

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗИМНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА ОЗ. ВОСЬМЕРКА
В ФЕВРАЛЕ 2014 ГОДА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

© 2015 Е. С. Кривина

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Статья поступила в редакцию 10.04.2015

В данной статье проведен анализ качественных и количественных показателей развития фитопланктона оз. Восьмерка в феврале 2014 г., рассмотрен комплекс доминирующих видов водорослей по численности и биомассе, произведена оценка видового разнообразия, уровня трофности и качества воды.

Ключевые слова: фитопланктон, численность, биомасса, доминирующие виды, видовое разнообразие, класс качества воды.

В рамках урбанизированного ландшафта водоемы являются важным климатообразующим фактором компонентом, выполняют рекреационную и эстетическую функцию. Со стороны города экосистемы подобных водоемов испытывают серьезную нагрузку, которая зачастую провоцирует развитие антропогенной эвтрофикации, а также токсификацию, заиление, аккумуляцию загрязняющих веществ [2,8,10,11]. Поэтому необходимо тщательно отслеживать состояние экосистем подобных водоемов и фиксировать, произошедшие в них изменения.

Фитопланктон – первое звено трофической цепи в любом водном объекте. Кроме того, все изменения, происходящие в рамках экосистемы водоема, в т. ч. эвтрофирование, влияют, в первую очередь, именно на сообщества автотрофных организмов. Исследование качественных и количественных характеристик альгофлоры помогает оценить общее экологическое состояние экосистемы водоема, определить уровень трофности, класс качества воды и т.д. [12,13].

В северо-восточной части г. Тольятти располагается каскад Васильевских озер, который возник в современном виде в 50-60-х годах XX в. По литературным данным и имеющемуся картографическому материалу до заполнения Куйбышевского водохранилища существовало одно озеро – Б. Васильевское. Остальные озера, кроме Отстойника, образовались в результате затопления естественных понижений рельефа в этом районе грунтовыми водами, уровень которых поднялся при наполнении водохранилища. На состояние экосистем данного каскада значительно влияют крупные поселения (с. Васильевка, дачные массивы), очистные сооружения крупных промышленных предприятий (ВАЗ, ТоАЗ), в летний период многочисленные отдыхающие [1,7].

Кривина Елена Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории экологии простейших и микроорганизмов. E-mail: pepelisa@yandex.ru

Проведенные в конце 1980-х – начале 1990-х гг. исследования водоемов сотрудниками ИЭВБ РАН оценили трофическое состояние значительной части озер на тот момент как гипертрофное. Дальнейшее их изучение было связано со специальными работами по созданию экологических паспортов некоторых из них [7].

С июня 2013 г. лабораторией экологии простейших и микроорганизмов ИЭВБ РАН регулярное комплексное исследование этих водоемов возобновлено в связи с проводящимися на нем мероприятиями по «биологической реабилитации». Проводимые нами независимые наблюдения позволят провести независимую оценку этих мероприятий [1].

Среди прочих водоемов Васильевского каскада проводилось изучение альгофлоры планктона озера Восьмерка, который окружен дачным массивом и испытывает значительную рекреационную нагрузку в летний период от многочисленных отдыхающих. Работы проводили с учетом сезонной динамики фитопланктона и его вертикального распределения.

Оз. Восьмерка расположено в южной части цепи Васильевских озер. Оно имеет неправильную, продолговатую форму. Длина водоема 700 м, объем - 395 000 м³, площадь - около 12,88 га, максимальная глубина – 8,0 м, средняя – 3,1 м [3].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе представлены материалы, полученные при исследовании зимней альгофлоры озера Восьмерка в феврале 2013 г.

Изучение фитопланктона озера проводилось по стандартным гидробиологическим методикам [2, 4, 6]. Пробы фитопланктона отбирали батометром Рутнера, объемом 2 л. Материал фиксировали раствором Люголя и затем дофиксировали раствором формалина. Концентрацию проводили

методом фильтрации 0,5 л через мембранный фильтр с диаметром пор 1 мкм с использованием насоса Комовского.

