

ФИТОПЛАНКТОН В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТОПАХ ОЗЕРА ОТСТОЙНИК (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2019 г. Е.С. Кривина

ФГБУН «Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук», г. Тольятти, Россия

Ключевые слова: водная экосистема, фитопланктон, техногенный водоем, экотопы, таксономический анализ, эколого-географический анализ, сапробность, сезонная сукцессия, видовое разнообразие, уровень загрязнения, эвтрофирование.

Представлены результаты изучения видового состава и основных показателей количественного развития фитопланктона в различных экотопах оз. Отстойник – малого водоема, относящегося к системе Васильевских озер г. Тольятти Самарской области. Изначально водоем служил приемником отходов азотно-тукового производства. В 1990-х годах техногенная эксплуатация озера была прекращена, но рекультивационных работ по восстановлению экосистемы водоема не проводилось. Современное состояние экосистемы водоема – результат его самоочищения и самовосстановления. В данном контексте представленные материалы могут заинтересовать специалистов-экологов, работающих в области анализа «затраты–выгоды» при прогнозировании развития «нулевого» сценария, т. е. без влияния рекультивационных работ на процессы самовосстановления нарушенных водных экосистем.

В рамках исследования изучен видовой состав альгофлоры планктона в различных экотопах водоема, произведен ее флористический и эколого-географический анализ. Рассмотрена также сезонная сукцессия фитопланктона в период с 2014 по 2016 гг., проанализированы показатели количественного развития фитопланктона, роль основных отделов водорослей в его формировании. С применением индекса Шеннона-Уивера проведена оценка уровня видового разнообразия в различных экотопах водоема. По показателям количественного развития фитопланктона оценена степень трофии вод. На основании данных сапробиологического анализа установлен уровень загрязнения и определен класс качества воды в водоеме.

В связи с ростом антропогенного давления на окружающую среду важнейшей задачей современной гидроэкологии является мониторинг состояния водных экосистем и прогнозирование происходящих в них изменений. Одной из наиболее уязвимых групп водоемов являются малые озера, расположенные в рамках антропогенно трансформированного ландшафта. Изучение состояния таких водных объектов особенно актуально, поскольку они играют важную роль в формировании климата городской среды,

являясь значимым компонентом зон рекреации. Кроме того, малые озера имеют большую эстетическую ценность в рамках культурного ландшафта города [1]. Интенсивная урбанизация водосборной площади таких водоемов, сопряженная с техногенной нагрузкой, приводит к перестройкам сложившихся биоценозов, провоцирует развитие процессов эвтрофирования, токсикофикации, заиливания, аккумуляции загрязняющих веществ [1–6].

Фитопланктон – чуткий индикатор экологического состояния водных экосистем. Его структура и функциональные особенности во многом определяют функционирование водной экосистемы в целом. Все изменения в водных экосистемах отражаются на сообществах автотрофных организмов, а короткий жизненный цикл водорослей позволяет даже при проведении краткосрочного мониторинга выявить и оценить неблагоприятные изменения во всей экосистеме водоема [1, 2, 6].

Изучение современного состояния фитопланктона оз. Отстойник представляет особый интерес, т. к. водоем прошел процесс восстановления после техногенной эксплуатации без рекультивационных работ. Представленные в данной работе результаты могут заинтересовать специалистов в области анализа «затраты–выгоды» при прогнозировании развития «нулевого» сценария, т. е. без вмешательства в процессы самовосстановления нарушенных водных экосистем [7–10].

Цель работы – анализ современного состояния фитопланктона в различных экотопах оз. Отстойник – малого техногенного водоема урбанизированного ландшафта г. Тольятти Самарской области.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе представлены материалы, полученные в ходе изучения фитопланктона в различных экотопах оз. Отстойник в 2014–2016 гг., являющегося частью системы Васильевских озер в северо-восточной части г. Тольятти. Это искусственный водоем с бетонированным ложем, созданный во второй половине XX в. для отходов азотно-тукового производства ОАО «КуйбышевАзот». После 1996 г. режим активной промышленной эксплуатации водоема был прекращен. В настоящее время озеро продолжает испытывать нагрузку от фоновое загрязнения предприятий Северного промышленного узла и от расположенного в непосредственной близости дачного массива. В летний период возрастает рекреационная нагрузка [4, 5].

В начале 1990-х годов сотрудниками Института экологии Волжского бассейна РАН были начаты комплексные исследования системы Васильевских озер, в т. ч. и оз. Отстойник [11]. Исследования были продолжены в 2014 г. [4, 5, 12–14].

