

Научная статья

УДК 579.68(470.26)(06)

DOI 10.46845/1997-3071-2023-71-24-37

Структура микробного сообщества пруда Верхнего (г. Калининград)

Анастасия Ивановна Моисеева

Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

nastya.m.1234@mail.ru

Аннотация. Формирование качества воды в водоеме и водотоках бассейна пруда Верхнего обусловлено сложными процессами и находится под воздействием многочисленных природных и антропогенных факторов. Скорость метаболизма и короткое время генерации микроорганизмов дают им возможность гораздо быстрее, чем другим компонентам биоты, реагировать на меняющиеся условия среды. В результате анализа структуры микробного сообщества пруда Верхнего выявлена гетерогенность микробных популяций. В составе бактериофлоры воды обнаружены грамотрицательные бактерии семейств Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Vibrionaceae. Грамположительная микрофлора включала микроорганизмы родов *Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*. Широкое распространение в микробных популяциях получили грамотрицательные палочковидные бактерии рода *Pseudomonas*, входящие в группу 4 «Грамотрицательные, аэробные/микроаэрофильные палочки и кокки», подгруппа 4А. Отмечались существенные преобразования сообществ микроорганизмов (увеличение доли грамотрицательных бактерий). Количество палочковидных бактерий рода *Aeromonas* достигло максимального значения в мае 2023 года (74,94 % от всех выделенных штаммов бактерий). Изменение структуры микробных сообществ в сторону увеличения доли грамотрицательных бактерий свидетельствует о выраженном антропогенном прессинге. Численность гетеротрофных бактерий, утилизирующих легкодоступное органическое вещество в воде, изменялась в пределах от $1,2 \times 10^3$ до $4,2 \times 10^4$ КОЕ/мл. Максимальные показатели отмечались вблизи приустьевой части ручья Ботанического, что указывало на высокое содержание в воде органических веществ. Увеличение численности гетеротрофного бактериопланктона может выступать косвенным показателем неполной деструкции, незавершенности трансформации поступающего в водоток органического вещества, в том числе антропогенного происхождения. В микрофлоре воды пруда Верхнего выявлено присутствие санитарно-значимых бактерий фекальной группы, которые относятся к индикаторам санитарного неблагополучия водной среды.

Ключевые слова: пруд Верхний, микробные сообщества, антропогенное воздействие.

Для цитирования: Моисеева А. И. Структура микробного сообщества пруда Верхнего (г. Калининград) // Известия КГТУ. 2023. № 71. С. 24-37. DOI 10.46845/1997-3071-2023-71-24-37

Original article

Structure of the microbial community of the Verkhniy pond (Kaliningrad)

Anastasiya I. Moiseeva

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

nastya.m.1234@mail.ru

Abstract. The formation of water quality in the reservoir and watercourses of the Verkhniy pond basin is caused by complex processes and is influenced by numerous natural and anthropogenic factors. The speed of metabolism and the short time of generation of microorganisms allow them to react to changing environmental conditions much faster than other components of biota. As a result of the analysis of the structure of the microbial community of the Verkhniy pond, heterogeneity of microbial populations has been revealed. Gram-negative bacteria of the families Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Vibrionaceae have been found in the composition of the bacterioflora of water. Gram-positive microflora included microorganisms of the genera *Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*. Gram-negative rod-like bacteria of the genus *Pseudomonas*, belonging to group 4 «Gram-negative, aerobic/micro-aerophilic rods and coccus», subgroup 4A, were widely distributed in microbial populations. Significant changes in microorganism communities (increase in the proportion of gram-negative bacteria) have been noted. The number of rod-like bacteria of the genus *Aeromonas* peaked in May 2023 (74.94% of all isolated bacterial strains). The change in the structure of microbial communities towards an increase in the proportion of gram-negative bacteria indicates a pronounced anthropogenic pressure. The numbers of heterotrophic bacteria utilizing readily available organic matter in water ranged from $1,2 \times 10^3$ to $4,2 \times 10^4$ CFU/ml. The highest levels have been observed near the estuary of the Botanical Stream, indicating a high content of organic matter in the water. An increase in the number of heterotrophic bacterioplankton may be an indirect indicator of incomplete destruction, incomplete transformation of organic matter entering the watercourse, including anthropogenic origin. In the microflora of the water of the Verkhniy pond, the presence of sanitary-significant bacteria of the fecal group, which belong to the indicators of sanitary malaise of the aquatic environment has been detected.

Keywords: the Verkhniy pond, microbial communities, anthropogenic pollution.

For citation: Moiseeva A. I. Structure of the microbial community of the Verkhniy pond (Kaliningrad). *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2023; (71):24-37. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2023-71-24-37

ВВЕДЕНИЕ

Комплекс водных объектов г. Калининграда – это гидрографическая система, состоящая из ручьев, рек, озер и прудов различного происхождения [1].

Пруд Верхний является искусственным водоемом, бассейн которого формирует особенности городской и парковой архитектуры, выполняет дренажно-осушительную и рекреационную функции. Площадь бассейна (23,4 км²) занимает около 1/10 площади всего города (223 км²) [1–3].

