

УДК 556: 579.68

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАКТЕРИОБЕНТОСА В ПРИПЛОТИННОМ ПЛЕСЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

© 2021 Н.Г. Шерышева

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия

Статья поступила в редакцию 02.06.2021

Представлены результаты расширенных исследований пространственного распределения бактериобентоса и его сапрофитной группы в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища в осенний период 2020 г. Проведен анализ многолетних данных численности бактерий с 1966 г. по настоящее время. За 54-летний период численность бактериобентоса в Приплотинном плесе увеличилась в три раза. В 2020 г. общая численность бактерий варьировала в диапазоне $2,47-25,59 \times 10^9$ кл/мл, биомасса – от 0,10-2,43 мкг/г, численность сапрофитных бактерий – $1,4-6,8 \times 10^5$ КОЕ/мл. На пространственное распределение осеннего бактериобентоса и его сапрофитной группы достоверное влияние оказывают гранулометрический состав донных отложений, содержание органического вещества, гидродинамический режим водоема. Выявлены закономерности пространственного распределения бактериального сообщества: 1 – количественные показатели бактерий увеличиваются от мелководного левого берега к профундали; минимальные их значения характерны для песков и заиленных песков, максимальные – для серых алевритовых и мелкоалевритовых илов; 2 – численность сапрофитных бактерий, напротив, наибольшая в литоральных песчаных отложениях по сравнению с тонкодисперсными серыми илами; численность сапрофитного бактериобентоса снижается вдоль поперечного речного профиля от мелководного левого побережья к глубоководному правому берегу. Показано влияние Усинского залива на формирование количественной структуры бактериобентоса: общая численность и биомасса бактерий возрастают от места впадения р. Уса по направлению к плотине. Обнаружена изменчивость размерно-морфологической структуры бактериобентоса в основных типах илов и в разных биотопах плеса: в песчаных отложениях на прибрежных мелководьях увеличивается доля кокков в общей численности бактериобентоса, а в тонкодетритных илах в глубоководных зонах – доля палочек.

Ключевые слова: бактериобентос, сапрофитные бактерии, общая численность, биомасса, размерно-морфологическая структура, гранулометрический состав

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-152-159

ВВЕДЕНИЕ

Бактериобентос представляет собой группу микроорганизмов, обитающих в донных отложениях водных экосистем и выполняющую функцию деструкции органического вещества. Результаты исследований демонстрируют огромный метаболический потенциал бентосных бактерий и их ведущую роль в минерализации органического вещества в верхневолжских водохранилищах [1, 2]. Куйбышевское водохранилище представляет особый интерес для изучения бактериобентоса в связи с особенностями морфологической конфигурации и гидрологического режима, значительными размерами, физико-химическим разнообразием и неоднородностью донных отложений, а также функциональной значимостью бактериального сообщества в процессах круговорота органического и биогенного вещества в водохранилище [3].

Шерышева Наталья Григорьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологии протейших и микроорганизмов.

E-mail: sapfir-sherry@yandex.ru

Регулярные микробиологические исследования донных отложений Куйбышевского водохранилища проводились с начала его заполнения в 1957 г. до 1997 г. Изучались закономерности развития, структура и сезонная динамика бактериобентосного населения, его роль в функционировании экосистемы водоема, бактериальное восстановление сульфатов, интенсивность микробиологических деструкционных процессов и цикла метана [2, 4-7]. Исследования бактериобентоса были продолжены в 2010 г. во время комплексной экспедиции Института экологии Волжского бассейна РАН. Определена общая численность и биомасса бактериобентоса, обнаружен эффект увеличения численности бактерий в Волжско-Камском плесе – в зоне контакта Волжских и Камских водных масс, получены положительные корреляции численности бактерий с содержанием органического вещества и алевритово-пелитовой фракции донных отложений [8]. Однако остаются не достаточно изученными экологические закономерности распространения бактериобентоса и отдельных его эколого-трофических групп по акватории

отдельных плесов Куйбышевского водохранилища. Одной из многочисленных групп в бактериальном сообществе донных отложений и значимых в минерализации органического вещества являются сапрофитные бактерии.

Цель данной работы – оценить пространственное распределение бактериобентоса и его сапрофитной группы в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища в осенний период, изучить размерно-морфологическую структуру бактериобентоса, выявить закономерности влияния на его развитие значимых абиотических факторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили грунтовые съемки, выполненные во время проведения комплексной экспедиции Институтом экологии Волжского бассейна РАН в период с 14.09 по 3.10.2020 г. Отбор проб донных отложений проводили с поверхностных горизонтов (0 – 5 см) трубчатым микробентометром С1 (диаметр вырезанной грунтовой колонки – 34 мм), позволяющим отбирать грунтовую колонку без нарушения ее структуры (рис. 1).

