Curtis, 1834	+	+	+	+	+	P
<i>B. (Tenuibaetis) ussuricus</i> Kluge, 1983			*		+	EP
Acentrella Bengtsson, 1912						
<i>A. fenestrata</i> (Kazlauskas, 1963)	+	+	*	*	+	EP
<i>A. diptera</i> Kluge & Novikova, 2011	+	*	*			EA
<i>A. sibirica</i> (Kazlauskas, 1963)	+	+	*	+	+	EP
<i>Acentrella gr. lapponica</i>					+	
Baetiella Ueno, 1931						
<i>B. tuberculata</i> Kazlauskas, 1963					+	EP
Cloeon Leach, 1815						
<i>C. (Similicloeon) simile</i> Eaton, 1870				+		P
<i>C. (Similicloeon) spiniverte</i> Kluge, Novikova, 1992					+	EP
Procloeon Bengtsson, 1915						
<i>P. pennulatum</i> (Eaton, 1970)	*			*	+	CB
<i>P. bifidum</i> Bengtsson, 1912					*	P
Leptophlebiidae						
Neoleptophlebia Kluge, 1997						
<i>N. japonica</i> (Matsumura, 1931)	+		*	+	+	EP
Paraleptophlebia Lestage, 1917						
<i>P. falcula</i> Traver, 1934	*				*	CB
<i>P. strandii</i> Eaton, 1901	+	+	*	+	+	AP
Choroterpes Eaton, 1881						
<i>Choroterpes</i> sp.					+	
Ephemerellidae						
Drunella Needham, 1905						
<i>D. lepnevae</i> Tshernova, 1949			*		*	EP
<i>D. triacantha</i> Tshernova, 1949	+	+	+	+	+	EP
Ephemerella Walsh, 1862						
<i>E. aurivilli</i> Bengtsson, 1908	+	+	*	+	+	CB
<i>E. atagosana</i> Imanishi, 1937	+		*	+	+	EP
<i>E. kozhovi</i> Bajkova, 1967	+		*	+	*	EP
<i>E. mucronata</i> (Bengtsson, 1909)	+		+	+	+	CB
Serratella Edmunds, 1959						
<i>S. ignita</i> (Poda, 1761)	+	+	*	+	+	P
<i>S. setigera</i> (Bajkova, 1967)					*	EP
<i>S. nuda</i> f. <i>thymalli</i> (Tshernova, 1952)	+	+	+	+	+	EP
<i>S. nuda</i> f. <i>verrucosa</i> (Kluge, 1980)		*				AP
<i>S. zapekiniae</i> Bajkova, 1967					+	EP
Torleya Lestage, 1917						
<i>T. padunica</i> Kazlauskas, 1963					+	EP
Teloganopsis Ulmer, 1939						
<i>T. punctisetae</i> (Matsumura, 1931)			*		+	EP
Caenidae						
Caenis Stephens, 1835						
<i>C. horaria</i> (L., 1758)	+			*	+	P
<i>C. rivulorum</i> Eaton, 1884	*				*	P
<i>C. macrura</i> Stephens, 1835					+	P
<i>C. miliaria</i> Tshernova, 1952	+	+			+	EP
Общее число видов	52	27	57	38	67	

Примечание: * – оригинальные данные; + – литературные данные; тип распространения: AP – Амфициклический, CB – Циркумбореальный, P – Палеарктический, EP – Восточно-палеарктический, EA – Палеархеарктический.

Чукотский Автономный округ – расположен на крайнем северо-востоке России и занимает весь Чукотский полуостров, часть материка и ряд островов (Врангеля, Геральд, Ратманова и др.). На Чукотке преобладает горный рельеф, и только в приморской части, а также по долинам рек находятся небольшие территории, занятые низменностями, крупнейшая из которых Анадырская. Климат территории суровый субарктический, на побережьях морской, континентальный. Здесь протекают свыше 8000 рек длиной более 10 км, большая часть которых относится к горным. Реки принадлежат бассейнам Северного Ледовитого и Тихого океанов. Наиболее крупные из них Анадырь (с притоками Белая и Майн), Великая, Канчалан, Амгуэма, Раучуа, а также приток р. Колымы – Омолон. Питание рек суглевое и дождевое, с преобладанием суглевого. На территории округа расположено уникальное озеро Эльгыгытгин.

Первые сведения по фауне поденок Чукотки были опубликованы в 1976 г. по результатам экспедиционных работ сотрудников Биологического института ДВО РАН, проведенных в течение летних периодов (с июня по сентябрь) 1972–1974 гг. (Леванидова, 1976). Приведенный список включал 11 таксонов поденок, 7 из которых были определены до вида, три до рода и один таксон до группы видов. Позднее для Чукотского полуострова указывается 19 таксонов поденок (Леванидова, 1982; Чернова и др., 1986). Далее, благодаря исследованиям И.А. Засыпкиной, фаунистический список пополняется такими видами как *Cinygmulia putoranica* из озера Эльгыгытгин (Засыпкина и др., 1996), а также *Ameletus montanus*, *Ecdyonurus kibunensis*, *Paraleptophlebia strandii* и *Caenis miliaria* (Рябухин, Засыпкина, 2005). Однако для этих видов не удалось найти конкретные места сборов и источники, из которых взято их местонахождение на Чукотке.

В 2016 и 2017 гг. нам был передан материал по поденкам, собранный А.А. Семенченко (Дальневосточный Федеральный университет, Владивосток), что позволило выявить и добавить к фауне Чукотки ряд видов, таких как *Baetis pentaphyllus* (Tiunova, Semenchenko, 2019), *Acentrella diptera* и *Ephemerella nuda* f. *verrucosa*. В результате фауна поденок Чукотского Автономного округа в настоящее время представлена 27 видами (табл. 1).

Приохотье – в рамках Севера ДВ район Приохотья включает водотоки Хабаровского края от самого северного Охотского района до Тугуро-Чумиканского района, охватывающего бассейн реки Уда. Территория Охотского района характеризуется выраженным муссонным климатом на побережье и резко континентальным в материковой его части. Питание рек района в основном смешанное суглевое и дождевое. Основные реки района – Охота и Кухтуй. Горный рельеф Аяно-Майского района, в частности хребет Джугджур, определяет формирование двух климатических зон. К востоку от него располагается прибрежная зона с климатом приморско-континентального типа. Ближе к Джугджурскому хребту влияние Охотского моря ослабевает. Основные реки района, протекающие по его территории или граничащие с ним это Алдома и Лантарь. За хребтом основу гидрографии представляют притоки р. Челасин – Большой и Малый Комуй (бассейн реки Мая). Территория Тугуро-Чумиканского района охватывает бассейны рек Уда и Тугур, имеющих ярко выраженный горный характер. В нижнем течении, у села Удское, в реку Уда впадает один из основных её притоков – река Мая – горная, таёжная река с быстрым течением и извилистым руслом.

Первые и пока единственные сведения по фауне поденок, населяющих водотоки вдоль Охотского моря, опубликованы в 2015 г. по материалам, собранным первым автором в 1998–2000 гг. (Тиунова, Горовая, 2015). По результатам этих

работ фаунистический список поденок водотоков Приохотья включает 59 видов (табл. 1).

Полуостров Камчатка – простирается с северо-востока на юго-запад на 1200 км. Восточная часть полуострова занята в основном горными системами, западная – холмисто увалистыми равнинами и прибрежной низменностью. Горный рельеф, большое количество осадков и многочисленные выходы источников формируют густую речную сеть с преобладанием водотоков горного типа. Климат Камчатки морской муссонный, на западе более суровый, чем на востоке. По территории полуострова протекает более 140 тысяч рек различной протяженности, из которых основная доля приходится на реки протяженностью менее 10 км. Только две реки имеют длину более 700 км – это Камчатка и Пенжина. Другими наиболее значимыми реками являются Таловка, Вывенка, Тигиль, Большая (с Быстрой), Хайрюзова, Авача. Водотоки полуострова относятся к Тянь-Шанскому типу и характеризуются преимущественно подземным питанием со значительной долей талого стока (Васьковский, 1960). Благодаря подземному питанию и высокой скорости течения большинство рек зимой или не замерзает, или имеет неустойчивый ледостав. Крупные реки полуострова, сохраняя значительные уклоны и высокую скорость течения до самого устья, остаются полугорными даже в пределах равнин и низменностей. Равнинные русла имеют ограниченное распространение, в основном они встречаются на малых реках западной низменности части полуострова. Ключевые реки имеют малый расход воды и зимой не замерзают. Тундровые реки протекают по заболоченным низменностям.

Первые сведения по поденкам Камчатки приведены в работе Г. Ульмера (Ulmer, 1927), где для полуострова описывалось и указывалось пять видов. В работе И.И. Куренкова (1967) отмечалось уже 19 видов, а в работах И.М. Леванидовой (1972, 1982) – 22 вида.

На основании материалов Камчатской экспедиции (1996–1997 гг.), проводимой совместно с коллегами из Японии и многолетних исследований водотоков Камчатки сотрудниками Всероссийского института Рыбного хозяйства и Океанографии (ВНИРО, г. Москва), фауна поденок полуострова пополнилась еще семью видами и достигла 32 видов (Ishiwata et al., 2000; Чебанова и др., 2003; Леман и др., 2005; Чалов и др., 2005; Есин и др., 2009; Чебанова, 2009).

В 2013–2015 и 2018 гг. И.М. Тиуновым (ФНЦ Биоразнообразия) был собран обширный материал по поденкам в более чем 70 водотоках южной части полуострова, впадающих в Охотское море и Тихий океан. Таким образом, фауна поденок полуострова Камчатка была представлена 36 видов (Тиунова, 2022), из которых, с момента опубликования монографии И.М. Леванидовой (1982), не были отмечены *Paraleptophlebia strandii*, *Ecdyonurus kibunensis*, *Ephemerella kozhovi* и *Parameletus minor*. В представленный нами список включены еще два вида, которые отмечены для водотоков Камчатки по литературным данным – это *Neoleptophlebia japonica*, и *Serratella ignita* (табл. 1).

Республика Саха (Якутия). В настоящей работе мы приводим фаунистический список поденок Республики Саха (Якутия), для сравнения как прилежащей территории, граничащей с Магаданской областью, поскольку в литературе имеются разрозненные сведения по этому региону.

Список поденок водотоков Республики Саха (Якутия) основан на материалах, собранных И.В. Резник в 2002–2003 гг. (Резник, 2005) и первым автором в 2006 г. на реках Южной Якутии (Тиунова и др., 2009). По результатам этих работ указывалось 55 видов, что можно считать первой крупной фаунистической сводкой

по поденкам юго-восточной части региона. В 2010 г. обследовались водотоки бассейна реки Тимптон, что позволило добавить к списку такие виды как *Cinygmulalaaisei*, *Ameletus allengaensis*, *A. altaicus*, *A. cedrensis*, *A. arlecchino*, *A. rossicus* и *Paraleptophlebia falcula*.

Первыми сведениями по поденкам Северо-Западной Якутии считается работа Кириллова с соавторами, опубликованная в 2007 г. (Кириллов и др., 2007), где для бассейна р. Анабар приводится список из 17 видов. В 2022 г. фауна поденок этого бассейна была представлена 31 видом, из которых восемь видов впервые отмечены для фауны северо-западной Якутии (Yanygina, Potapova, 2022).

Таким образом, по нашим и литературным данным фаунистический список Республики Саха (Якутия) включает 67 видов и групп видов поденок (табл. 1).

Обсуждение

В настоящее время фауна поденок мира включает около 3,5 тысяч видов, России около 230 видов, Дальнего Востока – 186 и Севера ДВ – 72 вида (табл. 1). Таким образом, Дальневосточная фауна составляет около 5 % фауны мира и около 80 % фауны России. Поденки водотоков Севера ДВ составляют около 38 % дальневосточной фауны. Из 18 семейств и 45 родов поденок, известных на юге Дальнего Востока, в фауне Севера ДВ зарегистрировано 8 семейств и 23 рода. На уровне локальных фаун наименьшее число родов отмечено для Чукотки (15 родов), для остальных регионов зарегистрировано по 20 родов. В составе северной и южной фаун отмечается преобладание трех семейств: *Heptageniidae* (25 из 48 видов), *Baetidae* (14 из 33 видов) и *Ephemerellidae* (10 из 27 видов). Анализ распространения поденок на уровне видов по регионам Севера ДВ показал, что степень сходства локальных фаун довольно высока и по Серенсену-Чекановскому ее относительная величина составляет от 44 до 79 %. Наибольшее сходство локальных фаун поденок отмечено для водотоков Магаданской области и Камчатки (79 %) и Магаданской области и Приохотья (77 %). Наименьшее сходство зарегистрировано между фаунами Чукотки и Республики Саха (Якутия) (44 %), а также Чукотки и Приохотья (50 %). При этом сходство фауны поденок между Севером ДВ и Республикой Саха (Якутия) составляет 73 %.

В биогеографическом отношении в фауне поденок Севера ДВ преобладают виды с восточно-палеарктическим типом распространения (47 %), далее следуют виды с палеархеарктическим (19 %) и палеарктическим (17 %) типами распространения. Меньше других представлены виды с циркумбореальным (11 %) и амфиапа-тическим (6 %) типами распространения. Внутри локальных фаун виды с восточно-палеарктическим типом распространения преобладают во всех регионах Севера ДВ, достигая максимума в Приохотье (54 %) (табл. 2). Виды с палеархеарктическим типом распространения достигают максимума также в Приохотье (19 %) и Магаданской области (17 %), а минимума – на Камчатке (8 %). Широко распространенные виды с палеарктическим, циркумбореальным и амфиапа-тическим типами распространения по количеству видов преобладают в Магаданской области (20 видов, 38 %), а в процентном отношении на Чукотке (45 %, 12 видов).

По экологической классификации виды, населяющие ритраль (малые водотоки горного и ключевого типа, верховья горных и предгорных рек, полугорные реки, а также средние участки горных и предгорных рек, предгорные реки умеренно холодноводного типа) (Тиунова, 2005) составляют в водотоках Севера ДВ 49 % (35 видов), по регионам от 49 % до 54 % (табл. 3). Далее следуют виды, населяющие

Таблица 2

Биогеографический состав фауны поденок Севера Дальнего Востока

Тип распространения	Магаданская область	Чукотка	Приохотье	Камчатка	Север Дальнего Востока
Палеархеарктический	17 (9)	12 (3)	19 (11)	8 (3)	19 (13)
Восточнонапалеарктический	44 (23)	42 (11)	54 (31)	49 (18)	47 (33)
Палеарктический	19 (10)	15 (4)	14 (8)	22 (8)	17 (12)
Амфиапацифический	4 (2)	15 (4)	4 (2)	5 (2)	6 (4)
Циркумбореальный	15 (8)	15 (4)	9 (5)	16 (6)	11 (8)
Всего видов	52	26	57	37	70

Примечание: первая цифра – %; в скобках – количество видов в представленном регионе.

Таблица 3

Экологический состав фауны поденок Севера Дальнего Востока

Зона	Магаданская область	Чукотка	Приохотье	Камчатка	Север ДВ
Ритраль	50 (26)	54 (14)	51 (29)	50 (18)	49 (35)
Ритраль+потамаль	44 (23)	34,5 (9)	37 (21)	44 (16)	39 (28)
Потамаль+ритраль	6 (3)	11,5 (3)	12 (7)	6 (2)	11 (8)
Всего видов	52	26	57	37	70

Примечание: первая цифра – соотношение видов (%); в скобках – количество видов в представленном регионе.

и ритраль и отдельные зоны потамали. Их доля составляет 39 % (28 видов). Виды, приуроченные к зоне потамали, но встречающиеся и в ритрали, в водотоках Севера ДВ представлены небольшим количеством видов (8) и не превышают 11 % всего состава. По регионам их доля варьирует от 6 % (2–3 вида, Магадан, Камчатка) до 12 % (7 видов, Приохотье).

Сопоставление фауны поденок Севера ДВ и Аляски, территории которых входили в состав древней палеогеографической страны Берингии, служившей своеобразным «мостом» показало, что из 72 видов Севера ДВ и 52 видов Аляски (Randolph, McCafferty, 2005; Rinella et al., 2012; Bowser, 2019) общими являются 8 видов: *Ameletus inopinatus*, *Procloeon pennulatum*, *Ephemerella aurivillii*, *E. nuda*, *Cinygma lyriformis*, *Metreletus alter*, *Parameletus chelifer* и *Paraleptophlebia strandii*. При этом шесть видов из восьми отмечены в водотоках Чукотки – части моста суши, неоднократно связывавшего Азию и Северную Америку.

На наш взгляд полученные результаты отражают недостаточную, а на Северо-Востоке низкую, изученность фауны амфибионтических насекомых территории Севера ДВ. Большинство данных получено из преобладающих здесь повсеместно водотоков горного и предгорного типов. Даже в относительно южных районах такие реки характеризуются низкими температурами воды и высокими скоростями течения, формируя относительно универсальные условия для обитания тех или иных видов беспозвоночных. Равнинные же участки и озера изучены слабо. Лентические системы Северо-Востока практически не изучены, в то же время именно они, как редкие здесь, могут показать специфику водной фауны отдельных географических

регионов. Тем не менее, относительно последних сводок по поденкам Дальнего Востока (Тиунова, 2007, Tiunova, 2009), список поденок Магаданской области пополнился 16 видами, Чукотки – 4 и Камчатки – 11 видами. И несмотря на то, что выявленное для Севера ДВ видовое богатство поденок значительно меньше, чем в водотоках и водоемах юга Дальнего Востока и Восточной Сибири (басс. оз. Байкал), оно вполне сопоставимо с фаунами Аляски и северных европейских стран.

Дополнительный и впервые собранный материал в водотоках и водоемах исследованных территорий

Cinygmulia autumnalis Tiunova & Gorovaya, 2012

Материал. Магаданская область, Сусуманский городской округ, руч. Центральный, 15.08.2021, 4 лич, EX.

Распространение. Палеарктический вид. Хабаровский край (Тиунова, Горовая, 2015), Амурская область. Для водотоков Магаданской области указывается впервые.

Cinygmulia cava Ulmer, 1927

Материал. Республика Саха (Якутия), басс.р. Тимптон: устье р. Чульман, 29.07.2010, 1♂ им, ТТ; р. Чульмакан, приток р. Чульман, а/мост, трасса Нерюнгри–Якутск. 29.07.2010, 6 лич, ТТ; р. Горбыллах, мост, трасса Тында–Нерюнгри. 31.07–3.08.2010, 4 лич, ТТ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид.

Cinygmulia malaisei Ulmer, 1927

Материал. Республика Саха (Якутия), басс.р. Тимптон, р. Горбыллах, мост, трасса Тында–Нерюнгри, 31.07.–3.08.2010, 1♂1♀ им (выведено), ТТ.

Распространение. Палеарктический вид. Чукотка, Магаданская область, север Хабаровского края, Амурская область (Тиунова, Горовая, 2015), Республика Саха (Якутия) (указывается впервые).

Cinygmulia putoranica Kluge, 1980

Материал. Чукотский АО, р. Карабльвеем, основное течение, 11–14.08.2016, 3 лич, AC; оз. Эльгыгыттын, N67.43565 E172.08972, 13.08.2017, 1 лич, AC; р. Энмываам, устье р. Пере-катная, N67.22707 E172.11057, 14.08.2017, 7 лич. зрелые, AC; р. Энмываам, выше р. Кэйвеем, N67.07877 E171.63081, 17.08.2017, 36 лич, AC; р. Энмываам, устье р. Эмунгырэтвеем, N66.94051 E172.42729, 21.08.2017, 6 лич, 3♂ им, AC; р. Энмываам, урочище «Медвежья Берлога», N66.77055 E173.58575, 24.08.2017, 6 лич, AC; Магаданская область, Сусуманский городской округ, ручей Зима, N63°45'53.29" E147°59'56.79", 25.08.2021, 9♂, 2♀ им, EX; ручей Центральный, N61°21'24.4" E151°59'31.3", 30.08.2021, 4♂1♀ им, EX; район реки Урультун, восточнее оз. Урультун, N63°46'17.54" E148°24'38.76" 18.08.2021, 1♂2♀ им, EX; р. Ульбутакан, N63°44'07.46" E148°27'40.35", 18.08.2021, 1 лич., 1♀ субим, EX; оз. Близнецы, N63°44'00.21" E148°15'41.71", 23.08.2021, 6 лич зрелые, EX; басс. оз. Урульгун, ручей, вытекающий из оз. Безымянное, N63°48'25.87" E148°13'56.20", 19.08.2021, 20 лич, EX.

Распространение. Восточно-палеарктический вид.

Ameletus allengaensis Tiunova, 2017

Материал. Магаданская область, Хасынский район: басс.р. Ола, р. Донышко, приток в верховье р. Ола, 16.06.2014, 2 лич, EX; р. Ола, 152 км, верховья, 16.06.2014, лич, EX; р. Ола, ниже моста, 130–137 км, 16.06.2014, лич, EX; Сусуманский городской округ, р. Ульбутакан, N63°44'07.46" E148°27'40.35", 18.08.2021, 1 лич., 1♂ субим, EX; р. Малык Сиен, исток, N63°29'06.40" E147°51'28.01", 14.08.2021, 2 лич, EX; район оз. Тобандя (дорога в сторону оз. Урультун), N63°30'37.31" E 148°01'30.70", 15.08.2021, 2 лич зрелые, EX; Чукотский АО, оз. Эльгыгыттын, N67°46008" E172°21416", 10.08.2017, лич, AC.

Распространение. Палеарктический вид. Чукотка (указывается впервые), Магаданская область, север Хабаровского края, Амурская область, Республика Саха (Якутия) (Tiunova et al., 2017).

Ameletus altaicus Kluge, 2007

Материал. Республика Саха (Якутия), р. Унгра, база Унгринского заказника «Юхта», 28.07.

1.08. 2006, 2 ♂ субим (выведено), ТМ; басс.р. Унгра, ручей Юхтинка, устье, прав. приток р.

Унгра, 30.07.2006, 1♂ им, 2♂♂ субим (выведено), 5 лич, ТМ; исток ручья Юхтинка, 1 км от

базы заказника «Юхта», 31.07.2006, 4 лич, ТМ; ключ Юхтинка, 2, 3 км от базы заказника «Юхта», 31.07.2006, 5 лич, ТМ; басс. . Тимптон: р. Чульман, выше г. Нерюнгри, 20.07.2010, 1 лич; р. Ачигин-М, выше устье, 29.07.2010, 20 лич зрелые, ТМ; р. Сеймджа, выше устья, 30.07.2010, 1 лич зрелая, ТМ.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Ранее отмечался в водотоках Алтая, Тывы и Иркутской области (Kluge, 2007). Для водотоков Саха (Якутия) указывается впервые.

Ameletus arlecchino Kluge, 2007

Материал. Республика Саха (Якутия), басс. Р. Тимптон, р. Чульман, выше г. Нерюнгри, 23.07.2010, 1♂ им, 3 лич; басс.р. Чульман, р. Чульмакан, а/мост, трасса Нерюнгри–Якутск, 29.07.2010, 13 лич. зрелые, ТТ.

Распространение. Палеархеарктический подвид. Ранее отмечался только в водотоках Приморского края (Kluge, 2007), Магаданской области (Хаменкова и др., 2017) и Камчатки (Тиунова, 2022). Для водотоков Саха (Якутия) указывается впервые.

Ameletus camtschaticus Ulmer, 1920

Материал. Магаданская область, басс. оз. Большой Дарпир, ручей 1,08.08.2018, 2♀ им, EX; Чукотский АО, басс.р. Раучува (Rauchuvan), кл. Дальний, 05.08.2016. лич мол, AC.

Распространение. Восточно-палеарктический вид.

Ameletus cedrensis Sinitchenkova, 1977

Материал. Республика Саха (Якутия), басс.р. Тимптон, р. Горбыллах, 150 м выше моста, трасса Тында–Нерюнгри, 31.07–03.08.2010, ТМ; там же, 31.07.2016, 16 лич, ИР.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Для водотоков Саха (Якутия) указывается впервые.

