

УДК 579.68

© Е. В. Ветрова, А. В. Маркевич

**СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БАКТЕРИО- И ФИТОПЛАНКТОНА
ВЕРХНЕ-КАЛЬМИУССКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: vetrova.donny@mail.ru*

Ветрова Е. В., Маркевич А. В. Сезонные изменения бактерио- и фитопланктона Верхне-Кальмиусского водохранилища. – Установлены сезонные изменения численности бактерий и характер их распределения по горизонтам. Максимум для общего микробного числа бактерий составляет в августе 3200 КОЕ/см³, а для коли-индекса – в сентябре 17000 КОЕ/дм³. Установлено, что вертикальное распределение бактерий в водоеме находится в прямой зависимости от температуры. Определен видовой состав водорослей, указаны доминирующие виды. В зимний период преобладают диатомовые и зеленые водоросли, в летний период – синезеленые. Отмечен резкий скачок синезеленых водорослей в конце осеннего периода.

Ключевые слова: фитопланктон, бактериопланктон, синезеленые водоросли, общее микробное число, коли-индекс.

Введение

Оценка экологического состояния водных объектов на основании изучения структурных характеристик и разнообразия населяющих их комплексов живых организмов является одной из основных современных задач гидроэкологии. Фитопланктон играет важную роль в биотическом балансе, процессах формирования качества воды и биологического режима водохранилищ. Он обеспечивает новообразование органического вещества в процессе фотосинтеза [1-3].

Бактериопланктон как одна из составных частей биогеоценоза водных экосистем выполняет важную роль в ассимиляции и трансформации органических и минеральных соединений. Сообщество бактериопланктона проявляет отчетливую реакцию на антропогенное загрязнение различного характера. Поэтому реакция бактериопланктона, в том числе изменение его структурных параметров, может быть одним из показателей способности экосистемы водоема к трансформации поступающего загрязнения [4-8].

Водохранилище относится к источникам хозяйственно-питьевого водоснабжения, поэтому целью нашей работы было установление возможного загрязнения водного объекта путем наблюдения за сезонными изменениями бактерио- и фитопланктона поверхностного слоя и по горизонтам воды Верхне-Кальмиусского водохранилища в течение 2008 г.

Материал и методы исследования

Объектом исследования были пробы воды Верхне-Кальмиусского водохранилища, взятые с поверхностного, среднего и придонного горизонтов.

Пробы воды исследовались по биологическим показателям с использованием стандартных методик [9, 10].

Отбор проб водохранилища производился с помощью батометра с мостика, сооруженного на плотине. Пробы воды поверхностного горизонта в течение 2008 г. отбирались каждый месяц, кроме февраля, так как водохранилище было покрыто льдом. Средний и придонный горизонты – 1 раз в квартал (апрель, июнь, сентябрь, декабрь). Пробы воды по горизонтам отбирали с водозаборной башни.

Пробы воды исследовались по санитарно-микробиологическим (общее микробное число (ОМЧ) при 37 и 20⁰С и коли-индекс) и гидробиологическим показателям. Число сапрофитных бактерий и фитопланктона определяли согласно общепринятым методикам [9, 10].

Определение числа лактозоположительных колоний (ЛКП) устанавливали методом мембранных фильтров. Сущность метода заключается в концентрировании бактерий из воды на мембранный фильтр, выращивании их при 37⁰С на среде Эндо, дифференцировании выросших колоний и подсчете количества бактерий, относящихся к ЛКП.

Результаты и обсуждение

Количество бактерий в воде водохранилища в основном определяется метеорологическими условиями и, возможно, связано с солнечной активностью. Один из важнейших факторов, влияющих на бактериальную деятельность, – температура. Сезонные колебания температур влияют не только на бактериальную активность, но и оказывают селекционирующее воздействие в течение года на состав бактериальных сообществ [2].

Биологическая зима наступает при нарастающем похолодании, поверхность водохранилища покрывается льдом, интенсивность освещения наименьшая, количество биогенов непрерывно нарастает в результате разложения отмирающего планктона и подъема богатых питательными солями глубинных вод к поверхности.