Гидрологический узел пруда Верхнего включает шесть водных объектов, из которых одни питают пруд (водотоки – р. Голубая, руч. Ботанический (К-1), руч. Северный (ОБ-2-2)), другие – разгружают его (руч. Парковый, руч. Литовский и пруд Нижний), вода из которых поступает в р. Преголю.

Мониторинг, выполняемый до 2020 г. сотрудниками кафедры ихтиопатологии и гидробиологии Калининградского государственного технического университета (КГТУ), а затем работниками кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, показал, что более 20 лет экологическая ситуация пруда Верхнего остается довольно напряженной [1]. Загрязнение пруда происходит за счет сброса промышленных и бытовых сточных вод, замусоривания берегов и поступления со сточными водами патогенных микроорганизмов, что приводит к ухудшению его экологического состояния [2, 4, 5, 6, 7]. Процессы самоочищения воды замедляются, нарастает уровень антропогенной эвтрофикации, в результате возникает и сохраняется серьезная экологическая проблема [6]. Бактериальному звену принадлежит ведущая роль в самоочищении воды, что определяется разнообразием способов функционирования бактерий и существованием разных групп, способных к утилизации веществ различного происхождения [8]. Под влиянием различных факторов окружающей среды происходят значительные изменения структуры микробиоценозов водных экосистем, увеличивается количество условно-патогенных грамотрицательных факультативно-анаэробных и аэробных микроорганизмов, что определяет изучение указанных аспектов как одну из существенных задач микробиологического мониторинга [9]. Целью настоящей работы было изучение структуры микробного сообщества пруда Верхнего.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужили пробы воды, отобранные из пруда Верхнего. Сбор материала проводили в период с марта по май 2023 г. В пределах пруда было определено пять станций отбора проб, расположенных по акватории с учетом гидрологических условий (рис. 1).

За период исследования было отобрано 33 пробы воды, выделено и изучено 2768 штаммов бактерий.

Пробы воды для микробиологического анализа отбирали из поверхностного горизонта и в толще воды при помощи батометра. Для выделения групп микроорганизмов, участвующих в превращениях веществ в водоеме и круговороте биогенных элементов, применяли среды общего назначения, элективные и дифференциально-диагностические [10–11].

Для изучения состава сапрофитных бактерий был использован рыбопептонный агар [10]. Агар Эндо применяли для учета в микрофлоре воды бактерий группы кишечных палочек и других грамотрицательных микроорганизмов.



Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб. Пруд Верхний
Fig. 1. Water quality sampling stations. The Verkhniy pond

Для выявления в микрофлоре воды грамотрицательных бактерий родов *Aeromonas* и *Pseudomonas* использовали дифференциально-диагностический агар [11].

Для количественной оценки изучаемых групп бактерий применяли метод серийных разведений. Методика посева включала перемешивание анализируемой пробы воды, внесение из соответствующих разведений (с 10^{-1} по 10^{-3}) по 1 мл суспензии в стерильные чашки Петри и прибавление в каждую чашку по 8–12 мл расплавленного и остуженного до 45–49 °С питательного агара [4].

Численность гетеротрофных бактерий, утилизирующих легкодоступное органическое вещество в воде, определяли по показателю общей бактериальной обсемененности или общему микробному числу воды.

Родовую идентификацию микроорганизмов осуществляли по совокупности культуральных, морфологических и физиолого-биохимических признаков с помощью «Определителя бактерий Берджи» [12–13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований показали, что структура микробиоценоза пруда Верхнего на исследованных станциях (ст. 1 – ст. 5) существенно различалась. Микробные ассоциации в марте представлены преимущественно грамотрицательными видами (рис. 2).

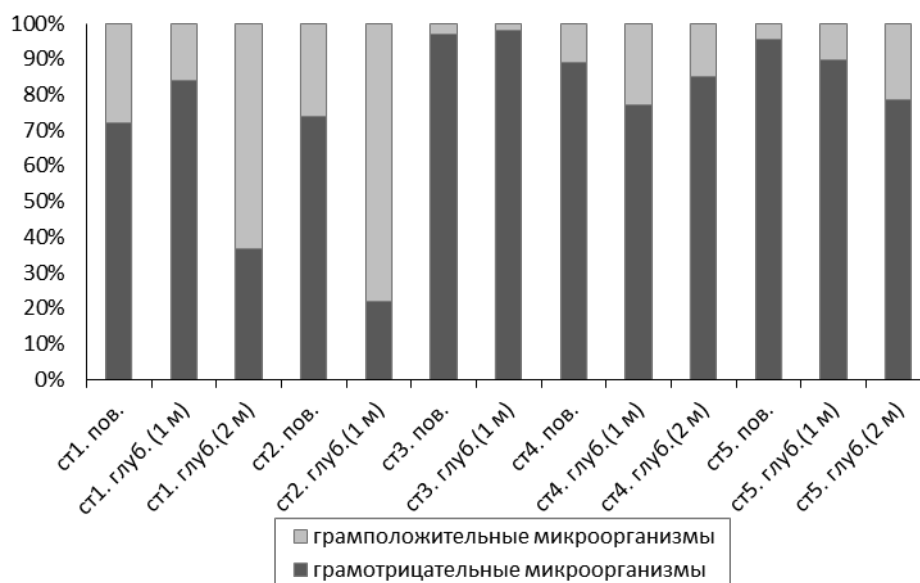


Рис. 2. Соотношение групп бактерий в микрофлоре воды пруда Верхнего на различных участках. Март 2023 г.