Ameletus rossicus Kluge, 2007

Материал. Республика Саха (Якутия), басс.р. Тимптон, р. Чульман, выше г. Нерюнгри. 20.07.2010, 1 лич зрелая, ТМ.

Распространение. Восточно-палеарктический подвид. Для водотоков Саха (Якутия) указывается впервые.

Ameletus sirotskii Tiunova et al., 2017

Материал. Магаданская область, р. Ола, верховья, ниже моста, 24.06.2013, 3 лич, EX.

Распространение. Палеархеарктический вид. Ранее отмечался для водотоков (Амурской области и севера Хабаровского края (Tiunova et al., 2017)). Для водотоков Магаданской области отмечается впервые.

Siphlonurus zhelochovtsevi Tshernova, 1952

Материал. Магаданская область, Сусуманский городской округ, район р. Урультун, восточнее оз. Урультун, N63°46'17.54" E148°24'38.76", 18.08.2021, 2♀ им, EX.

Распространение. Восточно-палеарктический вид. Для водотоков Магаданской области указывается впервые.

Siphlonurus lacustris (Eaton, 1870)

Материал. Магаданская область, басс. оз. Большой Дарпир, ручей 1,08.08.2018, 1♂ субим, 2♀ им, EX.

Распространение. Палеарктика.

Parameletus minor (Bengtsson, 1909)

Материал. Магаданская область, басс.р. Ола, р. Ланковая, 170 км выше устья, 30.06.2016, 1♂, 2♀ им, EX.

Распространение. Палеарктика. Для водотоков Магаданской области указывается впервые.

Baetis (Baetis) fuscatus L, 1761

Материал. Чукотский АО, р. Колыма, р. Малый Кепервеем, N68°23.151 E166°80.348, 3.08.2016, 3 лич, АС; р. Каульвеем, основное течение, 11–14.08.2016, 3 лич, АС; р. Энмываам, устье р. Перекатная, N67.22707 E172.11057, 14.08.2017, 1 лич, АС; р. Энмываам, устье р. Эмунгыртвеем, N66.94051 E172.42729, 21.08.2017, 4 лич зрелые, АС.

Распространение. Палеарктический вид.*Baetis molecularis* Tiunova & Semenchenko, 2020

Материал. Чукотский АО, басс.р. Колыма, р. Малый Кепервеем, N68°23.151; E166°80.348, 3.08.2016, 6 лич, АС; оз. Эльгыгыттын, N67.46008 E172.21416, 10.08.2017, 5 лич, АС; оз. Эльгыгыттын, N67.43565 E172.08972, 13.08.2017, 4 лич, АС; Магаданская область, Сусуманский городской округ, басс. оз. Урульгун, ручей, вытекающий из оз. Безымянное, N63°48'25.87" E148°13'56.20", 19.08.2021, 5 лич, 3♀ им, ЕХ.

Распространение. Ранее для водотоков Дальнего Востока России указывался как *Baetis bicaudatus* Dodds, 1923 (Tiunova, Semenchenko, 2020).

Baetis macani Kimmings, 1957

Материал. Магаданская область, Сусуманский городской округ, район оз. Тобандя (дорога в сторону оз. Урультун), N63°30'37.31" E 148°01'30.70", 15.08.2021, 2♂ им, 1 субим, ЕХ.

Распространение. Циркумбореальный вид. Для водотоков Магаданской области указывается впервые.

Baetis pentaphyllus Tiunova & Semenchenko, 2019

Материал. Чукотский АО, басс.р. Колыма, р. Малый Кепервеем, N68°23.151 E166°80.348, 3.08.2016, 2 лич, АС.

Распространение. Палеархеарктический вид. Известен из водотоков Амурской области и Чукотского АО (Tiunova, Semenchenko, 2019).

Baetis (Baetis) vernus Curtis, 1834

Материал. Чукотский АО, басс.р. Колыма, р. Малый Кепервеем, N68°23.151; E166°80.348, 3.08.2016, 3 лич; оз. Эльгыгыттын, N67.43565 E172.08972, 13.08.2017, 2 лич, АС; р. Энмываам, устье р. Перекатная, N67.22707 E172.11057, 21.08.2017, 1 лич, АС; Магаданская область, Сусуманский городской округ, ручей Зима, N63°45'53.29" E147°59'56.79", 25.08.2021, 3♂ им, ЕХ.

Распространение. Палеарктический вид.*Acentrella diptera* Kluge & Novikova, 2011

Материал. Чукотский АО, р. Каульвеем, основное течение, 11–14.08.2016, 3 лич, АС; р. Энмываам, выше р. Кэйвеем, N67.07877 E171.63081, 17.08.2017, 3 лич, АС.

Распространение. Палеархеарктический вид. Вид ранее отмечался для водотоков Приморского края и Магаданской области (Kluge, Novikova, 2011), Приохотья (Тиунова, Горовая, 2015). Для водотоков Чукотского АО отмечается впервые.

Acentrella fenestrata (Kazlauskas, 1963)

Материал. Чукотский АО, басс.р. Колыма, р. Малый Кепервеем, N68°23.151 E166°80.348, 3.08.2016, 1 лич, АС; оз. Эльгыгыттын, N67.43565 E172.08972, 13.08.2017, 4 лич, АС.

Распространение. Восточно-палеарктический вид.*Acentrella sibirica* (Kazlauskas, 1963)

Материал. Чукотский АО, р. Каульвеем, основное течение, 11–14.08.2016, 3 лич, АС; р. Энмываам, устье р. Перекатная, N67.22707 E172.11057, 14.08.2017, 1 лич. зрел, АС.

Распространение. Восточно-палеарктический вид.*Cloeon* sp.

Материал. Магаданская область, Сусуманский городской округ, район оз. Тобандя (дорога в сторону оз. Урультун), N63°30'37.31" E 148°01'30.70", 15.08.2021, 2♂ 2♀ им, ЕХ; оз. Кемкинья, N63°42'57.18" E148°30'18.57", 18.08.2021, 1♀ им, ЕХ.

Metretopus borealis (Eaton, 1871)

Материал. Чукотский АО, р. Энмываам, устье р. Перекатная, N67.22707 E172.11057, 14.08.2017, 1 лич, АС.

Распространение. Циркумбореальный вид.

Paraleptophlebia falcula Traver, 1934

Материал. Магаданская область, Сусуманский городской округ, озеро Урультун, N63°48'09.18" E148°14'38.96", 20.08.2021, 1♂ им, EX; Республика Саха (Якутия), басс.р. Тимптон, р. Амнууныкта приток р. Чульман, около 1 км выше устья, 28.07.2010 г. 1♂ субим, лич. шкурка, ТМ.

Распространение. Циркумбореальный вид. Ранее отмечен для водотоков Саха (Якутия) (Tiunova & Kluge, 2016). Для водотоков Магаданской области указывается впервые.

Ephemerella aurivillii Bengtsson, 1908

Материал. Магаданская область, басс. оз. Большой Дарпир, ручей 1, 08.08.2018, 1♂, 2♀ им, EX.

Распространение. Циркумбореальное.

Ephemerella nuda f. *thymalli*

Материал. Чукотский АО, р. Карадльвеем, основное течение, 11–14.08.2016, 2 лич, AC.

Распространение. Восточная Палеарктика.

Ephemerella nuda f. *verrucosa*

Материал. Чукотский АО, р. Энмываам, устье р. Перекатная, N67.22707 E172.11057, 14.08.2017, 3 лич, AC.

Распространение. Восточная Палеарктика. Для водотоков Чукотки эта форма отмечается впервые.

Caenis rivulorum Eaton, 1884

Материал. Магаданская область, Средненский район, р. Эльгон, 07.07.2017, 1 лич, EX.

Распространение. Палеарктика. Ранее вид отмечался в водотоках Саха (Якутия) (Тиунова и др., 2009). Для водотоков Магаданской области указывается впервые.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000147–6).

Литература

- Арефина Т.И., Иванов П.Ю., Кочарина С.Л., Лафер Г.Ш., Макарченко М.А., Тесленко В.А.,
 Тиунова Т.М., Хаменкова Е.В. 2003. Фауна водных насекомых бассейна реки Тауй (Магаданская область) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 45–60.
- Алфимов А.В., Берман Д.И. 2021. Северо-Восток Азии как температурная гиперзона и ее изменения за последние 60 лет. 1. Температурный режим теплого сезона на Северо-Востоке Азии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. Т. 26. № 4. С. 67–81.
- Васьковский М.Г. 1960. Типизация рек Камчатки и некоторые вопросы изучения их стока // ДВ НИГМИ. Вып. 11. С. 130–153.
- Витвицкий Г.Н., Воробьев Д.П., Кабанов Н.Е., Карманов И.И., Колесников Б.П., Куренцов А.И., Ливеровский Ю.А., Никольская В.В., Петров Б.Ф. 1961. Физико-географические районы // Дальний Восток. Характеристика физико-географических районов. М.: Издательство АН СССР. С. 301–411.
- Есин Е.В., Чебанова В.В., Леман В.Н. 2009. Экосистема малой лососевой реки Западной Камчатки (среда обитания, донное население и ихтиофауна). М.: Товарищество научных изданий КМК. 171 с.
- Засыпкина И.А. 1975. Фауна ручейников, поденок и веснянок Северо-Востока Азии и прилежащих территорий // Гидробиологические исследования внутренних водоемов Северо-Востока СССР. Владивосток: ИБПС ДВНЦ АН СССР. С. 139–166.
- Засыпкина И.А. 1980. Материалы по фауне амфибиотических насекомых (Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera) бассейна Колымы // Исследования по энтомофауне Северо-Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 135–153.

- Засыпкина И.А., Засыпкин М.Ю.** 1991. Состав и распределение ручейников, поденок и веснянок (Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera) в бассейне р. Колыма // Энтомологические исследования на Северо-Востоке СССР. Владивосток: ДВО АН СССР. Ч. 1. С. 88–102.
- Засыпкина И.А., Рябухин А.С., Макарченко Е.А., Макарченко М.А.** 1996. Обзор амфибиотических насекомых Северо-Востока Азии. Препринт. Магадан: СВНИЦ ДВО РАН. 116 с.
- Кириллов А.Ф., Ходулов В.В., Собакина И.Г., Соколова В.А., Ушнитская Л.А., Иванов Е.В., Соломонов Н.М.** 2007. Биология реки Анабар. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН. 224 с.
- Куренков И.И.** 1967. Список водных беспозвоночных внутренних водоемов Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 57. С. 202–224.
- Леванидова И.М.** 1972. Поденки Камчатского полуострова (эколого-фаунистический обзор) // Известия ТИНРО. Т. 82. С. 93–115.
- Леванидова И.М.** 1976. Ephemeroptera и Trichoptera Чукотского полуострова // Пресноводная фауна Чукотского полуострова. Владивосток: БПИ ДВНЦ АН СССР. С. 38–56.
- Леванидова И.М.** 1982. Амфибиотические насекомые горных областей Дальнего Востока СССР. Л.: Наука. 214 с.
- Леман В.Н., Есин Е.В., Чалов С.Р., Чебанова В.В.** 2005. Продольное зонирование малой лососевой реки по характеру русловых процессов, макрообентосу и ихтиофауне (река Начилова, Западная Камчатка) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 18–35.
- Резник И.В.** 2005. Фауна водных насекомых рек Чульман и Унгра (бассейн реки Алдан, Южная Якутия) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 334–337.
- Рябухин А.С., Засыпкина И.А.** 2005. Наземные и пресноводные насекомые побережья Тауйской губы // Биологическое разнообразие Тауйской губы Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. С. 290–478.
- Тиунова Т.М.** 2005. Экологическая классификация реофильных личинок поденок (Ephemeroptera) юга российского Дальнего Востока // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 113–117.
- Тиунова Т.М.** 2007. Современное состояние изученности поденок (Ephemeroptera) Дальнего Востока России и сопредельных территорий // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 6. № 2. С. 181–192.
- Тиунова Т.М.** 2022. Обзор фауны поденок (Insecta, Ephemeroptera) полуострова Камчатка с приведением новых данных для региона // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 21. Приложение 1. С. 102–111.
- Тиунова Т.М., Горовая Е.А.** 2012. Новый вид рода *Cinygma* McDunnough, 1933 (Ephemeroptera, Heptageniidae) с Дальнего Востока России // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 11. № 4. С. 310–318.
- Тиунова Т.М., Горовая Е.А.** 2015. Фауна поденок (Insecta, Ephemeroptera) Приохотья // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 14. № 3. С. 224–236.
- Тиунова Т.М., Тесленко В.А., Резник И.В.** 2009. Поденки (Ephemeroptera), веснянки (Plecoptera) и ручейники (Trichoptera) ресурсного резервата «Унгра» (бассейн реки Алдан, Южная Якутия) // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 8. № 3. С. 299–308.
- Томирдиаро С.В.** 1970. Многолетняя мерзлота // Север Дальнего Востока. М: Наука. С. 133–149.
- Хаменкова У.В., Тесленко В.А., Тиунова Т.М.** 2017. Распределение фауны макробентоса в бассейне реки Ола (Северное побережье Охотского моря) // Зоологический журнал. Т. 96. № 4. С. 400–409.
- Чалов С.Р., Чебанова В.В., Леман В.Н., Песков К.А.** 2005. Техногенные изменения русла малой лососевой реки и их влияние на сообщество макрообентоса и лососевых рыб (юго-восточные отроги Корякского нагорья) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 36–48.
- Чебанова В.В.** 2009. Бентос лососевых рек Камчатки. М.: Изд-во ВНИРО. 172 с.
- Чебанова В.В., Улатов А.В., Леман В.Н., Голобокова В.Н.** 2003. Видовой состав и структура макрообентоса водотоков в районе Мутновского месторождения парагидротерм (вулкан Мутновский, юго-восточная Камчатка) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 81–90.
- Чернова О.А., Клюге Н.Ю., Синиченкова Н.Д., Белов В.В.** 1986. Отряд Ephemeroptera – поденки // Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 1. Перепончатокрылые, древнекрылые, с неполным превращением. Л.: Наука. С. 99–142.
- Bowser M.** 2019. Two new records of mayflies (Ephemeroptera) from Alaska // Newsletter. V.12. N 1. P. 11–12.

- Ishiwata S.I., Tiunova T.M., Kuranishi R.B. 2000.** The mayflies (Insecta: Ephemeroptera) collected from the Kamchatka peninsula and the north Kuril Islands in 1996–1997 // Nature History Research. V. 7. P. 67–75.
- Kluge N.J. 2007.** Review of Ameletidae (Ephemeroptera) of Russia and adjacent lands // Russian Entomological Journal. V.16. N 3. P. 245–258.
- Kluge N.J., Novikova E.A. 2011.** Systematics of the mayfly taxon *Acentrella* (Ephemeroptera, Baetidae), with description of new Asian and African species. // Russian Entomological Journal. V. 20. N1. P. 1–56.
- Randolph R.P., McCafferty W.P. 2005.** The mayflies (Ephemeroptera) of Alaska, including a new species of Heptageniidae // Proceedings of the Entomological Society of Washington. V. 107. P. 190–199.
- Rinella D.J., Bogan D.L., Shaftel R.S., Merrigan D. 2012.** New aquatic insect (Ephemeroptera, Trichoptera, and Plecoptera) records for Alaska, U.S.A.: range extensions and a comment on under-sampled habitats // The Pan-Pacific Entomologist. V. 88. N 4. P. 407–412.
- Tiunova T.M. 2009.** Biodiversity and distribution of mayflies (Ephemeroptera) in the Russian Far East // Proceedings of the 12th International Conference on Ephemeroptera and the 16th International Symposium on Plecoptera, Stuttgart 2008. Aquatic Insects. V. 31. Suppl. 1. P. 671–691.
- Tiunova T.M., Kluge N.Y. 2016.** Redescription of *Paraleptophlebia falcula* Traver 1934 with notes on status and composition of *Paraleptophlebia* Lestage 1917 and *Neoleptophlebia* Kluge 1997 (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) // Zootaxa. V. 4098. N 2. P. 369–382. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4098.2.9>
- Tiunova T.M., Semenchenko A.A., Velyaev O.A. 2017.** New species of *Ameletus* Eaton, 1885 from the Russian Far East with notes on *Ameletus camtschaticus* Ulmer 1927 (Ephemeroptera: Ameletidae) // Zootaxa. V. 4276, N 2. P. 151–176.
- Tiunova T.M., Semenchenko A.A. 2019.** *Baetis pentaphyllus* sp. nov., a new species of mayfly (Ephemeroptera: Baetidae) from the Russian Far East // Zootaxa. V. 4679. N 2. P. 341–352.
- Tiunova T.M., Semenchenko A.A. 2020.** *Baetis (Rhodobaetus) molecularis* sp. nov., a new mayfly species (Ephemeroptera: Baetidae) from the Russian Far East // Zootaxa, V. 4820. N. 2. P. 287–304.
- Ulmer G. 1927.** Entomologische Ergebnisse der Schwedischen Kamtschtka-Expedition 1920–1922. II. Trichopteren und Ephemeropteren // Archiv für Zoologie. V. 19. S. 1–17.
- Yanygina L.V., Potapova N.K. 2022.** New data on the mayflies (Ephemeroptera) of North-Western Yakutia // Far Eastern Entomologist. V. 446. P. 13–23.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.23>

<https://elibrary.ru/madasi>

ДЕВЯТИИГЛАЯ КОЛЮШКА *PUNGITIUS PUNGITIUS* ИЗ ОЗЁР НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ОБЛУКОВИНА (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)

А.М. Токранов, А.А. Паскочина

*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
ул. Партизанская, 6, г. Петропавловск-Камчатский, 683000, Россия. E-mail: tok_50@mail.ru*

По материалам, собранным в октябре 1998 г. и сентябре 2000 г., впервые дана характеристика размерно-весового состава и питания девятииглой колюшки *Pungitius pungitius* в небольших пойменных озёрах Тхуклу и Кривом, расположенных на западном побережье Камчатки в нижнем течении р. Облуковина. Установлено, что максимальная длина этой колюшки здесь достигает 70 мм, а масса тела – около 2 г. В данных озёрах девятииглая колюшка является нектобентофагом, основными объектами питания которому служат различные мелкие бентосные организмы (преимущественно Ostracoda, Bivalvia и Amphipoda), личинки Chironomidae и имаго Hemiptera. Обитание девятииглой колюшки в небольших замкнутых водоёмах с ограниченными кормовыми ресурсами совместно с малоротой корюшкой *Hypomesus olidus* привело к практически полному расхождению их пищевых спектров.

NINE-SPINE STICKLEBACK *PUNGITIUS PUNGITIUS* FROM THE LAKES OF THE LOWER STREAM OF THE OBLUKOVINA RIVER (WESTERN KAMCHATKA)

А.М. Tokranov, А.А. Paskochina

*Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute, Russian Academy of Sciences, FEB RAS,
6 Partizanskaya St., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia. E-mail: tok_50@mail.ru*

Based on the materials collected in October 1998 and September 2000, for the first time a characteristic of the size-weight composition and nutrition of the nine-spine stickleback *Pungitius pungitius* in the small floodplain lakes Thuklu and Krivoe, located on the western coast of Kamchatka in the lower stream of the Oblukovina River is given. It has been established that the maximum length of this stickleback here reaches 70 mm, and the body weight is about 2 g. In these lakes, the nine-spine stickleback is a nektobenthophage, the main food objects of which are various small benthic organisms (mainly Ostracoda, Bivalvia and Amphipoda), larvae of Chironomidae and adults of Hemiptera. The habitation of the nine-spine stickleback in small closed water bodies with limited food resources, together with the pond smelt *Hypomesus olidus*, has led to an almost complete divergence of their food spectra.

Введение

Девятииглая колюшка *Pungitius pungitius* является циркумполярным представителем ихтиофауны, широко распространённым в бассейнах Атлантического, Северного Ледовитого и Тихого океанов (Зюганов, 1991). Хотя эта мелкая стайная

рыба, максимальные размеры которой не превышают 90 мм, встречается на территории всего Камчатского края (Куренков, 1965; Шейко, Федоров, 2000), обитая как в пресных водоёмах (реки, озёра и др.), так и в солоноватых водах приусտевых участков рек, лагун и бухт (Поров, 1933; Виноградов, 1949; Токранов, 1994; Василец и др., 1999; Токранов, Бугаев, 2001; Мешкова, Смирнов, 2003; Маркевич, Панфилова, 2014; Коваль и др., 2015; Токранов, Шейко, 2015, и др.), сведения о её биологии в водоёмах Камчатки до настоящего времени довольно ограничены и фрагментарны (Крогиус и др., 1969; Луферов, Введенская, 1991; Введенская, 1992, 1993, 1994, 1997, 1998; Максименков, Токранов, 1994, 2000; Бугаев, 1995; Maximenkov, Tokranov, 1996; Бугаев и др., 2007; Максименков, 2007; Есин и др., 2009; Маркевич, Панфилова, 2014; Коваль и др., 2015; Павлов и др., 2016), особенно популяций из небольших удалённых и труднодоступных водоёмов. Материал по ним, как правило, собирается случайно или попутно во время выполнения каких-то других исследований, как это и произошло при обследовании пойменных озёр Тхуклу и Кривого в процессе выяснения обитания в них рыбы, впервые обнаруженной здесь в начале 1960-х годов и названной «камчатской ряпушкой» *Coregonus sardinella kamtschaticus*.

Летом 1961 г. во время обследования рыбохозяйственной экспедицией Камчат-рыбвода озёр на территории Камчатки в небольшом пойменном оз. Тхуклу нижнего течения р. Облуковина, впадающей в Охотское море, участниками этой экспедиции вентерем были выловлены два взрослых экземпляра небольшой рыбки размером 15–16,5 см, которых они зафиксировали и вместе с попавшими в планктонную сеть 12 сеголетками длиной 19–23 мм передали в Камчатское отделение Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (в настоящее время – Камчатский филиал ВНИРО или КамчатНИРО). Его сотрудники И.И. Куренков и А.Г. Остроумов, сделав морфологическое описание зафиксированных рыб, пришли к заключению, что они являются особями сибирской ряпушки *Coregonus sardinella*, которую назвали «камчатской ряпушкой», изложив результаты своих исследований в двух кратких публикациях (Куренков, Остроумов, 1964, 1965).

Нахождение сибирской ряпушки в маленьком и изолированном пойменном озере на значительном удалении к югу от границы её основного ареала – бассейна рек Пенжины и Таловки (Коваль и др., 2015), безусловно, вызывало у ихтиологов немало вопросов и определённых сомнений. Но провести повторное обследование данного водоёма из-за его удалённости и труднодоступности не удавалось почти четыре десятилетия. Фотографий зафиксированных экземпляров, по которым сделано описание, не сохранилось, а сами они, к сожалению, также были потеряны в начале 1970-х годов во время переезда Камчатского отделения ТИНРО из старого в новое здание.

Однако в конце 1990-х годов при подготовке ихтиологической части «Каталога позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий» сотруднику Камчатского института экологии и природопользования – КИЭП (в настоящее время – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии) ДВО РАН Б.А. Шейко с коллегами в 1998 г. удалось повторно обследовать оз. Тхуклу, а в 2000 г. – расположение недалеко от него оз. Кривое в нижнем течении р. Облуковина. В результате проведённого обследования, ни в том, ни в другом озере ряпушка обнаружена не была. Как оказалось, в этих небольших и мелководных водоёмах обитает всего лишь по два представителя ихтиофауны – обыкновенная малоротая корюшка *Hypomesus olidus* (максимальная длина выловленных особей

достигала 121 мм) и девятииглая колюшка *Pungitius pungitius*, по которым и был собран материал. По итогам обследования двух данных озёр, Б.А. Шейко пришёл к заключению, что рыбы, описанные ранее как камчатская ряпушка *Coregonus sardinella kamtschaticus*, в действительности являются неправильно определёнными крупными особями обыкновенной малоротой корюшки (Шейко, Фёдоров, 2000).

