







DOI 10.23859/estr-220314

EDN ESFCXN

УДК 574.52: 574.583: 574.587

Научная статья

Оценка экологического статуса р. Зеи по состоянию сообществ гидробионтов на участке строительства Амурского газохимического комплекса

М.В. Сиротина^{1,2} , Л.В. Мурадова^{1,2} , А.С. Дюкова^{1*} ,
Т.Л. Соколова¹ 

¹ Костромской государственной университет, 156005, Россия, г. Кострома, ул. Дзержинского, д. 17

² Государственный природный заповедник «Кологривский лес» им. М.Г. Сеницына, 157440, Россия, Костромская область, г. Кологрив, ул. Некрасова, д. 48

*annadyukova.kgu@mail.ru

Аннотация. В ходе оценки состояния сообществ гидробионтов реки Зеи на участке строительства Амурского газохимического комплекса в 2018 г. выявлено 37 таксонов планктонных водорослей рангом ниже рода, 32 вида зоопланктона и 37 видов бентосных организмов. В мае фитопланктон представлен большей частью диатомовыми водорослями, в июле он был более разнообразен, существенную роль играли зеленые, золотистые водоросли и цианобактерии. Зоопланктон в мае включал в основном коловраток, в июле на ряде станций по биомассе доминировали ракообразные. Зообентос в мае представлен преимущественно олигохетами и двусторчатыми моллюсками, тогда как в июле доминировали насекомые. Показатели численности и биомассы фитопланктона, зоопланктона и бентоса невысоки. Индексы Гуднайта и Уитлея, Пареле, Вудивиса, Майера свидетельствуют об относительно благополучных экологических условиях на изученных участках реки. По показателям фито- и зоопланктона, зообентоса воды реки отнесены к олигосапробным.

Ключевые слова: фитопланктон, зоопланктон, зообентос, оценка качества вод, бассейн Амура

ORCID:

М.В. Сиротина, <https://orcid.org/0000-0002-7840-8861>

Л.В. Мурадова, <https://orcid.org/0000-0002-1352-2778>

А.С. Дюкова, <https://orcid.org/0000-0002-9848-9873>

Т.Л. Соколова, <https://orcid.org/0000-0001-6807-651X>

Для цитирования: Сиротина, М.В. и др., 2023. Оценка экологического статуса р. Зеи по состоянию сообществ гидробионтов на участке строительства Амурского газохимического комплекса. *Трансформация экосистем* 6 (3), 120–141. <https://doi.org/10.23859/estr-220314>

Поступила в редакцию: 14.03.2022

Принята к печати: 02.08.2022

Опубликована онлайн: 14.09.2023



DOI 10.23859/estr-220314

EDN ESFCXN

UDC 574.52: 574.583: 574.587

Article

Assessing the environmental status of the Zeya River by the state of aquatic communities at the construction site of the Amur Gas Chemical Complex

Marina V. Sirotina^{1, 2} , Lyudmila V. Muradova^{1, 2} ,
Anna S. Dyukova^{1*} , Tatyana L. Sokolova¹ 

¹ Kostroma State University, ul. Dzerzhinskogo 17, Kostroma, 156005 Russia

² State Nature Reserve “Kologrivsky Forest” named after M.G. Sinitsyn, ul. Nekrasova 48, Kologriv, Kostroma Oblast, 157440 Russia

*annadyukova.kgu@mail.ru

Abstract. Environmental engineering survey performed at the construction site of the Amur Gas Chemical Complex in 2018 in order to assess the state of aquatic communities of the Zeya River revealed 37 taxa of planktonic algae (below genus rank), 32 species of zooplankton, and 37 species of benthic organisms. In May, phytoplankton was mainly represented by diatoms; in July, it was more diverse, when green algae, golden algae and cyanobacteria all played a significant role. In May, zooplankton included mainly rotifers; in July, crustaceans dominated by biomass at most stations. Zoobenthos was represented in May mainly by oligochaetes and bivalves, while insects dominated in July. The abundance and biomass of phytoplankton, zooplankton, and benthos were low. The Goodnight–Whitley, Parele, Woodiwiss, and Mayer indices testified to relatively favorable environmental conditions in the studied sections of the Zeya River. According to the indicators of phyto- and zooplankton, and zoobenthos, the waters of the river are classified as oligosaprobic.

Keywords: phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, water quality assessment, Amur River basin

ORCID:

M.V. Sirotina, <https://orcid.org/0000-0002-7840-8861>

L.V. Muradova, <https://orcid.org/0000-0002-1352-2778>

A.S. Dyukova, <https://orcid.org/0000-0002-9848-9873>

T.L. Sokolova, <https://orcid.org/0000-0001-6807-651X>

To cite this article: Sirotina, M.V. et al., 2023. Assessing the environmental status of the Zeya River by the state of aquatic communities at the construction site of the Amur gas chemical complex. *Ecosystem Transformation* 6 (3), 120–141. <https://doi.org/10.23859/estr-220314>

Received: 14.03.2022

Accepted: 02.08.2022

Published online: 14.09.2023

Введение

Необходимым этапом строительства любого крупного объекта промышленности уже на стадии проектной документации являются инженерно-экологические изыскания (ИЭИ). Они позволяют оценить современное состояние и спрогнозировать возможные изменения окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения¹.

Амурский газохимический комплекс (АГХК) будет крупнейшим предприятием по производству полиэтилена и полипропилена, его производственная мощность составит 2.7 миллиона тонн этилена в год. Строительство АГХК в Амурской области осуществляет СИБУР – крупнейшая нефтегазохимическая компания России. АГХК будет технологически связан с Амурским газоперерабатывающим заводом, принадлежащим компании «Газпром», на котором будет производиться сырье для АГХК.

В рамках инженерно-экологических изысканий в 2018 г. проведена оценка экологического статуса реки Зеи по состоянию гидробионтов на участках проектируемого размещения водозабора речной воды и водовыпуска очищенных стоков Амурского газохимического комплекса.

Зея является крупнейшей рекой бассейна Амура, и хотя превосходит в месте слияния р. Амур по глубине, ширине и водостоку, она исторически считается его левым притоком, впадая в него на расстоянии 1936 км от устья. Р. Зея протекает в Амурской области, ее длина составляет 1242 км. Питание реки в большей степени дождевое – 50–70% от общего годового стока, характерна высокая водность: средний годовой расход в устье составляет 1910 м³/с. Наибольшая глубина реки в межень составляет 60 м, наибольшая ширина – 4 км. Р. Зея имеет 640 притоков, в основном длиной менее 10 км, общей протяженностью 1672 км. В площади водосбора расположено 19841 озеро, общая площадь которых составляет 1021 км². Воды реки используются для водоснабжения и гидроэнергетики, судоходства (от плотины Зейской ГЭС до устья – около 650 км). Водотоки и водоемы бассейна р. Зеи часто подвергаются воздействию экстремальных природных явлений (паводков, в том числе катастрофических) (Богатов, 2003; Ермолаева, 2014).

В научной литературе имеется небольшое количество публикаций, посвященных изучению водных сообществ района исследования; главным образом они описывают гидробионтов Зейского водохранилища и притоков р. Зеи (Богатов, 2003; Ермолаева, 2014; Медведева, 2010, 2021; Шевелева, 2006а, б). В «Ежегоднике состояния экосистем поверхностных вод России (по гидробиологическим показателям)» в 2017 г. в составе зоопланктона р. Зеи указано присутствие 4 видов, в 2018 г. – 5 видов, в 2019 г. – 8 видов (Ежегодник..., 2018, 2020).

Еще меньшее количество литературных источников посвящено оценкам экологического состояния водных объектов в рамках инженерно-экологических изысканий на близлежащих территориях (Гаретова и др., 2011; Яворская, 2020).

Целью работы была оценка экологического статуса участка р. Зеи в районе водозабора речной воды и водовыпуска очищенных стоков строящегося Амурского газохимического комплекса по состоянию сообществ гидробионтов.

Материал и методы

Исследования проводились в Амурской области, в Свободненском районе, в 15–17 км к северо-северо-востоку от г. Свободный, на р. Зее в районе водозабора речной воды и водовыпуска очищенных стоков строящегося Амурского газохимического комплекса. На этом участке р. Зея имеет ширину от 450 до 550 м, речная долина асимметричная, с крутым правым и пологим левым берегом, русло образует свободные, реже вынужденные излуины, ширина поймы достигает 13–15 км. Дно реки в основном представлено песчаным и песчано-галечным грунтом, но встречаются участки с наличием песчано-илистых грунтов.

¹ СП 502.1325800.2021 Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ.

Отбор гидрохимических проб осуществлен в июне и июле 2018 г. на 4 станциях (Рис. 1) в соответствии с утвержденной методикой² при помощи оборудования, предусмотренного ГОСТ 17.1.5.04-81³. Оценка гидрохимических и гидрофизических показателей выполнена в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ Государственная станция агрохимической службы «Костромская», г. Кострома (аттестат аккредитации РОСС RU.0001.21ПЧ18).

По химическому составу вода реки относится к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе. На участке исследований в июне 2018 г. наблюдалось превышение ПДК для рыбохозяйственных водоемов⁴ по фторидам в 5.8 раза в районе водозабора, в 6.4 раза – в районе водовыпуска; по марганцу в 3.8 и в 2.5 раза, по железу в 4.4 и в 4.6 раза, по алюминию в 5.8 и 5.5 раза соответственно в тех же точках, что обусловлено во многом природным фоном^{5, 6}.

В районе водозабора (Рис. 1) мутность воды составила от 2.0 до 2.9 мг/дм³ в июне и от ≤ 0.1 до 0.1 – в июле, цветность – более 100 градусов, прозрачность – 22 см в июне и 14–15.8 см в июле. Отмечена величина рН 6.8–7.0, что соответствует нейтральной реакции.

В районе водовыпуска очищенных стоков значения мутности варьируют от 1.4 до 1.7 мг/дм³ в июне, от 1.4 до 5.4 мг/дм³ в июле, значения прозрачности, цветности и рН аналогичны таковым для района водозабора.

В районе исследований к урезу воды примыкает прибрежная галечниковая полоса с очень изрезанной травянистой растительностью, которая переходит в заросли ивняка, периодически затапливаемого в половодье. На границе галечника и ивняка располагается полоса плавника (древесные стволы, ветви), принесенного половодьем.