Концентрат пробы приводили к объему 10 мл. Для количественного подсчета водорослей использовали камеру Учинской объемом 0,01 мл. Для большей достоверности учета клеток просчитывали по 10 полос в двух повторах. Подсчет организмов вели под микроскопом «Биолар» (Польша) при увеличении в 600 раз.

Помимо численности вычисляли биомассу фитопланктона. Для этого пользовались методом приведенных геометрических фигур, разработанных Г.В. Кузьминым (1984) [4]. При этом форму клетки каждой водоросли приводили к определенной геометрической фигуре и вычисляли ее объем. Биомасса определялась в мг/л.

В качестве критериев разнообразия и выравниваемости сообществ фитопланктона использовали информационные индексы Шеннона-Уивера и Пиелу, рассчитанные по численности и биомассе. Сходство альгофлоры оценивали с помощью коэффициента Серенсена [5].

Эколого-географический анализ альгофлоры проводили по данным, приведенным в определителях, основываясь при этом на наиболее известных и разработанных системах.

К доминирующим видам относили те, численность и биомасса которых составляла 10 и более % от общей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В составе зимнего фитопланктона оз. Восьмерка было зарегистрировано 59 таксонов водорослей рангом ниже рода. Они относились к 37 родам, 24 семействам, 15 порядкам, 11 классам, 7 отделам.

Наибольшим видовым богатством отличался отдел зеленых водорослей (42% от общего числа, зарегистрированных видов, разновидностей и форм), затем следовали диатомовые (25%) и синезеленые (цианопрокариоты) (12%) водоросли.

Также заметна доля криптофитовых водорослей (10%), что характерно для зимнего фитопланктона. Доля других отделов в формировании альгофлоры составляла менее 10%. Именно такое соотношение основных отделов водорослей характерно для Куйбышевского водохранилища, в результате заполнения которого и образовалось это озеро [14].

Эколого-географический анализ показал (рис. 1), что основная часть зарегистрированных водорослей представлена планктонными организмами (60% от общего числа водорослей, для которых известно традиционное место обитание). Заметна также доля планктонно-бентосных (12%) и бентосных форм (15%), что является характерной чертой малых водоемов зоны с умеренным климатом [8, 10].

Практически все зарегистрированные водоросли относились к видам-космополитам (98% от общего числа видов, для которых известно географическое распространение).

Среди индикаторов солености воды преобладают виды-индифференты (76%). Доля истинно пресноводных организмов (галофобов и олигогалофобов) составляет 9%. Водоросли, предпочитающие соленые воды (галофилы) соответственно составляют 13%.

Водоросли-индикаторы различной степени органического загрязнения составляют 85% от общего количества зарегистрированных видов, разновидностей и форм (рис. 2). Основная часть (38% водорослей-сапробионтов) – это виды-индикаторы низкой степени органического загрязнения (от χ до α -мезосапробной зон). Несколько ниже количество видов-индикаторов средней степени органического загрязнения (β -мезосапробы) составляют 34%. Доля индикаторов высокой степени содержания органических веществ (от β - α до α -сапробной зон) составила 28% от общего числа водорослей-сапробионтов. Подобное соотношение основных групп индикаторов степени сапробности свидетельствует о довольно высокой степени загрязнения, особенно, если учитывать, что наблюдения проводились в зимний период.

Таблица 1. Таксономический состав альгофлоры планктона оз. Восьмерка в феврале 2014 г.