Физические характеристики поверхностных слоев донных отложений (температура, активная реакция среды – pH) измеряли *in situ* с ис-

пользованием портативного прибора pH-МЕТР № 5123. В лабораторных условиях определяли содержание органического вещества (по потерям при прокаливании – ППП, %) [9], гумусового вещества (ГВ, %) [10]. Тип донных отложений определяли на основе гранулометрического анализа, проведенного влажным просеиванием через сита и методом осаждения [11, 12]. Выделяли следующие размерные фракции механического состава грунта: крупный песок >1 мм, средний и мелкий песок 1,0-0,1 мм, алеврит 0,1-0,01 мм, пелит <0,01 мм [11]. Идентификацию типов грунтов производили по: [11, 13].

Определение общей численности и биомассы бактерий проводили методом флуоресцентной микроскопии с использованием флуоресцеинизотиоционата (FITC) [14]. Пробы грунта фиксировали 25%-ным раствором глутаральдегида до конечной концентрации 2,5 %. Фиксированную и суспензированную пробу объемом 0,5 мл из разведения 1:1000 фильтровали через ядерные фильтры с диаметром пор 0,2 мкм (производство ОИЯИ РАН, г. Дубна), окрашенные суданом черным. Подсчет и измерение размеров бактериальных клеток проводили с помощью микроскопа Leica DM5500B при увеличении $\times 1000$ в 20-ти полях зрения. Морфологию бактерий учитывали при соотношении длины и ширины клеток: кокки (<1,2),



Рис. 1. Схема отбора проб донных отложений в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища в сентябре 2020 г.

коккобациллы (1,2-1,8), палочки (1,8-10), нити (>10) [15]. Определяли следующие размерные классы бактерий (мкм): 0,2-1; 1-2; 2-5; 5-10; >10. Объем кокков, коккобацилл и палочек вычисляли по геометрическим формулам для объемов шара, эллипсоида и цилиндра. Было промерено более 500 клеток. Сапрофитные бактерии учитывали методом глубинного посева на агаризованную среду РПА [16]. Подсчет колоний проводили после 10-дневного культивирования при комнатной температуре, численность колоний выражали в КОЕ/мл. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Excel-2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Донные отложения как среда обитания бактериобентоса. В Куйбышевском водохранилище отмечаются два основных типа донных отложений: пески мелко- и среднезернистые (реже - крупнозернистые) и илы – крупноалевритовые, мелкоалевритовые и глинистые [17]. В Приплотинном плесе, по данным грунтовой съемки 1986-1987 гг., вдоль левого берега залежали пески, крупноалевритовые илы, ближе к плотине – мелкоалевритовые илы и глины, в средней глубоководной зоне – мелкоалеври-

Таблица. Тип донных отложений, гранулометрический состав и физико-химические характеристики поверхностного слоя (0-5 см) донных отложений Приплотинного плеса в осенний период 2020 г.

Станция	Тип ила	Н, м	рН	Содержание частиц (% по массе) с размером, мм				ГВ, %	ППП, %
				<1	1-0,1	0,1-0,01	>0,01		
Левый берег									
В 6	мелкоалевритовый ил	16	7,1	0	40,35	40,46	19,19	6,66	7,59
В 3	заиленный песок с дрейсенной	11	6,9	0	70,27	23,56	6,17	5,03	5,76
Н 7	алевритовый ил	15	6,2	0	55,95	30,51	13,54	5,16	6,45
В 7	песок	3	7,3	0	89,22	8,83	1,95	4,99	0,96
2	заиленный песок с водорослями	4	7,3	0	61,89	31,74	6,37	5,23	2,13
6	песок	5	7,15	1,75	93,85	2,5	1,9	4,30	0,74
1	песок	8	7,5	0	96,75	3,18	0,07	4,78	2,29
10	заиленный песок	10	7,2	0	80,76	13,49	5,75	3,95	3,01
13	алевритовый песок с дрейсенной	5	6,9	1,56	87,99	8,01	2,44	4,51	2,4
15	заиленный песок	16	6,8	0,47	79,93	12,55	7,05	5,60	7,22
Средняя часть									
3	алевритовый ил	12	7,2	0	42,92	43,04	14,04	4,82	10,04
39	мелкоалевритовый ил	15	7,35	0,24	44,57	34,27	20,92	7,46	13,3
7	алевритовый ил	14	7,2	0	44,8	43,3	11,90	4,60	10,14
11	алевритовый ил	15,5	7,1	0	53,5	33,01	13,49	5,74	11,00
34	алевритовый ил	14	7,2	0	56,67	32,99	10,34	4,38	6,35
Правый берег									
4	алевритовый ил с водорослевым наилком	14	7,2	0	43,33	42,18	14,49	5,08	10,35
5	алевритовый ил	20	7,2	0	46,22	39,91	13,87	6,16	7,74
8	мелкоалевритовый ил	25	6,8	0	44,69	36,89	18,42	5,33	8,79
12	алевритовый ил с дрейсенной	25	6,8	0	54,05	32,89	13,06	5,69	10,39
14	алевритовый ил с обильной дрейсенной	6	7,4	0	43,94	40,56	15,5	5,16	9,71
16	алевритовый ил с водорослевым наилком	32	7,7	0	64,2	22,13	13,67	4,53	2,8