Fig. 2. The ratio of bacterial groups in the water microflora of the Verkhniy pond at different sites. March 2023

На второй станции (ст. 2, глуб. 1 м) отмечена низкая доля грамотрицательных микроорганизмов (20 %). В составе микробного сообщества на третьей станции преобладали грамотрицательные условно-патогенные бактерии (более 90 % от всех выделенных штаммов).

С глубиной соотношение грамположительных и грамотрицательных бактерий менялось в сторону увеличения доли грамположительных бактерий (ст. 1, ст. 2, ст. 3, ст. 5).

В апреле состав микрофлоры воды представлен равным соотношением грамположительных и грамотрицательных видов (рис. 3).

На первой станции (ст. 1, пов.) незначительную долю занимали грамотрицательные условно-патогенные бактерии (менее 20 % от всех выделенных штаммов).

Доминирующей группой на четвертой станции (ст. 4, глуб. 2 м) были грамотрицательные палочковидные бактерии (90 %).

Состав микробного сообщества пруда Верхнего в мае менялся в сторону увеличения доли грамотрицательных микроорганизмов (рис. 4).

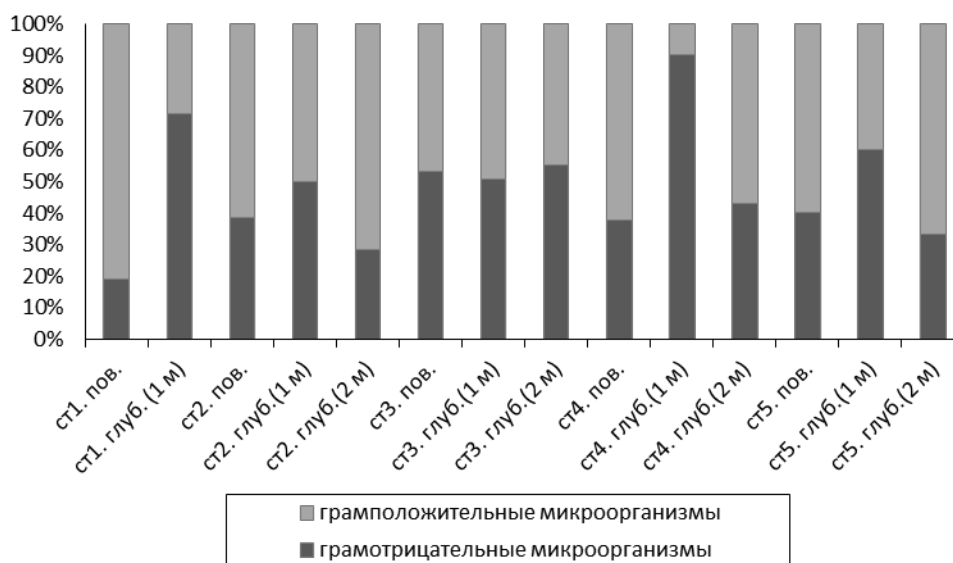


Рис. 3. Соотношение групп бактерий в микрофлоре воды пруда Верхнего на различных участках. Апрель 2023 г.
Fig. 3. The ratio of bacterial groups in the water microflora of the Verkhniy pond at different sites. April 2023

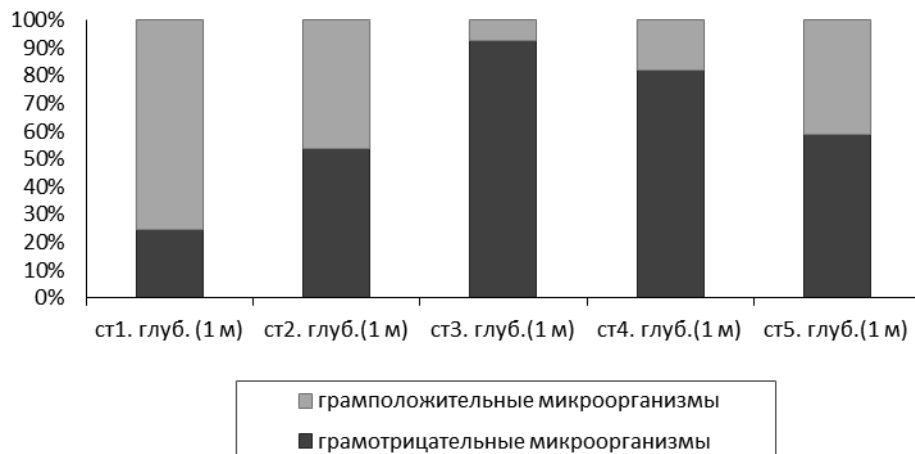


Рис. 4. Соотношение групп бактерий в микрофлоре воды пруда Верхнего на различных участках. Май 2023 г.
Fig. 4. The ratio of bacterial groups in the water microflora of the Verkhniy pond at different sites. May 2023

В марте и мае на 3 и 4 станциях, расположенных в северной части пруда, преобладали грамотрицательные условно-патогенные палочковидные микроорганизмы.