Отбор проб гидробионтов осуществлялся на четырех станциях в мае и июле 2018 г.: в районе планируемого водозабора строящегося Амурского газохимического комплекса на р. Зея (ст. 3) и на 500 м выше по течению (ст. 4), а также в районе водовыпуска (ст. 1) и на 500 м выше по течению (ст. 2). Отобраны интегральные пробы фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. В районе самой нижней по течению станции отбора проб в р. Зея впадает р. Гащина, которая является ее правым притоком и имеет протяженность 23 км.

Отбор проб фитопланктона производился путем фильтрации 50 л воды через количественную сеть Джеди (размер ячеек 67 мкм) (Водоросли, 1989). Обработка проб фитопланктона осуществлялась в счетной камере Нажотта объемом 0.05 мл и площадью 1 см² (Федоров, 1979) под микроскопом Микромед 2 вар. 3-20 inf с цифровой камерой TourCam 3/1 MP. По результатам камеральной обработки определялся видовой состав фитопланктона, численность и биомасса (Суханова, 1983). При идентификации родов и видов фитопланктонных организмов использовали ряд определителей (Виноградова и др., 1980; Голлербах и др., 1953; Дедусенко-Щеголева и Голлербах, 1962; Забелина и др., 1951; Киселев, 1954; Косинская, 1960; Матвиенко, 1954; Мошкова и Голлербах, 1986; Krammer and Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b.).

Пробы зоопланктона отбирались с помощью количественной сети вертикального лова системы Джеди тотально (от дна до поверхности) с резиновой лодки Gladiator 330. Для обнаружения мелких форм зоопланктона пробы отбирались с помощью батометра Руттнера с дальнейшим использованием отстойного метода. Пробы фиксировались 4% формалином и обрабатывались по стандартной методике (Салазкин и др., 1982). При идентификации видов зоопланктона использованы определители под ред. В.Р. Алексеева (2010) и С.Я. Цалолихина (1995). По показателям численности фитопланктона и зоопланктона высчитывалась сапробность по Пантле и Букк (Pantle and Buck, 1955), по численности зоопланктона определен индекс видового разнообразия Шеннона–Уивера (Shannon and Weaver, 1963), для характеристики качества вод использованы

² ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб, с использованием оборудования, предусмотренного ГОСТ 17.1.5.04-81.

³ ГОСТ 17.1.5.04-81. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод.

⁴ Приказ Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

⁵ Инженерно-экологические изыскания площадок водозаборов и внешних коммуникаций. Технический отчет АГСС.0008-ВК-ИЭИ1.1-Т. Москва, 2018.

⁶ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году по Амурской области».

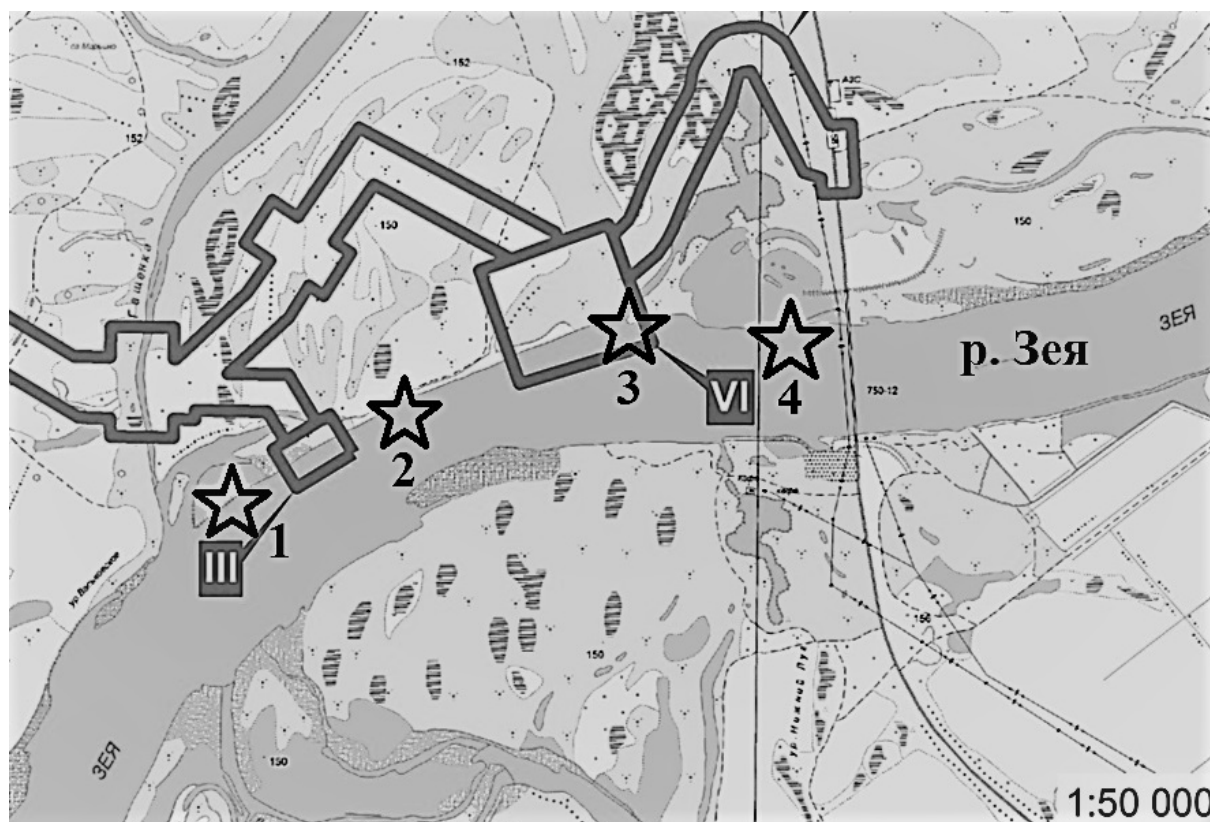


Рис. 1. Исследованный участок р. Зея. III – водовыпуск очищенных стоков; VI – водозабор речной воды на р. Зея; 1–4 – станции отбора проб гидробионтов; серыми линиями обозначены границы ИЗИ.

индексы Мяземтса (Мяземтс, 1979) и Хаккари (Hakkari, 1972). Экологические и географические группы зоопланктона и фитопланктона выделены в соответствии с литературными данными (Ермолаева, 2014; Прошкина-Лавренко, 1953; Шевелева и Шабурова, 2011).

Пробы бентоса отбирались при помощи дночерпателя Экмана–Берджа и бентосного скребка в соответствии с рекомендациями Т.М. Тиуновой (2003). Организмы фиксировались в склянках 4% формалином. Для идентификации видов бентоса использованы ряд определителей (Определитель..., 2006; Определитель..., 1994; 1997; 2000; 2001, 2016). Для оценки качества воды исследованных участков р. Зея по бентосу в качестве основных показателей использовали численность, биомассу, индексы Вудивисса (Вудивисс, 1977), Майера (Суржко и др., 2010), Гуднайта и Уитлея (Goodnight and Whitley, 1961), Пареле (Шитиков и др., 2003) и Шеннона–Уивера (Shannon and Weaver, 1963). Численность организмов определялась прямым подсчетом особей в пробе, биомасса – взвешиванием объектов на электронных весах Scoutspu (Ohaus, Switzerland).

Результаты

Фитопланктон

На участках исследования в период отбора проб сообщество фитопланктона было представлено 37 таксонами рангом ниже рода (для 16 представителей установлена видовая принадлежность, для 21 – идентификация проведена только до рода). Все встреченные представители альгофлоры принадлежали к 5 отделам: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinophyta, Ochrophyta. При этом 45.5% от всего количества обнаруженных таксонов приходилось на отдел Bacillariophyta, 33.3% – на отдел Chlorophyta, все остальные отделы водорослей представлены существенно меньшим количеством таксонов (Рис. 2).

Эколого-географический анализ фитопланктона показал, что в альгофлоре исследуемого участка реки преобладали космополитные истинно-планктонные формы, доля планктонно-бентосных форм составляла 18.8%. По показателю галобности преобладали индифферентные формы (93.7%).

В мае 2018 г. сообщество фитопланктона было представлено 24 родами и 9 видами, относящимися к отделам Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, Ochrophyta, в июле – 26 родами и 13 видами из 5 зарегистрированных отделов (Рис. 3).

На всех участках исследования в фитопланктоне присутствовали диатомовые водоросли, представленные наибольшим числом таксонов рангом ниже рода, а в мае весь фитопланктон на ст. 3 был сформирован только диатомовыми водорослями. На всех станциях отбора проб были отмечены такие представители диатомей, как *Asterionella* Hassall, *Aulacoseira* Thwaites, *Pinnularia* Ehrenberg. Также значительный вклад в разнообразие фитопланктона внесли представители отдела Chlorophyta, доля которых от общего числа таксонов рангом ниже рода составляла от 18% до 37%. На всех станциях отбора проб, кроме ст. 3, в мае были встречены представители золотистых водорослей (*Dinobryon divergens* O.E. Imhof.). Представители отдела цианобактерий

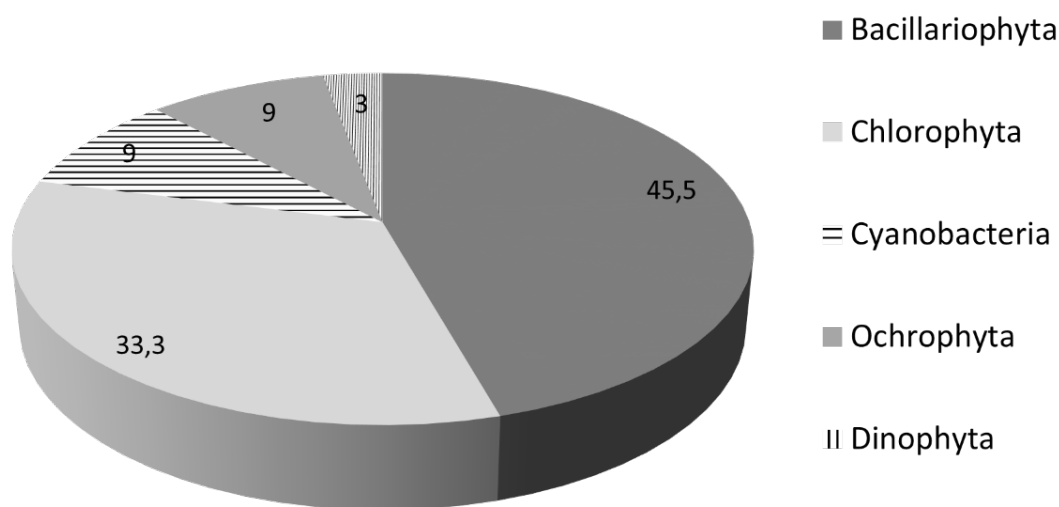


Рис. 2. Доля разных систематических групп фитопланктона в альгофлоре р. Зея.