Если материалы по традиционно являющейся на Камчатке объектом местного промысла и любительского рыболовства малоротой корюшке, буквально, сразу же передали специалистам КамчатНИРО, которые их обработали, а полученные результаты вскоре опубликовали (Василец и др., 2000), то сборы по девятииглой колюшке более двух десятилетий пролежали в фондах Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН и были обработаны только в прошлом году. Поэтому полученные нами результаты обработки материалов, собранных сотрудниками КИЭП ДВО РАН в 1998 г. в оз. Тхуклу и в 2000 г. в оз. Кривое, позволяют впервые охарактеризовать размерно-весовой состав и питание девятииглой колюшки в этих расположенных на западном побережье Камчатки небольших пойменных озёрах нижнего течения р. Облуковина, впадающей в Охотское море.

Материал и методика

Материал для данного сообщения собран сотрудниками Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН Б.А. Шейко, А.В. Демидкиным и О.В. Шейко во время проведения обследования в октябре 1998 г. оз. Тхуклу и в сентябре 2000 г. оз. Кривое нижнего течения впадающей в Охотское море р. Облуковина (рис. 1). Обловы выполнены мальковым неводом 15 × 2 м (ячей в крыльях – 6, в кутке – 3 мм). Пойманные 2 октября 1998 г. в оз. Тхуклу и 8 сентября 2000 г. в оз. Кривое особи девятииглой колюшки (соответственно 561 и 183 экз.) первоначально были зафиксированы в 6 % формалине, а затем переведены в 70 ° этиловый спирт для хранения в коллекционном фонде Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН.

Во время камеральной обработки из каждой зафиксированной пробы случайным образом отобрано по 100 экз. девятииглой колюшки, у которых в лабораторных условиях с точностью до 1 мм измерена общая длина (*TL*), с точностью до 10 мг на электронных весах оценена масса тела и определён пол. Анализ содержимого желудков всех исследованных особей девятииглой колюшки осуществляли количественно-весовым методом в соответствии с «Методическим пособием...» (1974). Статистическую обработку проводили по общепринятой методике (Лакин, 1980).

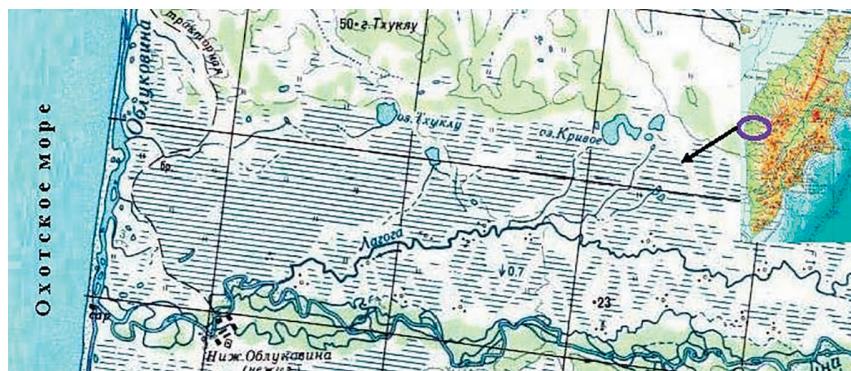


Рис. 1. Расположение пойменных озёр Тхуклу и Кривого в нижнем течении р. Облуковина

Результаты и обсуждение

Согласно имеющимся данным, оба обследованных пойменных озера нижнего течения р. Облуковина являются бессточными и довольно мелководными. Площадь оз. Тхуклу составляет всего около 23 га, а оз. Кривое – немного больше (точных данных о его площади нам обнаружить не удалось). Их максимальные глубины в сентябре–октябре повсеместно не превышают 1–1,5 м. Для оз. Тхуклу характерны в основном песчано-галечные, а для оз. Кривое – песчано-илистые грунты.

Результаты обловов мальковым неводом свидетельствуют, что девятииглая колюшка была довольно многочисленна в обоих озёрах. Размеры пойманых рыб варьировали от 37 до 56 (в среднем $46,5 \pm 0,5$) мм, а масса тела – от 0,24 до 1,03 (в среднем $0,47 \pm 0,03$) г в оз. Тхуклу, и от 24 до 70 (в среднем $47,5 \pm 1,2$) мм и от 0,08 до 2,10 (в среднем $0,92 \pm 0,06$) г в оз. Кривое (рис. 2). Однако, если в первом из них в уловах доминировали особи длиной 41–55 мм (90 %) с массой тела менее 1 г (99 %), то во втором преобладали рыбы двух модальных групп – 31–40 и 51–65 мм (28 и 56 %) с массой тела менее 0,5 и 1,0–1,5 г (38 и 36 %). Доля самцов в уловах была несколько выше (в оз. Тхуклу – 57, в оз. Кривое – 53 %), чем самок.

Как показал анализ состава пищевых организмов, девятииглая колюшка в озёрах Тхуклу и Кривом, как и в ряде других водоёмов Камчатки (Максименков, Токранов, 1994, 2000; Максименков, 2007, и др.), является нектобентофагом, основными объектами питания которому в первом из них служат различные бентосные организмы (79,8 % по массе, преобладают *Bivalvia*, *Ostracoda*, *Amphipoda* – соответственно 34,4, 30,5 и 13,6 %), и личинки *Chironomidae* (17,5 % по массе), а во втором – бентосные организмы (27,5 % по массе, доминируют *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Ostracoda* и *Amphipoda*), личинки *Chironomidae* (55,3 %) и имаго *Hemiptera* (13,2 % по массе) (рис. 3).

Имеющиеся в нашем распоряжении данные позволяют проанализировать изменение состава пищи у девятииглы колюшки разного размера в оз. Кривое (рис. 4). Хотя основными объектами питания всем её особям длиной от 24 до 70 мм здесь служат личинки *Chironomidae*, доля которых составляет 52,2–70,7 % по массе, по мере увеличение размеров рыб потребление ими *Ostracoda* сокращается с 30,0 % у молоди до 0,3 % по массе у самых крупных экземпляров (свыше 60 мм). Однако возрастает использование в пищу мелких двустворчатых моллюсков диаметром

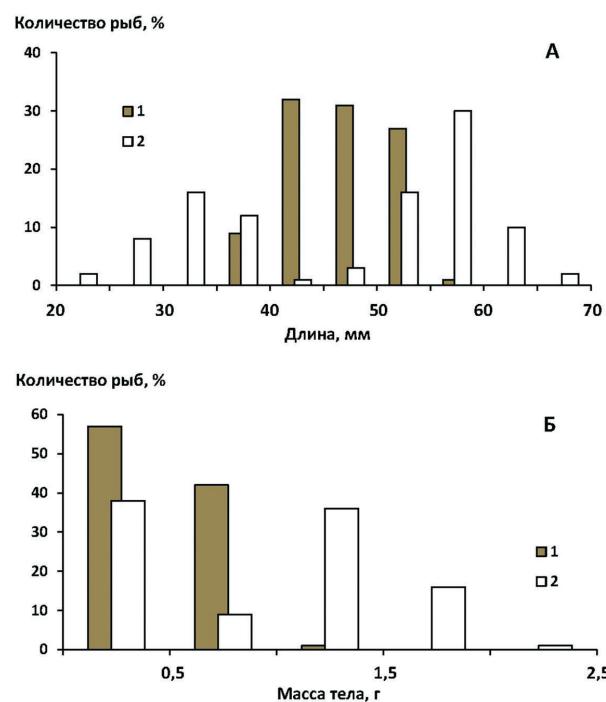


Рис. 2. Размерный (А) и весовой (Б) состав девятииглы колюшки в озёрах Тхуклу (1, N = 100) и Кривом (2, N = 100) нижнего течения р. Облуковина

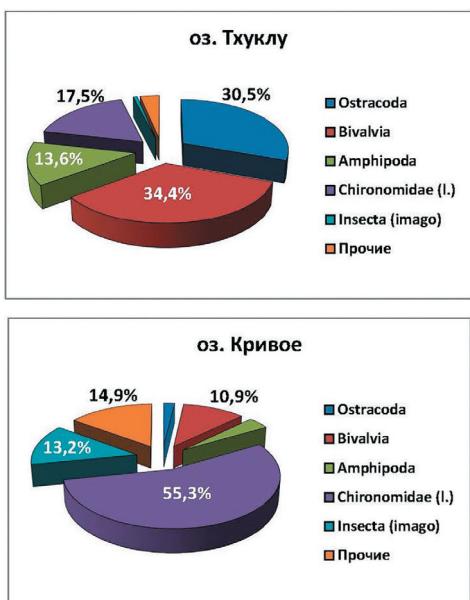


Рис. 3. Состав пищи (в % по массе) девятииглой колюшки в озёрах Тхуклу (октябрь 1998 г.) и Кривом (сентябрь 2000 г.).

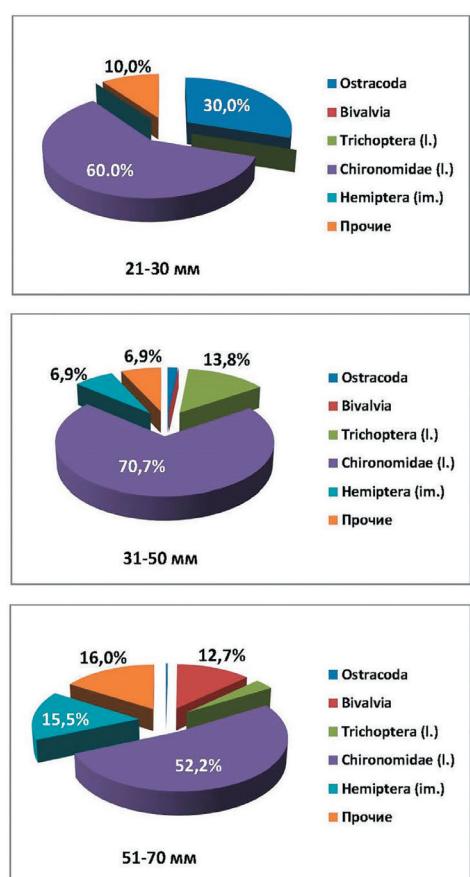


Рис. 4. Состав пищи (в % по массе) особей девятииглой колюшки разного размера в оз. Кривое (сентябрь 2000 г.).

1–2 мм (до 12,7 %) и имаго насекомых (до 15,5 % по массе), представленных, главным образом водяными клопами-гребляками.

Ранее опубликованные сведения о составе пищи малоротой корюшки в оз. Тхуклу (Василец и др., 2000), выловленной здесь в октябре 1998 г. одновременно с девятииглой колюшкой, позволяют сравнить степень сходства состава их пищи в данном водоёме (рис. 5). Как свидетельствуют полученные результаты, этот показатель не превышает 1,5 % по массе, что обусловлено различными биотопами нагула. Если особи девятииглой колюшки кормятся преимущественно у дна и основными пищевыми объектами им служат донные и придонные беспозвоночные, а также личинки комаров-звонцов, то малоротая корюшка питается в толще воды, потребляя, главным образом, имаго различных насекомых и собственную молодь.

Заключение

Резюмируя вышесказанное, следует отметить, что девятииглая колюшка довольно многочисленна в обоих озёрах. Размеры её пойманных особей варьировали от 37 до 56 (в среднем 46,5) мм, а масса тела – от 0,24 до 1,03 (в среднем около 0,5) г в оз. Тхуклу, и от 24 до 70 (в среднем 47,5) мм и от 0,08 до 2,10 (в среднем 0,92) г в оз. Кривое. Однако, если в первом из них в уловах доминировали рыбы длиной 41–55 мм (90 %) с массой тела менее 1 г (99 %), то во втором преобладали особи двух модальных групп – 31–40 и 51–65 мм (28 и 56 %) с массой тела менее 0,5 и 1,0–1,5 г (38 и 36 %).

В пойменных озёрах Тхуклу и Кривом нижнего течения р. Облуковина девятииглая колюшка является нектобентофагом, основными объектами питания которому в первом из них служат различные мелкие бентосные организмы (79,8 %) и личинки Chironomidae (17,5 % по массе), а во втором – бентосные

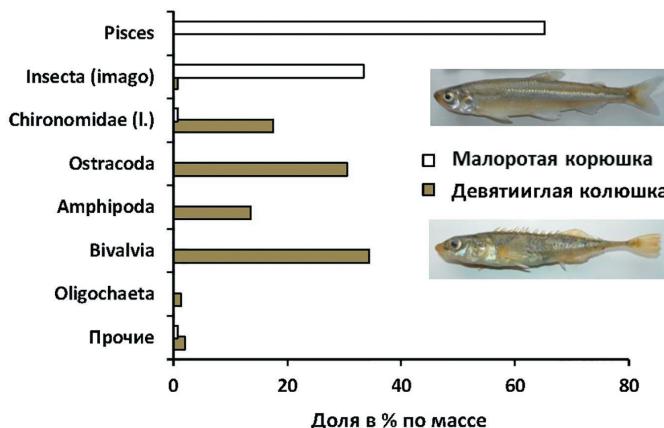


Рис. 5. Сходство состава пищи (в % по массе) девятииглой колюшки и малоротой корюшки (по: Василенц и др., 2000) в оз. Тхуклу (октябрь 1998 г.)

организмы (27,5 %), личинки Chironomidae (55,3 %) и имаго Hemiptera (13,2 % по массе).

Сравнение состава пищи девятииглой колюшки и малоротой корюшки в озере Тхуклу, свидетельствует о том, что обитание этих видов рыб в небольшом замкнутом водоёме, где количество кормовых ресурсов ограничено, а численность потребителей достаточно высока, привело к практически полному расхождению спектров их питания. Если особи девятииглой колюшки нагуливаются преимущественно у дна и основными кормовыми объектами им служат различные мелкие донные, придонные беспозвоночные и личинки комаров-звонцов, то малоротая корюшка питается в толще воды, потребляя, главным образом, имаго разных насекомых и собственную молодь. По всей видимости, развитие каннибализма у этого вида в оз. Тхуклу, как это уже отмечалось ранее (Василенц и др., 2000), обусловлено ограниченным количеством кормовых организмов в небольшом по площади замкнутом водоёме при достаточно высокой численности их потребителей.

Благодарности

Авторы благодарят бывших сотрудников Камчатского института экологии и природопользования (в настоящее время – Камчатский филиал ТИГ) ДВО РАН Б.А. Шейко, А.В. Демидкина и О.В. Шейко, выполнивших в 1998 и 2000 гг. обследование озёр Тхуклу и Кривого и собравших материал по девятииглой колюшке.

Литература

- Бугаев В.Ф.** 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, демография численности). М.: Колос. 464 с.
- Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О., Зорбиди Ж.Х., Остроумов А.Г., Тиллер И.В.** 2007. Рыбы реки Камчатка. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. 459 с.
- Василенц П.М., Карпенко В.И., Максименков В.В.** 1999. Ихтиофауна эстуариев рек Восточной Камчатки // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: тезисы докладов областной научно-практической конференции (Петропавловск-Камчатский 10–12 июня 1999 г.). Петропавловск-Камчатский: Госкомкамчатэкология. С. 48–49.
- Василенц П.М., Максименков В.В., Травина Т.Н., Травин С.А.** 2000. О биологии малоротой корюшки *Nupotmesus olidus* в водах Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Вып. V. С. 94–100.

- Введенская Т.Л.** 1992. Питание и пищевые взаимоотношения рыб в литорали оз. Дальнего (Камчатка): автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИЭМЭЖ. 25 с.
- Введенская Т.Л.** 1993. Пищевые рационы рыб в литорали оз. Дальнего // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: КоТИНРО. Вып. II. С. 130–139.
- Введенская Т.Л.** 1994. Пищевые взаимоотношения рыб в литоральной зоне красничих озер // Систематика, биология и биотехника разведения лососевых рыб: материалы V Всероссийского совещания. Москва, 1994 г. СПб.: ГосНИОРХ. С. 26–28.
- Введенская Т.Л.** 1997. Значение отдельных групп кормовых организмов в питании молоди нерки, кижучи, гольцов и разновозрастной трех- и девятиглой колюшеч // Первый Конгресс ихтиологов России: тезисы докладов. Астрахань, сентябрь 1997 г. М.: Изд-во ВНИРО. С. 142.
- Введенская Т.Л.** 1998. Результаты обследования ихтиокомплекса в районе разработки Аметистового золоторудного месторождения // Северо-Восток России: экономика и народонаселение: расширенные тезисы докладов региональной научной конференции «Северо-Восток России: прошлое, настоящее, будущее». Т. 1. Магадан, 31 марта–2 апреля 1998 г. Магадан: ОАО «Северо-востокзолото». С. 100.
- Виноградов К.А.** 1949. О сезонных изменениях состава ихтиофауны Авачинской губы (Восточная Камчатка) // Зоологический журнал. Т. 28. Вып. 6. С. 573–574.
- Есин Е.Л., Чебанова В.В., Леман В.Н.** 2009. Экосистема малой лососевой реки Западной Камчатки (среда обитания, донное население и ихтиофауна). М.: Товарищество научных изданий КМК. 171 с.
- Зюганов В.В.** 1991. Семейство колюшковых (Gasterosteidae) Мировой фауны. Л.: Наука. 261 с. (Фауна СССР: Новая серия. № 137. Рыбы. Т. 5. Вып. 1).
- Коваль М.В., Есин Е.В., Бугаев А.В., Карась А., Горин С.Л., Шатило И.В., Погодаев Е.Г., Шубкин С.В., Заварина Л.О., Фролов О.В., Жаравин М.В., Коптев С.В.** 2015. Пресноводная ихтиофауна рек Пенжина и Таловка (Северо-Западная Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 37. С. 53–145. DOI: 10.15853/2072-8212.2015.37.53–145
- Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Менишуткин В.В.** 1969. Сообщество пелагических рыб озера Дальнего (опыт кибернетического моделирования). Л.: Наука. 86 с.
- Куренков И.И.** 1965. Зоogeография пресноводных рыб Камчатки // Вопросы географии Камчатки. Вып. 3. С. 25–34.
- Куренков И.И., Остроумов А.Г.** 1964. Камчатская ряпушка // Вопросы географии Камчатки. Вып. 2. С. 115.
- Куренков И.И., Остроумов А.Г.** 1965. Нахождение ряпушки (*Coregonus sardinella* Val.) на Камчатке // Вопросы ихтиологии. Т. 5. Вып. 3. С. 558–560.
- Лакин Г.Ф.** 1980. Биометрия. М.: Высшая школа. 292 с.
- Луферов В.П., Введенская Т.Л.** 1991. Выедание беспозвоночных сеголетками нерки и колюшками в литорали Дальнего озера (Камчатка) // VI Съезд Всесоюзного гидробиологического общества: тезисы докладов. Т. 2. Мурманск, 8–11 октября 1991 г. Мурманск: Полярная правда. С. 188–189.
- Максименков В.В.** 2007. Питание и пищевые отношения молоди рыб, обитающих в эстуариях рек и прибрежье Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. 278 с.
- Максименков В.В., Токранов А.М.** 1994. Питание девятиглой колюшки *Pungitius pungitius* (Gasterosteidae) в эстуарии и нижнем течении р. Большая (западная Камчатка) // Вопросы ихтиологии. Т. 34. № 5. С. 697–702.
- Максименков В.В., Токранов А.М.** 2000. Пищевые взаимоотношения рыб в эстуарии реки Большая (западная Камчатка). 2. Биотические особенности питания и пищевые взаимоотношения // Вопросы ихтиологии. Т. 40. № 1. С. 31–42.
- Маркевич Г.Н., Панфилова П.Н.** 2014. Современное состояние и многолетние изменения ихтиофауны эстуария реки Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 32. С. 21–34.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях.** 1974. М.: Наука. 254 с.
- Мешкова М.Г., Смирнов Б.П.** 2003. Ихтиофауна озера Большой Вилой // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы IV научной конференции. Петропавловск-Камчатский, 18–19 ноября 2003 г. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. С. 71–76.
- Павлов Д.С., Кириллов П.И., Кириллова Е.А., Кузищин К.В., Груздева М.А., Кучерявый А.В., Пичугин М.Ю.** 2016. Состояние и мониторинг биоразнообразия рыб, рыбообразных и среды их обитания в бассейне реки Утхолок. М.: Товарищество научных изданий КМК. 197 с.

- Токранов А.М. 1994.** Состав сообщества рыб эстуария р. Большая (западная Камчатка) // Вопросы ихтиологии. Т. 34. № 1. С. 5–12.
- Токранов А.М., Бугаев В.Ф. 2001.** Сообщество рыб приусьевой зоны р. Камчатка // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Сборник материалов II научной конференции. Петропавловск-Камчатский, 9–10 апреля 2001 г. Петропавловск-Камчатский: Камшат. С. 97–98.
- Токранов А.М., Шейко Б.А. 2015.** Современный состав ихтиофауны Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 36. С. 48–54. DOI: 10.15853/2072–8212.2015.36.48–54
- Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000.** Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holocephali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы // Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 7–69.
- Maximenkov V.V., Tokranov A.M. 1996.** Feeding and food ralationships of juvenile fishes in the Bolshaya river estuary (Western Kamchatka) // International Symposium on the Role of Forage Fishes in Marine Ecosystems (14th Lowell Wakefield Fisheries Symposium): Abstracts. Anchorage. Alaska, USA, November 13–16, 1996. Anchorage: Alaska Sea Grant College Program. University of Alaska Fairbanks. P. 6–7.
- Popov A.M. 1933.** Fishes of Avatcha Bay on the Southern Coast of Kamtchatka // Copeia. N 2. P. 59–67.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.24>

<https://elibrary.ru/midbek>

НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ФАУНЕ МОЛЛЮСКОВ ЗАПОВЕДНИКА «УБСУНУРСКАЯ КОТЛОВИНА» (РЕСПУБЛИКА ТЫВА, РОССИЯ)

М.О. Шарый-оол

*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия. E-mail: sharyiool@biosoil.ru*

Представлены новые сведения по фауне моллюсков российских кластеров международного биосферного заповедника «Убсунурская котловина» всемирного наследия ЮНЕСКО. Вид *Odhneripisidium stewarti* (Preston, 1909) (Bivalvia: Sphaeriidae) впервые отмечен для фауны России и Монголии.

NEW DATA ON MOLLUSCAN FAUNA OF THE UBSUNUR HOLLOW RESERVE (THE REPUBLIC OF TYVA, RUSSIA)

M.O. Sharyi-ool

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue,
Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: sharyiool@biosoil.ru*

New data on a molluscan fauna of the «Ubsunur Hollow» UNESCO Reserve are presented. Species *Odhneripisidium stewarti* (Preston, 1909) (Bivalvia: Sphaeriidae) is recorded for Russia and Mongolia for the first time.

Введение

С начала комплексного исследования наземной и пресноводной малакофауны Тувы выяснилось, что наиболее интересные находки моллюсков встречаются на территории и акватории заповедника «Убсунурская котловина» всемирного наследия ЮНЕСКО.

Заповедник создан в 1993 г. по инициативе доктора технических и биологических наук, профессора В.В. Бугровского. В качестве полигона была выбрана Убсунурская котловина – бассейн древнего озера Убсу-Нур, лежащий на границе Тувы и Монголии. Выбор котловины не случаен. Она представляет собой замкнутую геосистему, удаленную от промышленных объектов, экологически чистую, уникальную в природном отношении. Важную роль в формировании современных ландшафтов котловины сыграли длительное геологическое развитие депрессии, а также позднечетвертичное оледенение в окружающих горах и покровное оледенение, с последующим обводнением впадины (Курбатская, 2009).

Северо-восточный борт Убсунурской котловины в подножье южного склона хребта Танну-Ола вскрыт рекой Холу и содержит осадочные отложения с раковинами водных моллюсков трех разных толщ. За время накопления хольской

свиты, наблюдались значительные изменения палеогеографической обстановки, приведшие к смене режима субтропических озер и плавно текущих полноводных рек, в основном на речной со значительными скоростями течения и затем вновь на озерный северо-субтропической климатической подзоны. Большая мобильность климата объясняется, в частности, географическим положением Убсунурской котловины на территории, которая то входила в царство полупустынь Центральной Азии, то, в периоды, отмеченные сочетанием некоторого увлажнения и похолодания, в саванную зону Палеарктики (Попова, 1981).