Отдел	Число				Число таксонов		
	классов	порядков	семейств	родов	видовых	внутри-видовых	Всего
Синезеленые	2	3	4	7	7	0	7
Диатомовые	2	4	7	9	15	0	15
Желтозеленые	0	0	0	0	0	0	0
Криптофитовые	1	1	1	2	6	0	6
Динофитовые	1	1	1	1	2	0	2
Эвгленовые	1	1	1	2	4	0	4
Зеленые	4	5	10	16	24	1	25
Итого	11	15	24	37	58	1	59

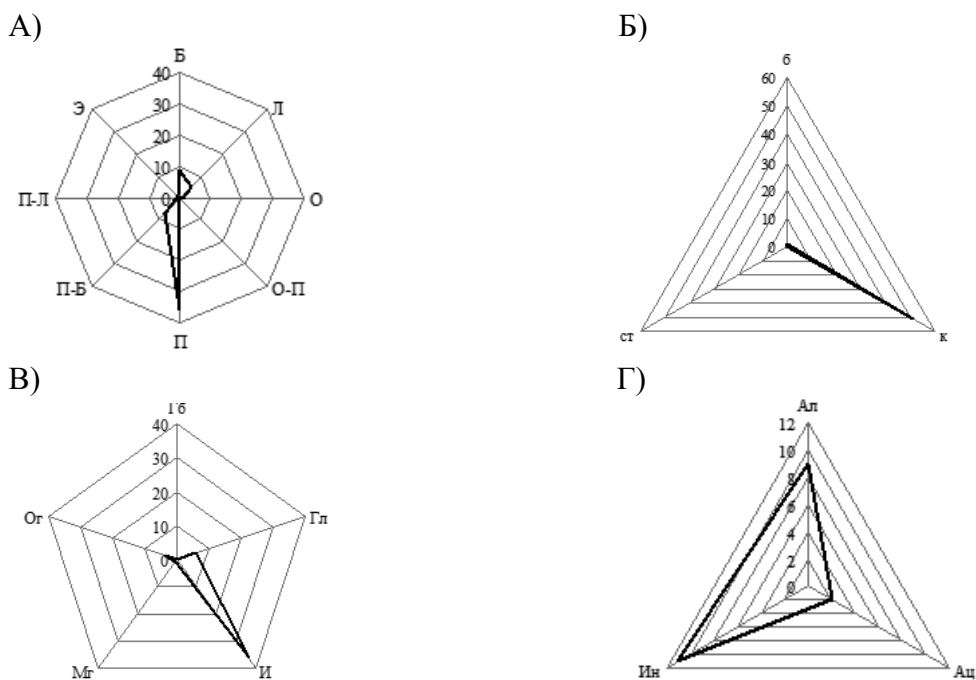


Рис. 1. Распределение числа видовых и внутривидовых таксонов водорослей в зависимости от эколого-географических характеристик альгофлоры планктона оз. Восьмёрка в июне 2013 г.: А – от типичных мест обитания; Б – от распространения; В – от отношения к солёности; Г – от отношения к рН. Обозначения: П – планктонный, Л – литоральный, О – обрастатель, Э – эпибионт, П-Б – планктонно-бентосный, к – космополит, б – бореальный, ст – субтропический, И – индифферент, Ог – олигогалоф, Мг – мезогалоф, Гл – галофил, Гб – галофоб, Ал – алкалофил + алкалобионт, Ин – индифферент, Ац – ацидофил+ацидобионт

При анализе вертикального распределения удельное число таксонов рангом ниже рода было не постоянным на разных глубинах (таб. 2). Максимальное количество видов, разновидностей и форм водорослей (33 таксона рангом ниже рода) было зарегистрировано в подледном слое, приравненному к нулевому горизонту. Далее на глубине 2 м было зафиксировано уменьшение до 17 таксонов рангом ниже рода. Подобный скачок можно объяснить изменением условий существования водорослей (освещенность, концентрация кислорода, температура и т.д.). На глубине 3 м шло резкое увеличение до 31 таксона рангом ниже рода. На последующих горизонтах, включая придонный, количество видов, разновидностей и форм водорослей оставалось примерно одинаковым и варьировало в диапазоне от 26 до 29 таксонов рангом ниже рода.