В начале года в зимний период температура воды в поверхностном горизонте колебалась от 0,1 до 0,4°C. Бактериологические показатели имели низкие значения: ОМЧ – 5 КОЕ/см³, коли-индекс – 200 КОЕ/дм³, что свидетельствует о том, что жизнедеятельность микробов не прекращалась даже зимой (рис. 1).

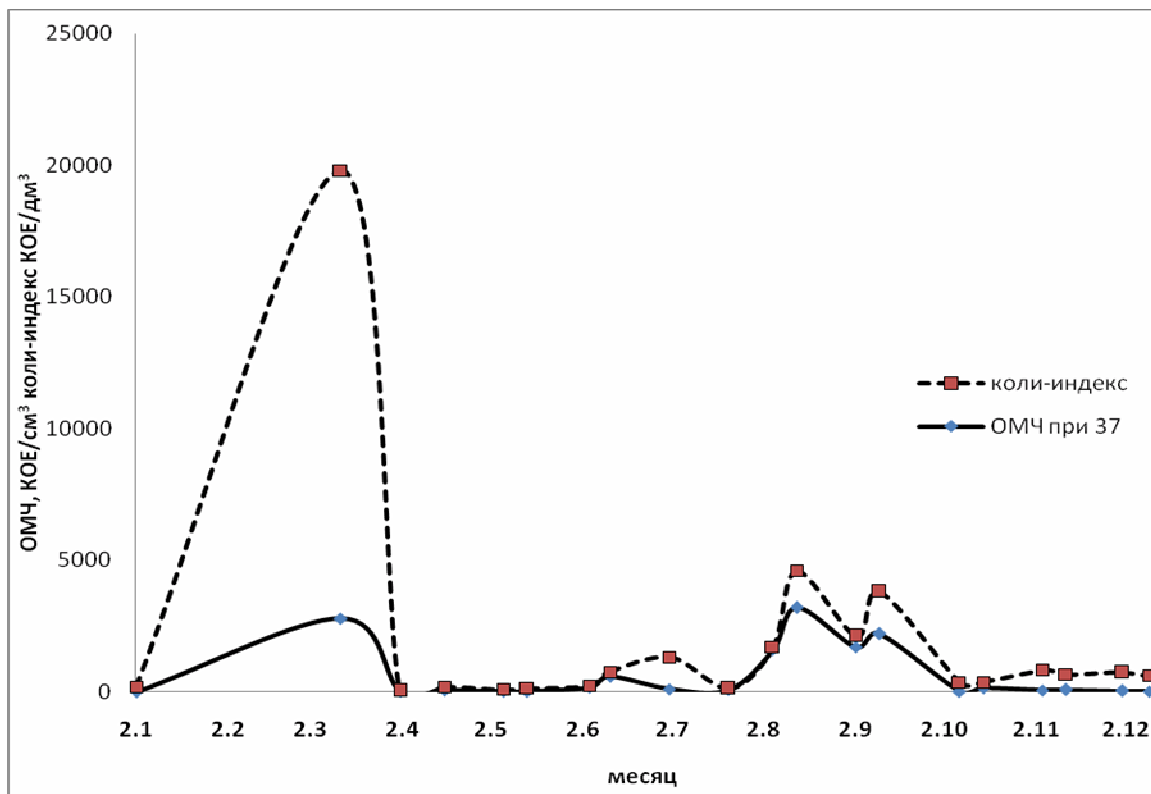


Рис. 1. Динамика изменения бактериологических показателей.

В весенний период (в марте) отмечалось резкое увеличение численности бактерий ОМЧ до 2200 КОЕ/см³, коли-индекса – до 17000 КОЕ/дм³. Это связано с окончанием ледостава, началом весеннего половодья, когда в воду поступает значительная масса загрязнений с поверхности льда, накопившаяся за зимний период. Коли-индекс в апреле составляет менее 20 КОЕ/дм³.