Подтверждением этому является обитание шести реликтовых видов холодолюбивых наземных моллюсков лёссового комплекса – *Collumella columella* (von Martens, 1830), *Vallonia tenuilabris* (A. Braun, 1842), *Pupilla alpicola* (Charpentier, 1837), *P. loessica* Ložek, 1954, *Vertigo parcedentata* (A. Braun, 1847), *V. genesii* (Gredler, 1856) – в российских кластерах «Кара-Холь», «Улар», «Арысканный», а также в реликтовом лесу на северном берегу пресного озера Торе-Холь в буферной зоне кластерного участка «Цугээр-Элс» (Засыпкина, 2003, 2009, 2011).

Озеро Торе-Холь является типовым местонахождением трех эндемичных видов мелких двустворчатых моллюсков подрода *Tuvapisidium* Izzatullaev et Starobogatov, 1986: *Odhneripisidium popovae* Starobogatov et Streletzkaja, 1967, *O. terekholicum* Izzatullaev et Starobogatov, 1986 и *O. tuvaense* Izzatullaev et Starobogatov, 1986 (Старобогатов, Стрелецкая, 1967; Иzzатуллаев, Старобогатов, 1986; Прозорова, Засыпкина, 2010), три паратипа которого собраны также из оз. Камышистое Горного Алтая. Помимо трех видов рецензентной малакофауны в состав подрода входят пять эндемичных видов мелких двустворчатых моллюсков из неогеновых или плейстоценовых отложений Чуйской котловины Горного Алтая (Попова и др., 1970).

С учетом факта совместного обитания реликтовых и эндемичных видов в Убсунурской котловине был проведен поиск раковин фонового вида плейстоценового периода *Odhneripisidium stewarti* (Preston, 1909) в собственных сборах, а также впервые обнаружен эндемичный вид *O. paravinczentianum* Popova et Starobogatov, 1970.

Материал и методика

Материал собран в июле 1994, 2001 гг. в российской части озера Торе-Холь и хранится в малакологической коллекции Лаборатории пресноводной гидробиологии Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН), г. Владивосток. Экземпляры моллюсков зафиксированы 75% этианолом.

Идентификация проведена посредством изучения конхологических признаков раковины. Отдельные створки раковин промывали в мыльном растворе, дистиллированной воде, 96% этианоле и высушивали при комнатной температуре. Затем закрепляли створки двусторонней клейкой лентой на монтажные столики, напыляли хромом или углеродом и фотографировали при разном увеличении под сканирующим микроскопом EVO-40, LEO-430, Sigma-300 (Carl Zeiss) в Центре коллективного пользования электронной микроскопии ННЦМБ ДВО РАН, г. Владивосток.

Перечень видов в аннотированном списке составлен согласно последней трактовке системы, принятой в «Catalogue» (Kantor et al., 2010).

Класс Bivalvia Linnaeus, 1758

Семейство Sphaeriidae Jeffreys, 1862

Род *Odhneripisidium* Kuiper, 1962

Типовой вид: *Pisidium stewarti* Preston, 1909

Подрод *Odhneripisidium* s.str.

Odhneripisidium (Odhneripisidium) stewarti (Preston, 1909) (рис. 1).

Материал: Тува, оз. Торе-Холь, глубина 1 м, 18.VII 2001, 1 экз., коллекционный номер ФНЦ № 4241, Сб. М.О. Засыпкина (Шарый-оол).

Распространение. Тибет, Памир (Kantor et al., 2010), Тува, Монголия.

Замечание. Вид внесен в Красную книгу МСОП (Bogdan, 2011).

Подрод *Tuvapisidium* Izzatullaev et Starobogatov, 1986

Odhneripisidium (Tuvapisidium) paravincetianum Popova et Starobogatov, 1970 (рис. 2).

Материал: Тува, оз. Торе-Холь, местечко Чинге-Сукпак, восточный берег, глубина 1,2 м, песок, заросли хары, 13.VII 1994, правая створка, коллекционный номер ФНЦ № 1553, Сб. М.О. Шарый-оол.

Распространение. Горный Алтай, Чуйская впадина, кызылгирская свита, щебнистая толща (Попова и др., 1970).

Замечание. Впервые отмечен в фауне Тувы и Монголии.

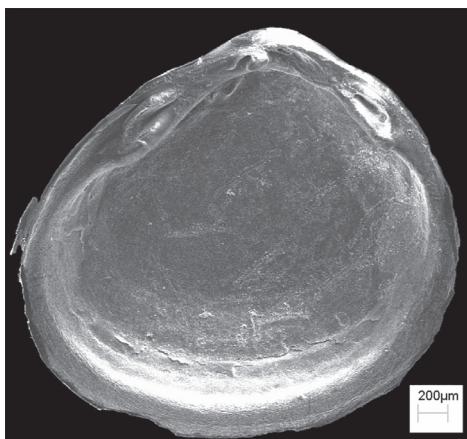


Рис. 1. Правая створка *Odhneripisidium (Odhneripisidium) stewarti* (Preston, 1909), внутренняя поверхность раковины. Масштаб: 200 мкм

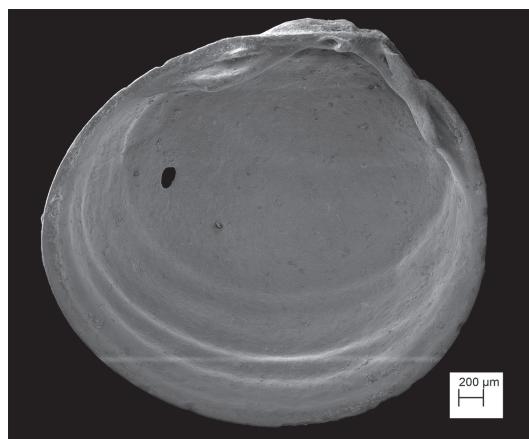


Рис. 2. Правая створка *Odhneripisidium paravincetianum* Popova et Starobogatov, 1970, внутренняя поверхность раковины. Масштаб: 200 мкм

Благодарности

Благодарю Д.В. Фомина за помощь в работе на сканирующем электронном микроскопе (ИНЦМБ ДВО РАН, г. Владивосток), куратора библиотеки Парижского музея естественной истории Корин Болзе (Corinne Bolze, Bibliothèque Malacologie, Paris, France) за любезно присланые копии первоисточников.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000147-6).

Литература

- Засыпкина М.О. 2003.** Моллюски бассейна озера Кара-Холь (республика Тува) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 139–142.
- Засыпкина М.О. 2009.** Наземные моллюски заповедника «Убсунурская котловина» // Природа заповедника «Убсунурская котловина». Вып. 1. Красноярск: Дарма-печать. С. 196–205.
- Засыпкина М.О. 2011.** Фауна наземных моллюсков (Pulmonata, Stylommatophora) Тувы // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: материалы II международной научной конференции. Т. 2. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. С. 70–71.
- Иzzatullaev З.И., Старобогатов Я.И. 1986.** Виды рода *Odhneripisidium* (Bivalvia Pisidiidae) фауны СССР // Труды Зоологического института АН СССР. Т. 148. Л.: Наука. С. 54–70.

- Курбатская С.С.** 2009. История создания природного биосферного заповедника «Убсунурская котловина» // Природа заповедника «Убсунурская котловина». Вып. 1. Красноярск: Дармапечать. С. 12–20.
- Попова С.М.** 1981. Кайнозойская континентальная малакофауна юга Сибири и сопредельных территорий. М.: Наука. 188 с.
- Попова С.М., Девяткин Е.В., Старобогатов Я.И.** 1970. Моллюски кызылгирской свиты Горного Алтая. М.: Наука. 95 с.
- Прозорова Л.А., Засыпкина М.О.** 2010. Обнаружение живых двустворок *Odhneripisidium (Tuvapisidium)* (Bivalvia: Pisidiidae) // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. Вып. 14. С. 21–29.
- Старобогатов Я.И., Стрелецкая Э.А.** 1967. Состав и зоogeографическая характеристика пресноводной малакофауны Восточной Сибири и севера Дальнего Востока // Моллюски и их роль в биоценозах и формировании фаун. Труды Зоологического института АН СССР. Т. 42. Л.: Наука. С. 221–268.
- Bogan, A.E.** 2011. *Pisidium stewarti*. IUCN2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. www.iucnredlist.org
- Kantor Y.I., Vinarski M.V., Shileyko A.A., Sysoev A.V.** 2010. Catalogue of the continental mollusks of Russia and adjacent territories. Version 2.3.1. <http://www.ruthenica.com/categorietr-8.html>
- Preston H.B.** 1909. Report on a small collection of fresh-water Mollusca (*Limnaea* and *Pisidium*) from Tibet // Records of the Indian Museum. Vol. 3. P. 2. P. 115–116.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.25>

<https://elibrary.ru/mizlnk>

ГИДРОХИМИЯ ЗЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В МНОГОВОДНЫЕ ГОДЫ

В.П. Шестеркин¹, П.Н. Терский^{2,4}, С.Л. Горин^{3,4}

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,

ул. Дикопольцева, 56, г. Хабаровск, 68000, Россия. E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

²Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова,

Кропоткинский пер., д. 6с1, г. Москва, 119034, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии («ВНИРО»),
Окружной проезд, 19, г. Москва, 105187, Россия.

⁴Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Пыхлевский пер., 3, Москва, 119017, Россия

Представлены результаты изучения химического состава вод Зейского водохранилища в многоводные годы (2013, 2021 гг.). Показано, что значительный приток воды в водохранилище в эти годы обусловил в его водах равномерное распределение концентраций растворенных веществ по акватории и глубине в летне-осенний период и крайне неравномерное – зимой. Максимальные значения минерализации, концентрации ионов кальция, магния, гидрокарбонатного и сульфатного ионов, аммонийного азота, органических веществ и растворенного железа установлены зимой на устьевых участках рек Арги и Зея в результате влияния криогенных процессов и затопления болот Верхне-Зейской равнины. В приплотинной и каньонной частях водоема зимой отмечено отсутствие больших различий в значениях минерализации (28,4–41,9), низкое содержание аммонийного азота (<0,03 мг N/дм³), повышенные значения цветности воды (62–87°), концентрации растворенного железа (0,35–0,74 мг/дм³) и органического вещества (10,0–13,3 мг О/дм³). Сделано предположение о поступлении больших количеств растворенных веществ в р. Амур зимой вследствие возросших расходов воды Зейской ГЭС.

HYDROCHEMISTRY OF THE ZEYA RESERVOIR IN HIGH-WATER YEARS

V.P. Shesterkin¹, P.N. Terskiy^{2,4}, S.L. Gorin^{3,4}

¹Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS,

56 Dikopoltsev St., Khabarovsk 680000, Russia. E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

²State Oceanographic Institute named after N.N. Zubov, Moscow

³Russian Federal Research Institute Of Fisheries and Oceanography (VNIRO),

19 Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

⁴A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics Russian Academy of Sciences,

3, Pyzhyovskiy pereulok, Moscow, 119017, Russia

The results of studying the chemical composition of the waters of the Zeya reservoir in high-water years (2013, 2021) are presented. It is shown that a significant inflow of water into the reservoir during these years caused in its waters a uniform distribution of concentrations of dissolved substances in the water area and depth in the summer-autumn period and extremely uneven in winter. The maximum values of mineralization, concentrations of calcium, magnesium, bicarbonate and sulfate ions, ammonium nitrogen, organic substances and dissolved iron were established in winter in the estuarine areas of the Argi and Zey

regions as a result of the influence of cryogenic processes and flooding of the marshes of the Upper Zey plain. In the dam and canyon parts of the reservoir in winter, there were no large differences in mineralization values (28,4–41,9 mg/dm³), low content of ammonium nitrogen (< 0,03 mg N/dm³), increased values of water color (62–87°), concentrations of dissolved iron (0,35–0,74 mg/dm³) and organic matter (10,0–13,3 mg O/dm³). An assumption is made about the receipt of large amounts of dissolved substances in the Amur River in winter due to increased water consumption of the Zeyskaya HPP

Введение

Зейское водохранилище – крупнейшее в бассейне Амура, в Российской Федерации занимает третье место по полному объему. Помимо использования энергетического потенциала реки его появление снизило риск возникновения наводнений ниже г. Зея, способствовало сохранению экологического состояния реки и судоходства ниже плотины. Водохранилище многолетнего регулирования, при НПУ 315,0 м глубина достигает 98 м, полный и полезный объем воды – 68,4 и 32,3 км³ соответственно, площадь зеркала – 2420 км². Длина водохранилища составляет 225 км, площадь водосбора – 82 500 км³. Максимальный уровень (319,53 и 318,67 м соответственно) и приток воды отмечался в 2013 и 2021 гг. Параметры водохранилища в 2012–2022 гг. даны в таблице 1.

Таблица 1
Параметры Зейского водохранилища в 2012–2022 гг.

	Годы										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Характеристика, км ³											
Приток	38,3	47,6	25,7	16,5	39,4	23,2	18,7	26,2	25,2	50,4	25,9
Расход, декабрь–март	7,3	13,6	14,7	7,1	6,5	12,1	8,1	6,9	9,3	9,4	12,9
Расход, апрель–ноябрь	17,7	40,2	20,7	14,0	21,3	16,0	15,9	14,0	16,4	33,8	18,5

В отличие от других водохранилищ Сибири и Дальнего Востока (Вилуйского, Братского, Бурейского и др.) Зейское водохранилище характеризуется длительным периодом наполнения (1975–1985 гг.). Такое продолжительное поступление солей из затопленных почв и растительности оказало большое влияние на формирование химического состава его вод.

Гидрохимические исследования в 1985, 1989, 1994 и 2004 гг. позволили получить первые сведения о химическом составе вод Зейского водохранилища в начале его эксплуатации (Мордовин и др., 1997; Арефина и др., 2010). В многоводном 2013 г. были получены данные о содержании в воде концентраций главных ионов (Шестеркин, 2015) и микроэлементов (Шестеркин и др., 2016; Левшина, Матюшкина, 2021), их распределении по акватории и глубине водохранилища в летне-осенний период. Слабо изученным оставался химический состав вод в многоводные годы.

Материалы и методы

Наблюдения проводили в июле 2013 г., сентябре 2021 и марте 2022 г. Пробы воды отбирали преимущественно с поверхности и придонного слоя, у плотины – дополнительно на глубине 60 м, на устьевых участках рр. Зея и Арги – с поверхности

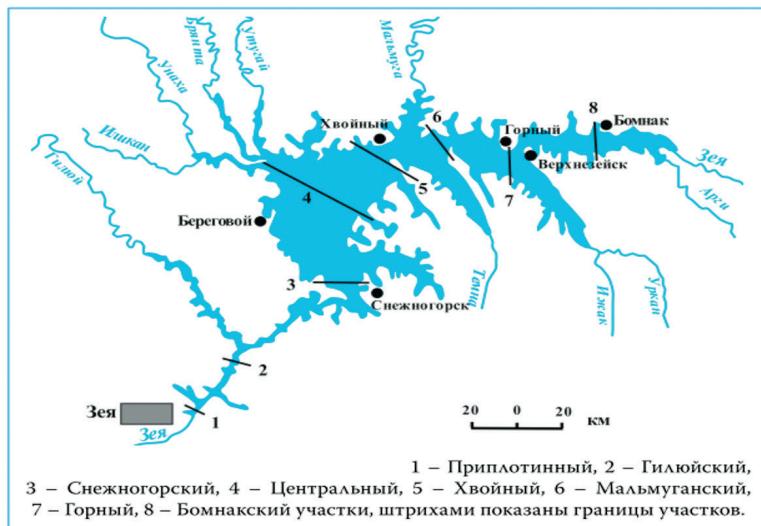


Рис. 1. Схема расположения участков наблюдений

в марте 2022 г. Схема района исследований дана на рисунке 1. В воде определяли содержание главных ионов, биогенных и органических веществ по принятым в гидрохимии методам анализа (Руководящий..., 1996). Анализ проб воды осуществляли в г. Хабаровск в Центре коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН.

Результаты и обсуждения

По химическому составу воды Зейского водохранилища относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, I типу (Алекин, 1970), характеризуются нейтральными значениями pH. В 2013 г. содержание главных ионов в воде водохранилища находилось на уровне маловодного 2004 г. (приток составлял 23,5 км³), хотя большой приток воды в 2012 г. (табл. 1) и апреле–июне 2013 г. (13,4 км³) обусловили выход водохранилища на НПУ уже в середине июля. Содержание ионов натрия и калия, как и в предыдущие годы, не превышало 1,0 и 0,5 мг/дм³. По акватории и глубине водохранилища содержание большинства главных ионов распределялось относительно равномерно. Исключение составляли сульфатные ионы, концентрации которых распределялись мозаично: на Приплотинном и Гилюйском участках наибольшие значения наблюдались в придонных слоях, Центральном и Снежногорском участках – в поверхностных горизонтах. Причем в придонных слоях воды Центрального и Снежногорского участков концентрации сульфатов были ниже предела обнаружения (< 1,0 мг/дм³).

Среди анионов в составе воды отмечалось хорошо выраженное преобладание гидрокарбонатного иона (39–42 %-экв), значительно меньше содержалось сульфатного (< 12 %-экв) и хлоридного (< 4,0 %-экв) ионов. В катионном составе доминировали ионы кальция (26–29 %-экв). Содержание иона магния находилось в пределах 13–16 %-экв, иона натрия не превышало 7 %-экв.

Минерализация воды основной части водохранилища не превышала 25 мг/дм³, т.е. с 1982 г. практически оставалась на прежнем уровне (Шестеркин, 2015). Отсутствовали большие различия и в распределении ее по акватории. Исключение могли составить приусտевые участки малых рек Бол. Гарман, Широковская и др., дренирующих карбонатные отложения хр. Тукурингра. Концентрации иона кальция

и сульфатного иона на таких участках достигали 19,0 и 14,0 мг/дм³ соответственно, значение минерализации – 110 мг/дм³ (Шестеркин, 2015). Повышенными были эти величины и в воде р. Матовая – притоке р. Гилой (8,2, 9,9 и 53,8 мг/дм³ соответственно).

В сентябре 2021 г. значение минерализации и содержание главных ионов в воде водоема по сравнению с 2013 г. изменились в более широких пределах (табл. 2). На Центральном участке минерализация воды находилась в пределах 26,0–27,4 мг/дм³, Гилойском – 25,9–27,8 мг/дм³, Бомнакском – 26,8–29,1 мг/дм³, т.е. была выше. Более высокой на этих участках была минерализация воды в марте 2022 г.: на Центральном 25,6–31,0 мг/дм, Гилойском – 28,5–38,5 мг/дм³, Бомнакском – 42,0–65,1 мг/дм³. Причем, на Центральном и Хвойном участках наибольшее значение минерализации из-за процессов криогенного концентрирования отмечалось в поверхностных слоях воды, а в каньонной части водохранилища из-за присутствия «старых» вод – в придонных горизонтах. Отсутствовали различия в величинах минерализации в марте по глубине лишь на Снежногорском участке (27,7–28,0 мг/дм³). Максимальные же значения минерализации (рис. 2), обусловленные выносом растворенных веществ с затопленных болот Верхне-Зейской равнины в условиях значительного падения уровня воды и роста толщины ледяного покрова, отмечались на приусьевых участках рек Зея (до 147,9 мг/дм³) и Арги (223,9 мг/дм³). Подледная вода в этих районах характеризовалась на порядок более высоким, чем на остальных участках водохранилища, содержанием сульфатного иона (29,2 мг/дм³) и иона кальция (15,2 мг/дм³), повышенным содержанием ионов магния (5,3 мг/дм³) и калия (2,5 мг/дм³). Подобные величины минерализации и концентраций главных ионов могли иметь место и в устьях рек Уркан, Ижак, Темна и др., также в нижнем течении дренирующих затопленные массивы болот Верхне-Зейской равнины, воды которых характеризуются значительным содержанием органических веществ (Лебедев и др., 1977).

Влияние рек Зея и Арги проявилось зимой и в повышенных значениях минерализации (рис. 2), концентраций ионов кальция (9,3 мг/дм³) и магния (2,6 мг/дм³), сульфатного иона (5,0 мг/дм³) в придонных слоях воды Бомнакского участка.

На остальных участках Зейского водохранилища концентрации главных ионов в марте 2022 г. были существенно ниже (рис. 2). Среди анионов в составе воды отмечалось хорошо выраженное преобладание гидрокарбонатного иона (80,6 %-экв). Значительно меньше была концентрация сульфатного (14,0 %-экв) и хлоридного (5,4 %-экв) ионов. В катионном составе отмечалось доминирование иона кальция (58,7 %-экв). Содержание иона магния было менее 20,9 %-экв, натрия не превышало 14,5 %-экв.

Таблица 2

Содержание главных ионов и минерализация в воде Зейского водохранилища

Месяц, год	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	M
Июль, 2013	0,8–1,0 1,0	0,5–0,7 0,6	3,9–4,3 4,1	1,2–1,4 1,3	14,0–15,2 14,8	<1,0–3,3 2,3	0,6–0,8 0,7	23,0–26,5 24,8
Сентябрь, 2021	1,3–2,5 1,7	0,6	3,3–5,2 3,7	0,9–1,5 1,2	16,0–24,0 17,4	<1,0–2,2 <1,0	0,3–2,4 0,9	23,8–29,1 26,5
Март, 2022	1,2–1,6 1,3	0,8–1,4 0,9	4,0–5,9 4,7	0,8–1,3 1,0	17,0–23,2 18,5	1,0–3,8 2,5	0,5–0,9 0,7	25,6–69,3 30,4

Примечание: над чертой – интервал концентраций; под чертой – среднее значение, мг/дм³

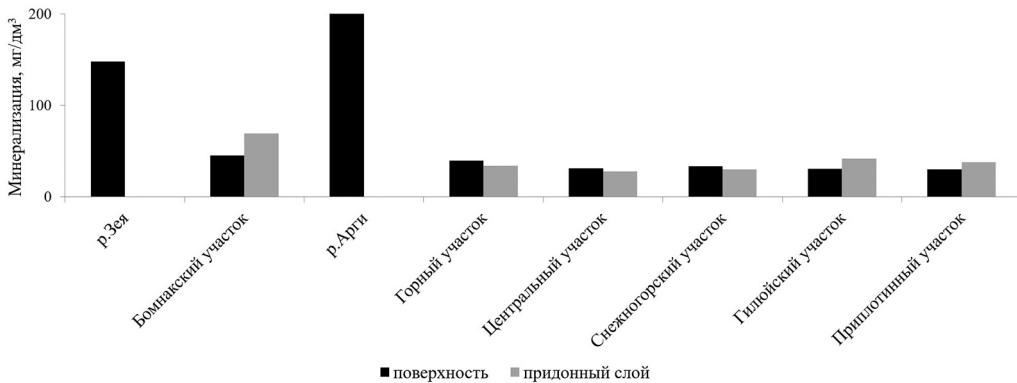


Рис. 2. Распределение величины минерализации в воде по акватории и глубине Зейского водохранилища в марте 2020 г.

Содержание аммонийного азота и минерального фосфора в марте 2022 г. на всех участках водоема, за исключением устьевых участков рр. Зея и Арги, незначительное: первого было менее $0,03 \text{ мг N}/\text{dm}^3$, второго – $0,004 \text{ мг P}/\text{dm}^3$. В воде устьев рр. Арги и Зея содержание этих веществ из-за создания анаэробных и близких к ним условий достигало максимальных значений (до $0,84 \text{ мг N}/\text{dm}^3$ и $0,017 \text{ мг P}/\text{dm}^3$). В широких пределах изменялось и содержание нитратного азота (от $< 0,02$ до $0,12 \text{ мг N}/\text{dm}^3$) максимальные концентрации которого наблюдались в придонных горизонтах воды Гилюйского и Хвойного участков. Наименьшее содержание отмечалось в воде р. Зея и придонном слое Бомнакского участка.