Во время исследования видовое разнообразие водорослей в оз. Восьмерка было не слишком вы-

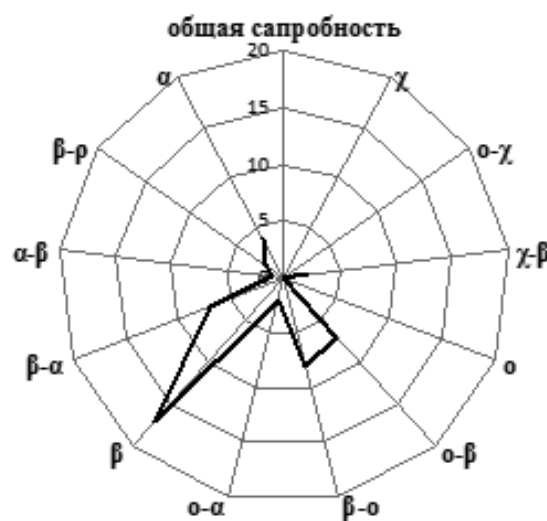


Рис. 2. Виды-индикаторы различных зон сапробности

Таблица 2. Вертикальное распределение таксонов рангом ниже рода

	0 м	2 м	3 м	4 м	6,5 м
Синезеленые	6	4	5	8	6
Диатомовые	6	2	5	4	10
Криптофитовые	5	2	3	3	4
Динофитовые	2	0	0	0	0
Желтозеленые	0	0	0	0	0
Эвгленовые	2	1	0	1	2
Зеленые	12	8	18	10	7

соким относительно численности, но достаточно высоким по биомассе (таб. 3). Коэффициент Шеннона составил, в среднем, 2,5 по численности и 3,3 по биомассе. Сообщество водорослей озера было недостаточно выровненным по численности (средний показатель Пиелу 0,54) и достаточно выровненным относительно биомассы (средний показатель Пиелу 0,72).

Низкие показатели видового разнообразия и выравненности сообщества водорослей (рассчитанные по численности) были связаны с активной вегетацией нитчатых безгетероцистных форм синезеленых водорослей (цианопрокариот) – *Limnотrix redekei* (Van Goor) Meff., *Planktolynghya limnetica* (Lemm.) Kom.-Leg. et Gron. и *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom., которые на отдельных горизонтах давали более 80% от общей численности. Так минимальные значения показателей видового разнообразия и выравненности сообщества были зафиксированы на глубине 0 м (подледный горизонт) и составили 1,87 и 1,37 соответственно. На этом горизонте были жесткие условия доминирования: доля от общей численности *Limnотrix redekei* составляла 44%, а *Planktothrix agardhii* – 43%. Максимальные значения коэффициентов Шеннона (3,1) и выравненности по Пиелу (0,66) были отмечены на глубине 4 м, где доля от общей численности каждого из выше перечисленных видов не превышала 20 %.

Коэффициенты видового разнообразия Шеннона и выравненности по Пиелу, рассчитанные применительно к биомассе водорослей, были существенно выше. Это связано с тем, что мелкоклеточные нитчатые формы преимущественно не смогли стать однозначными доминантами по биомассе. Хотя они в ходили в состав комплекса водорослей, доминирующих по биомассе практически на всех горизонтах, они не смогли спровоцировать формирование условий жесткого доминирования. Минимальные показатели коэффициентов Шеннона и выравненности по Пиелу (2,63 и 0,64 соответственно) были зарегистрированы на глубине 2 м и были обусловлены активной вегетацией центрической диатомовой водоросли *Cyclotella radiosa* (Grun.) Lemm. (вклад в общую биомассу 39%) и зеленой водоросли *Chlamydomonas simplex* Pasch. (вклад в общую

биомассу 25%). Максимальными показатели коэффициентов Шеннона и выравненности по Пиелу были в придонном горизонте (глубина 6,5 м) и составили 3,85 и 0,79 соответственно.

Показатели численности и биомассы фитопланктона были максимальными в поверхностном горизонте и составили 22,1 млн кл./л и 2,52 мг/л, причем значительный вклад в формировании и численности, и биомассы на этом горизонте вносили синезеленые водоросли (цианопрокариоты) (рис. 3). На глубине 2 м был зафиксирован минимум численности фитопланктона – 5,1 млн кл./л. Затем шло постепенное увеличение численности до достижения придонного горизонта – 9,8 млн кл./л. Основной вклад в формировании численности вносили представители отделов синезеленых водорослей (цианопрокариот) и в значительно меньшей степени зеленых водоросли.