Биологическое лето связано с наступлением максимального освещения, температура воды повышается, количество биогенов снижается. К этому времени окончательно исчезает термобар, выравниваются поверхностные температуры воды по всей акватории водоема, происходит стратификация водных масс.

Летом одним из основных внутриводоемных факторов, регулирующих развитие и распределение бактерий в водных объектах, является массовая вегетация синезеленых водорослей. Количество бактерий взаимосвязано с их обилием и физиологическим состоянием. В начальные периоды развития планктонных водорослей существует обратная

зависимость численности бактерий от биомассы фитопланктона. В июне, в период активной вегетации синезеленых водорослей, именуемый как "цветение" воды, микробиологические показатели находятся в следующих величинах (ОМЧ – 180 КОЕ/см³, коли-индекс – 59 КОЕ/дм³).

Основной пик высоких значений ОМЧ приходится на конец лета – август (1600-3200 КОЕ/см³) и на начало осени – сентябрь (1700-2200 КОЕ/см³). Высокие значения для коли-индекса отмечаем в начале июля – 1200 КОЕ/дм³, в середине августа и в середине сентября 1400 КОЕ/дм³ – 1600 КОЕ/дм³.

В ноябре вследствие теплых погодных условий значения коли-индекса составляли 700 кое/дм³.

Сезонные изменения лактозоположительных и сапрофитных бактерий в воде водохранилища совпадают (см. рис. 1). Так колебания ОМЧ и индекса ЛКП характеризуются ранневесенним максимумом, достигая высоких значений в конце лета и в начале осени.

Следовательно, пик значений санитарно-показательных микроорганизмов приходится на август и сентябрь.

В фитопланктоне водохранилища обнаружено 65 видов водорослей, представленных 68 внутривидовыми таксонами. Наибольшего разнообразия достигали диатомовые водоросли – 27 видов (29 внутривидовых таксонов). Второе место занимают зеленые, насчитывающие 21 вид (22 таксона). Остальные группы водорослей представлены менее разнообразно: пиррофитовые, желто-зеленые и эвгленовые, насчитывающие по 4 вида, синезеленые – 3 вида, золотистые – 2 вида.

В составе фитопланктона водохранилища выявлено 28 видов – индикаторов сапробности, из них 18 (64% общей численности) характеризовали степень органического загрязнения воды в пределах β-мезосапробной зоны, 2 (7,4%) – α-мезосапробионты и 8 (28,5%) – олигосапробионты [12].

С увеличением температуры происходит заметное увеличение показателей численности фитопланктона, которые затем, в зависимости от влияния дополнительных факторов, снижаются или уменьшаются (рис. 2). В феврале, вследствие солнечной и малоснежной зимы, незначительный ледовый покров обеспечивал достаточное освещение, и отмечалась интенсивная вегетация отдела зеленых видов рода *Chlamydomonas*, количество клеток достигало 3000/см³.

Биологическая весна характеризуется увеличением продолжительности и интенсивности солнечного освещения, началом прогревания воды, максимумом биогенных элементов. Вегетация водорослей начинается сразу после окончания ледостава, тогда резко увеличивается приток солнечной радиации и, соответственно, скорость прогрева воды. Ранневесенний комплекс водорослей в количественном отношении не богат (498 клеток/см³) и был представлен несколькими отделами, среди которых преобладали зеленые водоросли рода *Chlamydomonas*.

При повышении температуры у всех водных микроорганизмов наблюдается ускорение развития и размножения. В мае, когда температура воды достигает 13°C, начинают преобладать диатомовые водоросли (1059 клеток/см³), представленные в основном *Stephanodiscus hantzschii* Grun и *Cyclotella comta* (Ehr.) Kuetz.

Влияние фитопланктона на бактериопланктон неоднозначно. В периоды массового развития диатомовых происходит уменьшение численности бактерий вследствие ингибирования их активно вегетирующими водорослями. Микробиологические показатели в мае имеют низкие значения: ОМЧ – 20 КОЕ/см³, коли-индекс – 78 КОЕ/дм³ (см. рис. 1).