Большая доля грамотрицательных бактерий на станциях 3 и 4 согласно [14] говорит об антропогенном загрязнении.

Качественный состав микробного сообщества пруда Верхнего представлен грамотрицательными палочковидными бактериями семейств Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Vibrionaceae. Грамположительная микрофлора включала микроорганизмы родов *Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*.

Частота встречаемости выделенных штаммов микроорганизмов в воде пруда Верхнего приведена в табл. 1.

Таблица 1. Качественный состав микробного сообщества в воде пруда Верхнего в 2023 г.

Table 1. Qualitative composition of the microbial community in the studied water. The Verkhniy pond. 2023

Выделенные штаммы	Частота встречаемости, %		
	Пруд Верхний. Март 2023 г.	Пруд Верхний. Апрель 2023 г.	Пруд Верхний. Май 2023 г.
Сем. Enterobacteriaceae	0,71	3,26	0,37
p. <i>Pseudomonas</i>	85,35	46,59	12,09
p. <i>Aeromonas</i>	0,10	–	74,94
p. <i>Bacillus</i>	3,36	49,75	12,59
p. <i>Staphylococcus</i>	–	0,41	–
p. <i>Micrococcus</i>	10,48	–	–

Из грамотрицательных бактерий широкое распространение в исследуемой воде на протяжении трех месяцев получили бактерии рода *Pseudomonas*, входящие в группу 4 («Грамотрицательные, аэробные/микроаэрофильные палочки и кокки», подгруппа 4А). Среди грамположительных обнаружены бактерии родов *Bacillus* (группа 18 «Грамположительные палочки и кокки, образующие эндоспоры») и *Micrococcus*, входящие в группу 17 («Грамположительные кокки»). В единичных количествах в микрофлоре воды встречались кокковые бактерии рода *Staphylococcus*. Доля аэромонад достигла максимального значения за период исследования в мае 2023 г. (74,94 % от всех выделенных штаммов бактерий).

Следует отметить выявленные особенности микробного сообщества пруда Верхнего на отдельных участках в марте (рис. 5).

Доминирующей группой в марте на исследуемых участках были грамотрицательные бактерии рода *Pseudomonas*. В микрофлоре воды обнаружены сапрофитные бактерии рода *Bacillus* и кокковые бактерии рода *Micrococcus*. В единичных количествах встречались грамотрицательные палочковидные бактерии семейства Enterobacteriaceae (группа 5 «Факультативно анаэробные грамотрицательные палочки», подгруппа 1).

Широкое распространение в микробных популяциях получили палочковидные грамотрицательные бактерии (рис. 6).

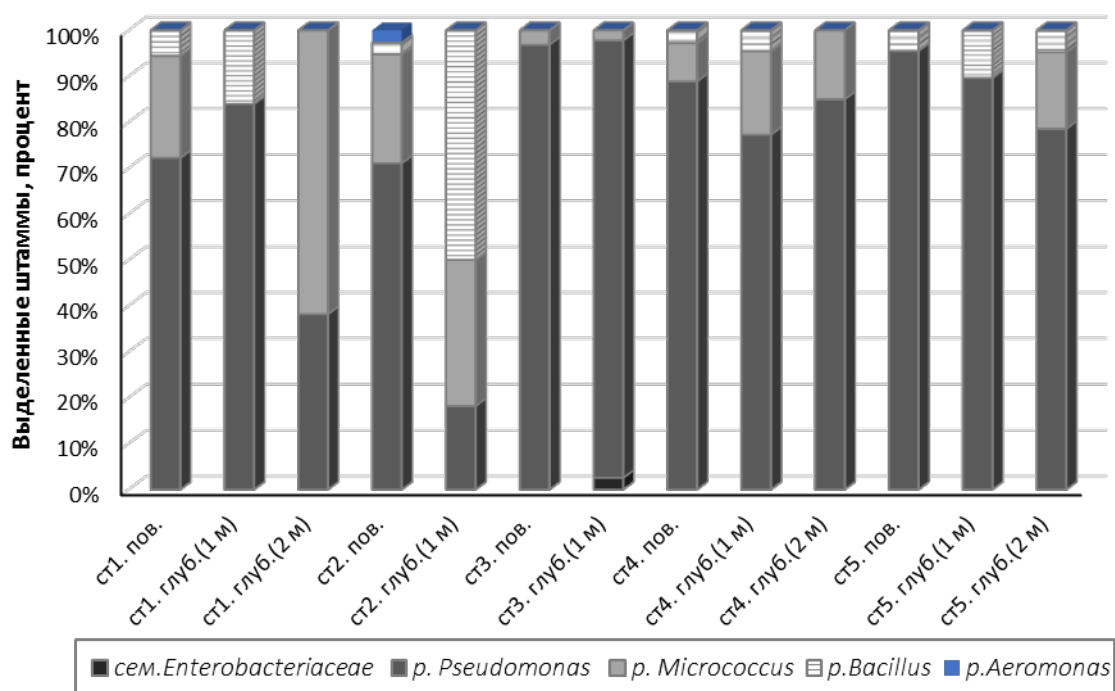


Рис. 5. Состав микробного сообщества воды. Пруд Верхний. Март 2023 г.
Fig. 5. Composition of the microbial community of water. The Verkhniy pond. March 2023