Показатели биомассы менялись несколько иначе. От поверхностного горизонта к глубине 2 м шло резкое уменьшение биомассы (2 м – 0,73 мг/л) Потом на глубине 3 м произошло ее увеличение за счет активной вегетации диатомовых и зеленых водорослей до 0,9 мг/л. Затем наступало снижение с минимумом в придонном горизонте – 0,68 мг/л. В формирование общей биомассы фитопланктона заметный вклад вносят представители отделов диатомовых и зеленых водорослей. Водоросли этих отделов имеют значительно больший размер клеток, чем цианопрокариоты и даже при относительно невысокой численности вносят значительный вклад в показатели общей биомассы фитопланктона.

В соответствии с работами Трифановой (1990) цветение на поверхностном горизонте можно охарактеризовать как умеренное, уровень трофности – мезотрофный. Это достаточно высокие показатели для зимнего фитопланктона. На остальных горизонтах уровень цветения – слабый, уровень трофности – олиготрофный.

Из 59 зарегистрированных видов, разновидностей и форм водорослей в ранг доминирующих вошло 4 по численности и 6 по биомассе (таб. 4). Доминирующие по численности водоросли представлены исключительно цианопрокариотами. При этом практически исключительно нитчатыми безгетероцистными формами, относимыми ра-

Таблица 3. Показатели видового разнообразия и выравненности сообщества водорослей

глубина	Индекс Шеннона		число ВИДОВ	выравненность по Пиелу	
	численность	биомасса		численность	биомасса
0 м	1,87	3,17	33	0,37	0,63
2 м	2,44	2,63	17	0,60	0,64
3 м	2,97	3,58	31	0,60	0,72
4 м	3,1	3,65	26	0,66	0,78
6,5 м	2,25	3,85	29	0,46	0,79