В периоды активной вегетации водоросли играют положительную роль в формировании качества воды: извлекают из нее биогенные элементы, обогащают воду кислородом, в результате чего процессы минерализации органического вещества активизируются, и качество воды повышается.

При ухудшении физиологического состояния диатомовых, их отмирании и разложении общее количество бактериопланктона и сапрофитных бактерий существенно увеличивается, а также следует ожидать повышения численности бактерий группы кишечной палочки.

В начале июня отмечалось развитие следующего комплекса зеленых водорослей (4624 кл/см^3): *Dictyosphaerium pulhellum* Wood, *Pediastrum duplex* Meyen, а к середине месяца лидирующее положение уже принадлежит синезеленым водорослям в количестве 3455 кл/см^3 , в основном *Anabaena flos-aquae* (L.) Ralfs. В июле синезеленые водоросли отходят на второй план, уступая место зеленым: в основном представителям рода *Coelastrum*. Однако массовой вегетации ни в августе, ни в сентябре не отмечаем, и постепенно количество водорослей снижается до 18 кл/см^3 , что объясняется отсутствием достаточного количества биогенных элементов.

При отмирании фитопланктона в результате воздействия техногенных факторов отмечаем максимальное количество бактерий, поскольку отмирание и разложение фитопланктона сопровождается вспышкой их общей численности, а также сапрофитов и бактерий группы кишечной палочки в августе и в сентябре. Выявленный в этот период максимум бактерий совпадает по времени с появлением автохтонной органики, вызванной деградацией микрофитобентоса.

С понижением температуры возрастает роль диатомовых водорослей, в основном рода *Cyclotella* (октябрь – 2200 кл/см^3).

Последующее накопление биогенных веществ приводит к увеличению в ноябре численности фитопланктона отдела *Cyanophyta* до 6000 кл/см^3 , среди которого доминируют следующие представители: *Microcystis aeruginosa* Kuetz. em. Elenk, *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Breb, *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. В декабре при понижении температуры воды до $5,4^{\circ}\text{C}$ наблюдаем снижение количества клеток до 18 кл/см^3 .

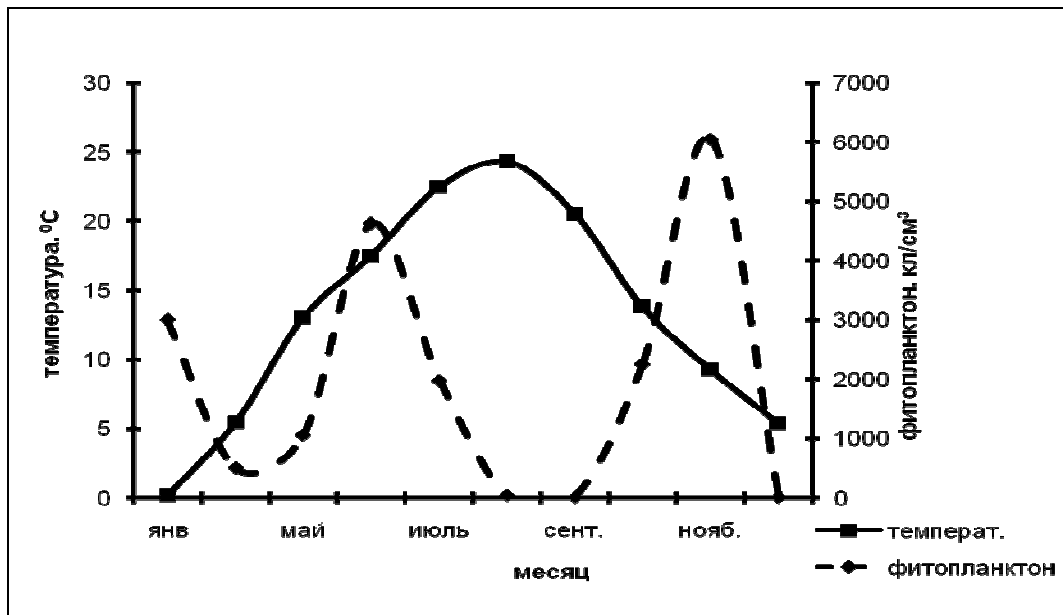


Рис. 2. Зависимость фитопланктона от температурного фактора.