товые и глинистые илы. Вдоль правого берега формировались крупно- и мелкоалевритовые, глинистые илы, участки слабозаиленных почв. Отличительной чертой донных отложений Куйбышевского водохранилища является его тонкозернистость, которая обусловлена составом материнских аллювиальных пород: мелкозернистыми песками, супесями, суглинками [17]. По данным, полученным нами в сентябре 2020 г., донные отложения Приплотинного плеса были представлены несколькими разновидностями песчаных и илистых осадков (таблица). Вдоль левого побережья плеса на глубинах до 8 м распространены средне- и мелкозернистые пески, на глубинах 10-16 м обнаружены илистые пески. В глубоководной средней части плеса и вдоль руслового правобережья до плотины залегают серые алевритовые илы, среди которых формируются тонкодисперсные мелкоалевритовые илы. На правом побережье встречаются локальные участки серых илов, на поверхности которых обнаруживаются обильный водорослевый наил или плотные популяции дрейсены.

Дифференциация гранулометрического состава грунтов в распределении по донному ложу определяется рядом факторов: морфологическим строением, гидрологическим и гидродинамическим режимом водоема, материнскими породами. В донных отложениях Приплотинного плеса фракция крупнозернистого песка (частицы размером $>1,0$ мм) в большинстве случаев отсутствовала, и была обнаружена в небольших количествах (0,47-1,75 %) только на трех станциях (таблица). Фракция средне- и мелкозернистого песка (размер частиц 1,0-0,1 мм) является в основном преобладающей в механическом составе всех типов грунтов. В песчаных отложениях преобладают частицы диапазона средне- и мелкозернистого песка (88-97 %). В илистых песках увеличивается процентное содержание алевритовых частиц (0,1-0,01 мм) до 14-32 %. Серые алевритовые и мелкоалевритовые илы характеризуются наибольшим содержанием тонкодисперсных фракций. Содержание пелитовых частиц ($<0,01$ мм) в них составляет 10-21 %. Около плотины (ст. 16), в связи с увеличением гидродинамической активности водных масс, в илах уменьшается содержание тонкодисперсных алевритовых и пелитовых частиц, и увеличивается доля фракции средне- и мелкозернистого песка.

Физико-химическая характеристика донных отложений. Температура в песках на мелководьях осенью составляла 12,0-15,5 °С. В глубоководных илах, обладающих способностью аккумулировать энергию, температура повышалась до 13,1-18 °С. Естественная влажность донных отложения проявляла известную закономерность – повышение содержания воды с увели-

чением дисперсности донных отложений. Так, наименьшей влажностью характеризовались пески на левом берегу (20-29 %), наибольшей – тонкодисперсные серые илы в центральной зоне и на правобережье и (73-82 %). Насыщенность влагой илистых песков составляла 60-75 %. Активная реакция среды изменялась от слабокислой до слабощелочной (рН = 6,5-7,7). Минимальные значения рН = 6,5-6,9 регистрировались в песках на станциях глубиной не более 3 м, наибольшие (рН = 7,3-7,7) – в наилках со скоплениями сине-зеленых водорослей в серых русловых илах в районе правого побережья (таблица).

Содержание гумусового вещества в разных типах грунтов изменялось от 3,95 % до 7,46 %. Каких-либо закономерностей в пространственном распределении гумусового вещества по донному ложу водоема не обнаружено. Содержание органического вещества (ОВ) в грунтах варьировало в больших пределах – от 0,7 % до 13,3 %, в зависимости от типа донных отложений. В песках средние значения ОВ составили 1,6%, в илистых песках – 4,53 %, в серых илах – 9,8 %. Серые илы центральной глубоководной зоны наиболее обогащены органическим веществом.

Бактериобентос. В период проведения исследования в Приплотинном плесе общая численность бактериобентоса варьировали от 2,47 до $25,59 \times 10^9$ кл/мл сырого ила, биомассы – от 0,10 до 2,43 мкг/г (рис. 2). Среднестатистические значения численности и биомассы осеннего бактериобентоса в Приплотинном плесе составили $10,57 \pm 2,84 \times 10^9$ кл/мл и $1,20 \pm 0,32$ мкг/г соответственно.