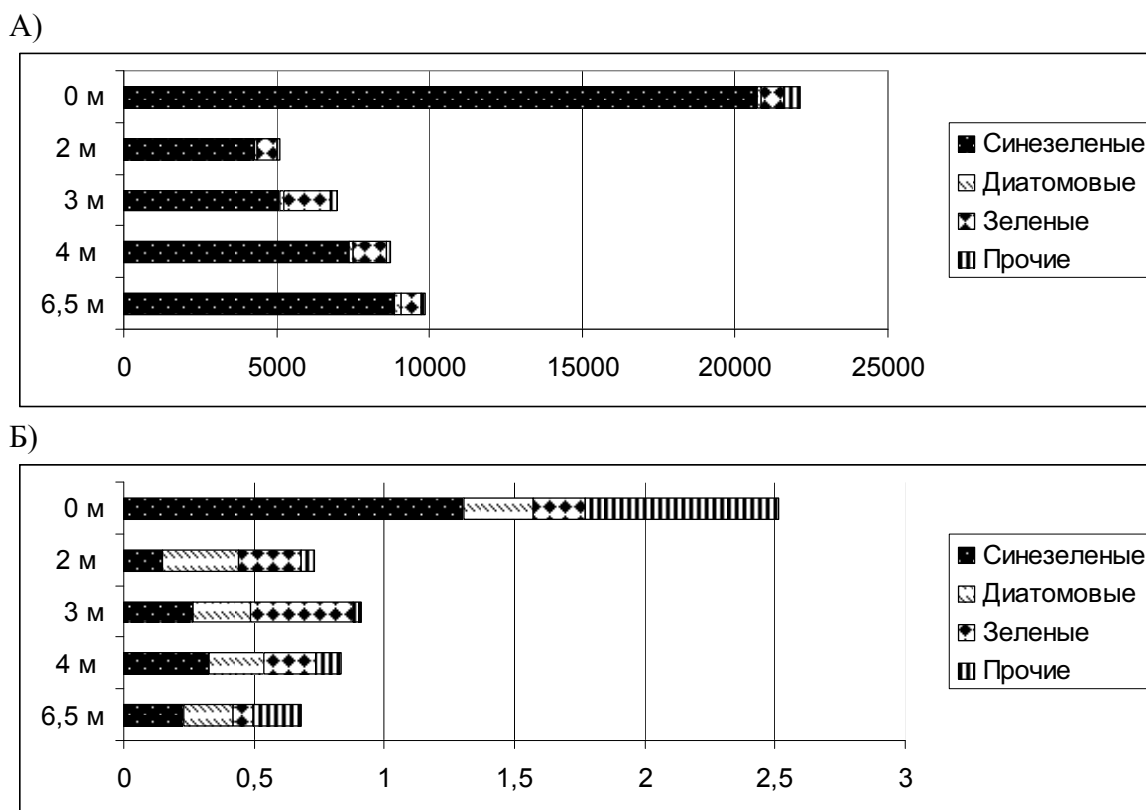


Рис. 3. Общая численность (А) и биомасса (Б) фитопланктона с учетом вертикального распределения и вклада основных отделов водорослей в ее формирование

Таблица 4. Доминирующий комплекс водорослей

Доминанты	по численности		по биомассе	
	Водоросль	Процент	Водоросль	Процент
0 м	<i>Limnotrix redekei</i>	44%	<i>Planktothrix agardhii</i>	43%
	<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagn. et Kom.	43%		
2 м	<i>Limnotrix redekei</i>	47%	<i>Cyclotella radiosa</i>	39%
	<i>Planktolyngbya limnetica</i>	18%	<i>Chlamydomonas simplex</i>	25%
			<i>Planktothrix agardhii</i> 13 %	13%
3 м	<i>Planktolyngbya limnetica</i>	39%	<i>Cyclotella radiosa</i>	20%
	<i>Planktothrix agardhii</i>	16%	<i>Chlamydomonas simplex</i>	20%
	<i>Oscillatoria tenuis</i> Ag.	16%	<i>Planktothrix agardhii</i>	14%
			<i>Oscillatoria tenuis</i>	11%
4 м	<i>Limnotrix redekei</i>	28%	<i>Cyclotella radiosa</i>	22%
	<i>Planktolyngbya limnetica</i>	23%	<i>Planktothrix agardhii</i>	16%
	<i>Planktothrix agardhii</i>	14%	<i>Oscillatoria tenuis</i>	10%
	<i>Oscillatoria tenuis</i>	11%		
6,5 м	<i>Limnotrix redekei</i>	55%	<i>Euglena acus</i>	16%
	<i>Planktolyngbya limnetica</i>	21%	<i>Cyclotella radiosa</i>	15%
			<i>Limnotrix redekei</i>	10%
			<i>Planktothrix agardhii</i>	10%

нее к роду *Oscillatoria*. Данное состояние озер (с круглогодичной вегетацией представителей рода *Oscillatoria*) в XX в. ряд авторов называют «осцилляториевой болезнью» и связывают с их интенсивным эвтрофированием. С. Reynolds с соавторами, отмечая своеобразие водоемов с преобладанием *Oscillatoria agardhii*, *Oscillatoria redekei*, *Oscillatoria limnetica* Lemm., обозначили группу этих видов как планктотрихетовый (S1) тип [15]. Дальнейший анализ состояния фитопланктона озера позволит более объективно оценить его состояние. По биомассе в составе доминирующего комплекса почти на всех горизонтах – диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам наблюдений за состоянием зимнего фитопланктона оз. Восьмерка в феврале 2014 г. можно сделать следующие заключения:

1) фитопланктон водоема характеризовался значительным видовым богатством водорослей;

2) по эколого-географическим характеристикам основная масса зарегистрированных водорослей относится к планктонным организмам, имеет широкое географическое распространение, по отношению к солёности воды - преобладают виды-индифференты, по отношению к кислотности – алкалофилы;