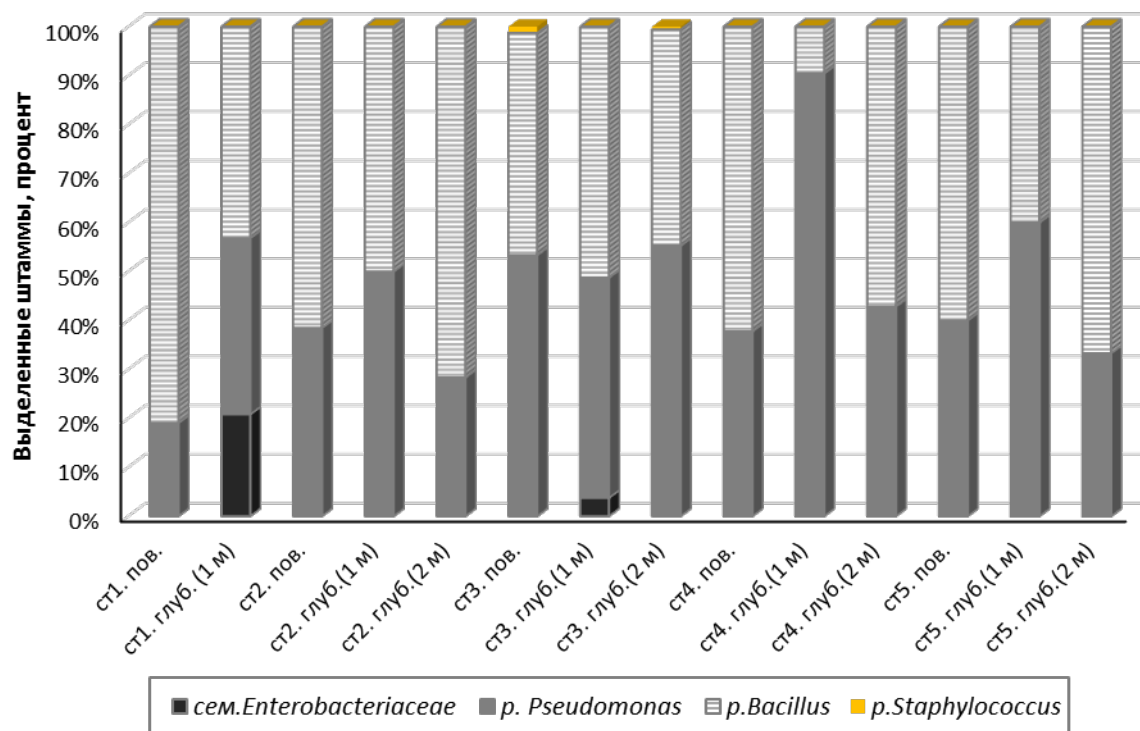


Рис. 6. Состав микробного сообщества воды. Пруд Верхний. Апрель 2023 г.
Fig. 6. Composition of the microbial community of water. The Verkhniy pond. April 2023

Второй доминирующей группой на всех исследуемых станциях в апреле были сапрофитные споровые бациллы. Доля грамположительных бактерий возросла. В микрофлоре воды выделили четыре таксономические группы бактерий: грамотрицательные палочковидные бактерии семейств Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Vibrionaceae, грамположительные микроорганизмы рода *Bacillus* (рис. 7).

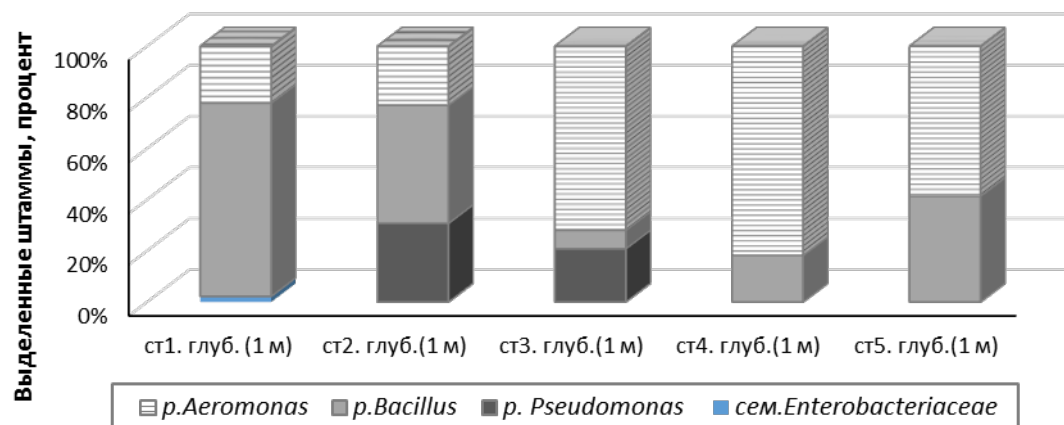


Рис. 7. Состав микробного сообщества воды. Пруд Верхний. Май 2023 г.
Fig. 7. Composition of the microbial community of water. The Verkhniy pond. May 2023

В мае на третьей и четвертой станциях возросла доля бактерий аэромонадно-псевдомонадного комплекса.