На основе исследований А.В. Иватина [7] и собственных результатов был получен многолетний ряд изменения общей численности бактериобентоса в осенний период. На рис. 3 представлены средние значения общей численности бактерий на станциях 34 и 39 Приплотинного плеса в сентябре в разные годы. Несмотря на то, что данные по многолетнему развитию бактерий в илах в осенний период представлены только в отдельные годы и всего на двух станциях, очевидно увеличение численности осеннего бактериобентоса за 54-летний период (в среднем в три раза): от $4,35 \times 10^9$ кл/г в сентябре 1966-1967 гг. до 12×10^9 кл/г в сентябре 2020 г. В 1966-1967 гг. наблюдался период стабилизации бактериальной численности. Из-за малочисленности данных не представляется возможным описать характер многолетней динамики бактериобентоса, кроме как тенденции к увеличению его численности.

В распределении численности и биомассы

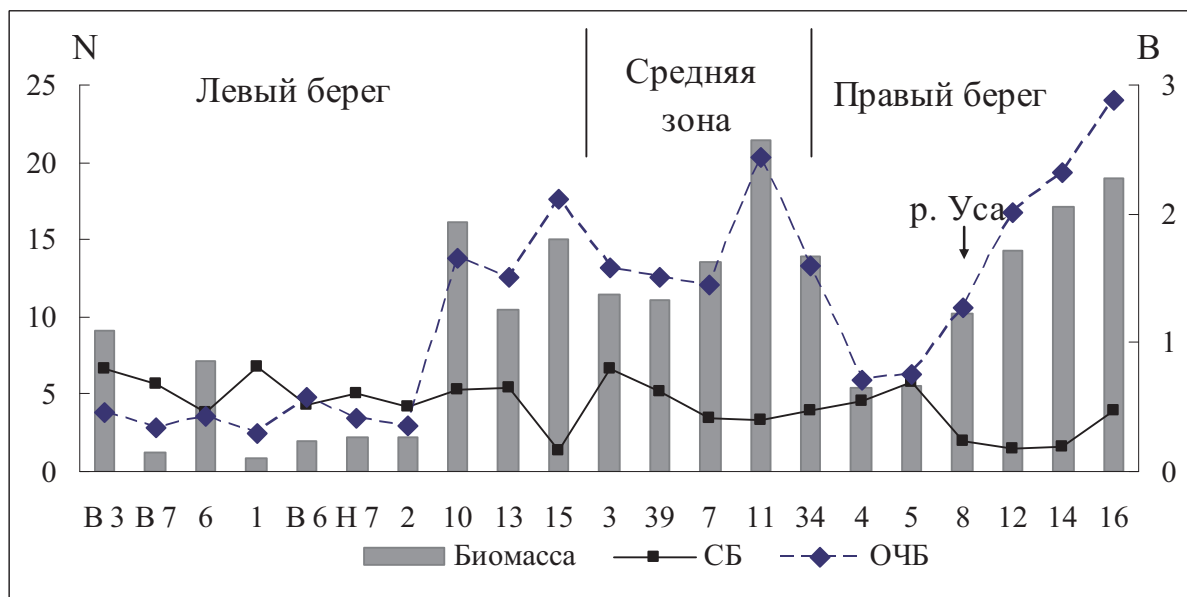


Рис. 2. Общая численность бактерий (ОЧБ) (N, ×10⁹кл/мл), биомасса (B, мкг/г) и численность сапрофитных бактерий (СБ) (N, ×10⁵КОЕ/мл) в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища в сентябре 2020 г.

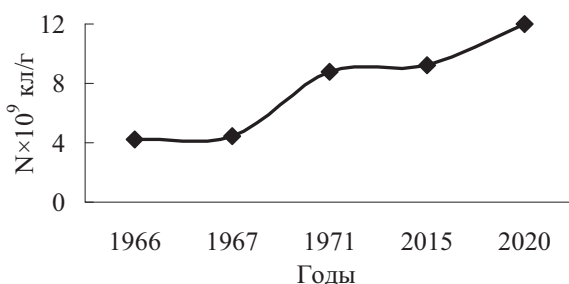


Рис. 3. Межгодовые изменения средней численности бактериобентоса в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища в осенний период с 1966 г. по 2020 г.