Рассмотрим, как изменялись бактериологические показатели в зависимости от глубины водоема (рис. 3, 4). Тенденция повышенного числа сапрофитных микробов поверхностного горизонта по сравнению с показателями в других горизонтах не всегда сохраняется. Возможно, это связано с более интенсивно происходящими процессами минерализации в придонном слое, и при отсутствии поступления загрязнений в поверхностный горизонт.

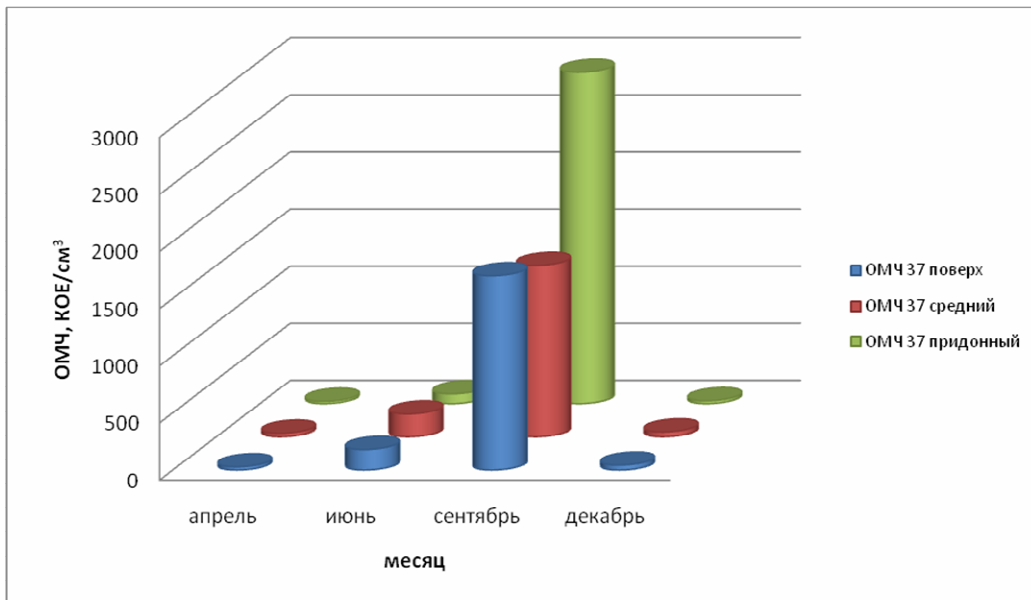


Рис. 3. Изменение ОМЧ по горизонтам в течение года.