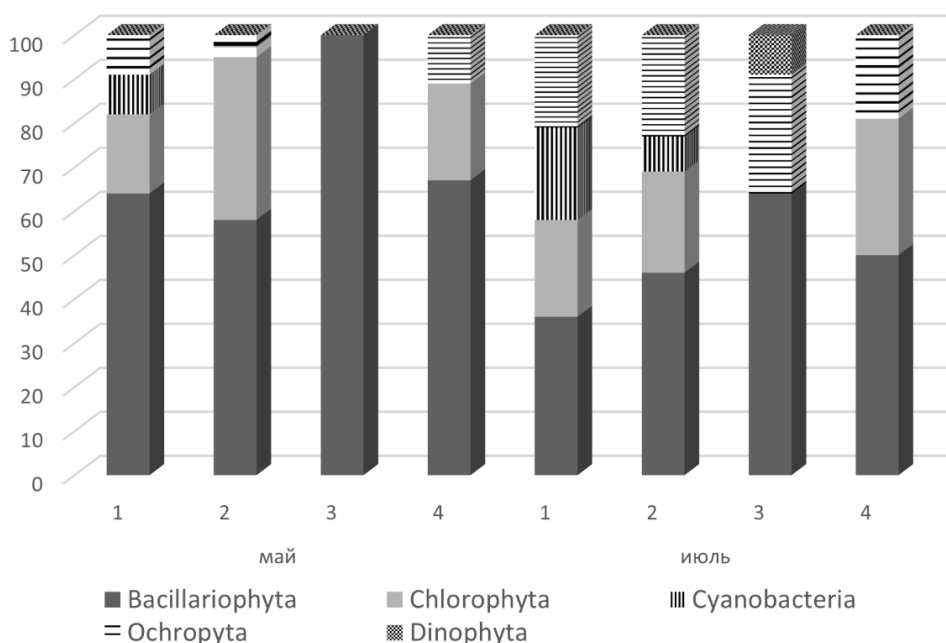


Рис. 3. Доля (%) представителей разных систематических групп фитопланктона на станциях отбора проб в мае и июле 2018 г.

существенный вклад в таксономическую структуру фитопланктона внесли только на ст. 1 в июле. Роль представителей отделов Dinophyta и Ochrophyta в формировании таксономической структуры исследуемого участка реки Зея в период исследований была минимальна.

Показатели численности и биомассы фитопланктона на станциях в период исследования представлены в Табл. 1.

Наиболее высокая численность и разнообразие фитопланктонных организмов в мае нами отмечены на ст. 1, в районе впадения р. Гащины, причем наибольший вклад в численность фитопланктона здесь внесли представители отдела Ochrophyta (*D. divergens*). Роль представителей других отделов в сложении численности была незначительна. Значения биомассы на этой станции были невысокими, так как биомасса формировалась в основном диатомовыми и зелеными водорослями, имеющими низкую численность, а золотистые водоросли в силу своих незначительных размеров существенного вклада в сложение биомассы не внесли.

На ст. 2 в мае численность фитопланктонных организмов была в 3.4 раза ниже по сравнению со ст. 1, но в 4.1 и в 2.0 раза выше по сравнению со ст. 3 и 4 соответственно. При этом численность диатомовых и зеленых водорослей на ст. 2 была более чем в 2 раза выше чем на ст. 1, а численность золотистых водорослей по сравнению со ст. 1 снизилась почти в 9 раз. Цианобактерий на ст. 2 обнаружено не было. Одновременно в мае на ст. 2 отмечено максимальное значение биомассы за весь период исследований. В формирование биомассы, как и на ст. 1, основной вклад вносили зеленые и диатомовые водоросли.

Наименьшие показатели численности и биомассы в мае были отмечены на ст. 3 в районе планируемого водозабора строящегося Амурского газохимического комплекса. На этой станции фитопланктон был сформирован только представителями отдела Bacillariophyta, численность которых сопоставима со значениями на ст. 1.

На ст. 4 в мае встречались представители диатомовых, зеленых и золотистых водорослей, и так же, как и на ст. 2, в формирование численности наибольший вклад вносили представители Ochrophyta и Bacillariophyta, а в формирование биомассы – Chlorophyta и Bacillariophyta. На этой станции отмечена высокая численность представителей диатомовых водорослей родов *Pinnularia* и *Tabellaria* Ehrenberg.

Табл. 1. Численность и биомасса фитопланктона р. Зея в мае и июле 2018 г.

Таксономическая группа	Май 2018 г.				Июль 2018 г.			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Численность фитопланктона, кл/л								
Bacillariophyta	37196.3	82125.1	32996.7	57949.7	1533.0	1660.9	3033.0	4799.5
Chlorophyta	1599.8	3555.2	0	3555.2	833.0	867.0	0	1244.0
Сyanobacteria	1999.8	0	0	0	1112.0	722.0	0	0
Ochrophyta	417958.2	49772.8	0	6399.4	778.0	1227.0	850.0	81414.0
Dinophyta	0	0	0	0	0	289.0	0	0
Всего	458754.1	135453.1	32996.7	67904.3	4256.0	4765.9	3889.0	87457.5
Биомасса фитопланктона, мг/м ³								
Bacillariophyta	829.9	3054.9	746.9	1509.9	27.0	86.0	2804.0	334.0
Chlorophyta	704.3	5247.6	0	3980.5	343.0	237.0	0	575.0
Сyanobacteria	505.9	0	0	0	57.6	23	0	0
Ochrophyta	126.2	15.0	0	1.9	89.7	15.2	104.2	173.9
Dinophyta	0	0	0	0	0	25.4	0	0
Всего	2166.3	8317.5	746.9	5492.3	517.3	386.6	2908.2	1082.9

Средняя численность фитопланктона на исследованной акватории в мае 2018 г. составила 173777.05 ± 84301.84 кл/л, а биомасса – 4180.75 ± 1472.29 мг/м³.

В июле 2018 г. отмечено снижение как численности, так и биомассы фитопланктонных организмов на большинстве станций по сравнению с маем того же года, что могло быть связано с неблагоприятными погодными условиями в период исследований. Так, на ст. 1 численность фитопланктона снизилась более чем в 100 раз. Такое изменение связано в первую очередь со значительным уменьшением (более чем в 500 раз) количества золотистых водорослей, которые составляли более 90% всей численности фитопланктона на этой станции в мае. Биомасса фитопланктона на ст. 1 в июле снизилась в 4 раза и определялась в основном представителями отдела Chlorophyta. Однако водоросли отдела Ochrophyta все же внесли существенный вклад в величину биомассы на этой станции, что связано с появлением новых представителей этого отдела, имеющих более крупные размеры по сравнению с доминирующим весной *D. divergens*.

На ст. 2 численность фитопланктона в июле снизилась в 28 раз, что связано, в первую очередь, со значительным снижением численности диатомовых и охрофитовых водорослей. Одновременно с этим наблюдалось появление в фитопланктоне представителя цианобактерий (*Anabaena variabilis* Kütz). Также только на этой станции был отмечен и представитель динофитовых водорослей – *Ceratium hirundinella* (O.F. M.) Bergh,. Результатом снижения численности в июле стало уменьшение биомассы фитопланктона на этой станции в 21 раз. При этом биомасса была сформирована в основном зелеными и диатомовыми водорослями.

На ст. 3 в июле нами также было зафиксировано снижение численности фитопланктонных организмов примерно в 8 раз. В мае фитопланктон на этой станции был представлен только диатомовыми водорослями; в июле кроме диатомовых были встречены и охрофитовые водоросли. Вместе с этим значения биомассы на ст. 3 в июле выросли, что связано с появлением более крупных водорослей отдела Bacillariophyta.

На ст. 4 в июле наблюдалось увеличение численности фитопланктона, что связано с появлением здесь в большом количестве золотистых водорослей *D. divergens*. Однако значения биомассы на ст. 4 снизились примерно в 5 раз, так как упала численность диатомовых и зеленых водорослей, которые в основном и определяли значения биомассы в мае.

Средняя численность фитопланктона в районах исследования в июле 2018 г. составила 25092.11 ± 18004.01 кл/л, а биомасса – 1223.75 ± 503.56 мг/м³. Снижение показателей численности и биомассы в июле, вероятно, обусловлено сложившейся в это время паводковой ситуацией,

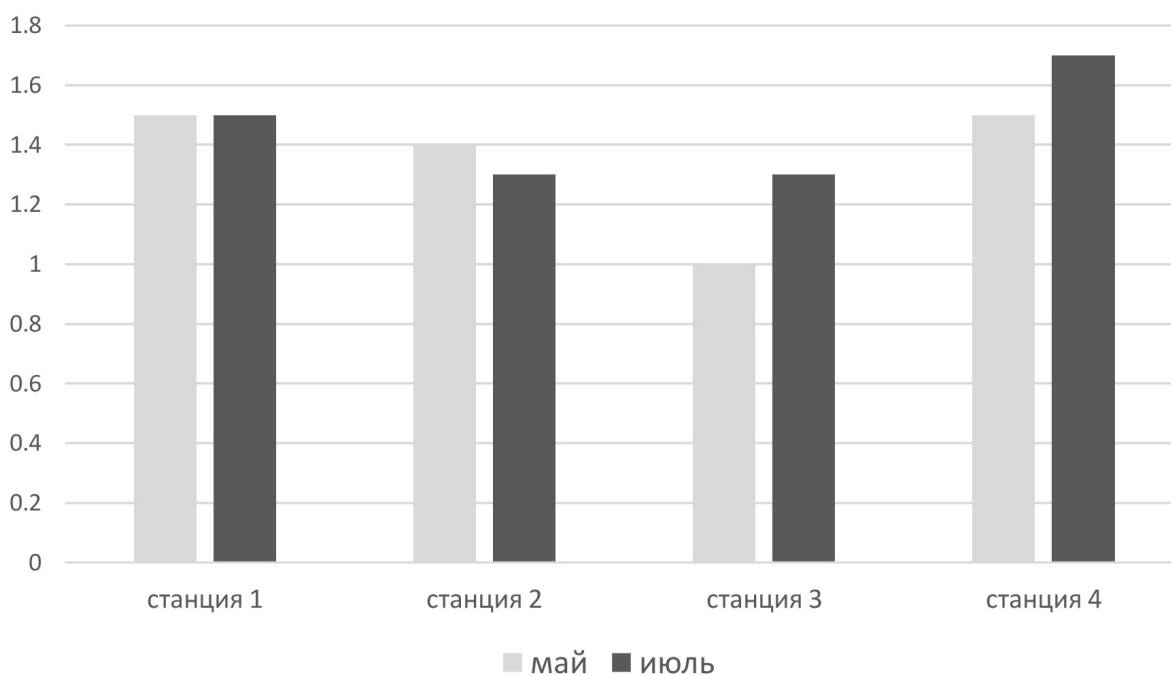


Рис. 4. Индексы сапробности по фитопланктону на станциях отбора проб в мае и июле 2018 г.