Изменение общей бактериальной обсемененности воды на исследуемых участках представлено на рис. 8.

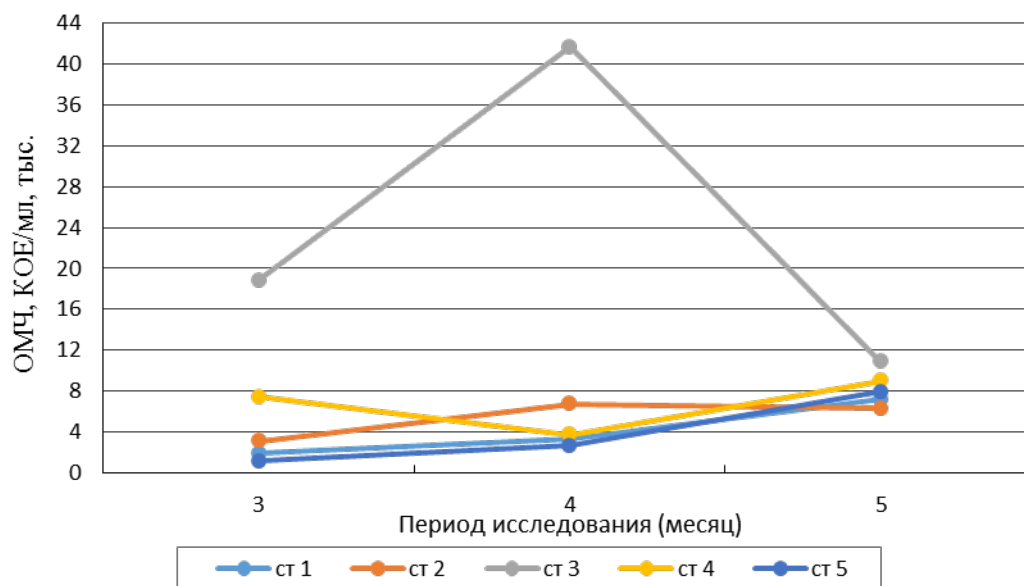


Рис. 8. Изменение общей бактериальной обсемененности воды на исследуемых участках. Пруд Верхний
Fig. 8. Change in the total bacterial contamination of water at the studied sites. The Verkhniy pond

Анализ численности гетеротрофных бактерий в воде пруда Верхнего выявил широкий диапазон их колебаний от $1,2 \times 10^3$ КОЕ/мл (на 3-й месяц исследований) до $4,2 \times 10^4$ КОЕ/мл (на 4-й месяц исследований). Общая бактериальная обсемененность воды пруда Верхнего возросла на 1-й, 4-й и 5-й станциях, расположенных в южной и северной частях исследуемого водоема (на 5-й месяц исследований). Температурные условия и наличие органического вещества в воде влияли на активизацию и рост сапрофитных бактерий. Количество гетеротрофных бактерий максимально за весь период исследования на третьей станции, расположенной в районе ручья Ботанического.

Увеличение численности гетеротрофных микроорганизмов может выступать косвенным показателем неполной деструкции, незавершенности трансформации поступающего в водоток органического вещества, в том числе антропогенного происхождения.

Оценкой экологического состояния внутренних водоемов Калининградской области, используемых в рекреационных целях, занимались преподаватели и сотрудники кафедры водных биоресурсов и аквакультуры. В 2018 и 2022 годах проведены исследования прудов Шенфлиз и Голубого, качество воды данных водоемов оценивали по гидрохимическим показателям [15–16]. С 2015 по 2016 годы были выполнены работы по ежемесячному экологическому мониторингу состояния воды в пруду Пелавском [17]. В 2019 году изучено экологическое состояние оз. Карповского по совокупности гидрохимических, гидрологических, микробиологических и гидробиологических параметров [18]. Пруд Верхний исследовали только по гидрохимическим показателям [2, 3, 5].

Изучение микрофлоры воды, анализ численности гетеротрофных микроорганизмов, участвующих в деструкции поступающего в водоток органического вещества, и наличие бактерий, относящихся к индикаторам санитарного неблагополучия водной среды, имеют важное значение для оценки экологического состояния водоемов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, микробное сообщество пруда Верхнего представлено грамотрицательными палочковидными бактериями семейств *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Vibrionaceae*. Грамположительная микрофлора включала микроорганизмы родов *Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*. Доминирующей группой в исследуемой воде были грамотрицательные палочковидные бактерии родов *Pseudomonas* и *Aeromonas*.

Микрофлора воды пруда Верхнего вблизи приустьевой части ручья Ботанического характеризовалась преобладанием грамотрицательных палочковидных бактерий над грамположительными микроорганизмами. Изменение структуры микробных сообществ в сторону увеличения доли грамотрицательных бактерий свидетельствует о выраженном антропогенном прессинге.

Санитарно-микробиологический анализ воды пруда Верхнего выявил присутствие в составе ее микрофлоры санитарно-значимых бактерий фекальной группы, которые относятся к индикаторам санитарного неблагополучия водной среды и в ассоциации с условно-патогенными бактериями могут вызвать бактериальные инфекции у рыб [18, 19].