донных бактерий по акватории Приплотинного плеса прослеживаются пространственные закономерности, которые определяются типом донных отложений, влиянием р. Уса, содержанием органического вещества в илах. Минимальные численности и биомассы бактериобентоса регистрируются в песках и илистых песках, расположенных вдоль левого побережья – 2,47-4,78×10⁹ кл/мл и 0,1-0,85 мкг/мл, соответственно. В глубоководных серых алевритовых илах средней части Приплотинного плеса численность и биомасса бактерий увеличиваются до 12,04-20,38×10⁹ кл/мл и 1,32-2,58 мкг/мл, соответственно. В русловой части правого берега (ст. 4, 5) в алевритовых илах численность бактерий невелика и составляет ~ 6,01×10⁹ кл/мл, биомасса – 0,66 мкг/мл. После впадения р. Усы (ст. 12) численность бактериобентоса увеличивается до 16,73×10⁹ кл/мл и достигает максимальных значений около плотины (ст. 16) – 23,98×10⁹ кл/мл. Биомасса бактерий повторяет характер измене-

ния численности и также увеличивается от 1,22 до 2,28 мкг/мл. Пространственное распределение бактерий по акватории зависит главным образом от содержания в них органического вещества, в приустьевых участках основную роль в утилизации органического вещества играют бактерии, приносимые с речным стоком [18]. Отмеченный рост количественных показателей бактериобентоса на ст. 12-16 обусловлен влиянием Усинского залива. Это объясняется тем, что в устьях притоков и на выходе из заливов наблюдается повышение содержания биогенных веществ в донных отложениях, которое связано с уменьшением транспортирующей способности потоков в устьях рек и интенсивным накоплением взвешенного органического вещества [19]. Высокая численность бактерий обусловлена постоянным осаждением взвешенных веществ с адсорбированными на них бактериями, поступающими со стоком р. Уса.

Пространственное распределение биомассы бактерий по плесу, в основном сходно с изменением численности. Однако, отмечено снижение биомассы на фоне увеличения численности бактерий в Климовской узости (ст. В3, В6), которое обусловлено уменьшением линейных размеров бактериальных клеток.

Корреляционный анализ полученных данных подтвердил отдельные тенденции в пространственном распределении численности бактериальных популяций, полученные нами ранее [3, 8]. Выявлены положительные корреляция (при p<0,05) численности бактерий с содержанием органического вещества (r = +0,63) и пелитовых частиц (r = +0,34) в илах. Также содержание органического вещества коррелирует

с пелитовой ($r = +0,83$) и с алевритовой ($r = +0,72$) фракциями.

Сапрофитные бактерии. Численность сапрофитного бактериобентоса в сентябре 2020 г. составляла $1,4-6,8 \times 10^5$ КОЕ/мл. Следует отметить резкое снижение численности сапрофитов после впадения р. Уса (рис. 2). По отношению к типам грунтов сапрофитные бактерии в большей степени приурочены к песчанистым отложениям (пескам, илистым пескам) левобережного мелководья по сравнению с тонкодисперсными (алеваитовыми и мелкоалеваитовыми) профундальными серыми илами (рис. 4А). Средняя численность сапрофитов снижалась вдоль поперечного профиля от левого берега к центральной зоне и к правому берегу, также обнаружен тренд к снижению их численности с увеличением глубины плеса (рис. 4Б, В).

Такое распределение, по-видимому, связано с поступлением в прибрежные грунты загрязняющих органических веществ в результате рекреационной нагрузки от пляжей, условно-чистых стоков, лодочной станции, в утилизации которых сапрофитные бактерии играют значительную роль [2, 20]. Отсутствие в песках тонкодисперсных частиц, обладающих свойством аккумулировать химические соединения, способствует накоплению органического вещества в поровой воде, что делает его более доступными для развития сапрофитного бактериального комплекса.

ливания объясняется, по-видимому, качественным составом валового органического вещества [20]: меньшим содержанием в нем легкодоступного для сапрофитных бактерий спектра пищевых субстратов. Полученные корреляции позволяют объяснить тенденции в пространственном распределении сапрофитного бактериобентоса по донному ложу Приплотинного плеса.

Размерная структура бактериобентоса. В составе осеннего бактериобентоса преобладали клетки линейных размеров 0,2-0,5 мкм и 0,5-1,0 мкм. Длина нитевидных клеток составляла в основном 9-30 мкм, а единичных нитей достигала 89-142 мкм. Очень мелкие и крупные клетки размерных классов менее 0,2 мкм и более 5 мкм находились в минимальных количествах. Объемная структура бактериобентоса представлена на рис. 5.

Объемы бактериальных клеток составляли, в основном 0,013-0,20 мкм³. В прибрежье доминировали бактериальные клетки объемом 0,013-0,025 мкм³, в профундальных илах – более крупные бактерии, объемом 0,05-0,10 мкм³, при этом их вклад в общую численность бактерий составил ~35 %. Вклад клеток с объемами менее 0,013 мкм³ и более 0,400 мкм³ был незначительным и составлял 0,1-2,4 %.

Морфологическая структура бактериобентоса. Формы бактерий в осенний период, по сравнению с летним сезоном, менее разнообразны.