значительным подъемом воды в р. Зее и высокой скоростью течения. В целом количественные показатели фитопланктона на исследованных участках акватории р. Зеи соответствуют олиготрофным условиям.

Индексы сапробности, рассчитанные по численности фитопланктона, на разных станциях водотока варьировали от олигосапробных до β -мезосапробных значений, что связано с неравномерным распределением индикаторных видов в альгоценозах (Рис. 4). Так, в весенний сезон значения индекса колебались от 1.0 (ст. 3) до 1.58 (ст. 4), в июле – от 1.24 до 1.7 соответственно. В целом значения индекса сапробности на станциях 1 и 3 соответствовали олигосапробной зоне, на станциях 2 и 4 – β -мезосапробной. Вместе с тем необходимо отметить, что значения сапробности даже на станциях с ее максимальным значением близки к показателям для олигосапробной зоны.

Зоопланктон

Зоопланктон исследованного участка р. Зеи был представлен 32 видами, среди которых преобладали Rotifera (20 видов), также встречались веслоногие и ветвистоусые ракообразные (3 и 9 видов, соответственно). Ветвистоусые рачки составляли 28.13% от общего количества обнаруженных видов, веслоногие – 9.37%, коловратки – 62.5%.

Среди наиболее распространенных зоопланктов наблюдались виды рода *Asplanchna*, *Synchaeta pectinata* Ehrenberg, 1832, *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1832, виды рода *Keratella*. Встречаемость представителей рода *Asplanchna* составила 100% в оба периода исследований. Аналогичные виды ранее были отмечены для притоков р. Зеи (Ермолаева, 2014).

В составе зоопланктона преобладали виды-космополиты (56.3%), присутствовали палеарктические (21.9%) и голарктические виды (9.4%), прочие составляли 12.5%. Среди экологических групп зоопланктона преобладали эвритопные виды (52.9%), 17.6% было представлено планктонными, 23.5% – литоральными и 11.7% – фитофильными видами.

Наиболее высокая численность зоопланктона в мае и июле отмечена на ст. 1 – самой нижней по течению точке в районе водовыпуска (Табл. 2). На количественные показатели зоопланктона в районе отбора на станции 1 оказывает влияние зоопланктон р. Гащины, устье которой находится вблизи первой точки отбора проб. Для малых рек с небольшой скоростью течения характерно устойчивое развитие сообщества зоопланктона, и здесь показатели численности и биомассы зоопланктов могут достигать значительных величин (Крылов, 2005). Часть зоопланктона течением выносится в р. Зею, что и обеспечивает более высокие количественные показатели зоопланктона в районе устья р. Гащины.

Табл. 2. Численность и биомасса зоопланктона р. Зеи в мае и июле 2018 г.

Таксономическая группа	Май 2018				Июль 2018			
	Станция				Станция			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Численность зоопланктона, экз./м ³								
Cladocera	300.0	0	133.3	0	426.7	0	20	866.7
Copepoda	920.0	800.0	1733.5	400.0	823.4	933.4	120.0	1386.5
Rotifera	23251.0	5000.0	6400.8	3000.0	10020.7	533.4	154.0	3000.2
Всего	24471.0	5800.0	8267.7	3400.0	11270.8	1466.8	294.0	5253.4
Биомасса зоопланктона, мг/м ³								
Cladocera	10.30	0	2.40	0	29.50	0	0.80	65.14
Copepoda	3.80	4.08	15.70	2.00	18.02	9.73	6.20	52.09
Rotifera	182.90	13.50	15.50	11.00	120.30	3.23	0.90	10.23
Всего	197.00	17.58	33.60	13.00	167.82	12.96	7.90	127.46

По этой же причине наибольших значений на ст. 1 достигает и биомасса зоопланктона, превышающая показатели на ст. 2 в 11.2 раза в мае и в 12.9 раза – в июле. Здесь наибольшую долю как по численности (88.9–95.0%), так и по биомассе (71.7–92.8%) в оба периода исследований составляют коловратки (Рис. 5).

В районе водовыпуска (ст. 2), несколько выше по течению р. Зеи, в мае и июле численность и биомасса зоопланктона характеризовались невысокими значениями. Следует отметить отсутствие ветвистоусых рачков на этой станции в оба периода исследований. Несколько более высокие количественные показатели зоопланктона в мае нами отмечены для ст. 3, которая находится в районе водозабора. По численности здесь доминируют коловратки (77.4%), по биомассе – *Soropoda* (46.7%). Повышение численности и биомассы зоопланктона на данном участке обеспечивается притоком зоопланктеров из залива (на месте бывшего карьера), который находится несколько выше по течению. Как и в случае с малыми реками, зоопланктонное сообщество успешно развивается в заливе при отсутствии течения, в результате чего часть зоопланктеров попадает в р. Зею.

Самые низкие количественные показатели зоопланктона в мае нами отмечены для ст. 4 – выше по течению проектируемого водозабора и выше протоки, соединяющей бывший карьер (залив) с р. Зеей. Низкие биомасса и численность зоопланктона связаны с наличием течения и отсутствием макрофитов на каменистом дне реки. Здесь не обнаружены ветвистоусые ракообразные, по показателям численности и биомассы преобладают коловратки (88.2 и 84.6% соответственно).

Средняя численность зоопланктона в районах исследования в мае 2018 г. составила 10484.68 ± 4772.40 экз/м³, а биомасса – 65.27 ± 44.16 мг/м³. В составе зоопланктона в мае доминировали коловратки (77.4–95.0% по численности и 46.13–92.84% по биомассе).

В июле в период, предшествовавший отбору проб зоопланктона, в Амурской области шли затяжные дожди, что вызвало паводковую ситуацию и разлив р. Зеи. Уровень воды в реке значительно поднялся, увеличилась скорость течения, многие прибрежные территории были затоплены, по берегам скопилось значительное количество древесного мусора (Рис. 6). Все это, несомненно, оказало отрицательное воздействие на развитие зоопланктонного сообщества.

Самые низкие количественные показатели зоопланктона в июле наблюдались на ст. 3. По численности здесь преобладали коловратки (52.3%), по биомассе – *Soropoda* (78.5%). Несколько более высокие показатели численности и биомассы зоопланктона в июле отмечены на ст. 4, где при преобладании по численности коловраток (57.1%), по биомассе доминировали ветвистоусые рачки (51.1%).

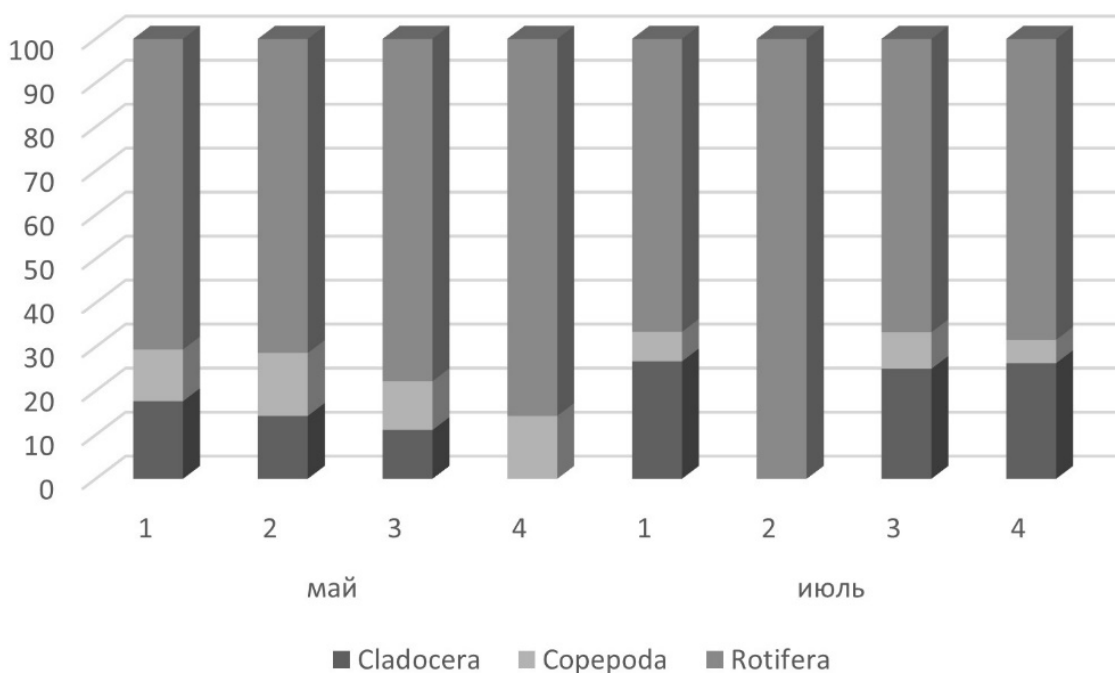


Рис. 5. Таксономическая структура зоопланктона (%) на станциях отбора проб в мае и июле 2018 г.

В целом в июле 2018 г. наблюдались низкие количественные показатели зоопланктонного сообщества. Средняя численность зоопланктона составила 4571.3 ± 2474.1 экз./м³, а биомасса была незначительно выше, чем в мае – 79.05 ± 40.49 мг/м³. Это связано с лучшим развитием в июле рачкового планктона по сравнению с майскими показателями.