Список источников

1. Берникова Т. А., Цупикова Н. А., Нагорнова Н. Н. Роль водных объектов в обеспечении устойчивого развития городской среды (на примере бассейна пруда Верхнего в г. Калининграде) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 4. С. 97–107.
2. Цупикова Н. А., Блоцкая Е. Н., Рябцева Е. А. Некоторые результаты экологического мониторинга пруда Верхнего (г. Калининград) в 2015 году // Научно-исследовательские публикации. 2016. № 2. С. 107–116.
3. Рябцева Е. А., Цупикова Н. А. Пространственное распределение гидрохимических показателей в Верхнем пруду города Калининграда // Известия КГТУ. 2019. № 54. С. 61–74.
4. Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований: учебное пособие / А. С. Лабинская [и др.]. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 588 с.
5. Цупикова Н. А., Бугранова О. С. Влияние самоочищения на качество воды в системе прудов Верхний – Нижний (г. Калининград) летом 2015 г. // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: IX Всероссийская научно-практическая конференция (20–22 марта 2018 г.): материалы. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2018. С. 95–98.
6. Сахарова О. В., Сахарова Т. Г. Водная микробиология: учебник для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 260 с.
7. Госманов Р. Г., Ибрагимова А. И., Галиуллин А. К. Микробиология и иммунология: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 240 с.
8. Теканова Е. В., Макарова Е. М., Калинкина Н. М. Оценка состояния воды притоков Онежского озера в условиях антропогенного воздействия по микробиологическим и токсикологическим показателям // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 9. С. 44–52.
9. Самойлова И. Ю., Анганова Е. В., Савилов Е. Д. Таксономическая характеристика микробиоценоза реки Лены в районе г. Якутска, Хангаласского и Намского районов (Республика Саха (Якутия)) // Сибирский медицинский журнал. 2009, № 7. С. 192–194.
10. Казимирченко О. В., Котлярчук М. Ю. Практикум по микробиологии: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 124 с.
11. Методы общей бактериологии / под ред. Ф. Герхардта. Москва: Мир, 1984. Т. 3. 264 с.
12. Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. Москва: Мир, 1997. Т. 1. 432 с.
13. Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. Москва: Мир, 1997. Т. 2. 368 с.
14. Богданова О. Ю. Микробиология водных экосистем: учебное пособие. Мурманск: Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2016. 150 с.
15. Цупикова Н. А., Меньшенин А. С. Оценка состояния пруда Шенфлиз (г. Калининград) по гидрохимическим показателям в 2018 году // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: материалы X Национальной (всероссийской) научно-практической конфе-

ренции (19–21 марта 2019 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. С. 128–132.

16. Современное экологическое состояние водоемов рекреационного назначения Калининграда / Е. А. Севостьянова [и др.] // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы XIII Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции (29–30 марта 2022 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. С. 193–197.

17. Лоцицкая Е. А., Цупикова Н. А. Некоторые результаты экологического мониторинга пруда Пелавского в 2015–2016 гг. // Вестник молодежной науки. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ». 2017. № 1. С. 1–7.

18. Оценка экологического состояния озера Карповского в 2019 г. / Лоцицкая Е. А., Бугранова О. С., Казимирченко О. В., Цупикова Н. А. // Известия КГТУ. 2020. № 59. С. 73–87.

19. Morsy K., Mishra A., Galal M. Water Quality Assessment of the Nile Delta Lagoons // Air, Soil and Water Research. 2020. V. 13. P. 1–11.

References

1. Bernikova T. A., Tsupikova N. A., Nagornova N. N. Rol' vodnykh ob'ektov v obespechenii ustoychivogo razvitiya gorodskoy sredy (na primere basseyna pruda Verkhnego v g. Kaliningrade) [The role of water bodies in ensuring sustainable development of the urban environment (on the example of the Verkhniy pond basin in Kaliningrad)]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2013, no. 4, pp. 97–107.

2. Tsupikova N. A., Blotskaya E. N., Ryabtseva E. A. Nekotorye rezul'taty ekologicheskogo monitoringa pruda Verkhnego (g. Kaliningrad) v 2015 godu [Some results of environmental monitoring of the Verkhniy pond (Kaliningrad) in 2015]. *Nauchno-issledovatel'skie publikatsii*, 2016, no. 2, pp. 107–116.

3. Ryabtseva E. A., Tsupikova N. A. Prostranstvennoe raspredelenie gidrokhimicheskikh pokazateley v Verkhnem prudu goroda Kaliningrada [Spatial distribution of hydrochemical parameters in the Verkhniy pond (Kaliningrad)]. *Izvestiya KGTU*, 2019, no. 54, pp. 61–74.

4. Labinskaya A. S. [i dr.]. *Obshchaya i sanitarnaya mikrobiologiya s tekhnikoy mikrobiologicheskikh issledovaniy: uchebnoe posobie* [General and sanitary microbiology with microbiological research techniques: textbook]. Saint-Petersburg, Lan', 2022, 588 p.