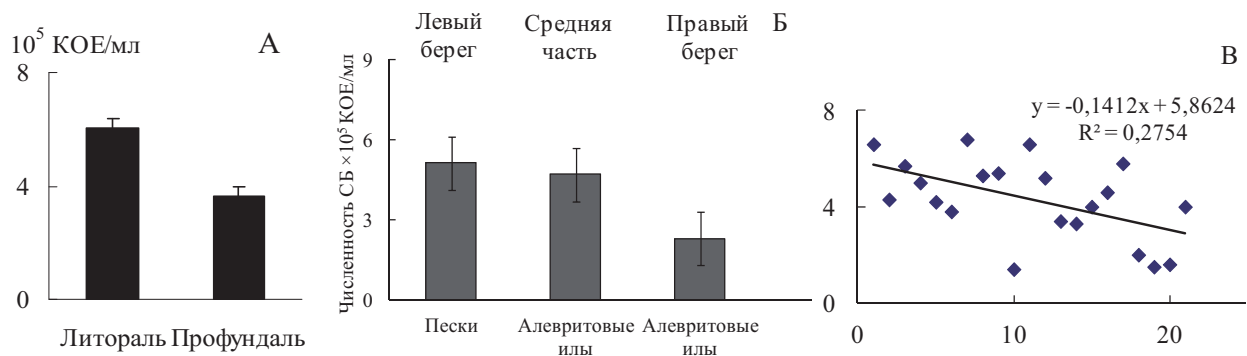


Рис. 4. Распределение численности сапрофитных бактерий (СБ) по донному ложу в Приплотинном плесе в сентябре 2020 г.: А – в разных биотопах, Б – в разных типах грунтов, В – тренд численности сапрофитных бактерий в зависимости от глубин

Другой возможной причиной сосредоточения сапрофитных бактерий на левом побережье служат более низкие скорости течения по сравнению с глубоководным правым побережьем.

Выявлен ряд отрицательных корреляций численности сапрофитного бактериобентоса с глубиной ($r = -0,36$), с содержанием пелитовой ($r = -0,32$) и алевритовой фракциями ($r = -0,22$), потерями при прокаливании ($r = -0,34$), и только одна положительная корреляция с фракцией мелко- и среднезернистого песка ($r = +0,26$). Отрицательная корреляция с потерями при прока-

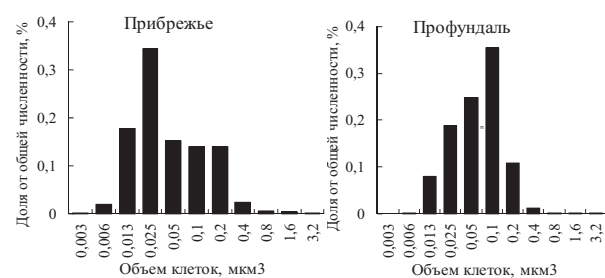


Рис. 5. Изменение размерной структуры бактериобентоса в разных экологических зонах Приплотинного плеса в сентябре 2020 г.

Морфологическая структура бактериобентоса характеризуется значительным преобладанием палочек, низкой численностью кокков, коккобацилл и единичными нитевидными клетками (рис. 6).

группы в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища в осенний период. На основании сравнительного анализа многолетних данных показано, что численность донных бакте-

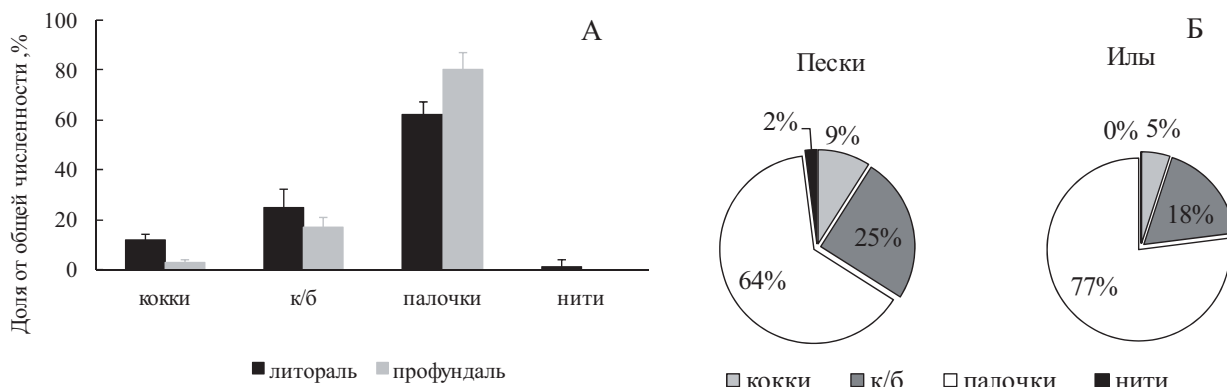


Рис. 6. Изменение морфологической структуры бактериобентоса в Приплотинном плесе в сентябре 2020 г.:

А – литоральный и профундальный биотопы, Б – типы донных отложений (пески и илы).