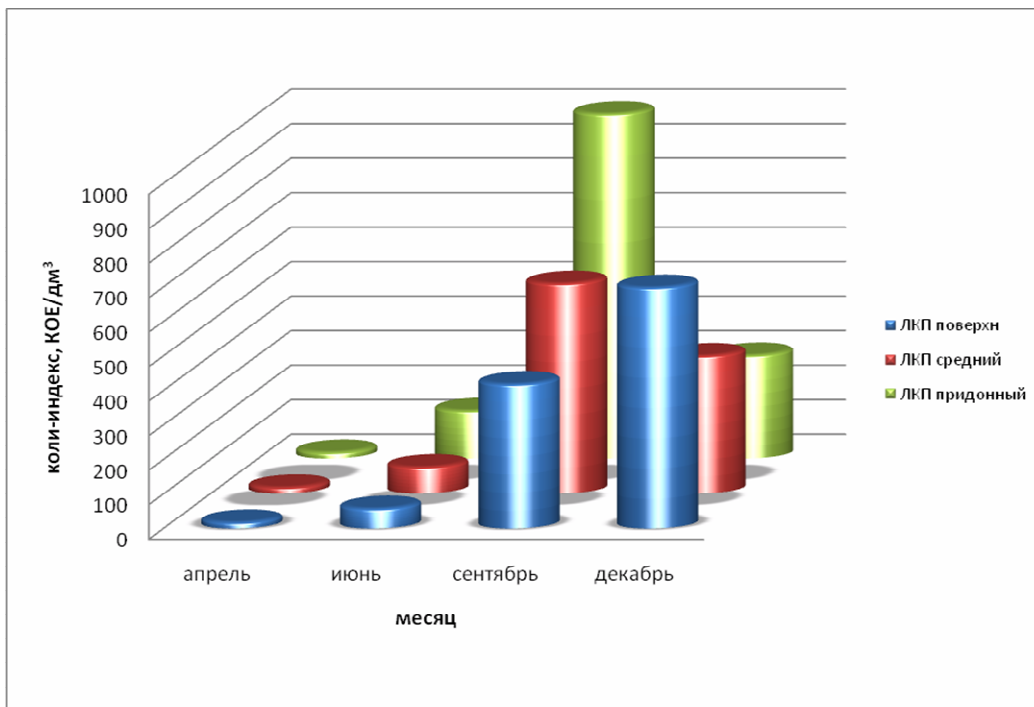


Рис. 4. Изменение ЛКП по горизонтам в течение года.

В весенний и зимний сезоны наблюдаем равномерное распределение сапрофитных бактерий по горизонтам. Колебания бактерий имеет место в летний и осенний периоды, причем в осенний период наибольшее количество бактерий в придонных слоях. Это можно объяснить накоплением органических веществ за счет водорослей в придонных слоях и началом их деструкции. Колебание коли-индекса особенно заметно в осенний и зимний периоды, причем осенью в придонном слое, как в случае с ОМЧ, коли-индекс выше по сравнению с остальными горизонтами.

Если рассмотрим распределение фитопланктона по горизонтам (рис. 5), то наблюдаем следующее явление: в весенние и летние месяцы с увеличением глубины водоема происходит снижение количества клеток, что, очевидно, связано с уменьшением потока солнечной радиации. В сентябре увеличивается количество клеток фитопланктона в придонном горизонте по сравнению со средним и поверхностным, что связано с развитием сине-зеленых водорослей в нижних горизонтах.

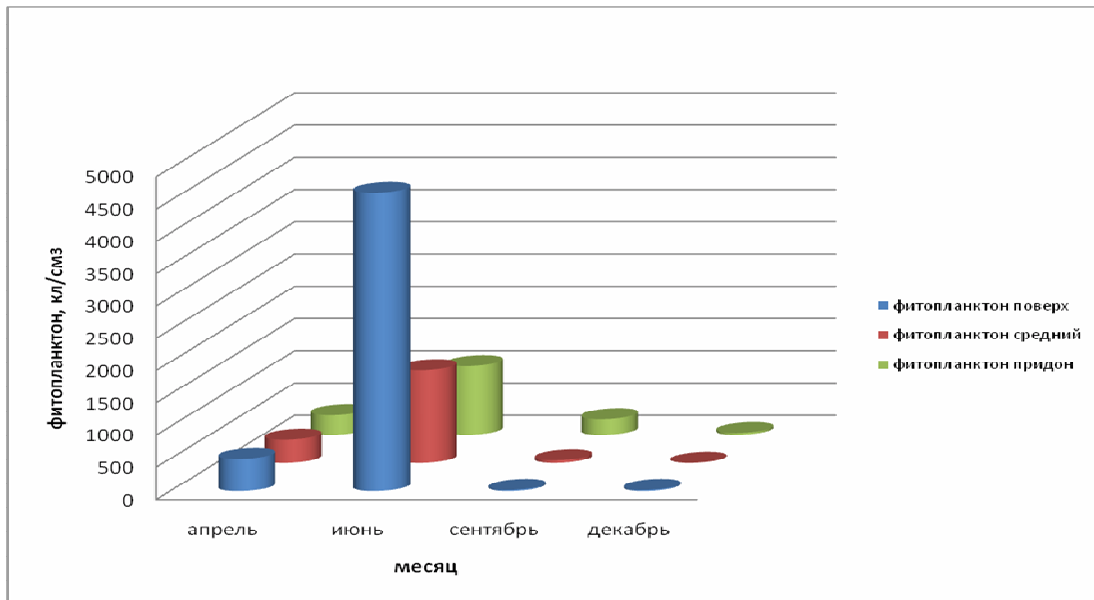


Рис. 5. Зависимость фитопланктона по горизонтам в течение года.