Значительная заболоченность бассейна Зейского водохранилища выделяет его среди водохранилищ Дальнего Востока и Сибири повышенным содержанием органического вещества. В марте 2022 г. значения цветности воды (рис. 3) и перманганатной окисляемости (ПО) менялись в очень больших пределах. Максимальные величины, аномальные для поверхностных вод Дальнего Востока, из-за возникновения анаэробных условий и криогенных процессов отмечались на устьевых участках рр. Арги (997° и $34 \text{ мг O}/\text{dm}^3$) и Зея (908° и $29 \text{ мг O}/\text{dm}^3$), а наименьшие – в воде р. Зея выше подпора (29° и $4,8 \text{ мг O}/\text{dm}^3$). На остальных участках водоема цветность воды изменялась от 62 до 107° , значения ПО – от 10 до $19,3 \text{ мг O}/\text{dm}^3$, причем наименьшие значения наблюдались в придонных слоях воды Гилюйского участка, а наибольшие – в поверхностных горизонтах воды Хвойного участка.

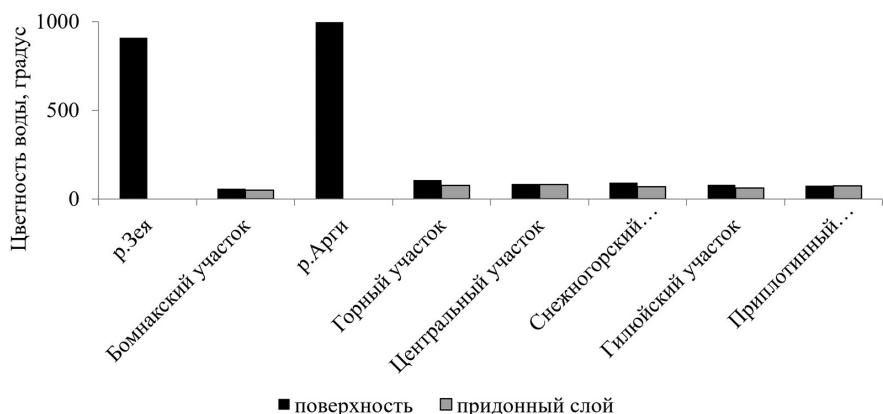


Рис. 3. Распределение цветности воды по акватории и глубине Зейского водохранилище в марте 2020 г.

Заболоченность притоков Зейского водохранилища оказывает значительное влияние и на содержание железа в воде. В начале заполнения водохранилища его содержание за счет образования восстановительной среды, обусловившей поступление закисного железа из донных отложений в воду, в нижних слоях воды достигало $4,6 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (Мордовин и др., 1997). В 2013 г. содержание железа не превышало $0,23 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (Шестеркин и др., 2016).

Максимальные значения в основном отмечались в придонных слоях воды Центрального участка, причем различия между верхними и нижними слоями воды были незначительными (до $0,06 \text{ мг}/\text{дм}^3$). Более существенными вследствие паводка на р. Гилой были различия в распределении по глубине в районе плотины ГЭС (от $0,01$ до $0,10 \text{ мг}/\text{дм}^3$). В марте 2022 г. содержание растворенного железа в воде всех участков водохранилища, за исключением устьевых рр. Арги и Зея, находилось в пределах $0,37$ – $0,71 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Причем, на Гилюйском и Центральном участках содержание железа по глубине распределялось относительно равномерно, а на Приплотинном и Хвойном участках наибольшие концентрации отмечались в нижних слоях воды. Максимальное содержание растворенного железа, как и аммонийного азота, наблюдалось на устьевых участках рр. Арги и Зея (до $28 \text{ мг}/\text{дм}^3$), причем содержание закисного железа достигало $0,96 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

Аналогичные процессы, вызывающие значительный рост концентраций железа и органических веществ, наблюдаются зимой на затопленных водами Амура заболоченных массивах Приамурья. Так, на болотном массиве у с. Славянка Хабаровского края в конце декабря минерализация воды подо льдом достигала $186,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$, содержание железа – $5,1 \text{ мг}/\text{л}$, значение ПО – $199,1 \text{ мг О}/\text{дм}^3$ (Иванов, Шестеркин, 1989).

Поступление значительного количества вод Зейского водохранилища (в январе расход в среднем достигал $1387 \text{ м}^3/\text{с}$), содержащих повышенные концентрации минеральных и органических веществ, растворенного железа, как и в начале его эксплуатации (Шестеркин, Шестеркина, 2005), несомненно, повысит содержание этих веществ зимой в воде Амура. Ионный сток р. Зея ниже ГЭС за период с 8 по 14 марта 2022 г. мог составить 18,6 тыс.т.

Заключение

Таким образом, значительный приток воды в Зейское водохранилище в 2021 г. обусловил в зимний период в его водах крайне неравномерное распределение концентраций растворенных веществ по акватории и глубине. Максимальные значения минерализации, концентрации ионов кальция, магния, гидрокарбонатного и сульфатного ионов, железа, органических веществ и аммонийного азота отмечались на устьевых участках рр. Арги и Зея. Приплотинная и каньонная части водоема зимой характеризовались отсутствием больших различий в значениях минерализации, низким содержанием аммонийного азота, повышенными значениями цветности воды, содержанием растворенного железа ($0,35$ – $0,74 \text{ мг}/\text{дм}^3$) и органического вещества ($10,0$ – $13,3 \text{ мг О}/\text{дм}^3$). Сделано предположение о поступлении больших количеств растворенных веществ в Амур зимой в условиях возросших расходов воды Зейской ГЭС.

Литература

- Алекин О.А. 1970. Основы гидрохимии. Л: Гидрометеоиздат. 1970. 413 с.
 Арефина Т.И., Бородицкая Г.В., Бульон В.В., Гаретова Л.А., Каретникова Е.А., Коцюк Д.В.,
 Макарченко Е.А., Макарченко М.А., Медведева Л.А., Ри Т.Д., Сиротский С.Е.,

- Таловская В.С., Тесленко В.А., Тиунов М.П., Тиунова Т.М., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.** 2010. Гидроэкологический мониторинг зоны влияния Зейского гидроузла. Хабаровск: ДВО РАН. 354 с.
- Иванов А.В., Шестеркин В.П.** 1989. Преобразование химического состава вод при промерзании болот болотного массива у пос. Славянка // Ресурсы болот СССР и пути их использования. С. 149–154.
- Лебедев Ю.М., Каспарова С.Г., Кашин Н.П., Куклина Н.М.** 1977. Формирование стока биогенных элементов и органического вещества в верховьях Зеи // Гидрохимия и гидрология юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 46–52.
- Левшина С.И., Матюшкина Л.А.** 2021. Особенности распределения растворенных форм металлов и металло-гумусовых комплексов в водах Зейского водохранилища // Водные ресурсы. Т. 48. № 6. С. 685–695.
- Мордовин А.М., Петров Е.С., Шестеркин В.П.** 1997. Гидроклиматология и гидрохимия Зейского водохранилища. Владивосток, Хабаровск: Дальнаука. 138 с.
- Руководящий документ РД 52.18.595–96.** Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды.
- Шестеркин В.П.** 2015. Солевой состав вод Зейского водохранилища // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. № 5. С. 32–42.
- Шестеркин В.П., Сиротский С.Е., Шестеркина Н.М.** 2016. Микроэлементы в водах Зейского водохранилища // Жизнь пресных вод. Владивосток: БПИ ДВО РАН. С. 47–53.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.** 2005. Влияние Зейского и Бурейского водохранилищ на зимний гидрохимический режим среднего Амура // Науч. основы экол. мониторинга водохранилищ: материалы всерос. науч.-практ. конф. Хабаровск, 28 февр.–3 марта 2005 г. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. 2005. С. 63–65. (Дружининские чтения. Вып. 2).

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.26>

<https://elibrary.ru/mjbdcn>

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПИГМЕНТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОРОСЛЕЙ ПЕРИФИТОНА ПРОТОКИ АМУРСКАЯ РЕКИ АМУР (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Н.М. Яворская^{1,2}, М.А. Климин¹

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
ул. Дикопольцева, 56, г. Хабаровск, 680000, Россия. E-mail: yavorskaya@ivep.as.khb.ru, m_klimin@bk.ru

²ФГБУ «Заповедное Приамурье», ул. Серышева, 60, г. Хабаровск, 680038, Россия

В результате многолетних исследований содержания фотосинтетических пигментов в водорослях перифитона в протоке Амурская р. Амур в период высокой водности установлено, что в пигментном фонде преобладают хлорофиллы, основу его составляет хлорофилл *a* (68 %). Межгодовая и сезонная динамика фотосинтетических пигментов имеет циклический характер, при котором увеличение их содержания наблюдается весной и осенью, после прохождения паводков и установления межени, а снижение происходит летом во время паводков. Трофический статус протоки по средневзвешенным за вегетационные периоды значениям концентрации хлорофилла *a* оценивается как мезотрофный (второй класс качества, воды чистые). Протока Амурская, ранее отнесенная к водотоку гиперэвтрофного типа, сменила статус на эвтрофный.

LONG-TERM DYNAMICS OF PERIPHYTON ALGAE PIGMENT CHARACTERISTICS OF THE AMURSKAYA CHANNEL OF THE AMUR RIVER (KHABAROVSK TERRITORY)

N.M. Yavorskaya^{1,2}, M.A. Klimin¹

¹Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS,
56 Dikopoltsev St., Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: yavorskaya@ivep.as.khb.ru, m_klimin@bk.ru
²Federal State Budgetary Institution «Zapovednoe Priamurye», 60 Seryshev St., Khabarovsk 680038, Russia

As a result of long-term studies of the content of photosynthetic pigments in periphyton algae in the Amurskaya channel of the Amur River during a period of high water level, it was found that chlorophylls predominate in the pigment fund, its basis is chlorophyll *a* (68 %). The interannual and seasonal dynamics of photosynthetic pigments has a cyclical nature, in which an increase in their content is observed in spring and autumn, after the passage of floods and the establishment of low water, and a decrease occurs in summer during floods. The trophic status of the channel according to the weighted average values of chlorophyll *a* concentration over the growing seasons is estimated as mesotrophic (second quality class, clean waters). The Amurskaya channel, previously classified as a hypereutrophic watercourse, changed its status to eutrophic.

Введение

Растительные пигменты являются предметом исследования многих научных дисциплин на различных уровнях организации – от молекулярного до биосферного. В гидробиологии сведения о пигментах необходимы для понимания механизма

продукционных процессов в водоемах, а также для оценки и прогнозирования изменения состояния экосистем с целью их охраны и рационального использования. Большинство работ, связанных с определением растительных пигментов, выполнено на фитопланктоне в лентических системах, меньше всего работ по рекам (Сигарева, Тимофеева, 2005; Сигарева и др., 2011; Кадочникова, Беляева, 2017). Достаточно редко в мониторинге используются водоросли перифитона. Несмотря на то, что главная роль в функционировании пресноводных экосистем принадлежит фитопланктону, фитоперифитон вносит свой существенный вклад в суммарную первичную продукцию водоемов, иногда достигающий 50–70 % (Макаревич, 2005; Метелева, 2017). Известно много работ по изучению биомассы и пигментных показателей водорослей перифитона в водотоках США, Канады, Швейцарии, Новой Зеландии, Японии, Франции, России и стран СНГ (Беляева, 2017). Вместе с тем, пигментные характеристики водорослей перифитона р. Амур изучены недостаточно, а сведения о них единичны (Яворская, 2017).

В 2009 г. на р. Амур наступил и продолжается до настоящего времени период высокой водности. Он характеризуется самыми мощными в истории паводками и наибольшими амплитудными изменениями максимальных уровней и расходов воды (Махинов, Ким, 2020). Количественные продукционные характеристики фитопланктона и водорослей перифитона, связанные с уровенным режимом водной системы Нижнего Амура, необходимы для решения хозяйственных прикладных задач, входящих в круг проблем рационального использования водных ресурсов бассейна р. Амур, а также для проведения биогеохимической экспертизы водных экосистем (Теоретические основы..., 1998).

Цель работы – определить трофический статус и качество воды в протоке Амурская в период высокой водности по содержанию фотосинтетических пигментов в водорослях перифитона.

Материал и методика

Протока Амурская, протяженностью 70 км, с правого берега впадает в р. Амур напротив центральной части г. Хабаровск (Шабалин, 1966) (рис. 1).

Климат территории Хабаровского края формируется под влиянием муссонных процессов (Петров и др., 2000). Весна в басс. Нижнего Амура начинается с середины апреля–начала мая, а осень – со второй половины сентября–начала октября (Лоция..., 1968). Между весенним половодьем и летними дождовыми паводками разрыва по времени в большинстве случаев не бывает. Периоды низких уровней и относительно малый сток наблюдаются лишь в промежутках между отдельными паводками, масштабы и продолжительность которых в разные годы могут существенно различаться (Теоретические основы..., 1998). Уровень 4,50 м – это выход воды на пойму, уровень 6,00 м – это опасное явление по градации МЧС, уровень 8,08 м – это максимальный уровень воды на водомерном пункте во время катастрофического наводнения на Амуре в 2013 г. (Махинов и др., 2020). В период летней межени прозрачность воды для р. Амур колеблется от 0,5 до 1,5 м. С интенсивным подъемом уровня воды в реке прозрачность снижается до 0,1–0,2 м, что связано с увеличением мутности воды в этот период. При выходе паводковой воды на пойму количество взвешенных частиц уменьшается, и прозрачность воды начинает возрастать. На спаде паводковой волны она достигает величин, характерных для летней межени (Теоретические основы..., 1998).



Рис. 1. Карта-схема протоки Амурская с указанием места сбора материала

Количественные пробы водорослей перифитона отбирали с правого берега протоки Амурская с 2016 по 2022 гг. ежемесячно в период открытой воды, во время шугохода и ледохода, за исключением периодов высокого уровня воды, в т.ч.: апрель, июнь–октябрь 2016, апрель–ноябрь 2017 г., апрель–июль, сентябрь–ноябрь 2018 г., апрель–июль, октябрь–ноябрь 2019 г., апрель–август, ноябрь 2020 г., апрель, сентябрь–ноябрь 2021 г., апрель–июнь, сентябрь–ноябрь 2022 г. Преобладающий характер грунта – средняя и мелкая галька с примесью песка и глины.

Методом случайной выборки с глубины 0,05–0,3 м доставали 3–11 камней (гальки), с которых в определенном объеме воды щеткой счищали водоросли перифитона. Для количественной оценки поселений водорослей определяли площадь проекции каждого камня (Богатов, Федоровский, 2017). Водоросли перифитона концентрировали из 0,28 л воды на обеззоленные фильтры синяя лента (ТУ 6-09-1678-77). Пигменты анализировали по стандартной спектрофотометрической методике с использованием методических уточнений (ГОСТ 17.1.4.02-90; Климин, Сиротский, 2005). Измерения выполняли с помощью спектрофотометра UV мини-1240 фирмы Shimadzu на базе Центра коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН. Всего обработано 47 проб водорослей перифитона.

Концентрацию хлорофиллов *a* (С хл *a*), *b* (С хл *b*), *c* (С хл *c*), каротиноидов (С *k*), пигментный индекс ($I_{430/664}$) и пигментное отношение ($O_{480/664}$) рассчитывали по соответствующим формулам (ГОСТ 17.1.4.02–90; Jeffrey, Humphrey, 1975; Watson, Osborne, 1979). После знака «±» приведена стандартная ошибка (ошибка средней). Расчет первичной продукции и определение трофического статуса выполняли согласно уравнениям (Винберг, 1960; Бульон, 1983). Оценка качества воды по трофическому статусу и содержанию хлорофилла *a* в водорослях перифитона в водотоках проведена по соответствующей классификации (подробно см. Сиротский, Юрьев, 2000). Определение моллюсков выполнила к.б.н. Е.М. Саенко (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН), за что авторы ей очень благодарны.

Результаты и обсуждение

Хлорофилл *a* выполняет функцию основного светосборщика, хлорофилл *b*, хлорофилл *c* и каротиноиды расширяют спектр поглощения, делая доступной для фотосинтеза большую часть энергии видимого света. Кроме того, каротиноиды играют светозащитную и стабилизирующую роль для фотосистемы-1 (Бриттон, 1986; Экосистема..., 2007). Пигментные характеристики водорослей перифитона протоки Амурская приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Пигментный состав водорослей перифитона в протоке Амурская в годы наблюдения
(пределы колебания, в скобках – среднее)**

Год	С хл <i>a</i> , мг/м ²	С хл <i>b</i> , мг/м ²	С хл <i>c</i> , мг/м ²	С <i>k</i> , мг/м ²	O _{480/664}	I _{430/664}
2016	1,6–10,4 (7,1±1,7)	0,6–3,2 (1,6±0,4)	0,6–1,2 (0,9±0,1)	1,6–6,8 (4,6±0,8)	0,6–1,3 (0,9±0,1)	2,0–4,5 (2,9±0,5)
2017	4,0–95,0 (28,2±10,6)	0,6–62,6 (10,6±6,6)	0,6–39,7 (9,3±4,3)	3,6–106,6 (28,7±11,6)	0,7–1,7 (1,0±0,1)	2,2–6,7 (3,5±0,5)
2018	2,2–40,2 (17,8±4,9)	0,5–6,3 (2,7±0,7)	0,6–7,7 (3,7±0,9)	2,1–31,0 (13,1±3,5)	0,6–2,1 (1,0±0,2)	2,3–7,5 (3,3±0,6)
2019	1,8–30,9 (14,8±4,7)	0,4–4,8 (1,6±0,7)	0,6–8,0 (3,3±1,1)	3,0–20,3 (11,7±3,3)	0,7–1,8 (1,1±0,2)	2,1–6,6 (3,5±0,7)
2020	1,6–73,7 (21,5±8,4)	1,1–9,6 (3,2±1,1)	1,0–9,2 (3,8±1,0)	3,2–41,5 (13,9±4,6)	0,6–2,2 (1,0±0,2)	2,1–8,6 (3,5±0,8)
2021	1,1–15,0 (6,1±3,2)	0,2–0,9 (0,6±0,1)	0,0–2,7 (1,1±0,6)	0,9–11,8 (4,9±2,4)	0,8–1,3 (1,0±0,1)	2,8–4,8 (3,3±0,5)
2022	1,2–20,9 (8,6±2,9)	0,2–4,8 (1,6±0,7)	0,4–4,1 (1,8±0,6)	1,8–12,6 (5,7±1,7)	0,6–1,6 (0,9±0,2)	2,1–5,0 (3,0±0,4)

В годы исследований в водорослях перифитона преобладал основной фотосинтетический пигмент – хлорофилл *a*, относительное содержание хлорофиллов *b* и *c* было существенно ниже. Концентрации хлорофилла *a* колебались в довольно широком диапазоне – от 1,1 (сентябрь 2021 г.) до 95,0 мг/м² (октябрь 2017 г.), т.е. в 86 раз. Однако 72 % всех значений не превышали 20,0 мг/м². Содержание хлорофилла *a* достигало 68 % от суммарного количества хлорофилла (*a* + *b* + *c*). Такие величины типичны для протоки Амурская (Яворская, 2017).

Хлорофилл *b* отмечен в меньших количествах (в среднем 3,7±1,3 мг/м²), чем хлорофилл *c* (в среднем 3,9±0,9 мг/м²). Содержание их составляло соответственно 15 и 16 % от суммы всех хлорофиллов и косвенно отражало соотношение таксономических групп водорослей в перифитоне. Концентрации хлорофилла *b* незначительно выше таковых хлорофилла *c* отмечены, главным образом, при максимально высоких уровнях воды в реке, и только в ноябре 2017 г., при отметке уровня воды минус 83 см, его значения были выше в 1,6 раза.

Относительное соотношение хлорофиллов (по показателю *a*:*b*:*c*) показывает стабильную структуру пигментного комплекса, составляя 68 : 15 : 16, что, к примеру, характерно и для фитопланктона устьевой части р. Северная Двина (78 : 11 : 10), Новосибирского (82 : 9 : 10), Шекснинского (85 : 9 : 13) и волжских водохранилищ (Гоголицын, 2011; Кириллова, Котовщикова, 2009; Современное состояние.., 2002). Тем не менее хорошо заметен некоторый сдвиг в сторону увеличения представленности хлорофиллов *b* и *c* в образцах из Амурской протоки, что может быть связано с более южным расположением объекта исследования.

Количество каротиноидов колебалось от 0,9 (сентябрь 2021 г.) до 106,6 мг/м² (ноябрь 2017 г.), составив в среднем $13,3 \pm 2,7$ мг/м². Средние показатели пигментного отношения ($1,0 \pm 0,1$) свидетельствуют о нормальном физиологическом состоянии водорослей, обитающих при достаточной обеспеченности биогенным питанием (Сиротский, Медведева, 1996). Высокое среднее значение пигментного индекса ($3,3 \pm 0,2$) индицирует существенное количество дополнительных пигментов водорослей, а, следовательно, и большее их разнообразие (Ермолаев, 1989; Margalef, 1960).

Поскольку концентрация хлорофилла *a* характеризует количественное развитие водорослей и их продукционные возможности, а каротиноиды относятся к более стабильному компоненту пигментной системы, мы проанализировали их сезонный ход в период высокой водности с 2016 по 2022 гг. (рис. 2).

Сезонная динамика фотосинтетических пигментов в водорослях перифитона в протоке Амурская представляет собой чередование подъемов и спадов концентраций в разные годы с тенденцией их значительного снижения в периоды высокого уровня воды, когда фотическая зона на русле и в прибрежье реки из-за низкой прозрачности воды не достигает дна. В периоды наводнений снижается температура и прозрачность воды, увеличивается скорость течения, глубина потока, транспорт влекомых наносов, количество биогенных элементов. В частности, самые высокие концентрации пигментов в водорослях перифитона в протоке отмечены в 2017 г. в период низкого уровня воды весной и сравнительно невысокого летом, а минимальное их содержание зафиксировано в 2021 г., который характеризовался высокими уровнями воды в течение всего теплого периода.

Среднее для отдельных месяцев содержание хлорофилла *a* в протоке изменялось от $16,5 \pm 3,0$ мг/м² (ноябрь) до $20,3 \pm 3,8$ мг/м² (июль), каротиноидов – от $13,5 \pm 3,3$ мг/м² (ноябрь) до $15,9 \pm 3,4$ мг/м² (май). Концентрации каротиноидов несколько повышены относительно содержания хлорофилла *a* в периоды межени, либо весной, либо осенью при температуре воды 1–12 °C. Каротиноиды представляют собой большую группу оранжевых, желтых и красных пигментов, которые в разных концентрациях присутствуют у всех фотосинтезирующих организмов (Маслова и др., 2020). При их доминировании протоку Амурская условно можно отнести к «каротиноидному» типу с отрицательной направленностью баланса

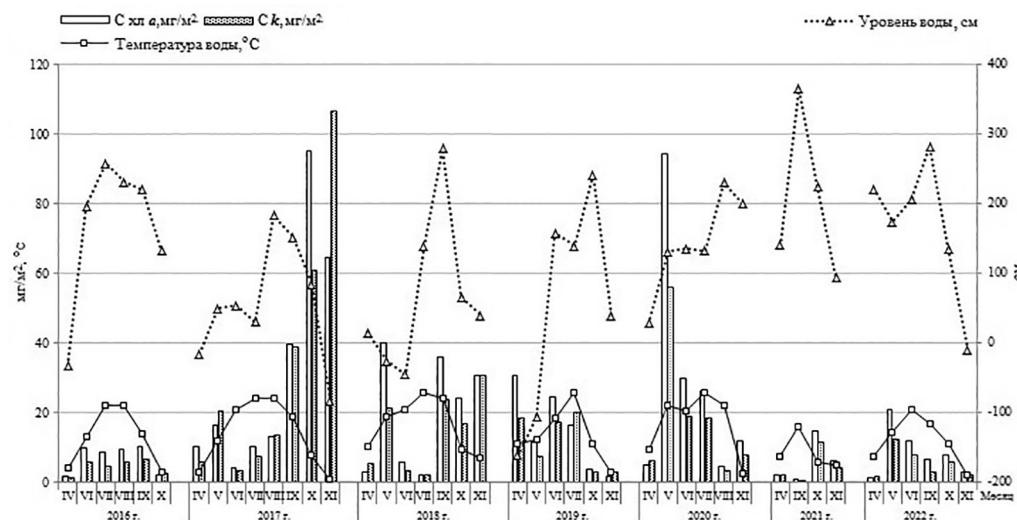


Рис. 2. Влияние уровня воды и ее температуры в протоке Амурская в 2016–2022 гг. на сезонную динамику концентрации хлорофилла *a* и каротиноидов в водорослях перифитона

органического вещества и, соответственно, низкой продуктивностью (Бульон, 1983; Экосистема..., 2007). Максимальные значения отношения общих каротиноидов к хлорофиллу *a* (1,9 и 2,1) наблюдались весной 2018 г., после длительной межени и преобладании теплой погоды, а также весной 2020 г., после выдающегося наводнения на р. Амур, что указывает на неблагоприятные условия, которые способствовали деструкции хлорофилла *a* (Бульон, 1983). Отмечено (Белая, Христофорова, 2011), что низкие значения отношения каротиноидов и хлорофилла *a* считаются индикаторами физиологического благополучия водорослей, т.е. свидетельствуют о наличии фотосинтетически активных клеток; высокие, напротив, отражают неактивное состояние. При неблагоприятных условиях в первую очередь разрушается хлорофилл *a*. Это явление сопровождается накоплением более устойчивых к разрушению каротиноидов (Бриттон, 1986).