Примечание: к/б – коккобациллы

В среднем по плесу доля палочек в общей численности бактерий составила $0,75 \pm 0,05$ %, коккобацилл – $0,19 \pm 0,09$ %, кокков – $0,05 \pm 0,04$ %, нитей – $0,01 \pm 0,01$ %. В литоральных илах, где активно развиваются сапрофиты, доля кокков и коккобацилл выше, по сравнению с профундальными, в профундальных же илах, напротив, выше доля палочек (рис. 6А). Для песков характерно большее процентное содержание кокков, коккобацилл и нитей, по сравнению с илами (рис. 6 Б). Морфология клеток определяется физическими принципами, одним из которых является доступ к питательным веществам. Форма увеличивает отношение поверхности клетки к объему в условиях с низким содержанием питательных веществ [21]. Поэтому палочковидные бактерии предпочитают менее «питательные» биотопы, а кокки более приспособлены к загрязненным прибрежным песчаным отложениям как проявление «морфологической пластичности» и стратегии выживания.

Обнаружены положительные корреляции кокков ($r = +62$) и коккобацилл ($r = +40$) и отрицательная корреляция палочковых форм ($r = -0,57$) с численностью сапрофитных бактерий. Поскольку в литоральных илах доля сапрофитных бактерий выше, по сравнению с профундальными и при этом положительно коррелирует с кокками, следовательно, есть основание предполагать, что кокковые формы бактериобентоса предпочитают прибрежные биотопы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования изучены особенности пространственного распределения бактериобентоса и его сапрофитной

рий в плесе за 54-х летний период увеличилась в три раза.

На пространственное распределение осеннего бактериобентоса, включая сапрофитную группу, достоверное влияние оказывают тип донных отложений, а именно его гранулометрический состав, содержание органического вещества, гидродинамический режим водоема. Значительное влияние на формирование количественной структуры бактериобентосного сообщества оказывает Усинский залив: резко увеличивается общая численность бактерий от места впадения р. Уса к плотине, но при этом численность сапрофитных бактерий снижается. Минимальные численности и биомассы бактерий обнаружены в песчаных отложениях, максимальные – в серых алевритовых и мелкоалевритовых илах. Закономерности пространственного распределения сапрофитного бактериального комплекса проявляются также в увеличении их численности в песчаных отложениях, по сравнению с тонкодисперсными серыми илами, и снижению численности вдоль поперечного профиля от левого мелководного побережья к центральной зоне и к глубоководной части правого берега.

Выявлена изменчивость размерно-морфологической структуры бактериобентоса в основных типах илов и в разных экологических зонах (литоральных и профундальных биотопах). В песках, заиленных песках и песчаных илах на литорали преобладают бактериальные клетки размерного класса 0,2-0,5 мкм, в тонкодисперсных илах в профундали – бактерии линейных размеров 0,5-1,0 мкм. Для песчаных отложений характерно преобладание процент-