Значения численности и биомассы зоопланктона свидетельствуют об олиготрофном статусе исследованных участков акватории реки Зеи (Андроникова, 1996). Среднее значение индекса видового разнообразия за период исследований составило 2.14 ± 0.28 , что соответствует мезотрофному типу водотока (Андроникова, 1996).

Большинство значений индекса сапробности зоопланктона по Пантле и Букк (Рис. 7) характеризуют воды р. Зеи вблизи водозабора и водовыпуска как олигосапробные. Только в мае на ст. 4 и июле на ст. 1 эти величины соответствуют β-мезосапробным условиям. Однако индексы сапробности и в этих случаях имеют величины, более близкие к границам олигосапробных условий.

Величина коэффициента трофии по Мяэметсу составила 3.75, что характеризует воды исследованных участков р. Зеи как эвтрофные. Индекс Е/О по Хаккари, равный 2.67, также относит воды исследованных участков к эвтрофным. Это связано с тем, что в составе зоопланктона нами отмечено довольно много видов, которые могут развиваться в акватории р. Гащины и выноситься с течением в р. Зею. Аналогичные виды отмечены ранее для притоков р. Зеи (Ермолаева, 2014). На видовое разнообразие зоопланктона на изученном участке реки оказывают влияние также гидрологические условия (паводковая ситуация и наличие течения).



Рис. 6. Древесный мусор (плавник) и подтопленный ивняк на берегу р. Зеи в июле 2018 г.

Зообентос

Таксономическая структура сообщества бентоса изученного участка р. Зеи была представлена 37 видами, среди которых наиболее часто встречаются представители класса Insecta – 47.2% (18 видов). Класс Oligochaeta представлен 9 видами (25% от числа встреченных видов), Bivalvia – 4 видами (11.1%), Gastropoda – 5 видами (13.9%); отмечен также 1 вид Nematoda (2.8%).

В составе зообентоса преобладали виды-космополиты (40% от общего числа выявленных видов), присутствовали восточнопалеарктические (15%), палеарктические (25%) и транспалеарктические виды (10%), прочие составляли 10%.

Самыми распространенными среди бентонтов были представители семейства Chironomidae, которые присутствовали во всех пробах на всех станциях в мае и в июле 2018 г. Хирономиды представлены видами, относящимися большей частью к роду *Chironomus*. Также среди хирономид часто встречались представители рода *Tendipes*, которые не были обнаружены только на ст. 4. Из брюхоногих моллюсков наиболее распространенными были представители рода *Cincinna*, среди двустворчатых – представители рода *Pisidium*. Встречаемость разных таксономических групп в составе бентоса зависела в основном от сезона года и от характера грунтов на участках отбора проб.

Самая высокая численность бентосных организмов в мае 2018 г. была отмечена на ст. 1 в зоне водовыпуска (Табл. 3). В июле данный показатель в этой зоне значительно снизился, однако оставался максимальным по сравнению с другими станциями отбора проб. Это обусловлено различными факторами, в частности впадением р. Гащины, высокой скоростью течения и наличием на дне песчано-илистых масс, с чем связано присутствие большого числа моллюсков и олигохет, предпочитающих мягкие грунты. Среди олигохет наиболее часто встречаемыми были представители родов *Tubifex* и *Ophidonais*.

В мае и июле наименьшая численность бентоса отмечена на ст. 2 (грунт каменистый). В мае в основном встречаются личинки насекомых, которые способны вести прикрепленный образ жизни на одной из стадий цикла развития. В июле в структуре бентоса кроме насекомых выявлены и другие таксономические группы – Nematoda и Oligochaeta. Средняя численность бентоса на исследованных участках в мае составила 271.9 ± 153.9 экз./м².

Структура бентоса в июле существенно изменилась: уменьшились видовое богатство и численность организмов, что связано с разливом реки, затоплением прибрежной территории, подъемом уровня воды и высокой скоростью течения. В пробах доминировали ювенильные стадии

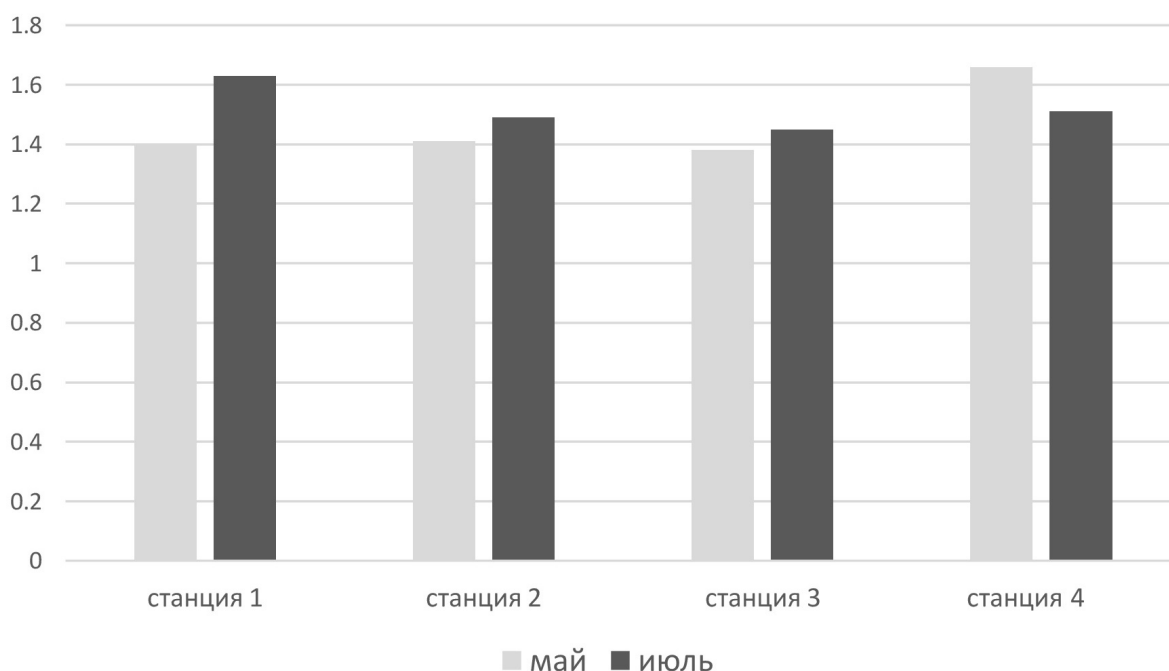


Рис. 7. Индексы сапробности по зоопланктону в точках отбора проб в мае и июле 2018 г.

насекомых из отрядов Ephemeroptera, Diptera, Odonata, Plecoptera. Олигохеты и моллюски встречались в пробах единично, их численность в июле сократилась из-за изменения условий обитания. В пробах на станциях 2 и 3 отмечены несколько особей нематод. Небольшие размеры и форма тела позволяют нематодам передвигаться между частичками грунта. Средняя численность бентоса на исследованных участках в июле 2018 г. составила 118.8 ± 47.2 экз./м².

Самая высокая биомасса бентоса в мае 2018 г. была на ст. 1, где были обнаружены двустворчатые и брюхоногие моллюски, представленные в основном родами *Sphaerium* и *Cincinna*. Наименьшая биомасса отмечена на ст. 2, где присутствовали только личинки насекомых – преимущественно представители отрядов Ephemeroptera и Diptera. Средняя биомасса бентоса на исследованных участках в мае 2018 г. составила 1.8 ± 0.9 г/м².

Значительную долю биомассы бентоса в июле составляли брюхоногие моллюски. Самое высокое значение этого показателя отмечено на ст. 3, где были обнаружены крупные брюхоногие моллюски родов *Lymnaea* и *Cincinna*. Паводковая ситуация в июле отразилась на сообществе бентоса, изменив не только разнообразие и численность организмов, но и сместив соотношение экологических групп в сторону более крупных представителей и животных, способных прикрепляться к субстрату. Средняя биомасса бентоса на исследованных участках в июле 2018 г. составила 2.0 ± 0.5 г/м².

В целом на изученных участках р. Зеи как по численности, так и по биомассе доминировали насекомые и двустворчатые моллюски. Наибольшее разнообразие бентонтов характерно для июля, когда у многих организмов бентоса идет активное размножение. В этот период отмечены *Nemurella pictetii* Klapálek, 1900 (Plecoptera), *Ophiogomphus cecilia* Fourcroy, 1785 (Odonata), *Ephemerella ignita* Poda, 1761, *Heptagenia sulphurea* Müller, 1776 (Ephemeroptera), которые в майских пробах отсутствовали. В то же время обнаруженные весной поденки родов *Ephemerella* и *Baetis*, а также *Atherix ibis* Fabricius, 1798 (Diptera) не встречались в июле.

В среднем значения биомассы бентоса характеризовали исследуемый участок р. Зеи в мае и июле как олиготрофный (Китаев, 1984), хотя на некоторых станциях в связи с локальными условиями показатели биомассы соответствовали мезотрофному статусу (Табл. 3). Среднее значе-

Табл. 3. Численность и биомасса бентоса в мае и июле 2018 г. на исследуемых участках р. Зеи.

Таксономическая группа	Май 2018				Июль 2018			
	Станция				Станция			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	Численность бентоса, экз./м ²							
Insecta	50.0	62.5	12.5	62.5	162.5	62.5	162.5	162.5
Oligochaeta	362.5	0	12.5	125.0	0	12.5	12.5	0
Nematoda	0	0	0	0	0	50.0	25.0	0
Bivalvia	300.0	0	75.0	12.5	25.0	0	0	25.0
Gastropoda	12.5	0	0	0	12.5	0	12.5	12.5
Всего	725.0	62.5	100.0	200.0	200.0	25.0	50.0	200.0
	Биомасса бентоса, г/м ²							
Insecta	0.10	0.45	0.01	0.13	0.07	3.45	1.57	0.43
Oligochaeta	1.60	0	0.04	0.37	0.27	0.03	0.01	0
Nematoda	0	0	0	0	0	0.06	0.03	0
Bivalvia	2.50	0	1.80	0.15	0.33	0	0	0.51
Gastropoda	0.30	0	0	0	1.06	0	3.40	0.64
Всего	4.50	0.45	1.85	0.65	1.73	3.54	5.01	1.58

ние индекса видового разнообразия Шеннона–Уивера за период исследований составило 1.76 ± 0.19 . Индекс Гуднайта и Уитлея составил 31.3% в мае и 3.98% в июле, что указывает на хорошее экологическое состояние исследуемых участков реки. Индекс Пареле, характеризующий класс качества воды в водотоках по соотношению численности тубифицид и других обитателей дна, в мае составил 0.31, что позволяет отнести реку к слабо загрязненному типу. В июле индекс Пареле составил 0.04, что соответствует относительно чистым условиям (Шитиков и др., 2003). Колебания индекса Пареле по станциям и времени отбора проб были незначительными и в большинстве характеризовали исследуемые участки как олигосапробные с хорошим экологическим состоянием. В р. Зея были обнаружены представители чувствительных к загрязнению групп бентосных животных: веснянки, поденки, ручейники. Индекс Вудивисса составил 9 баллов (I–II класс качества – условно чистая река). Индекс Майера, учитывающий приуроченность гидробионтов к водоемам с определенной степенью загрязненности, составил 19 (II класс качества – водоем условно чистый).