Трофический статус и состояние экосистемы в период высокой водности. Трофический статус протоки Амурская по средневзвешенным за вегетационные периоды значениям содержания хлорофилла *a* ($16,5 \pm 2,8 \text{ мг/м}^2$) в водорослях перифитона оценивается как мезотрофный (второй класс качества, воды чистые). Содержание хлорофилла *a* в водорослях перифитона протоки согласуется с концентрацией хлорофилла *a* планктона и характеризует водные массы как евтрофные (Теоретические основы..., 1998). Содержание хлорофилла *a* в водорослях перифитона в протоке Амурская сопоставимо с таковым в других реках горного и полугорного типа Дальнего Востока России, США, Канады, в большинстве случаев составляет от 10 до 100 мг/м^2 и мало зависит от географического положения водотоков (Богатов, 1994; Сиротский, 1993, 2014; Сиротский, Медведева, 1996; Теоретические основы..., 1998; Яворская, Климин, 2019, 2021). В некоторых точках в течение года содержание хлорофилла может быть меньше 1 мг/м^2 и превышать 300 мг/м^2 (Теоретические основы..., 1998). В фонде зеленых пигментов в водорослях перифитона протоки Амурская в течение всего периода исследований преобладал хлорофилл *a*, что также является типичным для пресноводного планктона (Экосистема..., 2007).

Установлено (Алимов и др., 2013), что первичная продукция и содержание хлорофилла в перифитоне уменьшается с глубиной, т.е. по мере уменьшения освещенности. Так, при длительно высоком стоянии воды в р. Амур выделяется 2021 г., когда показатели продукции оказались стабильно низкими и варьировали от 229 до 3070 ккал/ м^2 , средняя из наблюдённых величин составила 1264 ккал/ м^2 ; при выдающемся и продолжительном наводнении на р. Амур в 2019 г. показатели продукции были больше и находились в диапазоне 373–6327 ккал/ м^2 , средняя – 3030 ккал/ м^2 ; в 2017 г. сильных наводнений на р. Амур не было и тогда величины продукции оказались наивысшими – от 820 до 19465 ккал/ м^2 , средняя – 5780 ккал/ м^2 . В связи с этим, трофический статус протоки в трех из семи случаев характеризуется как гиперевтрофный, а в 2016 г., 2019 г., 2021–2022 гг. – как евтрофный. Таким образом, после наводнений образование первичной продукции напрямую зависит от скорости снижения уровня воды в реке, т.е. при очень быстром падении воды водоросли перифитона в фотической зоне не успевают развиться. Попутно отметим, что весной и летом, если уровень воды в протоке в течение месяца ежедневно медленно повышается (на 5–30 см), то можно наблюдать на грунте на глубине до 40 см и на расстоянии более 10 м от уреза воды темно-зеленую полосу из водорослево-бактериальных матов. Однако, осенью, если уровень воды после наводнения ежедневно падает на 10 см и более в течении месяца, то на этом же месте можно видеть уже коричневую полосу из водорослево-бактериальных матов с примесью

большого количества ила и часто вместе с друзьями домиков ручейников. Так, в ноябре 2021 г. очень быстрое падение уровня воды в протоке сопровождалось массовой гибелью беспозвоночных животных на пересохшем участке русла. Среди таковых оказались личинки ручейников *Aethaloptera evanescens* MacLachlan, 1880 и *Macrostetum radiatum* (MacLachlan, 1872) в плотно скрепленных между собой домиках, а также двустворчатые моллюски *Buldowskia shadini* (Moskvicheva, 1973) и *Cristaria plicata* (Leach, 1814), не успевшие заблаговременно покинуть зону обмеления до ее пересыхания. Годовые показатели продукции водорослей перифитона в протоке находились в пределах от 20 до 1664 г С/м² или от 229 до 19465 ккал/м², средние – 289 г С/м² или 3381 ккал/м²; вылов рыб – 0,2 % от первичной продукции.

Исходя из многолетних исследований, следует, что протока Амурская, ранее отнесенная к водотоку гиперэвтрофного типа (Яворская, 2017), в настоящее время соответствует параметрам водотоков эвтрофного типа, что напрямую связано с влиянием повышенной водности р. Амур в последние годы. При очередном снижении водности главной водной артерии Приамурья протока Амурская вновь постепенно трансформируется в водоток гиперэвтрофного типа.

Заключение

Установлено, что основу пигментного комплекса перифитона протоки Амурская в период высокой водности составляет хлорофилл *a*, содержание которого изменилось в больших пределах, но наибольшая частота встречаемости (72 % общей выборки) относилась к диапазону концентраций от 1,1 до 18,2 мг/м². Изменения содержания хлорофилла *a* обусловливают количество хлорофиллов *b* и *c*. Относительное соотношение хлорофиллов (*a : b : c*) (68:15:16) указывает на стабильную структуру пигментного комплекса. Многолетняя и сезонная динамика количества фотосинтетических пигментов в водорослях перифитона имеет циклический характер, при котором их небольшой подъем происходит весной и более заметный осенью, после прохождения паводков и установления межени, а спад – летом во время паводков. Неблагоприятные условия, при которых разрушается хлорофилл *a*, но одновременно происходит накопление каротиноидов, отмечены в меженный период (весна, осень). Показано, что изменение уровня первичной продукции водорослей перифитона протоки Амурская после наводнения сильно зависит от скорости снижения уровня воды в р. Амур. Трофический статус в период исследования менялся от гиперэвтрофного до эвтрофного. По содержанию пигментов в водорослях перифитона, так же как и по их концентрации в планктоне, протока Амурская относится к высокопродуктивным водотокам. Современное экологическое состояние протоки можно оценить как удовлетворительное (воды чистые).

Литература

- Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. 2013.** Продукционная гидробиология. Наука. 339 с.
- Белая С.А., Христофорова Н.К. 2011.** Фотосинтетические пигменты водорослей перифитона в водотоках Сихотэ-Алинского биосферного заповедника // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 5. С. 53–60.
- Беляева П.Г. 2017.** Фотосинтетические пигменты фитоперифитона реки Сылва (Средний Урал) // Биология внутренних вод. № 1. С. 52–59.
- Богатов В.В. 1994.** Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.

- Богатов В.В., Федоровский А.С.** 2017. Основы речной гидрологии и гидробиологии. Владивосток: Дальнаука. 384 с.
- Бриттон Н.** 1986. Биохимия природных пигментов. М.: Мир. 422 с.
- Бульон В.В.** 1983. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Л.: Наука. 150 с.
- Винберг Г.Г.** 1960. Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР. 329 с.
- Гоголицын В.А.** 2011. Распределение хлорофиллов в устьевой части реки Северная Двина // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». № 3. С. 29–35.
- ГОСТ 17.1.04.02–90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а.** 1990. М.: Издательство стандартов. 14 с.
- Ермолов В.И.** 1989. Фитопланктон водоемов бассейна озера Сартлан. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 96 с.
- Кадочникова П.И., Беляева П.Г.** 2017. Пигментные характеристики альгоценозов как показатели экологического состояния малых рек урбанизированных территорий (на примере рек г. Пермь) // Вода: химия и экология. № 9 (111). С. 20–27.
- Кириллова Т.В., Котовщикова А.В.** 2009. Растительные пигменты как показатели экологического состояния Новосибирского водохранилища // Мир науки, культуры, образования. № 1 (13). С. 26–30.
- Климин М.А., Сиротский С.Е.** 2005. Распределение фотосинтетических пигментов в профиле торфяных отложений как отражение колебаний климата в голоцене // Биогеохимические и геокологические процессы в экосистемах. Вып. 15. Владивосток: Дальнаука. С. 237–248.
- Лоция рек Амурского бассейна. Нижний Амур.** 1968. Мин. обор. СССР. Гидрограф. упр. Ч. III. 220 с.
- Макаревич Т.А.** 2005. Вклад перифитона в суммарную первичную продукцию пресноводных экосистем (обзор) // Вестник Тюменского ГУ. Тюмень: Тюменский ГУ. № 5. С. 77–86.
- Маслова Т.Г., Марковская Е.Ф., Слемнев Н.Н.** 2020. Функции каротиноидов в листьях высших растений (обзор) // Журнал общей биологии. Т. 81, № 4. С. 297–310.
- Махинов А.Н., Ким В.И.** 2020. Влияние изменений климата на гидрологический режим реки Амур // Тихоокеанская география. № 1. С. 30–39.
- Махинов А.Н., Косыгин В.Ю., Ахтямов М.Х., Катин В.Д.** 2020. Приложение асимптотической теории вероятностей экстремальных значений к прогнозированию риска возникновения больших паводков на Нижнем Амуре // Водные ресурсы. Т. 47, № 3. С. 243–250.
- Метелева Н.Ю.** 2017. Пигментные характеристики летнего эпифитона водохранилищ Верхней Волги // Вода: химия и экология. № 3 (105). С. 34–39.
- Современное состояние экосистемы Шекснинского водохранилища.** 2002. Ярославль: Ярославский гос-й технич. ун-т. 368 с.
- Петров Е.С., Новорощкий П.В., Леншин В.Т.** 2000. Климат Хабаровского края и Ерейской автономной области. Владивосток–Хабаровск: Дальнаука. 174 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 18. Дальний Восток.** 1966. Вып. 1. Амур. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 487 с.
- Сигарева Л.Е., Тимофеева Н.А.** 2005. Содержание растительных пигментов в донных отложениях мезотрофного Угличского водохранилища // Биология внутренних вод. № 2. С. 47–55.
- Сигарева Л.Е., Законников В.В., Гершевский П.** 2011. Содержание и распределение растительных пигментов в донных отложениях евтрофного Влоцлавского водохранилища // Гидробиологический журнал. Т. 47. № 1. С. 64–73.
- Сиротский С.Е.** 1993. Значение первичной продукции в оценке состояния водной экосистемы реки Амур // Биохимическая экспертиза состояния окружающей среды. Владивосток: Дальнаука. С. 49–69.
- Сиротский С.Е.** 2014. Фотосинтетические пигменты в перифитоне водотоков бассейнов рек Зея и Бурея // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука. С. 619–628.
- Сиротский С.Е., Медведева Л.А.** 1996. Пигментные характеристики водорослей перифитона водотоков Дальнего Востока // Биогеохимические и экологические исследования природных и техногенных экосистем Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. С. 86–96.
- Сиротский С.Е., Юрьев Д.Н.** 2000. Трофический статус водных объектов бассейна Амура по содержанию хлорофилла «а» в автотрофных организмах // Геохимические и эколого-биогеохимические исследования в Приамурье. Вып. 10. Владивосток: Дальнаука. С. 111–129.
- Теоретические основы биогеохимической экспертизы окружающей среды.** 1998. Владивосток–Хабаровск: Дальнаука. 157 с.
- Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды.** 2007. М.: Т-во научн. изданий КМК. 372 с.

- Яворская Н.М.** 2017. Содержание фотосинтетических пигментов в водорослях перифитона протоки Амурской (Хабаровский край) // Региональные проблемы. Т. 20. № 1. С. 5–10.
- Яворская Н.М., Климин М.А.** 2019. Содержание фотосинтетических пигментов в водорослях перифитона малых рек заказника «Хехцирский» (Хабаровский край) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 8. С. 190–197.
- Яворская Н.М., Климин М.А.** 2021. Пигментные характеристики водорослей перифитона и их использование для оценки состояния водотоков заповедника «Большехехцирский» (Хабаровский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. С. 226–242.
- Jeffrey S.W., Humphrey G.F.** 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c₁* and *c₂* in higher plants algae and natural phytoplankton // Biochem. Physiol. Pflanz. V. 167. № 2. P. 191–194.
- Margalef R.** 1960. Valeur indicatrice de la composition des pigment du phytoplankton sur la productivite, composition taxonomique et proprieties dynamiques des populations // Rapp. et process – verbaus reunions. Commiss. Intern. Explorat Sci. Mer. Mediterranee. № S. Vol. 15, fasc. 2. P. 277–281.
- Watson R.A., Osborne P.L.** 1979. An algal pigment ratio as an indicator of the nitrogen supply to phytoplankton in three Norfolk broads // Freshwater. Biol. Vol. 9. N 6. P. 585–594.

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings

2023

Вып. 10

<https://doi.org/10.25221/levanidov.10.27>

<https://elibrary.ru/mjlesq>

ДОННЫЕ БЕСПЗВОНОЧНЫЕ ВОДОТОКОВ ТУГУРСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Н.М. Яворская^{1,2}, В.А. Тесленко³, Е.А. Горовая³

¹ Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,

ул. Дикопольцева, 56, г. Хабаровск, 680000, Россия. E-mail: yavorskaya@ivep.as.khb.ru

² ФГБУ «Заповедное Приамурье», ул. Серышева, 60, г. Хабаровск, 680038, Россия

³Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия.

E-mail: teslenko@biosoil.ru, brouny@mail.ru

В статье впервые приведены результаты исследований групповой структуры макрозообентоса в водотоках Тугурского полуострова, расположенного в Тугуро-Чумиканском районе Хабаровского края. Материал был собран в четырех водотоках, впадающих в Ульбанский залив Охотского моря и девяти водотоках Тугурского залива, имеющих эстуарии. Большинство обследованных водотоков относятся к категории малых лососевых рек предгорного типа и являются средой обитания и воспроизводства анадромных и туводных видов рыб, кормовой базой которых служат донные беспозвоночные. Установлено, что фаунистический состав донных беспозвоночных водотоков Тугурского полуострова относительно богат, представлен более чем 155 таксонами из 16 систематических групп. Средние показатели плотности бентоса варьируют от 2320 до 29568 экз./м², биомассы от 3,7 до 36,4 г/м². В бентосе всех водотоков доминантами по плотности являются хирономиды. В эстуариях, испытывающих воздействие приливов и отливов, категорию доминант по плотности и биомассе формируют олигохеты. В верхнем и среднем течении в групповой структуре бентоса преобладают поденки. Веснянки и ручейники преимущественно входят в категорию субдоминант и второстепенных групп. Высокие коэффициенты фаунистического сходства на различных участках рек предполагают минимальный уровень воздействия приливных явлений на таксономический состав бентоса в эстуариях. Вместе с тем, в структуре эстуарных сообществ выявлены существенные изменения среди доминирующих групп макрообентоса. В соответствии с индексом ЕРГ экологическое состояние большинства водотоков оценивается как хорошее, либо хорошее–среднее.

BOTTOM INVERTEBRATES IN STREAMS OF THE TUGUR PENINSULA (KHABAROVSK TERRITORY)

N.M. Yavorskaya^{1,2}, V.A. Teslenko³, E.A. Gorovaya³

¹Institute of Water and Ecology Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,

56 Dikopoltseva St., Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: yavorskaya@ivep.as.khb.ru

²Federal State Budgetary Institution «Zapovednoe Priamurye», 60 Seryshev St., Khabarovsk, 680038, Russia

³ Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS,

159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia.

E-mail: teslenko@biosoil.ru, brouny@mail.ru

The group structure of the macrozoobenthos communities in the rivers of the Tugursky Peninsula, located in the Tugur-Chumikansky district of the Khabarovsk Territory, was described for the first time. The material was collected in four rivers flowing into the Ulban

Bay of the Sea of Okhotsk and nine streams of the Tugur Bay with estuaries. Most of the surveyed rivers belong to the category of small salmon streams of the submountain type and are the environment and reproduction for anadromous and freshwater fishes, which feed on benthic invertebrates. It has been established that the faunistic composition of benthic invertebrates in the streams of the Tugur Peninsula is relatively rich, represented by more than 155 taxa from 16 taxonomic groups. Average macrozoobenthos density varies from 2320 to 29568 ind./m², biomass from 3,7 to 36,4 g/m². In the benthic communities of all streams chironomids were dominant in density. In estuaries affected by tides, the category of dominants in terms of density and biomass is formed by oligochaetes. Mayflies predominate in the benthos structure in the upper and middle reaches. Stoneflies and caddisflies mostly fall into the categories of subdominants and minor groups. The high coefficients of faunal similarity in different parts of the streams suggest that the impact of tidal events on the taxonomic composition of benthos in estuaries is minimal. At the same time, significant changes were revealed in the structure of estuarine communities among the dominant groups of macrozoobenthos. According to the EPT index, the ecological state of most streams is assessed as good or good-medium.

Введение

Исключительное многообразие рельефа и природных условий обуславливает значимость Дальнего Востока как региона, поддерживающего высокий уровень биологического разнообразия Азиатско-Тихоокеанского бассейна. Важная роль в этом процессе отводится прибрежным территориям Тугурского п-ва (Бочарников, 2005). Его протяженность от основания до вершины составляет порядка 72,5 км и включает две неравные части: большую южную и менее значительную северную. В южную часть полуострова со стороны материка заходит смещенный к восточному берегу и протягивающийся по всей ее длине обширный горный хребет Укурунру. Его отроги, несколько более крутые к востоку и более пологие к западу, расходятся из его средней части и наивысшей точки – г. Талим (931 м). Хребет подходит к морю в крайнем северо-восточном районе и завершается узким и возвышенным мысом Укурунру. К северо-западу, в сторону перешейка, склоны довольно плавно переходят в низменность (Давыдов, 1923). Полуостров омывается водами трех мелководных заливов (Тугурский, Константина и Ульбанский), относящихся к водно-болотным угодьям международного значения. В южных частях Тугурского и Ульбанского заливов преобладает равнинный заболоченный рельеф с множеством термокарстовых и остаточных озер и торфяных болот. Приливно-отливная зона Тугурского залива широкая, с равнинными и скальными берегами, поймами рек Эльганалье, Тугур, Эвакан, Кутын, Эльгикан и других, имеющих эстуарии. Вдоль берегов водотоков расположены узкие полоски травяных болот и вейниково-разнотравных лугов. Угодье Ульбанского залива включает нижнее течение рек Сыран, Эльго, Санджа, Иткан и часть прилегающих равнин. Речная сеть густая. Поймы рек в среднем течении облесены; в нижнем течении они заняты травяными болотами, прирусловыми ленточными лесами и пойменными озерами (Бочарников, 2005). В крупных реках Ульбанского залива в массе воспроизводятся анадромные виды рыб: горбуша, кета, мальма, кунджа, трехиглая колюшка, азиатская корюшка зубатка, единично кижуч и нерка; из туводных – хариус, ленок, озерный гольян, девятииглая колюшка. В реках длиной менее 10 км анадромные рыбы представлены горбушей и мальмой, жилые – озерным гольяном и девятииглой колюшкой. А.Л. Антонов (1990) отмечал такую же закономерность и для рек залива Тугурский (Канзепарова, 2011). Несомненно, что основной кормовой базой для этих видов рыб являются донные беспозвоночные, однако, к настоящему

моменту, имеются лишь отрывочные сведения о зообентосе р. Тугур и ее протоки Гадек, ключа Грунтовый и р. Каниникан (Яворская, Сиротский, 2013).

Цель данной работы состояла в оценке современного экологического состояния водотоков южной части Тугурского п-ва по структурным показателям сообществ донных беспозвоночных.

Материал и методы

Гидробиологические исследования были проведены в августе 2022 г. на Тугурском п-ве Тугуро-Чумиканского района Хабаровского края в девяти водотоках, впадающих в зал. Тугурский и в четырех реках зали. Ульбанский Охотского моря (рис. 1). По водному режиму реки относятся к дальневосточному типу и характеризуются хорошо выраженным преобладанием дождевого стока, обусловленного муссонным климатом. Доля дождевого питания составляет 60–85 %, на снеговое питание приходится 5–20 %, на подземное – 10–20 %. Поскольку слой многолетней мерзлоты находится на глубине 0,6–1,0 м, зимой реки Тугурского п-ва промерзают до дна и сток в них отсутствует. По особенностям геоморфологии, длине и уклону, величине бассейна, типу русла, высокой скорости течения и типу дна они относятся к малым лососевым рекам предгорного типа, и до выхода на равнинные, порой заболоченные участки побережья, представляют собой ритраль. На побережье Тугурского залива реки в нижнем течении имеют эстуарии или переходные зоны между морскими и пресноводными местообитаниями с градиентом солености и изменчивым гидрологическим режимом (Колпаков, 2017). По химическому составу речная вода гидрокарбонатно-кальциевая, в приливно-отливной зоне – хлоридно-натриевая (Shesterkina, Talovskaya, 2010). Приливы в Тугурском заливе

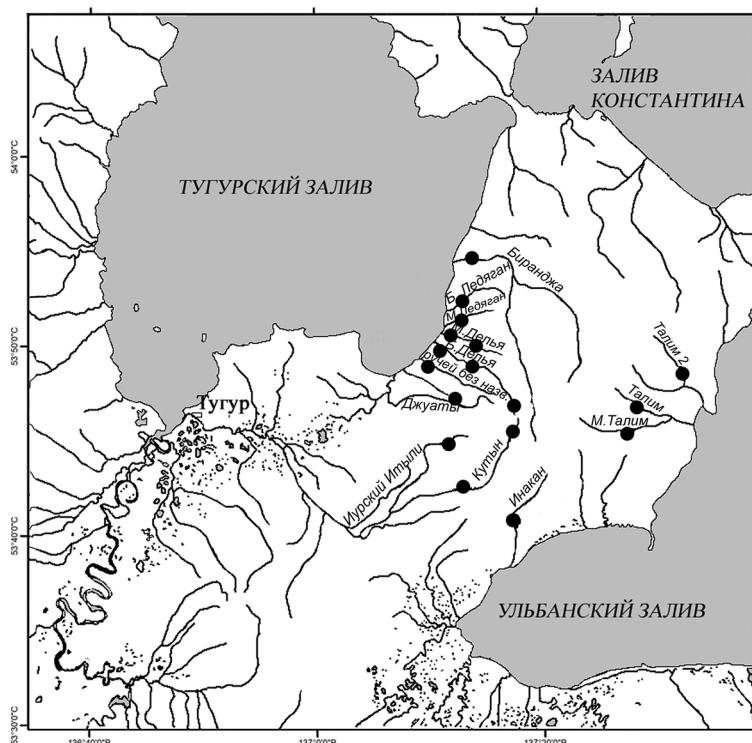


Рис. 1. Карта-схема района исследований с обозначением мест отбора зообентоса

неправильные полусуточные. В течение суток наблюдаются две полные и две малые воды, следующие одна за другой. Полные и малые воды сильно различаются по высоте вследствие суточного неравенства, причем высоты двух смежных малых вод обычно больше различаются, чем двух смежных полных. Абсолютная амплитуда прилива в южной части зал. Тугурский до 6 м. Скорость приливоотливных течений достигает 2 м/сек, причем отливные течения по силе и продолжительности несколько значительнее приливных. В летние месяцы в восточной части акватории Тугурского залива соленость воды варьирует в пределах 22–27 ‰ (Гидрохимические..., 1991).