5. Tsupikova N. A., Bugranova O. S. Vliyanie samoochishcheniya na kachestvo vody v sisteme prudov Verkhniy – Nizhniy (g. Kaliningrad) letom 2015 g. [Influence of self-purification on water quality in the Verkhniy – Nizhniy pond system (Kaliningrad) in the summer of 2015]. *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie: materialy X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (20–22 marta 2018 g.)* [Natural resources, their current condition, protection, industrial and technical use: proceedings of the IX National Russian Scientific and Practical Conference (20–22 March 2018)]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, KamchatGTU, 2018, pp. 95–98.

6. Sakharova O. V., Sakharova T. G. *Vodnaya mikrobiologiya: uchebnik dlya vuzov* [Water microbiology: textbook for universities]. Saint-Petersburg, Lan', 2022, 260 p.
7. Gosmanov R. G., Ibragimova A. I., Galiullin A. K. *Mikrobiologiya i immunologiya: uchebnoe posobie* [Microbiology and immunology: textbook]. Saint-Petersburg, Lan', 2023, 240 p.
8. Tekanova E. V., Makarova E. M., Kalinkina N. M. Otsenka sostoyaniya vody pritokov Onezhskogo ozera v usloviyakh antropogennogo vozdeystviya po mikrobiologicheskim i toksikologicheskim pokazatelyam [Assessment of the condition of the water of lake Onego inflowing streams under human impact using microbiological and toxicological parameters]. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 9, pp. 44–52.
9. Samoylova I. Yu., Anganova E. V., Savilov E. D. Taksonomicheskaya kharakteristika mikrobiotsenoza reki Leny v rayone g. Yakutska, Khangalasskogo i Namskogo rayonov (Respublika Sakha (Yakutiya)) [Taksonomic features of microbiocenosis of the river Lena in the region of Yakutsk, Hangalassky and Namsky areas (Republic Sakha (Yakutia))]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2009, no. 7, pp. 192–194.
10. Kazimirchenko O. V., Kotlyarchuk M. Yu. *Praktikum po mikrobiologii: uchebnoe posobie* [Microbiology Workshop: textbook]. Saint-Petersburg, Lan', 2020, 124 p.
11. Gerkhardt F. *Metody obshchey bakteriologii* [Methods of general bacteriology]. Moscow, Mir, 1984, vol. 3, 264 p.
12. Khoul't Dzh., Krig N., Snit P., Steyli Dzh., Uil'yams S. *Opredelitel' bakteriy Berdzhii* [Bergey's bacteria identifier]. Moscow, Mir, 1997, vol. 1, 432 p.
13. Khoul't Dzh., Krig N., Snit P., Steyli Dzh., Uil'yams S. *Opredelitel' bakteriy Berdzhii* [Bergey's bacteria identifier]. Moscow, Mir, 1997, vol. 2, 368 p.
14. Bogdanova O. Yu. *Mikrobiologiya vodnykh ekosistem: uchebnoe posobie* [Microbiology of aquatic ecosystems: textbook]. Murmansk, FGBOU VPO «MSTU» Publ., 2016, 150 p.
15. Tsupikova N. A., Men'shenin A. S. Otsenka sostoyaniya pruda Shenfliz (g. Kaliningrad) po gidrokhimicheskim pokazatelyam v 2018 godu [Assessment of the Shenfliz pond condition (Kaliningrad) due to hydrochemical indicators in 2018]. *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie: materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (19–21 marta 2019 g.)* [Natural resources, their current condition, protection, industrial and technical use: proceedings of the IX National Russian Scientific and Practical Conference (19–21 March 2019)]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, KamchatGTU, 2019, pp. 128–132.
16. Sevost'yanova E. A. [i dr.] *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie vodoe-mov rekreatsionnogo naznacheniya Kaliningrada* [Current ecological condition of recreational water bodies in Kaliningrad]. *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie: materialy XIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (29–30 marta 2022 g.)* [Natural resources, their current condition, protection, industrial and technical use: proceedings of the XIII National Russian Scientific and Practical Conference (29–30 March 2022)]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, KamchatGTU, 2022, pp. 193–197.

17. Lozitskaya E. A., Tsupikova N. A. Nekotorye rezul'taty ekologicheskogo monitoringa pruda Pelavskogo v 2015–2016 gg. [Some results of environmental monitoring of the Pelavsky pond in 2015–2016]. *Vestnik molodezhnoy nauki*, 2017, no. 1, pp. 1–7.

18. Lozitskaya E. A., Bugranova O. S., Kazimirchenko O. V., Tsupikova N. A. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya ozera Karpovskogo v 2019 g. [Assessment of the ecological state of Lake Karpovsky in 2019]. *Izvestiya KGTU*, 2020, no. 59, pp. 73–87.

19. Morsy K., Mishra A., Galal M. Water Quality Assessment of the Nile Delta Lagoons. *Air, Soil and Water Research*, 2020, vol. 13, pp. 1–11.

Информация об авторе

А. И. Моисеева – аспирант кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

Information about the author

A. I. Moiseeva – Postgraduate student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

Статья поступила в редакцию 31.08.2023; одобрена после рецензирования 10.09.2023; принята к публикации 19.09.2023.

The article was submitted 31.08.2023; approved after reviewing 10.09.2023; accepted for publication 19.09.2023.