На протяжении года сохраняется преобладание автохтонной микрофлоры над аллохтонной в воде поверхностного горизонта. Самое максимальное соотношение для поверхностного горизонта наблюдаем в летний период (в мае), оно составляет 1:26, что свидетельствует об активности процессов самоочистения (рис. 6).

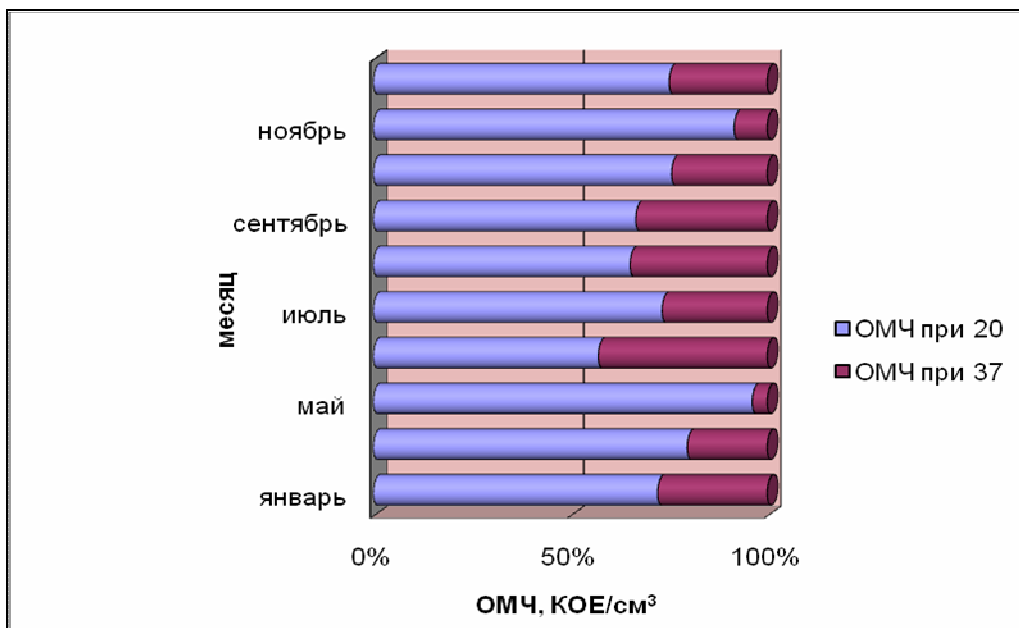


Рис. 6. Соотношение ОМЧ при 20 и 37°C.

Выводы

1. В сезонной динамике численности бактериопланктона в воде водохранилища отмечаются два максимума. Первый – весенний (март, апрель), второй – позднелетний и раннеосенний (август, сентябрь).

2. В фитопланктоне водохранилища обнаружено 65 видов водорослей, представленных 68 внутривидовыми таксонами.

3. В сезонной динамике фитопланктона водохранилища по мере прогрева, а затем охлаждения водных масс одни комплексы водорослей сменяются другими. В зимний и

ранневесенний період переважають зелені водорості, в пізневесенній період – діатомові, літом відбувається чергування зелених з синьо-зеленими, а восени знову з'являються діатомові водорості.

4. Максимальне співвідношення аллохтонної та автохтонної мікрофлори спостерігається в травні, що свідчить про активність процесів самоочищення в весняний період.

5. Верхньо-Кальміуське водохранилище за показателями сапробності належить до β – мезосапробного класу (слабо забруднена зона).