Река Биранджа, впадающая в Тугурский залив, имеет протяженность 27 км, площадь водосбора 181 км², протекает по широкой долине, поросшей лесом, насчитывает 16 притоков длиной менее 10 км (Ресурсы..., 1967). Дно – мелкие и средние валуны, галька с примесью песка. Вода прозрачная, скорость течения высокая. В период отбора проб температура воды составила 9–11 °С. Реки Малый Ледяган (длина 5 км), Большой Ледяган (6,5 км) и Малая Делья (6,8 км) протекают по заболоченной местности, поэтому имеют темно-коричневый цвет воды. Температура в первых двух водотоках достигала 11,5–13 °С, в р. Малая Делья –10,5–11,5 °С. Грунт представлен мелкими и средними валунами, разноразмерной галькой с примесью песка и детрита. Река Большая Делья (11,2 км) в верховьях представляет собой прозрачный холодный (5 °С) водоток с очень высокой скоростью течения, дно покрыто крупными валунами с примесью песка и массовым развитием водорослей. В нижнем течении река дренирует заболоченный равнинный участок побережья, имеет коричневый цвет воды и галечный грунт с примесью песка и детрита. Во время отбора проб температура воды составляла 11,5 °С. Река Джуваты (12,6 км) является притоком р. Эльгикан. В месте отбора проб дно русла выстлано валунами и средней и крупной галькой с примесью песка. Вода, вследствие смыва с дороги, мутная, температура не превышала 8,5 °С. Ручей без названия, протяженностью порядка 5,5 км, большей частью протекает по заболоченной местности. Вода темно-коричневого цвета, ее температура от 6,5 °С в верховье и до 13 °С в нижнем течении, грунт – мелкие и средние валуны. Самый длинный из исследованных водотоков – р. Кутын (53 км) впадает в губу Асман Тугурского залива. Площадь водосбора составляет 391 км². Имеет 25 притоков длиной менее 10 км с общей их длиной 80 км (Ресурсы..., 1967). Грунт – галька с примесью песка. Вода прозрачная, скорость течения высокая, температура воды 4 °С в верховье, 10,5 °С – в среднем течении. Река Иурский Итыли (14 км) является правобережным притоком р. Кутын. Дно покрыто валунами и галькой с примесью песка и детрита, вода прозрачная, температура – 10,5 °С. Эстуарии некоторых рек п-ва Тугурский представлены на рисунке 2. Малые лососевые реки, впадающие в Ульбанский залив, из-за сильного уклона практически не подвергаются воздействию приливов (Канзепарова, 2011). Вода в реках Малый Талим (9,8 км), Талим (9 км), Инакан (11 км) и ручье Талим 2-й (порядка 11 км) прозрачная, температура воды не превышала 7–9 °С, дно выстлано валунами и галькой с примесью песка.

В целях сбора наиболее полных данных и в зависимости от многообразия микробиотопов отбирали серии по две (среднее течение р. Большая Делья, верховья р. Кутын, пр. Большой Ледяган, Джуваты, Иурский Итыли, Инакан, Талим, Малый Талим и руч. Талим 2-й), три (нижнее течение р. Большая Делья), четыре (верхнее течение р. Кутын, пр. Малая Делья, Малый Ледяган, ручей без названия) или восемь (р. Биранджа) количественных проб с глубины от 5 до 40 см. В работе был использован складной бентометр с площадью захвата 0,0625 м². Одновременно выполняли



Рис. 2. Эстуарные участки рек и приливно-отливные метки на прибрежных поселениях осок в эстуарии рек Биранджа, Малая Делья, Большая Делья и Большой Ледяган (слева направо)

качественные сборы бентоса с использованием сачка и дрифтовой ловушки, а также отлов имаго амфибиотических насекомых по стандартным гидробиологическим методикам (Тиунова, 2003; Богатов, Федоровский, 2017). Количественный материал фиксировали 4 % -м раствором формалина, качественные сборы – 96 % -м раствором этанола. Всего отобрано 45 количественных и 26 качественных проб зообентоса, 18 проб имаго амфибиотических насекомых.

При определении структуры бентоса использовали классификацию А.М. Чельцова-Бебутова в модификации В.Я. Леванидова (1977), в соответствии с которой к категории доминант отнесены группы, составившие 15 % и более от общей плотности или биомассы, субдоминант – 5,0–14,9 %, второстепенных – 1–4,9 %.

При составлении таблицы структурных характеристик сообществ в группу «Diptera» вошли представители семейств Empididae, Limoniidae, Bolitophilidae, Stratiomyidae и Psychodidae.

Для оценки таксономического сходства фаун на участках обследованных водотоков использовали коэффициент Съёренсена. Экологическое состояние в местах отбора проб оценивали по показаниям индекса *EPT* – индикаторным группам беспозвоночных из отрядов поденок (*Ephemeroptera*), веснянок (*Plecoptera*) и ручейников (*Trichoptera*), наименее толерантным к различным видам загрязнения. Для предгорных водотоков значения индекса *EPT* выше 31 свидетельствуют об очень хорошем, 24–31 – хорошем, 16–23 – хорошем – среднем, 8–15 – среднем и 0–7 – плохом экологическом состоянии (Lenat, 1994).

Результаты и обсуждение

В зообентосе рек и ручьев Тугурского п-ва выявлено 155 таксонов из 16 систематических групп донных беспозвоночных, в том числе в водотоках, впадающих в залив Тугурский – 16 групп, в залив Ульбанский – 14 групп (табл. 1, 2). В реках Тугурского залива плотность бентоса изменялась от 2320 экз./ m^2 (р. Большой Ледяган) до 29568 экз./ m^2 (нижнее течение р. Большая Делья), биомасса – от 3,7 г/ m^2 (р. Большой Ледяган) до 36,4 г/ m^2 (верхнее течение р. Большая Делья). В обследованных водотоках Ульбанского залива минимальные значения плотности и биомассы зообентоса 5112 экз./ m^2 и 8,8 г/ m^2 отмечены в р. Талим, максимумы обоих показателей 21968 экз./ m^2 и 29,2 г/ m^2 – в ручье Талим 2-й (табл. 2).

Таблица 1

Фаунистический список донных беспозвоночных водотоков Тугурского полуострова

Продолжение табл. 1

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Семейство Apataniidae													
<i>Apatania</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Семейство Brachycentridae													
<i>Brachycentrus (Oligoplectodes) americanus</i> Banks, 1899	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+
<i>Micrasema</i> sp.1	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Семейство Glossosomatidae													
<i>Anagapetus schmidi</i>	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Glossosoma</i> sp.	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Glossosoma dulkeiti</i> (Martynov, 1934)	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Glossosoma ussuricum?</i> (Martynov, 1934)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Семейство Goeridae													
<i>Archithremma ulachensis</i> Martynov, 1935	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Goera</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Семейство Lepidostomatidae													
<i>Lepidostoma</i> sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-
Семейство Limnephilidae													
<i>Brachypsyche</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dicosmoecus jozankeanus</i> (Matsumura, 1931)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ecclisomyia kamtshatica</i> (Martynov, 1914)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Hydatophylax</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>Stenophylax</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nemotaulius</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Onocosmoecus unicolor</i> (Banks, 1897)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Potamophylax</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stenophylax lateralis</i> (Stephens, 1837)	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Limnephilidae indet. 1	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
Limnephilidae indet. 2	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Семейство Phryganopsychidae													
<i>Phryganopsychidae latipennis</i> (Banks, 1906)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Семейство Rhyacophilidae													
<i>Rhyacophila (Paleorhyacophila) hokkaidensis</i> Iwata, 1927	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+
<i>Rhyacophila kardakoffi</i> Navas, 1926	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-
<i>Rhyacophila narvae</i> Navas, 1926	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	+
<i>Rhyacophila</i> sp. nov	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Rhyacophila</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-
Rhyacophilidae indet.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
Trichoptera indet.	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Отряд Megaloptera													
<i>Sialis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Отряд Coleoptera													
Семейство Dytiscidae													
Dytiscidae indet.	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Семейство Dixidae													
Dixidae indet.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Coleoptera indet.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Отряд Diptera													
Семейство Empididae													
Empididae indet.	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Семейство Limoniidae													
<i>Dicranota</i> sp.1	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Dicranota</i> sp.2	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Hexatoma</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phylidorea</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Pedicia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Limoniidae spp.1	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Limoniidae spp.2	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Limoniidae spp.3	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Limoniidae indet.	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Семейство Bolitophilidae													
Bolitophilidae indet.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Семейство Stratiomyidae													
Stratiomyidae indet.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Семейство Psychodidae													
Psychodidae indet.	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Diptera indet.	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+
Семейство Ceratopogonidae													
Ceratopogonidae spp.1	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-
Ceratopogonidae spp.2	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Семейство Simuliidae													
Simuliidae indet.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Семейство Blephariceridae													
<i>Philorus</i> sp.	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+
Семейство Chironomidae													
Подсемейство Diamesinae													
<i>Diamesa</i> gr. <i>insignipes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Diamesa gregsoni</i> Edwards, 1933	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diamesa</i> sp.	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Diamesa tsutsuii</i> (Tokunaga, 1936)	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Pagastia orientalis</i> (Chernovskii, 1949)	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Potthastia longimana</i> (Kieffer, 1922)	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Potthastia sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Protanypus</i> gr. <i>caudatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Pseudodiamesa</i> gr. <i>branickii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Sympotthastia</i> aff. <i>takatensis</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sympotthastia fulva</i> (Johannsen, 1921)	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Подсемейство Orthocladiinae													
<i>Chaetocadius</i> ligni Cranston et Oliver, 1988	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetocadius</i> gr. <i>piger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Chaetocadius</i> sp.	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Corynoneura</i> gr. <i>scutellata</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Cricotopus (Isocladius) gr. sylvestris</i>	—	+	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Cricotopus (s. str.) gr. tremulus</i>	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cricotopus</i> sp.	+	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>brehmi</i>	—	—	—	—	—	+	+	+	+	—	—	—	—
<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>claripennis</i>	+	—	+	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>gracei</i>	+	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Eukiefferiella</i> sp.	+	+	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—	—
<i>Heterotrissocladius</i> gr. <i>marcidus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>Hydrobaenus</i> sp.	+	+	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—
<i>Metriocnemus</i> gr. <i>eurynotus</i>	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—
<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp.	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>Orthocladius (Mesorthocladius)</i> <i>frigidis</i> Zetterstedt, 1838	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> <i>defensus</i> Makarchenko et Makarchenko, 2006	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—
<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> gr. <i>saxicola</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—
<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> <i>nitidoscutellatus</i> Lundstrom, 1915	+	—	—	—	—	+	—	+	+	—	—	—	—
<i>Orthocladius (Symposiocladius)</i> <i>lignicola</i> Kieffer, 1914	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>Orthocladius aff. rivulorum</i> Kieffer, 1909	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Orthocladius (Eudactylocladius)</i> gr. <i>olivaceus</i>	—	+	+	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—
<i>Orthocladius</i> sp.	+	+	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—
<i>Paratrichocladius skiewithensis</i> Edwards, 1929	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus)</i> sp.	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—
<i>Rheocricotopus</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Thinemanniella</i> gr. <i>clavicornis</i>	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—
<i>Tokunagaia</i> gr. <i>rectangularis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Orthocladinae indet.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Подсемейство Chironominae													
<i>Constempellina tokunagai</i> Zorina, 2013	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Paratanytarsus inopertus</i> (Walker, 1856)	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>Parapsectra uliginosa</i> Reiss, 1969	—	—	—	—	—	+	+	—	+	—	—	—	—
<i>Micropsectra nakaokii</i> Sasa, Kawai et Ueno, 1988	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Micropsectra</i> sp.	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Phaenopsectra flavipes</i> Meigen, 1818	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Polypedilum</i> sp.	—	+	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—
<i>Polypedilum (Tripodura) acifer</i> Townes, 1945	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Chironominae indet.	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Подсемейство Tanypodinae													
<i>Rheopelopia</i> sp.	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
Tanypodinae indet.	+	—	+	—	—	+	+	+	+	+	+	—	+
Тип Mollusca													
Класс Gastropoda indet.	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	+	—	—
Общее количество таксонов	60	69	19	10	34	80	69	57	73	23	36	32	37
Индекс EPT	29	38	6	—	21	43	33	24	34	16	20	23	25

Таблица 2

Структурные характеристики (средняя численность N, экз./м² и биомасса B, г/м²) макрообентоса в водотоках Тугурского полуострова

Группа зообентоса	Название водотока									
	P. Бирюзка	P. Бородавка	P. Марина	P. Марина	P. Марина	P. Марина	P. Марина	P. Марина	P. Марина	P. Марина
Nematoda	<u>54</u> 0,01	<u>8</u> 0,01	<u>43</u> 0,01	<u>68</u> 0,07	<u>12</u> 0,01	<u>72</u> 0,02	<u>136</u> 0,01	<u>712</u> 0,07	<u>944</u> 0,02	<u>72</u> 0,01
Oligochaeta	<u>120</u> 0,07	<u>1032</u> <u>0,56</u>	<u>1173</u> <u>0,93</u>	<u>343</u> <u>0,57</u>	<u>2432</u> <u>1,94</u>	<u>1336</u> <u>0,83</u>	<u>720</u> <u>0,86</u>	<u>13828</u> <u>8,81</u>	<u>4680</u> <u>1,26</u>	<u>1968</u> <u>2,42</u>
Tricladida	—	—	<u>16</u> 0,003	—	<u>8</u> 0,01	<u>120</u> 0,19	<u>24</u> 0,05	—	<u>8</u> 0,10	<u>531</u> 1,33
Mollusca	—	—	—	—	<u>12</u> 0,004	—	—	—	<u>208</u> 0,82	<u>216</u> 0,4
Hydrachnidiae	<u>314</u> 0,11	<u>8</u> 0,01	<u>24</u> 0,02	<u>48</u> 0,03	<u>16</u> 0,01	<u>216</u> 0,14	<u>64</u> 0,035	<u>16</u> 0,02	<u>91</u> 0,03	<u>128</u> 0,1
Amphipoda	—	—	<u>16</u> 0,04	—	<u>372</u> <u>3,89</u>	—	—	<u>1400</u> <u>4,96</u>	—	<u>128</u> <u>2,05</u>
Coleoptera	—	—	<u>16</u> 0,02	—	—	—	—	—	—	—
Ephemeroptera	<u>5300</u> <u>6,72</u>	<u>128</u> <u>0,80</u>	<u>563</u> <u>1,32</u>	<u>916</u> <u>0,71</u>	<u>592</u> <u>3,64</u>	<u>2984</u> <u>8,46</u>	<u>596</u> <u>8,85</u>	<u>8</u> 2,30	<u>1000</u> 0,03	<u>4624</u> <u>10,4</u>
Plecoptera	<u>504</u> 1,54	<u>232</u> 0,19	<u>419</u> 0,25	<u>319</u> 0,51	<u>252</u> 0,37	<u>1808</u> 1,18	<u>1168</u> 0,57	<u>212</u> 0,02	<u>157</u> 0,81	<u>4680</u> <u>2,64</u>
Trichoptera	<u>928</u> 0,92	<u>32</u> 0,07	<u>235</u> 0,50	<u>228</u> 0,19	<u>72</u> 0,19	<u>248</u> 3,48	<u>360</u> 2,5	—	—	<u>2012</u> <u>10,4</u>
Megaloptera	—	<u>8</u> 0,01	<u>32</u> 0,13	<u>8</u> 0,18	—	—	—	—	<u>4,38</u> 0,81	<u>4000</u> <u>1,99</u>
Diptera	<u>98</u> <u>4,65</u>	<u>16</u> <u>1,73</u>	<u>128</u> 0,13	<u>88</u> 0,16	<u>12</u> 0,01	<u>208</u> 5,14	<u>24</u> 0,025	<u>104</u> 0,25	<u>40</u> 0,012	<u>4784</u> <u>1,37</u>
Blephariceridae	<u>64</u> 0,14	—	<u>16</u> <u>0,005</u>	—	—	<u>8</u> 0,09	<u>4</u> 0,002	—	—	<u>3,98</u> 1,33

Ceratopogonidae	<u>8</u>	-	<u>11</u>	<u>16</u>	<u>12</u>	<u>8</u>	<u>96</u>	<u>64</u>	-	<u>5</u>	<u>8</u>	-	<u>16</u>	<u>8</u>	-	<u>0,01</u>	<u>0,04</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,04</u>	<u>0,04</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>
Simuliidae	<u>428</u>	<u>24</u>	<u>192</u>	<u>16</u>	<u>165</u>	<u>1776</u>	<u>8</u>	<u>188</u>	<u>16</u>	<u>8</u>	<u>432</u>	<u>56</u>	<u>320</u>	<u>448</u>	<u>64</u>	<u>160</u>	<u>0,65</u>	<u>1,46</u>	<u>0,2</u>	<u>0,65</u>	<u>0,38</u>	<u>0,38</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,08</u>
Chironomidae	<u>4760</u>	<u>832</u>	<u>1200</u>	<u>1592</u>	<u>5260</u>	<u>5880</u>	<u>3808</u>	<u>12444</u>	<u>7952</u>	<u>4387</u>	<u>5104</u>	<u>4496</u>	<u>2168</u>	<u>992</u>	<u>11728</u>	<u>3152</u>	<u>4,05</u>	<u>0,3</u>	<u>1,36</u>	<u>0,6</u>	<u>0,3</u>	<u>4,05</u>	<u>0,79</u>	<u>2,44</u>	<u>2,44</u>	<u>2,44</u>	<u>2,44</u>
Всего:	<u>12578</u>	<u>2320</u>	<u>4099</u>	<u>3642</u>	<u>9225</u>	<u>21072</u>	<u>9400</u>	<u>29568</u>	<u>128556</u>	<u>9992</u>	<u>15016</u>	<u>12400</u>	<u>5912</u>	<u>5896</u>	<u>18096</u>	<u>5112</u>	<u>21968</u>	<u>29,22</u>	<u>21,28</u>	<u>8,92</u>	<u>8,04</u>	<u>8,92</u>	<u>21,28</u>	<u>8,76</u>	<u>29,22</u>	<u>29,22</u>	<u>29,22</u>
Кол-во групп	11	10	15	11	13	11	12	11	10	13	11	11	11	14	7	14	7	14	7	14	7	14	10	11	11	11	

Примечание. В числителе – средняя численность N (экз./м²), в знаменателе – биомасса В (г/м²). Жирным шрифтом выделены доминирующие по обилию группы.

В р. Биранджа бентос отобран на трех однотипных участках, для которых коэффициенты таксономического сходства фауны по Съёренсену достигали 64–75 %. В бентосе выявлено 60 таксонов из 11 систематических групп беспозвоночных (табл. 1, 2). Средняя плотность зообентоса составляла 12578 экз./м², средняя биомасса – 16,5 г/м². Доминантами являлись поденки по плотности (42,1 %) и биомассе (40,8 %), хирономиды по плотности (37,8 %) и другие двукрылые по биомассе (28,3 %) (табл. 2).

В р. Малый Ледяган выявлено 57 таксонов из 15, а в р. Большой Ледяган – 19 из 10 систематических групп бентоса (табл. 1, 2). Количественные показатели биомассы в обоих водотоках варьировали незначительно от 3,7 до 3,8 г/м², разброс значений плотности находился в пределах 2320–4099 экз./м² (табл. 2). В обеих реках доминантами по плотности отмечены олигохеты (28,6 % и 44,5 % соответственно) и хирономиды (29,3 % и 35,9 %), а по биомассе – олигохеты (24,5 % и 15,3 %) и поденки (34,8 % и 21,9 %). В р. Большой Ледяган к категории доминант по биомассе относились также и личинки других двукрылых (47,3 %).

В малой лососевой реке Малая Делья было зафиксировано 69 таксонов из 13 систематических групп донных беспозвоночных. Количественное развитие зообентоса в верховьях р. Малая Делья было значительно ниже, чем в устьевой части реки: ближе к устью показатель плотности увеличился с 3658 до 9229 экз./м², биомассы с 4,5 до 12,1 г/м². В групповой структуре бентоса верхнего течения по плотности доминировали поденки (25,0 %) и хирономиды (43,5 %), в нижнем течении – олигохеты (26,4 %) и хирономиды (57,0 %). По биомассе на верхнем участке р. Малая Делья преобладали ручейники (43,3 %) и поденки (15,8 %), а в нижнем течении доминировали поденки (30,1 %), олигохеты (16,1 %), амфиподы (32,2 %) и хирономиды (15,2 %). Коэффициент Съёренсена для донных сообществ верхнего и нижнего течения составил 49 %. Индекс ЕРТ = 33 указывал на очень хорошее качество воды.

В р. Большая Делья было зарегистрировано 69 таксонов из 12 систематических групп донных беспозвоночных (табл. 1). Из них 11 групп в верхнем, 12 – в среднем и 11 – в нижнем течении. На верхней точке сборов на р. Большая Делья был отмечен самый высокий среди всех обследованных водотоков полуострова показатель биомассы –

36,4 г/м², а плотность составляла 21072 экз./м². При этом доминировали хирономиды по плотности (27,9 %), поденки по плотности (44,6 %) и биомассе (23,3 %) и реофильные мошки по биомассе (34,0 %). Аналогично этому в среднем течении категория доминант была представлена поденками (31,7 % по плотности и 58,9 % по биомассе), хирономидами (40,5 % по плотности), но преобладание двукрылых мошек по биомассе было замещено ручейниками (16,6 %) (табл. 2). На среднем участке отмечены минимальные для этой реки значения количественных характеристик: 9400 экз./м² и 15,0 г/м². В нижнем течении обилие бентоса по сравнению со средним течением увеличилось: биомасса составила 23,0 г/м², а плотность достигла максимального для всех обследованных водотоков значения 29568 экз./м². В структуре доминировали олигохеты (42,1 % по плотности и 25,8 % по биомассе), хирономиды (46,8 % и 38,3 %) и амфиподы (21,5 % по биомассе), но отсутствовали ручейники. Коэффициенты Съёренсена для трёх участков р. Большая Делья изменились в пределах 61–75 %. Индекс ЕРТ = 38 соответствовал очень хорошему качеству вод.

В бентосе р. Джуваты выявлено 10 таксонов из 10 систематических групп донных беспозвоночных (табл. 1). Средняя биомасса и плотность зообентоса составляла 6,5 г/м² и 12856 экз./м² (табл. 2). Абсолютными доминантами являлись хирономиды (61,9 % по плотности и 76,5 % по биомассе) и, в меньшей степени, олигохеты (36,4 % и 19,4 %). Категории субдоминант и второстепенных групп в структуре бентоса данной реки не были сформированы. Личинки поденок и веснянок отмечены единично, отсутствовали ручейники, поэтому, индекс ЕРТ не мог быть подсчитан.

Плотность и биомасса бентоса в нижнем течении ручья без названия составляла 9992 экз./м² и 11,3 г/м². Групповая структура зообентоса характеризовалась доминированием олигохет по плотности (19,7 %) и биомассе (21,5 %), хирономид по плотности (43,9 %) и бокоплавов по биомассе (18,2 %). Бентос отличался относительно высоким разнообразием, в его состав входило 73 таксона из 13 систематических групп беспозвоночных (табл. 1, 2).

Донное сообщество в среднем течении р. Иурский Итыли было представлено 34 таксонами из 11 систематических групп. Показатель плотности – 15016 экз./м² и биомассы – 25,0 г/м². Доминантами по обеим количественным характеристикам являлись поденки (30,8 % и 41,7 %), а также хирономиды по плотности (33,9 %).