ного содержания кокков, коккобацилл, для тонкодисперсных илов – палочек. На мелководьях, где активно развиваются сапрофиты, доля кокков и коккобацилл в общей численности бактериобентоса выше, по сравнению с профундальными илами, а доля палочек, напротив, ниже.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kopylov A.I., Kosolapov D.B., Rybakova I.V. Assessing the Abundance, Biomass, and Production of Heterotrophic Bacteria in Upper Volga Reservoirs // *Water Resources*. 2019. V. 46. № 1. P. 45-51.
2. Дзюбан Н.А. Деструкция органического вещества и цикл метана в донных отложениях внутренних водоемов. Ярославль: Принтхаус, 2010. 192 с.
3. Sherysheva N.G. Ecological trends of spatial distribution and of size-morphological structure of bacteriobenthos in the Kuibyshev Reservoir, the Volga River, Russia // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 2021. V. 818. № 1. P. 012049.
4. Салманов М.А. Характеристика общего числа бактерий в Куйбышевском водохранилище // *Бюлл. ИБВ АН СССР*. 1958. № 1. С. 15-18.
5. Сорокин Ю.И. Бактериальное восстановление сульфатов в Куйбышевском водохранилище // *Труды ИБВ АН СССР*. 1960. Вып. 3(6). С. 36-39.
6. Добрынин Э.Г. Интенсивность микробиологических деструкционных процессов в илах Куйбышевского водохранилища // *Труды ИБВВ РАН*. 1993. Вып. 66(69). С. 35-47.
7. Иватин А.В. Бактериопланктон и бактериобентос Куйбышевского водохранилища. Тольятти: Касандра, 2012. 183 с.
8. Шерышева Н.Г. Бактериобентос Куйбышевского водохранилища в 2010 г. // *Современные проблемы водохранилищ и их водосборов*. Труды VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь, 2019. С. 95-99.
9. Ариушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: Изд-во Московского университета, 1970. 487 с.
10. Колешко О.И. Экология микроорганизмов почвы: Лаб. практикум. Минск: Вышш. школа, 1981. 176 с.
11. Законнов В.В., Законнова А.В., Цветков А.И., Шерышева Н.Г. Гидродинамические процессы и их роль в формировании донных осадков водохранилищ Волжско-Камского кас-када // *Труды ИБВВ РАН*. 2018. Вып. 81(84). С. 35-46.
12. Кузяхметов Г.Г., Мифтахова А.М., Киреева Н.А., Новоселова Е.И. Практикум по почвоведению // Учебное пособие. Уфа: РИО БашГУ, 2004. 120 с.
13. Зайков Б.Д. Очерки по озераведению. Ленинград: Гидрометеорологическое изд-во, 1960. 240 с.
14. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. М.: ГЕОС, 2001. 500 с.
15. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. М.: Издательство Академия, 2005. 608 с.
16. Дзержинская И.С. Питательные среды для выделения и культивирования микроорганизмов. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. 348 с.
17. Выхристюк Л.А., Варламова О.Е. Донные отложения и их роль в экосистеме Куйбышевского водохранилища. Самара, 2003. 174 с.
18. Каретникова Е.А., Гаретова Л.А. Бактериопланктон и бактериобентос Амурского лимана и прилегающих акваторий летом 2006 г // *Океанология*. 2009. Т. 49. № 3. С. 409-417.
19. Законов В.В. Аккумуляция биогенных элементов в донных отложениях водохранилищ Волги // *ИБВВ РАН*. 1993. Вып 66(69). С. 3-16.
20. Каретникова Е.А., Гаретова Л.А. Пространственно-временное распределение бактериопланктона и бактериобентоса в Амурском лимане и прилегающих морских акваториях // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 5. С. 776-786.
21. Young K.D. The Selective Value of Bacterial Shape // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2006. V. 70. № 3. P. 660. [https://doi: 10.1128/MMBR.00001-06](https://doi.org/10.1128/MMBR.00001-06).

SPATIAL DISTRIBUTION OF BACTERIOBENTHOS IN THE PRILOTINNY REACH OF THE KUIBYSHEV RESERVOIR IN THE AUTUMN PERIOD

© 2021 N.G. Sherysheva

Samara Federal Research Scientific Center RAS,
Institute of Ecology of Volga River Basin RAS, Togliatti, Russia

Extended studies of the spatial distribution of bacteriobenthos and its saprophytic group in the Priplotinny Reach of the Kuibyshev reservoir in the autumn period of 2020 have been carried out for the first time. The analysis of long-term data of the abundance of bacteria from 1966 till nowadays has been made. During the 54-year period of existence of the Priplotinny Reach, the abundance of bacteriobenthos has increased threefold. In 2020, the abundance of bacteria varied in the range of $2.47-25.59 \times 10^9$ cells mL^{-1} , the biomass – $0.10-2.43 \mu\text{g mL}^{-1}$, the abundance of saprophytic bacteria was $1.4-6.8 \times 10^5$ CFU/ mL^{-1} . The spatial distribution of autumn bacteriobenthos and its saprophytic group is significantly influenced by the granulometric composition of bottom sediments, the content of organic matter, and the hydrodynamic regime. The minimum abundance and biomass of bacteria were found in sands and silted sands, the maximum – in gray aleuritic and fine-aleuritic silts. The influence of the Usinsky Bay on the formation of the quantitative structure of bacteriobenthos is shown – the total abundance of bacteria increases and the abundance of saprophytes decreases from the confluence of the river Usa to the dam. Regularities of the spatial distribution of saprophytic bacteria were revealed: 1 – an increase in the abundance in sandy sediments compared to finely dispersed gray silts, 2 – a decrease in the abundance along the trans-verse profile from the coast of the left bank to the central zone and to the deep-water zone of the right bank. In the morphological structure, an increase in the proportion of cocci in the total abundance of bacteriobenthos increases in sandy sediments in coastal shallow waters, and the proportion of sticks, on the contrary, increases in fine-grained silts in deep-water zones.

Keywords: bacteriobenthos, saprophytic bacteria, abundance, biomass, size-morphological structure, granulometric composition

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-152-159

Natalya Sherysheva, candidate of Biological, researcher at the Laboratory of Ecology of Protozoa and Microorganisms.
E-mail: sapfir-sherry@yandex.ru