Обсуждение результатов

В зонах водозабора и водовыпуска строящегося Амурского газохимического комплекса на р. Зея было обнаружено 37 таксонов водорослей рангом ниже рода, 32 вида зоопланктона, 37 видов бентосных животных.

Анализ фитопланктона изучаемого участка р. Зея показал, что в мае и июле 2018 г. на всех станциях отбора проб наибольшее таксономическое разнообразие отмечалось в отделе Bacillariophyta, представители которого составляли 36–100% от общего видового богатства планктонных водорослей. Встречаемость диатомей родов *Asterionella*, *Aulacoseira*, *Pinnularia* составляла 100%, что говорит об их повсеместном распространении на исследуемом участке реки и согласуется с результатами исследований других авторов (Медведева, 2021, Медведева и Семенченко, 2019). Встречаемость представителя золотистых водорослей *D. divergens* составляла 87.5%. В целом фитопланктон исследуемого участка р. Зеи беден по видовому составу.

В составе зоопланктона по численности в мае преобладали коловратки, в июле наряду с коловратками в числе доминирующих таксонов присутствовали ветвистоусые ракообразные. Выявленный видовой состав согласуется с исследованиями зоопланктона притоков р. Зеи (Ермолаева, 2014). Для р. Зеи, по нашим данным, характерны невысокие показатели биомассы и численности зоопланктона, однако они несколько выше приведенных в «Ежегоднике...» (2018, 2020). Это связано с тем, что нами пробы отбирались не в медиали (как при указанных исследованиях), а в зонах будущего водозабора и водовыпуска, которые находились в рипали, где на состав зоопланктона оказывали влияние притоки р. Зеи. Значения индекса сапробности практически совпадают с данными других исследований (Ежегодник..., 2018, 2020).

В структуре сообществ зообентоса исследованных участков р. Зеи доминировали двусторчатые моллюски и насекомые, что характерно для рек бассейна Амура в целом и р. Зеи в том числе (Вдовина и Безматерных, 2020; Яворская, 2016, 2020). В мае высокие показатели численности характерны и для олигохет, доля которых в июле снижается. Среди насекомых количественно доминировали личинки семейства Chironomidae, что также отмечают и другие исследователи бассейна р. Зея (Вдовина и Безматерных, 2020; Яворская, 2020). Значения биоиндикационных индексов совпадают с данными других авторов. Так, значения индексов Вудивисса (8 баллов) и Гуднайта и Уитлея (3–49%) для р. Большая Пёра (бассейн р. Зея) (Яворская, 2020) характеризуют ее воды как чистые (I–II класс качества).

В составе фитопланктонного сообщества преобладали виды-космополиты, по показателю глобности – индифферентные формы. Зоопланктонное сообщество было в основном представлено видами-космополитами, хотя значительной являлась доля палеарктических видов. Среди экологических групп зоопланктона преобладали эвритопные и планктонные виды. В составе зообентоса также преобладали виды-космополиты и палеарктические виды.

В целом показатели численности и биомассы всех групп гидробионтов были достаточно низкими, что может быть связано как с гидрологическим режимом реки, так и с погодными условиями в период исследований. В мае они были выше аналогичных показателей в июле, что связано с паводковой ситуацией на водотоке в летний период.

Индексы сапробности по фитопланктону в мае и июле соответствовали олиго- и β-мезосапробной зоне и II классу качества вод. Большинство значений индекса сапробности зоопланктона по Пантле и Букк характеризовали воды р. Зея вблизи водозабора и водовыпуска как олиго-

сапробные. Индекс видового разнообразия Шеннона–Уивера в изученной зоне соответствовал мезотрофным условиям, на его значение оказывали влияние такие факторы, как течение, низкие температуры воды и паводковая ситуация. Величины коэффициента трофии по Мязметсу и Индекса E/O по Хаккари характеризовали воды исследованных участков реки Зея как эвтрофные, что связано с внесением видов из акватории р. Гащины. Очевидно, что это локальные условия, не распространяющиеся на участки, удаленные от устьев впадающих притоков р. Зея. Показатели биомассы бентоса характеризовали исследованные участки реки в основном как олиготрофные. Индексы Гуднайта и Уитлея, Пареле, Вудивиса, Майера свидетельствуют об относительно благополучных экологических условиях на изученных территориях.

Заключение

Таким образом, сообщества фитопланктона, зоопланктона и зообентоса могут служить индикаторами экологического состояния водотоков, в том числе и таких крупных, как р. Зея. Одновременно с изучением показателей сообществ гидробионтов в целом необходимо учитывать влияние локальных факторов, таких как устьевые участки водотоков второго порядка (по отношению к изучаемому).

Проведенная оценка экологического состояния участка р. Зея по составу, количественным показателям и традиционным экологическим индексам позволяет утверждать, что гидробиоценозы на обследованной акватории в 2018 г. развивались в условиях практически полного отсутствия антропогенного пресса и зависели в большей степени от локальной обстановки, гидрологических и климатических факторов.

Необходимо отметить, что в районах строительства крупных промышленных объектов желателен постоянный контроль состояния окружающей среды, важнейшей частью которого является биоиндикационная оценка водоемов и водотоков. Данные о биоте р. Зея на участке строящегося комбината могут служить основой многолетнего мониторинга экологического состояния реки. Это позволит вовремя осуществлять необходимые мероприятия с целью минимизации ущерба экологическому состоянию природных экосистем.

Список литературы

- Андроникова, И.Н., 1996. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. Наука, Санкт-Петербург, Россия, 189 с.
- Богатов, В.В., 2003. Основные итоги изучения структурно-функциональной организации пресноводных экосистем Дальнего Востока России. *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова* 2, 5–11.
- Вдовина, О.Н., Безматерных, Д.М., 2020. Новые данные о макрозообентосе реки Большая Пёра. *Известия Алтайского отделения Русского географического общества* 1 (56), 63–70. <https://doi.org/10.24411/2410-1192-2020-15606>
- Виноградова, К.Л., Голлербах, М.М., Зауер, Л.М., Сдобникова, Н.В., 1980. Зеленые, красные и бурые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 12. Наука, Ленинград, СССР, 248 с.
- Водоросли, 1989. Вассер, С.П. (ред.). Наукова думка, Киев, СССР, 608 с.
- Вудивисс, Ф.С., 1977. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование. В: Винберг, Г.Г. и др. (ред.), *Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям*. Гидрометеиздат, Ленинград, СССР, 132–161.
- Гаретова, Л.А., Сиротский, С.Е., Шестеркина, Н.М., Таловская, В.С., Каретникова, Е.А., Ри, Т.Д., 2011. Оценка экологического состояния р. Зея и ее притоков в зоне строительства Нижне-Зейской ГЭС. *Водные ресурсы* 38 (4), 464–473.
- Голлербах, М.М., Косинская, Е.К., Полянский, В.И., 1953. Синезеленые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Советская наука, Москва, СССР, 652 с.

- Дедусенко-Щеголева, И.Т., Голлербах, М.М., 1962. Желтозеленые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 5. Издательство Академии наук СССР, Москва – Ленинград, СССР, 272 с.
- Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод России (по гидробиологическим показателям) в 2017 году, 2018. Росгидромет, Москва, Россия, 134 с.
- Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод России (по гидробиологическим показателям) в 2019 году, 2020. Росгидромет, Москва, Россия, 167 с.
- Ермолаева, Н.И., 2014. Структура зоопланктона притоков нижнего течения р. Зeya после экстремального паводка. *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова* 6, 211–219.
- Забелина, М.М., Киселев, И.А., Прошкина-Лавренко, А.И., Шешукова, В.С., 1951. Диатомовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Советская наука, Москва, СССР, 619 с.
- Киселев, И.А., 1954. Пирофитовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 6. Советская наука, Москва, СССР, 213 с.
- Китаев, С.П., 1984. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. Наука, Москва, СССР, 207 с.
- Косинская, Е.К., 1960. Флора споровых растений СССР. Т. 5. Десмидиевые водоросли. Вып. 1. Издательство Академии наук СССР, Москва – Ленинград, СССР, 706 с.
- Крылов, А.В., 2005. Зоопланктон равнинных малых рек. Наука, Москва, Россия, 263 с.
- Матвиенко, А.М., 1954. Золотистые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 3. Советская наука, Москва – Ленинград, СССР, 188 с.
- Медведева, Л.А., 2010. Альгологические исследования водотоков бассейна реки Зeya и Зейского водохранилища. В: Сиротский, С.Е. (ред.), *Гидробиологический мониторинг зоны влияния Зейского гидроузла*. Дальнаука, Хабаровск, Россия, 45–92.
- Медведева, Л.А., 2021. Результаты альгологического обследования среднего течения реки Зeya (Амурская область). *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова* 9, 104–117. <https://doi.org/10.25221/levanidov.09.12>
- Медведева, Л.А., Семенченко, А.А., 2019. Структурные и количественные особенности сообществ фитоперифитона в водотоках бассейна реки Зeya (Амурская область). *Биология внутренних вод* 1, 23–30. <https://doi.org/10.1134/S0320965219010145>
- Мошкова, И.А., Голлербах, М.М., 1986. Класс улотриксые. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10 (1). Наука, Ленинград, СССР, 360 с.
- Мяэметс, А.Х., 1979. Качественный состав пелагического зоопланктона как показатель трофности озера. *Тезисы докладов XX научной конференции «Изучение и освоение водоемов Прибалтики и Белоруссии»*. Рига, СССР, 12–15.
- Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. 6: Двукрылые и блохи. Ч. 4., 2006. Лелей, А.С. (ред.). Дальнаука, Владивосток, Россия, 936 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1. Низшие беспозвоночные, 1994. Цалолихин, С.Я. (ред.). Наука, Санкт-Петербург, Россия, 400 с.

- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2, 1995. Цалолихин, С.Я. (ред.). Наука, Санкт-Петербург, Россия, 628 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 3. Паукообразные. Низшие насекомые, 1997. Цалолихин, С.Я. (ред.). Наука, Санкт-Петербург, Россия, 439 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Двукрылые насекомые, 2000. Цалолихин, С.Я. (ред.). Наука, Санкт-Петербург, Россия, 997 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5. Высшие насекомые, 2001. Цалолихин, С.Я. (ред.). Наука, Санкт-Петербург, Россия, 825 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1, 2010. Алексеев, В.Р. (ред.). Товарищество научных изданий КМК, Москва – Санкт-Петербург, Россия, 495 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос, 2016. Алексеев, В.Р., Цалолихин, С.Я. (ред.). Товарищество научных изданий КМК, Москва – Санкт-Петербург, 457 с.
- Прошкина-Лавренко, А.И., 1953. Диатомовые водоросли – показатели солености воды. В: Прошкина-Лавренко, А.И., Шешукова, В.С. (ред.), *Диатомовый сборник*. Наука, Ленинград, СССР, 187–205.
- Салазкин, А.А., Иванова, М.Б., Огородникова, В.А., 1982. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Издательство ГосНИОРХ, Ленинград, СССР, 33 с.
- Суржко, О.А., Чеботникова, Е.А., Богачев, А.Н., Бугрей, И.В., 2010. Практикум по общей экологии. Учебное пособие для студентов строительного направления технических ВУЗов и слушателей центров повышения квалификации. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ), Новочеркасск, Россия, 113 с.
- Суханова, И.Н., 1983. Концентрирование фитопланктона в пробе. В: Виноградов, М.Е. (ред.), *Современные методы измерения и оценка распределения морского планктона*. Наука, Москва, Россия, 97–105.
- Тиунова, Т.М., 2003. Методы сбора и первичной обработки количественных проб. В: Тиунова, Т.М. (ред.), *Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России*. ВНИРО, Москва, Россия, 5–13.
- Шевелева, Н.Г., 2006а. Особенности видового состава зоопланктона реки Зей и ее водоемов. *Материалы научной конференции, посвященной 25-летию Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН и памяти чл.-корр. АН СССР Ф.П. Кренделева «Природные ресурсы Забайкалья и проблемы геосферных исследований»*. Чита, 12–15 сентября 2006 г. ИПРЭК СО РАН, Чита, Россия, 273–276.
- Шевелева, Н.Г., 2006б. Разнообразие коловратки низших ракообразных в водоемах приплотинной части верхнего и нижнего бьефов плотины Зейской ГЭС. *Материалы II международной конференции «Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и рационального природопользования Дальнего Востока и стран АТР»*, Владивосток, 25–27 октября 2006 г. ДВГТУ, Владивосток, Россия, 333–336.
- Шевелева, Н.Г., Шабурова Н.И., 2011. Особенности видового состава зоопланктона водных объектов Байкало-Ленского и Байкальского биосферного заповедников. *Известия Иркутского государственного университета* 4, (3), 99–108.

- Шитиков, В.К., Розенберг, Г.С., Зинченко, Т.Д., 2003. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия, 463 с.
- Федоров, В.Д., 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. Издательство Московского университета, Москва, СССР, 168 с.
- Яворская, Н.М., 2016. Структура зообентоса левобережных притоков нижнего Амура (Хабаровский край). *Региональные проблемы* 19 (4), 40–45.
- Яворская, Н.М., 2020. Таксономический состав и количественные показатели зообентоса нижнего течения реки Большая Пёра (бассейн р. Зея, Амурская область). *Амурский зоологический журнал* 12 (2), 84–97. <https://doi.org/10.33910/2686-9519-2020-12-2-84-97>
- Goodnight, C.G., Whitley, L.S., 1961. Oligochaetes as indicators of pollution. *Industrial Waste Conference* 106 (15), 139–142.
- Hakkari, L., 1972. Zooplankton species as indicators of environment. *Aqua Fennica* 1, 46–54.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1986. Bacillariophyceae: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1. Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany, 876 p.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1988. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/2. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart – N.Y, 596 p.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1991a. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/3. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart – Jena, Germany, 576 p.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1991b. Bacillariophyceae: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/4. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart – Jena, Germany, 437 p.
- Pantle R., Buck H., 1955. Die Biologische Überwachung der Gewässer und Die Darstellung der Ergebnisse, *Gas- und Wasserfach* 18, 1–604.
- Shannon, C. E., Weaver, W., 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, USA, 117 p.

References

- Andronikova, I.N., 1996. Strukturno-funktsionalnaya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh troficheskikh tipov [Structural and functional organization of zooplankton in lakes ecosystems of different trophic types]. Nauka, St. Petersburg, Russia, 189 p. (In Russian).
- Bogatov, V.V., 2003. Osnovnye itogi izucheniya srukturno-funktsionalnoi organizatsii presnovodnykh ekosistem Dalnego Vostoka Rossii [The main results of the study of the structural and functional organization of freshwater ecosystems of the Russian Far East]. *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova [Readings in memory of Vladimir Y. Levanidov]* 2, 5–11. (In Russian).
- Dedusenko-Shchegoleva, I.T., Gollerbakh, M.M., 1962. Zheltozelenye vodorosli. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 5. [Yellow-green algae. The key of freshwater algae of the USSR. Issue 5]. Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow – St. Petersburg, USSR, 272 p. (In Russian).

Ezhegodnik sostoyaniya ekosistem poverhnostnykh vod Rossii (po gidrobiologicheskim pokazatelyam) v 2017 godu [Yearbook of the surface waters ecosystems' state in Russia (according to hydrobiological indicators) in 2017], 2018. Rosgidromet, Moscow, Russia, 134 p. (In Russian).

Ezhegodnik sostoyaniya ekosistem poverhnostnykh vod Rossii (po gidrobiologicheskim pokazatelyam) v 2019 godu [Yearbook of the surface waters ecosystems' state in Russia (according to hydrobiological indicators) in 2019], 2020. Rosgidromet, Moscow, Russia, 167 p. (In Russian).

Ermolaeva, N.I., 2014. Struktura zooplanktona pritokov nizhnego techeniya r. Zeya posle ekstremal'nogo pavodka [Zooplankton structure of tributaries of the lower course of the Zeya River after an extreme flood]. *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova [Readings in memory of Vladimir Y. Levanidov]* 6 (2), 211–219. (In Russian).

Fedorov, V.D., 1979. O metodakh izucheniya fitoplanktona i ego aktivnosti [Methods of studying phytoplankton and its activity]. Publishing House of the Moscow State University, Moscow, USSR, 168 p. (In Russian).

Garetova, L.A., Sirotskii, S.E., Shesterkina, N.M., Talovskaia, V.S., Karetnikova, E.A., Ri, T.D., 2011. Assessment of the environmental conditions of the Zeya River and its tributaries in the construction zone of the Nizhne-Zeiskaya HPP. *Water Resources* 38 (4), 502–511. <https://doi.org/10.1134/S0097807811030031>

Gollerbakh, M.M., Kosinskaya, E.K., Polianskii, V.I., 1953. Sinezelenye vodorosli. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 2 [Blue-green algae. The key of freshwater algae of the USSR. Issue 2.]. Sovetskaya Nauka, Moscow, USSR, 652 p. (In Russian).

Goodnight, C.G., Whitley, L.S., 1961. Oligochaetes as indicators of pollution. *Industrial Waste Conference* 106 (15), 139–142.

Hakkari, L., 1972. Zooplankton species as indicators of environment. *Aqua Fennica* 1, 46–54.

Kiselev, I.A., 1954. Pirofitovye vodorosli. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 6. [Pyrrhophyte algae. Key of freshwater algae of the USSR. Issue 6]. Sovetskaya Nauka, Moscow, USSR, 213 p. (In Russian).

Kitaev, S.P., 1984. Ekologicheskie osnovy bioproduktivnosti ozer raznykh prirodnykh zon [Ecological bases of bioproductivity of lakes of different natural zones]. Nauka, Moscow, USSR, 207 p. (In Russian).

Kosinskaya, E.K., 1960. Flora sporovykh rastenii SSSR. T. 5. Desmidiyevye vodorosli. Vyp. 1 [Flora of spore plants of the USSR. Vol. 5. Desmidium algae. Issue 1]. Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, Moskva – Leningrad, USSR, 706 p. (In Russian).

Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1986. Bacillariophyceae: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1. Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany, 876 p.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1988. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/2. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart – N.Y, 596 p.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1991a. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/3. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart – Jena, Germany, 576 p.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1991b. Bacillariophyceae: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/4. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart – Jena, Germany, 437 p.