Список літератури

1. *Малая Л. М.* Альгофлора прудів Буденнівського району / Л. М. Малая, Н. М. Лялюк // Тези доп. II Міжнар. наук. конф. асп. та студ. "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів". – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2003. – Т. 2. – С. 6–7.

2. *Водохранилища* и их воздействие на окружающую среду. – М.: Наука, 1986. – 400 с.

3. *Черницкая Л. Н.* Фитопланктон каналов юга Украины и его влияние на качество воды: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л. Н. Черницкая. – К.: Ин-т ботаники, 1968. – 17 с.

4. *Гурняк Д.* Бактериопланктон и содержание органического углерода в меромиктическом озере / Д. Гурняк, Г. Н. Олейник, Ю. Дунальская, М. Теодорович // Гидробиол. журн. – 2006. – Т. 42. – С. 66–78.

5. *Олейник Г. Н.* Бактериопланктон и бактериобентос в экотонных экосистемах / Г. Н. Олейник // Гидробиол. журн. – 1997. – Т. 33, № 1. – С. 51–63.

6. *Щур А.* Бактериопланктон озера Ханка / А. Щур, А. Д. Апонасенко, В. Н. Лопатин, В. С. Филимонов // Гидробиол. журн. – 1997. – Т. 33, № 1. – С. 63–69.

7. *Старосила Е. В.* Структурные параметры бактериопланктона в прудах с высоким содержанием минерального азота / Е. В. Старосила, Г. Н. Олейник, Г. Н. Крот // Гидробиол. журн. – 2007. – Т. 43, № 3. – С. 94–105.

8. *Олейник Г. Н.* Микробиологическая характеристика водоемов с высокой антропогенной нагрузкой / Г. Н. Олейник, Е. В. Старосила // Гидробиол. журн. – 2005. – Т. 41, № 4. – С. 70–80.

9. *Методические указания* по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов. – М., 1981. – № 2285-81. – 24 с.

10. *Кузьмин Г. В.* Фитопланктон. Видовой состав и обилие / Г. В. Кузьмин // Методика изучения биогеоценозов внутренних вод. – М.: Наука, 1975. – 340 с.

11. *Коврижных А. И.* Фитопланктон и фитобентос канала Северский Донец-Донбасс и их влияние на качество воды: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. И. Коврижных. – К.: Ин-т ботаники, 1978. – 32 с.

12. *Барина С. С.* Атлас водорослей – индикаторов сапробности (российский Дальний Восток) / С. С. Барина, Л. А. Медведева. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 364 с.

Ветрова О. В. Маркевич Г. В. Сезонні зміни бактеріо- та фітопланктона Верхньо-Кальміуського водосховища. – Установлено сезонну динаміку чисельності бактерій та характер їх розподілу по горизонтах. Максимальне загальне мікробне число спостерігалось у серпні (3200 кл/мл), а колі-індекс – у вересні (17000 кл/л). Вертикальний розподіл бактерій у водоймищі має пряму залежність від температури. Визначено видовий склад та домінуючі види водоростей. Взимку домінують діатомові та зелені, влітку – синьо-зелені. Відмічено різкий скачок чисельності синьо-зелених водоростей наприкінці осені.

Ключові слова: фітопланктон, бактериопланктон, водорості, загальне мікробне число, колі-індекс.

Vetrova E. V., Markevich A. V. Seasonal changes of bacterio- and phytoplankton of the Verhne-Kalmiussky reservoir. – A seasonal dynamics of number of bacteria and their distribution pattern on vertical were found. The maximum total microbial count was marked in August (3200 cells in ml), the coli-index – in September (17000 cells in l). The vertical distribution of bacteria in the reservoir is directly dependent on temperature. The specific structure and dominating species of algae were defined. Diatoms and green algae prevail in winter, blue-green algae – in summer. A sharp jump of number of blue-green algae in September was marked.

Key words: phytoplankton, bacterioplankton, algae, total microbial count, coli-index.