Исследования в верховьях и верхнем течении р. Кутын показали таксономическое сходство фауны донных сообществ на уровне 44 % по коэффициенту Съёренсена. При этом в двух точках отбора верхнего течения р. Кутын было отмечено от 45 до 49 таксонов, а в целом для этого участка отмечено самое высокое богатство бентоса – 80 таксонов из 14 систематических групп (табл. 1). Показатели средней плотности на участке верхнего течения также различались, почти в два раза от 12400 до 5912 экз./м². Различия в биомассе были не столь значительны: 9,5 г/м² и 8,0 г/м² соответственно (табл. 2). Доминантами по плотности на обоих участках верхний реки являлись поденки (37,7 % и 34,0 %), по биомассе – поденки (соответственно 27,9 % и 54,5 %) и ручейники (18,4 % и 15,3 %). В самой верхней точке отбора кроме поденок доминировали по плотности хирономиды (36,3 %), а по биомассе – веснянки (21,0 %).

В донном сообществе р. Инакан было установлено 23 таксона из 7 систематических групп (табл. 1). Средняя плотность бентоса составила 5896 экз./м², биомасса – 8,9 экз./м² (табл. 2). Категория доминант по плотности включала поденок (67,8 %) и хирономид (16,8 %), по биомассе – поденок (44,6 %), веснянок (33,9 %) и мошек (16,4 %).

В р. Малый Талим долевой вклад в структуру сообщества был преимущественно распределен между двумя таксономическими группами амфибиотических насекомых: 26,4 % плотности представлено поденками, 64,8 % – хирономидами; по биомассе значения показателя составили 65,6 % и 19,0 % соответственно. В составе бентоса выявлено 36 таксонов из 14 систематических групп, показатель средней плотности составил 18096 экз./ m^2 , биомассы – 21,3 г/ m^2 (табл. 2).

В р. Талим определено присутствие 32 таксона из 10 систематических групп. Показатель средней плотности – 5112 экз./ m^2 , биомассы – 8,8 г/ m^2 . Доминантами по плотности являлись поденки (25,5 %) и хирономиды (61,7 %), по биомассе преобладали только поденки (70,3 %).

Бентос ручья Талим 2-й включал 37 таксонов из 11 систематических групп. Показатель средней плотности на исследованном участке составил 21968 экз./ m^2 , биомассы – 29,2 г/ m^2 . Доминантами по плотности являлись поденки (18,3 %), хирономиды (40,9 %) и олигохеты (32,4 %), по биомассе – только поденки (64,0 %).

Таким образом, в бентосе водотоков Тугурского п-ва было выявлено три доминирующие группы. Олигохеты превалировали на участках нижнего течения рек, испытывающих воздействие приливов, с температурой воды не выше 11,5 °С, на грунтах с примесью песка и дегрита и окрашенной водой. Максимальные показатели плотности и биомассы представителей группы были отмечены в нижнем течении р. Большая Делья (13828 экз./ m^2 и 8,8 г/ m^2), минимальные – в р. Инакан (16 экз./ m^2 и 0,01 г/ m^2). Следует отметить, что в месте проведения исследований доминирование олигохет в бентосе р. Джуваты определялось антропогенным воздействием, связанным с прокладкой дорог и нарушением речных биотопов.

Поденки формировали категорию доминант по обеим количественным характеристикам в малых предгорных водотоках Ульбанского залива и прозрачных водах верховий и среднего течения рек Биранджа, Малая Делья, Большая Делья, Кутын и Иурский Итыли, несущих свои воды в Тугурский залив. Относительно высокая плотность поденок в ручье без названия определила их место в категории субдоминант за счет превалирования олигохет и хирономид. Максимальная плотность поденок 9400 экз./ m^2 была отмечена в верхнем течении р. Большая Делья, максимальная биомасса 13,9 г/ m^2 в р. Малый Талим. Минимальные значения (8 экз./ m^2 и 0,03 г/ m^2) зарегистрированы в нарушенных биотопах р. Джуваты.

Хирономиды оказались доминантами по плотности абсолютно во всех водотоках. Интервал значений плотности варьировал от 832 экз./ m^2 в р. Большой Ледяган до 12444 экз./ m^2 в нижнем течении р. Большая Делья. Биомасса хирономид достигала максимальной величины 6,0 г/ m^2 в нижнем течении р. Большая Делья (табл. 2).

В нескольких случаях категорию доминант по биомассе занимали амфиподы, другие двукрылые, мошки, веснянки и ручейники. Представители последних двух отрядов преимущественно формировали категорию субдоминант и второстепенных групп. Долевой вклад присутствовавших практически во всех водотоках нематод, водяных клещей, а также немногочисленных по количеству регистраций планарий, вислокрылок и мокрецов, редких в пробах моллюсков и водяных жуков, в большинстве случаев не превышал 1 %.

Отсюда следует, что в составе бентоса верховьев и среднего течения обследованных водотоков преобладала реофильная фауна ритрона или эпифауна, представленная личинками амфибиотических насекомых: поденок, веснянок, ручейников, хирономид, блефарицерид, других двукрылых. Самые высокие показателями обилия бентоса отмечались в верховьях рек Большая Делья, Иурский Итыли и ручья Талим 2-й (табл. 2). Фауне ритрона свойственна высокая вагильность,

которая выражается в активном дрифте донных беспозвоночных, обеспечивающим единство сообществ сравнительно однородных биотопов (Леванидов, 1977). Напротив, в эстуарной зоне малых лососевых рек Тугурского п-ва на каменистых грунтах с примесью песка и детрита преобладали хирономиды и олигохеты (рр. Большая Делья, Большой Ледяган, ручей без названия), именно эти представители инфауны определяли основные количественные показатели развития донных сообществ. Существенно реже в эстуариях в состав доминантов входили амфиподы и поденки (рр. Малая Делья и Малый Ледяган). Критическим фактором для инфауны является не обсыхание во время приливов или отливов, а дефицит кислорода, по отношению к которому она имеет ряд физиологических адаптаций, исключающих необходимость миграций (Леванидов, 1977). Согласно имеющимся данным, содержание кислорода в речных водах Тугурского залива вне зоны действия прилива в августе составляло 9–10 мг/дм³ (около 100 % насыщения). В приливно-отливной зоне кислородный режим речных вод определялся, главным образом, влиянием морских вод. В июле–августе концентрация кислорода была ниже, чем вне зоны смешения, и не превышала в среднем 8–9 мг/дм³ (около 80 % насыщения) (Shesterkina, Talovskaya, 2010). Было также установлено, что для зоны смешения характерны значительные короткопериодные колебания солености и изменения соотношений между основными солеобразующими ионами, которые в условиях межени могут сохраняться в крупных реках (р. Тугур) на расстоянии 5 км от устья (Shesterkina, Talovskaya, 2010). Соленые воды проникают в устье реки тем дальше, чем больше глубина русла и плотность (соленость) морской воды и меньше расход речных вод (Михайлов, Добровольский, 1991). Организмы при этом могут испытывать физиологический стресс, что отражается на видовом составе, обилии и структуре сообществ.

Считается, что в эстуариях формируются «физически контролируемые сообщества», где роль факторов среды в их организации повышается, а сила межвидовых взаимодействий снижается (Колпаков, 2018). И хотя, в эстуариях малых лососевых рек Тугурского залива в зоне влияния морских приливов и отливов отмечено изменение групповой структуры за счет снижения разнообразия реофильного бентоса, следует отметить, что некоторые амфибиотические насекомые могут совершать активные миграции, связанные с завершением их жизненного цикла, либо следовать за изменениями площади дна. Так, например, в период обследования устья р. Большая Делья на каменистом грунте с примесью песка и детрита в качественных сборах были отмечены амфиподы, хирономиды, другие двукрылые, поденки, ручейники и веснянки, зарегистрированные ранее в верховьях и среднем течении реки. Принимая во внимание высокие (61–75 %) коэффициенты фаунистического сходства видового состава бентоса на трёх участках реки, с определенной долей уверенности можно предполагать минимальное влияние приливов. Учитывая однократность обследования, следует также констатировать необходимость проведения дополнительных полевых и экспериментальных исследований, которые позволят изучить толерантность различных видов пресноводного макрозообентоса к градиенту солености в эстуариях при воздействии комплекса абиотических факторов среды.

В малых реках Тугуро-Чумиканского района сосредоточено порядка 48 % нерестилищ горбуши (Канзепарова, 2018). Её ход был отмечен во время отбора проб на реках Малая и Большая Делья, Биранджа, Талим и в ручье Талим 2-й. Обилие бентоса в водотоках Тугурского п-ва определяют эффективность воспроизводства данного вида лососевых рыб.

В соответствии с полученными индексами ЕРТ, экологическое состояние исследованных водотоков оценивается следующим образом: верховья рек Большая Делья, Малая Делья, Кутын и ручья без названия – очень хорошее; в реках Биранджа, Малый Ледяган и руч. Талим 2-й – хорошее; в реках Иурский Итыли, Инакан, Малый Талим и Талим – хорошее–среднее и в р. Большой Ледяган – плохое. Следует отметить, что плохое качество воды в р. Большой Ледяган связано с тем, что пробы отбирались в зоне действия высоких приливов.

Благодарности

Авторы благодарят компанию Полиметалл и ООО «Кутынская ГГК» в лице директора Хабаровского филиала В.В. Мартыненко и управляющего директора В.В. Тарабарова за организацию экспедиционных работ, директора ИВЭП ДВО РАН д.б.н. М.В. Крюкову и сотрудников института к.б.н. В.В. Пронкевича, к.б.н. А.Л. Антонова, В.И. Рослякова, С.В. Ясыркина за организацию и помошь, оказанную в ходе выполнения работ. Авторы признательны сотрудникам ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН к.б.н. И.М. Тиунову за помошь в сборе материала, PhD Т.С. Вшивковой и д.б.н. Е.А. Макарченко за помошь при определении ручейников и хирономид.

«Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000147-6).

Литература

- Антонов А.Л. 1990.** Fauna пресноводных рыб, земноводных и пресмыкающихся Тугурского полуострова // Вторые чтения имени Г.И. Невельского. Вопросы экологии при организации энергобез обеспечения в Приамурье. Сб. 3. Хабаровск: Приамурское геогр. об-во. С. 84–86.
- Богатов В.В., Федоровский А.С. 2017.** Основы речной гидрологии и гидробиологии. Владивосток: Дальнаука. 384 с.
- Бочарников В.Н. 2005.** Водно-болотные угодья России. Водно-болотные угодья Дальнего Востока России. М.: Wetlands International. Т. 5. 220 с.
- Гидрохимические и гидробиологические исследования экосистемы Тугурского залива Охотского моря. 1991.** Научный отчет ИВЭП ДВО РАН. г. Хабаровск. 97 с.
- Давыдов Б.В. 1923.** Loция побережий РСФСР Охотского моря и восточного берега полуострова Камчатки с островом Карагинским включительно / по поручению Главного гидрологического Управления составил гидрограф-геодезист Давыдов. Владивосток: Издание Управления по Обеспечению Безопасности Кораблевождения Дальнего Востока. Типо-литография Иосиф Корроть. [8], XLII, 1498 с.
- Канзепарова А.Н. 2011.** Характеристика нерестовых биотопов горбуши в реках Ульбанского залива (Охотское море) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 5. С. 204–208.
- Канзепарова А.Н. 2018.** Особенности биологии и современное состояние запасов горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) северо-западного побережья Охотского моря: автореф. дис. ... к-та биол. наук. Владивосток. 24 с.
- Колпаков Н.В. 2017.** Структурно-функциональная организация эстuarных экосистем северо-западной части Японского моря: автореф. д-ра биол. наук. Владивосток. 523 с.
- Колпаков Н.В. 2018.** Эстuarные экосистемы северо-западной части Японского моря: структурно-функциональная организация и биоресурсы. Владивосток: ТИНРО-Центр. 428 с.
- Леванидов В.Я. 1977.** Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь». Владивосток: ДВНЦ АН СССР. Т. 45 (148). С. 126–159.
- Михайлов В.Н., Добропольский А.Д. 1991.** Общая гидрология. М.: Высшая школа. 368 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 19. Северо-Восток. 1967.** Л.: Гидрометеорологическое изд-во. 601 с.
- Тиунова Т.М. 2003.** Методы сбора и первичной обработки количественных проб // Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: Методическое пособие. М.: ВНИРО. С. 5–13.

- Яворская Н.М., Сиротский С.Е.** 2013. Экологическое состояние водотоков Хабаровского края и Еврейской автономной области по показателям зообентоса // Биохимия и гидроэкология наземных и водных экосистем. Вып. 20. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. С. 176–203.
- Lenat D.R.** 1994. Using Aquatic Insects to Monitor Water Quality // Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality. Publisher: Hohai University Press. P. 68–92.
- Shesterkina N.M., Talovskaya V.S.** 2010. Formation characteristics of the chemical composition of the streams within the watershed basin of the Tugursky Gulf of the Sea of Okhotsk // Geography and Natural Resources. Vol. 31. P. 159–164.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Андреева Д.В., Кондратьева Л.М.</i> Роль сульфатредуцирующих бактерий в биомониторинге речных экосистем	5
<i>Барабаников Е.И., Большаков С.Г.</i> Эстуарно-прибрежные системы – переходная зона между пресноводными и морскими экосистемами	16
<i>Валькова С.А.</i> Многолетняя динамика макрозообентоса водоема в условиях загрязнения стоками апатит-нефелинового производства	26
<i>Вдовина О.Н., Безматерных Д.М., Лассый М.В.</i> Макрозообентос предгорных озер северного и северо-восточного Алтая	33
<i>Вишневская Т.С.</i> Биоразнообразие ручейников (Insecta, Trichoptera) Еврейской автономной области	41
<i>Вишневская Т.С., Никулина Т.В., Христофорова Н.К., Дроздов К.А., Шамов В.В., Жарикова Е.А., Клышевская С.В., Ковековдова Л.Т., Юрченко С.Г., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н., Лупаков С.Ю., Бортин Н.Н., Горчаков А.М.</i> Проблемы экологического состояния урбанизированных водотоков на территории Владивостокской городской агломерации	55
<i>Горовая Е.А.</i> Количественные характеристики зообентоса р. Тигровая (Партизанский район, Приморский край)	67
<i>Жарикова Е.А., Попова А.Д., Клышевская С.В.</i> Оценка состояния вод, донных отложений и почв поймы ручья Безымянного (г. Владивосток)	75
<i>Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Абросимова Э.В.</i> Планктонные и донные сообщества соленых рек бассейна гипергалинного оз. Эльтон (Россия): многомерный анализ сопряженности структур и статистических связей	83
<i>Лабай В.С., Заварзин Д.С., Ивишина Э.Р., Литвиненко А.В.</i> Питание рыб озера Благодатное (о-в Итуруп, Курильские острова) в летний период	97
<i>Лавникова А.В., Бирюцкая С.А., Бухаева Л.Б., Голубец Д.И., Ермоляева Я.К., Кульбачная Н.А., Масленникова М.А., Пушница В.А., Щукова Е.А., Карнаухов Д.Ю., Зилов Е.А.</i> К вопросу о влиянии абиотических и антропогенных факторов на суточную миграционную активность гидробионтов озера Байкал	114
<i>Макарченко Е.А., Азмухаметова Л.М., Дабижса М.К.</i> Два новых вида хирономид рода <i>Diamesa</i> Meigen (Diptera, Chironomidae, Diamesinae) из реки Ола охотоморского побережья Магаданской области	121
<i>Макарченко Е.А., Орел О.В.</i> Фауна и распространение хирономид подсемейств Podonominae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthocladiinae и Chironominae (Diptera, Chironomidae) российского Дальнего Востока и сопредельной территории	125
<i>Медведева Л.А., Никулина Т.В., Семенченко А.А., Селивёрстов Н.А.</i> Новые данные о составе цианобактерий и водорослей некоторых водотоков полуострова Камчатка	150
<i>Неронова С.Ю., Шевелева Н.Г., Мишарина Е.А.</i> Современное состояние и трофические взаимоотношения зоопланктона Посольского сора оз. Байкал в 2022 г.	173
<i>Никулина Т.В., Мотылькова И.В.</i> Видовой состав фитопланктона оз. Благодатное (о-в Итуруп, Курильские острова, Россия)	182
<i>Потиха Е.В., Лобкова Л.Е., Вишневская Т.С.</i> Материалы по фауне подёнок (Ephemeroptera), веснянок (Plecoptera) и ручейников (Trichoptera) Кроноцкого заповедника и других районов Камчатки	202
<i>Саенко Е.М., Макарченко Е.А.</i> Таксономическое значение морфологических признаков <i>Diamesa tsutsuii</i> Tokunaga (Diptera, Chironomidae, Diamesinae)	218

<i>Саенко Е.М., Палатов Д.М.</i> Новые данные о взаимоотношениях рыб (Cyprinidae) и моллюсков (Bivalvia, Margaritiferidae, Unionidae) российского Дальнего Востока	226
<i>Тесленко В.А.</i> Первые сведения о фауне веснянок (Insecta, Plecoptera) Ботчинского заповедника и заказника Тумнинский (Хабаровский край)	235
<i>Тесленко В.А., Тиунова Т.М., Семенченко А.А.</i> Оценка качества вод по индексу <i>EPT</i> в водотоках полуострова Камчатка в осенний период с учетом региональных особенностей фауны	245
<i>Тиунова Т.М., Хаменкова Е.В.</i> Поденки (Insecta, Ephemeroptera) Севера Дальнего Востока России	256
<i>Токранов А.М., Паскочина А.А.</i> Девятииглая колюшка <i>Pungitius pungitius</i> из озёр нижнего течения р. Облуковина (Западная Камчатка)	272
<i>Шарый-оол М.О.</i> Новые сведения по фауне моллюсков заповедника «Убсунаурская котловина» (Республика Тыва, Россия)	280
<i>Шестеркин В.П., Терский П.Н., Горин С.Л.</i> Гидрохимия Зейского водохранилища в многоводные годы	284
<i>Яворская Н.М., Климин М.А.</i> Многолетняя динамика пигментных характеристик водорослей перифитона протоки Амурской реки Амур (Хабаровский край)	291
<i>Яворская Н.М., Тесленко В.А., Горовая Е.А.</i> Донные беспозвоночные водотоков Тугурского полуострова (Хабаровский край)	300

CONTENTS

<i>Andreeva D.V., Kondratyeva L.M.</i> The role of sulfate-reducing bacteria in biomonitoring of river ecosystems	5
<i>Barabanshchikov E.I., Bolshakov S.G.</i> Estuarine-coastal systems – the transitive zone between freshwater and sea ecosystems	16
<i>Valkova S.A.</i> The long-term dynamics of zoobenthos communities in the lake under conditions of wastewater pollution from apatite-nepheline production	26
<i>Vdovina O.N., Bezmaternykh D.M., Lassy M.V.</i> Macroinvertebrates the foothill lakes of the Northern and Northeastern Altai	33
<i>Vshivkova T.S.</i> Biodiversity of caddisflies (Insecta, Trichoptera) the Jewish Autonomous Region	41
<i>Vshivkova T.S., Nilulina T.V., Khristoforova N.K., Drozdov K.A., Shamov V.V., Zharikova E.A., Klyshevskaya S.V., Kovekovdova L.T., Yurchenko S.G., Boldescul A.G., Lutzenko T.N., Lupakov S. Yu., Bortin N.N., Gorchakov A.M.</i> Problems of the ecological state of urbanized streams in the territory of the Vladivostok City agglomeration	55
<i>Gorovaya E.A.</i> Quantitative indices of zoobenthos of the Tigrovaya River (Partizansky District, Primorye Territory)	67
<i>Zharikova E.A., Popova A.D., Klyshevskaya S.V.</i> Assessment of the state of water, bottom sediments and soils of the Bezymyanny Stream flood plain (Vladivostok)	75
<i>Zinchenko T.D., Shitikov V.K., Abrosimova E.V.</i> Plankton and benthic communities of saline rivers in the basin of the hypergaleen Elton Lake (Russia): multivariate analysis of coupled structures and statistical relationships	83
<i>Labay V.S., Zavarzin D.S., Ivshina E.R., Litvinenko A.V.</i> Feeding of the fish of Blagodatnoe Lake (Iturup Island, Kurile Islands) in summer	97
<i>Lavnikova A.V., Biritskaya S.A., Bukhaeva L.B., Golubets D.I., Ermolaeva Ya.K., Kulbachnaya N.A., Maslennikova M.A., Pushnitsa V.A., Shchukova E.A., Karnaukhov D. Yu., Silow E.A.</i> To the question of influence of abiotic and anthropogenic factors on the daily vertical migration activity on the aquatic organisms of Baikal Lake	114

<i>Makarchenko E.A., Azmukhametova L.M., Dabizha M.K.</i> Two new species of the genus <i>Diamesa</i> Meigen (Diptera, Chironomidae, Diamesinae) from the Ola River on the Sea of Okhotsk coast of Magadan Region	121
<i>Makarchenko E.A., Orel O.V.</i> Fauna and distribution of the Podonominae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthocladiinae and Chironominae (Diptera, Chironomidae) of the Russian Far East and bordering territory	125
<i>Medvedeva L.A., Nikulina T.V., Semenchenko A.A., Seliverstov N.A.</i> New data on the composition of cyanobacteria and algae of some watercourses of the Kamchatka Peninsula	150
<i>Neronova S.Y., Sheveleva N.G., Misharina E.A.</i> Zooplankton current state and trophic relationships in the Posolsky Sor of Baikal Lake in 2022	173
<i>Nikulina T.V., Motylkova I.V.</i> Species composition of phytoplankton of the Blagodatnoye Lake (Iturup Island, Kurile Islands, Russia)	182
<i>Potikha E.V., Lobkova L.E., Vshivkova T.S.</i> Materials on the fauna of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera of the Kronotsky Nature Reserve and other regions of Kamchatka	202
<i>Sayenko E.M., Makarchenko E.A.</i> Taxonomic significance of morphological characters of <i>Diamesa tsutsuii</i> Tokunaga (Diptera, Chironomidae, Diamesinae)	218
<i>Sayenko E.M., Palatov D.M.</i> New data on relationships between fishes (Cyprinidae) and mollusks (Bivalvia, Margaritiferidae, Unionidae) in the Russian Far East	226
<i>Teslenko V.A.</i> First information on the stonefly fauna (Insecta, Plecoptera) of the Botchinsky and the Tumninsky Nature Reserves (Khabarovsk Territory)	235
<i>Teslenko V.A., Tiunova T.M., Semenchenko A.A.</i> Estimation of water quality according to the <i>EPT</i> index in the Kamchatka Peninsula rivers in autumn, taking into account regional features of the fauna	245
<i>Tiunova T.M., Khamenkova E.V.</i> The mayflies (Insecta, Ephemeroptera) of the North of the Far East of Russia	256
<i>Tokranov A.M., Paskochina A.A.</i> Nine-spine stickleback <i>Pungitius pungitius</i> from the lakes of the lower stream of the Oblukovina River (Western Kamchatka)	272
<i>Sharyi-ool M.O.</i> New data on molluscan fauna of Ubsunur Hollow Reserve (the Republic of Tyva, Russia)	280
<i>Shesterkin V.P., Terskiy P.N., Gorin S.L.</i> Hydrochemistry of the Zeya Reservoir in high-water years	284
<i>Yavorskaya N.M., Klimin M.A.</i> Long-term dynamics of periphyton algae pigment characteristics of the Amurskaya Channel of the Amur River (Khabarovsk Territory)	291
<i>Yavorskaya N.M., Teslenko V.A., Gorovaya E.A.</i> Bottom invertebrates in streams of the Tugur Peninsula (Khabarovsk Territory)	300

Научное издание

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ
ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЛЕВАНИДОВА

Выпуск 10

Утверждено к печати Ученым советом ФНЦ Биоразнообразия
наземной биоты Восточной Азии
Дальневосточного отделения Российской академии наук

Фото на обложке *Алексея Маслова*

Компьютерная верстка *C.B. Филатов*

Подписано в печать 2023 г.
Бумага офсетная. Формат 70x108/16. Усл. п. л. 28. Уч.-изд. л. 22,4.
Тираж экз. Заказ ИВ

ИП Сердюк О.А.
690065, Владивосток, ул. Стрельникова, 12-87.
Тел.: +7 9147102232.
E-mail: oksanaserdiuk62@gmail.com

Отпечатано в ООО «ПСП95»
г. Владивосток, ул. Русская, 65, корпус 10