- Krylov, A.V., 2005. Zooplankton ravninnykh malykh rek [Zooplankton of lowland small rivers]. Nauka, Moscow, Russia, 263 p. (In Russian).
- Matvienko, A.M., 1954. Zolotistye vodorosli. Opredefitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 3. [Golden algae. Key of freshwater algae of the USSR. Issue 3]. Sovetskaya Nauka, Moscow, USSR, 188 p. (In Russian).
- Medvedeva, L.A., 2010. Al'gologicheskie issledovaniya vodotokov basseina reki Zeya i Zeiskogo vodohranilishcha [Algological studies of the watercourses of the Zeya River basin and the Zeya Reservoir]. In: Sirotskii, S.E. (ed.), *Gidrobiologicheskii monitoring zony vlianiia Zeiskogo gidrouzla* [Hydrobiological monitoring of the zone of influence of the Zeya hydroelectric complex]. Dal'nauka, Khabarovsk, Russia, 45–92. (In Russian).
- Medvedeva, L.A., 2021. Rezultaty algologicheskogo obsledovaniya srednego techeniya reki Zeya (Amurskaya oblast'). [The results of the algological survey of the middle course of the Zeya River (Amur Oblast)]. *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova* [Readings in memory of Vladimir Y. Levanidov] 9, 104–117. (In Russian). <http://doi.org/10.25221/levanidov.09.12>
- Medvedeva, L.A., Semenchko, A.A., 2019. Structural and quantitative features of phytoplankton communities in watercourses of the Zeya River basin, Amur Oblast. *Inland Water Biology* 12 (1), 49–56. <https://doi.org/10.1134/S1995082919010140>
- Maemets, A.H., 1979. Kachestvennyi sostav pelagicheskogo zooplanktona kak pokazatel' trofnosti ozera [The qualitative composition of pelagic zooplankton as an indicator of the trophic capacity of the lake]. *Tezisy dokladov XX nauchnoj konferencii "Izuchenie i osvoenie vodoemov Pribaltiki i Belorussii"* [Abstracts of the XX Scientific Conference "Study and exploration of reservoirs of the Baltic States and Belarus"]. Riga, USSR, 12–15. (In Russian).
- Moshkova, I.A., Gollerbakh, M.M., 1986. Klass ulotriksovye. Opredefitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 10 (1) [Golden algae. Key of freshwater algae of the USSR. Issue 10 (1)]. Nauka, Leningrad, USSR, 360 p. (In Russian).
- Opredefitel' nasekomykh Dalnego Vostoka Rossii. T. 6: Dvukrylye i blokhi [Key of insects of the Russian Far East. Vol. 6: Diptera and fleas], 2006. Leleii, A. (ed.). Dal'nauka, Vladivostok, Russia, 936 p. (In Russian).
- Opredefitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territorii. T. 1. Nizshie bespozvonochnye [Key of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 1. Lower invertebrates], 1994. Tsalolikhin, S.Ya. (ed.). Nauka, St. Petersburg, Russia, 400 p. (In Russian).
- Opredefitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territorii. T. 2. Rakoobraznye [Key of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 2. Crustaceans], 1995. Tsalolikhin, S.Ya. (ed.). Nauka, St. Petersburg, Russia, 628 p. (In Russian).
- Opredefitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territorii. T. 3. Paukoobraznye. Nizshchie nasekomye [Key of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 3. Arachnids. Lower insects], 1997. Tsalolikhin, S.Ya. (ed.). Nauka, St. Petersburg, Russia, 439 p. (In Russian).
- Opredefitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territorii. T. 4. Dvukrylye nasekomye [Key of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 4. Diptera], 2000. Tsalolikhin, S.Ya. (ed.). Nauka, St. Petersburg, Russia, 997 p. (In Russian).
- Opredefitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territorii. T. 5. Vysshie nasekomye [Key of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 5. Higher insects], 2001. Tsalolikhin, S.Ya. (ed.), Nauka, St. Petersburg, Russia, 825 p. (In Russian).

- Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. T. 1. Zooplankton [Key of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 1. Zooplankton], 2010. Alekseev, V.R. (ed.). KMK Scientific Press Ltd, Moscow – St. Petersburg, Russia, 495 p. (In Russian).
- Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. T. 2. Zoobentos [Key of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos], 2016. Alekseev, V.R., Tsalolikhin, S.Ya. (eds.), KMK Scientific Press Ltd, Moscow – St. Petersburg, Russia, Russia, 457 p. (In Russian).
- Pantle R., Buck H., 1955. Die Biologische Überwachung der Gewässer und Die Darstellung der Ergebnisse, *Gas- und Wasserfach* 18, 1–604.
- Proshkina-Lavrenko, A.I., 1953. Diatomovye vodorosli – pokazateli solenosti vodi [Diatoms as indicators of water salinity]. In: Proshkina-Lavrenko, A.I., Sheshukova, V.S. (eds.), *Diatomoviy sbornik [Diatom Paper Collection]*. Nauka, Leningrad, USSR, 187–205. (In Russian).
- Salazkin, A.A., Ivanova, M.B., Ogorodnikova, V.A., 1982. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Zooplankton i ego produktsiya [Methodological recommendations for the collection and processing of materials during hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zooplankton and its production]. State Research Institute of Lake and River Fisheries, Leningrad, USSR, 33 p. (In Russian).
- Sukhanova, I.N., 1983. Kotsentrirovaniye fitoplanktona v probe [Phytoplankton concentration in a sample]. In: Vinogradov, M.E. (ed.), *Sovremennyye metody ismereniya i otsenka raspredeleniya morskogo planktona [Modern methods of measuring and estimating the distribution of marine plankton]*. Nauka, Moscow, USSR, 97–105. (In Russian).
- Shannon, C. E., Weaver, W., 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, USA, 117 p.
- Sheveleva, N.G., 2006a. Osobennosti vidovogo sostava zooplanktona reki Zei i ee vodoemov [Features of the zooplankton species composition of the Zeya River and its reservoirs]. *Materialy nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 25-letiyu Instituta prirodnnykh resursov, ekologii i kriologii SO RAN i pamyati chl.-korr. AN SSSR F.P. Krendeleva "Prirodnye resursy Zabajkal'ya i problemy geosfernykh issledovaniy"* [Materials of the scientific conference dedicated to the 25th anniversary of the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of SB RAS and to the memory of F.P. Krendelev, the corresponding member of the USSR Academy of Sciences "Natural Resources of Transbaikalia and Problems of Geosphere Research"], Chita, September 12–15, 2006. Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the RAS, Chita, Russia, 273–276. (In Russian).
- Sheveleva, N.G., 2006b. Raznoobrazie kolovratok i nizshikh rakoobraznykh v vodoemakh priplotinnoi chasti verkhnego i nizhnego bjefov plotiny Zeiskoi GES [Rotifers and lower crustaceans variety in the reservoirs of the dam part of the upper and lower reaches of the Zeya hydroelectric plant]. *Materialy II mezhdunarodnoi konferentsii "Problemy ekologii, bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya Dal'nego Vostoka i stran ATR"* [Proceedings of the II International Conference "Problems of Ecology, Life Safety, and Rational Nature Management of the Far East and the Countries of the Asia-Pacific region"], Vladivostok, October 25–27, 2006. Far Eastern State Technical University, Vladivostok, Russia, 333–336. (In Russian).
- Sheveleva, N.G., Shaburova, N.I., 2011. Osobennosti vidovogo sostava zooplanktona vodnykh ob'ektov Baikalo-Lenskogo i Baikalskogo biosfernogo zapovednikov [Features of the zooplankton species composition in water bodies of the Baikal-Lena and Baikal biosphere reserves]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta [Proceedings of the Irkutsk State University]* 4 (3), 99–108. (In Russian).

- Shitikov, V.K., Rozenberg, G.S., Zinchenko, T.D., 2003. Kolichestvennaya gidroekologiya: Metody sistemnoi klassifikatsii [Quantitative hydroecology: Methods of system identification]. Institute of Ecology of the Volga Basin RAS, Togliatti, Russia, 463 p. (In Russian).
- Surzhko, O.A., Chebotnikova, E.A., Bogachev, A.N., Bugrey, I.V., 2010. Praktikum po obshchei ekologii. Uchebnoe posobie dlya studentov stroitel'nogo napravleniya tekhnicheskikh vuzov i slushatelei tsentrov povysheniya kvalifikatsii [Workshop on general ecology. Textbook for students of the construction department of technical universities and students of advanced training centers]. Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (NPI), Novocherkassk, Russia, 113 p. (In Russian).
- Tiunova, T.M., 2003. Metody sbora i pervichnoi obrabotki kolichestvennykh prob [Methods of collection and primary processing of quantitative samples]. In: Tiunova, T.M. (ed.), *Metodicheskie rekomendatsii po sboru zoobentosa pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh vodotokov Dal'nego Vostoka [Methodological recommendations for the collection and determination of zoobenthos in hydrobiological studies of watercourses of the Russian Far East]*. All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia, 5–13. (In Russian).
- Vdovina, O.N., Bezmaternykh, D.M., 2020. Novye dannye o makrozoobentose reki Bol'shaya Pyora [New data on macrozoobenthos of the Bolshaya Pera River]. *Izvestiya Altaiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]* **1** (56), 63–70. (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2410-1192-2020-15606>
- Vinogradov, K.L., Gollerbakh, M.M., Zauer, L.M., Sdobnikova, N.V., 1980. Zelenye, krasnye i burye vodorosli. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 12 [Green, red, and brown algae. The key of freshwater algae of the USSR, Issue 12]. Nauka, Leningrad, USSR, 248 p. (In Russian).
- Vodorosli, 1989. Vasser, S.P. (ed.). Naukova dumka, Kiev, USSR, 608 p. (In Russian).
- Woodiwiss, F.S., 1977. Bioticheskii indeks r. Trent. Makrobespozvonochnye i biologicheskoe obsledovanie [Biotic index of the Trent River. Macroinvertebrates and biological testing]. In: Vinberg, G.G. (ed.), *Nauchnye osnovy kontrolya kachestva poverhnostnykh vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam [Scientific foundations of surface water quality control by hydrobiological indicators]*. Gydrometeoizdat, Leningrad, USSR, 132–161. (In Russian).
- Yavorskaya, N.M., 2016. Struktura zoobentosa levoberezhnykh pritokov nizhnego Amura (Khabarovskii krai) [The structure of the zoobenthos of the left-bank tributaries of the Lower Amur River (Khabarovsk Krai)]. *Regional'nye problemy [Regional Problems]* **19** (4), 40–45. (In Russian).
- Yavorskaya, N.M., 2020. Taksonomicheskii sostav i kolichestvennye pokazateli zoobetosa nizhnego techeniya reki Bolshaia Pera (bassein r. Zeya, Amurskaya oblast') [Taxonomic composition and quantitative indicators of zoobenthos in the lower course of the Bolshaya Pera River (the Zeya River basin, Amur Oblast)]. *Amurskii zoologicheskii zhurnal [Amur Zoological Journal]* **12** (2), 84–97. (In Russian). <https://doi.org/10.33910/2686-9519-2020-12-2-84-97>
- Zabelina, M.M., Kiselev, I.A., Proshkina-Lavrenko, A.I., Sheshukova, V.C., 1951. Diatomovye vodorosli. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 4. [Diatoms. The key of freshwater algae of the USSR. Issue 4]. Sovetskaya nauka, Moscow, USSR, 619 p. (In Russian).