3) максимальные показатели удельного числа таксонов рангом ниже рода, численности и биомассы были приурочены к поверхностному горизонту, также было отмечено увеличение удельного числа видов и показателей биомассы в зоне смены условий в водоеме (глубина 3 м);

4) основная роль в формировании общей численности фитопланктона принадлежала синезеленым водорослям, биомассы – диатомовым, зеленым и синезеленым (цианопрокариотам). Массовое развитие и активная вегетация, в том числе и в зимний период, нитчатых безгетероцистных формам, относимыми ранее к роду *Oscillatoria*, указывает на развитие в водоеме «осцилляториевой болезни» и интенсивное эвтрофирование;

5) в соответствии с работами Трифановой (1990) цветение на поверхностном горизонте можно охарактеризовать как умеренное, уровень трофности – мезотрофный. Это достаточно высокие показатели для зимнего фитопланктона. На остальных горизонтах уровень цветения – слабый, уровень трофности – олиготрофный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов М.Ю., Тарасова Н.Г., Уманская М.В., Краснова Е.С., Кривина Е.С. Состояние озера Большое Васильевское в первый год интродукции хлореллы // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге. Сборник материалов докладов III Международной научной конференции, 24–29 августа 2014 года. Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина. Ярославль: Филигрань, 2014. С. 216–217.
2. Иванова М.Б. К вопросу об определении состояния озёрных экосистем при антропогенном воздействии // Журн. биол. внутр. вод. 1997. № 1. С. 5–12.
3. Кривина Е. С., Тарасова Н. Г. Фитопланктон урбанизированного водоема (на примере оз. Восьмерка, г. Тольятти, Самарская область) I. эколого-географическая характеристика // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16 № 5(5). С. 1758–1764.
4. Кузьмин Г.В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 73–87.
5. Мегарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.
6. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. 240 с.
7. Номоконова В. И., Выхристюк Л. А., Тарасова Н. Г. Трофический статус Васильевских озёр в окрестностях г. Тольятти // Известия Самарского научного центра РАН. 2001. Т.3. №2. С. 274–283.
8. Охапкин А.Г. Видовой состав фитопланктона как показатель условий существования в водотоках разного типа // Бот. жури. 1998. Т.83. №9. С. 1–13.
9. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., 2004. 288 с.
10. Старцева Н.А., Охапкин А.Г., Юлова Г.А. Фитопланктон как индикатор качества воды малых городских озёр // Проблемы регионального экологического мониторинга: Мат-лы I Научно-практ. конф. Нижний Новгород, 2002. С. 135.
11. Старцева Н.А., Охапкин А.Г. Состав и структура фитопланктона некоторых пойменных озёр культурного ландшафта (на примере г. Нижнего Новгорода). // Биология внутренних вод. 2003. № 4. С. 35–42.
12. Трифанова И.С. Экология и сукцессия озёрного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 183 с.
13. Трифанова И.С. Закономерности изменения фитопланктонных сообществ при эвтрофировании озёр: Дисс. ... докт. биол. наук в форме научного доклада. СПб., 1994. 77 с.
14. Фитопланктон Нижней Волги: водохранилища и низовье реки. С-Пб: «Наука», 2003. 230 с.
15. Reynolds, C. S., V. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // Journal of Plankton Research 24: 417–428.

WINTER PHYTOPLANKTON OF THE LAKE EIGHT (FEBRUARY 2014 YEAR)

© 2015 E. S. Krivina

Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences, Togliatti

In this article the analysis of the quality and quantity indicators of the development of phytoplankton Lake Eight in February 2014; is examined the complex of the prevailing forms of algae on the number and the biomass, a evaluation of specific variety, level of trophicity and quality of water is made.

Keywords: phytoplankton, number, biomass, the prevailing forms, specific variety, the class of the quality of the water.

Elena Krivina, Associate Research Fellow at the Laboratory of Ecology of Protozoa and Microorganisms.
E-mail: pepelisa@yandex.ru