По основным морфометрическим характеристикам (табл. 1) данный водоем можно отнести к группе малых и очень малых водоемов [15]. За иссле-

дованный период установлена низкая прозрачность воды по диску Секки – до 0,6 м, а также повышенные значения рН поверхностного слоя воды – до 10,5 рН [16]. Уровень минерализации воды составлял 4200 мг/л. Воды оз. Отстойник можно отнести к сульфатному классу, Na группы.

Таблица 1. Морфометрические характеристики оз. Отстойник, 2014–2016 гг.

| Площадь, м ² | Длина, м | Объем, м ³ | Средняя глубина, м |
|-------------------------|----------|-----------------------|--------------------|
| 96 559 | 446 | 135 183 | 1,4 |

Отбор проб и обработка материала осуществлялись по стандартной гидробиологической методике [17]. Пробы отбирали ежемесячно с мая по октябрь 2014–2016 гг. на двух станциях, приуроченных к пелагической зоне (ст. 1) и зоне фитали (ст. 2) [18], сформированной тростником. Всего отобрано 36 проб. Пробы отбирали батометром Рутгнера, фиксировали 40 % раствором формалина, концентрировали методом прямой фильтрации. Подсчет клеток проводили в камере «Учинская» объемом 0,01 мл. Для большей достоверности учета клеток просчитывали по 10 полос в двух повторностях. Подсчет вели под микроскопом «Биолар» (Польша) при увеличении в 600 раз. Биомассу рассчитывали по методу приведенных геометрических фигур. Для определения видовой принадлежности водорослей использовали «Определители пресноводных водорослей СССР» и «Susswasserflora von Mitteleuropa» [19–32].

В качестве критериев разнообразия и выравнинности альгофлоры применяли информационные индексы Шеннона и Пиелу, рассчитанные по численности и биомассе [33]. Оценку сапробности вод проводили по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека, используя известные индикаторные значения сапробности отдельных видов [34–38]. К доминирующим видам относили те, численность и биомасса которых составляла 10 % и более от общего значения [33].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проделанной работы в составе альгофлоры оз. Отстойник выявлено 147 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 8 отделам, 14 классам, 17 порядкам, 43 семействам, 82 родам (табл. 2). Наибольшим числом видовых и внутривидовых таксонов отличался отдел зеленых водорослей, в состав которого входило 37 % от общего числа видов, разновидностей и форм водорослей. Далее следовали синезеленые (23 %) и диатомовые (16 %) водоросли. Доля других отделов водорослей была существенно ниже и не превышала 10 %: стрептофитовые – 9 %, динофитовые – 6 %, крип-

тофитовые и эвгленовые – 4 %, рафидофитовые – менее 1 %. Традиционно в большинстве озер умеренной зоны второе место занимают диатомовые водоросли, различие в данном случае связано с последствиями техногенной эксплуатации данного водоема [6, 11, 39–42]. Этим также можно объяснить отсутствие в водоемах представителей некоторых отделов. Так, например, золотистые водоросли в основном представители чистой воды и многие из них рассматриваются как индикатор на отсутствие загрязнения [43].

Таблица 2. Таксономическая структура альгофлоры оз. Отстойник, 2014–2016 гг.

| Отдел | Экотоп | Число | | | | Число таксонов | | | |
|-----------------|----------|---------|----------|----------|-------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | классов | порядков | семейств | родов | видовых | внутри-видовых | Всего в экотопе | Всего в водоеме |
| Cyanophyta | Пелагиль | 2 | 3 | 8 | 22 | 31 | 0 | 31 | 33 |
| | Фиталь | 2 | 3 | 8 | 18 | 28 | 0 | 28 | |
| Bacillariophyta | Пелагиль | 2 | 4 | 9 | 11 | 18 | 2 | 20 | 23 |
| | Фиталь | 2 | 4 | 9 | 13 | 22 | 0 | 22 | |
| Cryptophyta | Пелагиль | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | 0 | 6 | 6 |
| | Фиталь | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0 | 3 | |
| Dinophyta | Пелагиль | 1 | 2 | 3 | 5 | 9 | 0 | 9 | 10 |
| | Фиталь | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 0 | 7 | |
| Raphidophyta | Пелагиль | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | Фиталь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Euglenophyta | Пелагиль | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 0 | 4 | 6 |
| | Фиталь | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | 0 | 6 | |
| Chlorophyta | Пелагиль | 3 | 4 | 13 | 29 | 52 | 0 | 52 | 55 |
| | Фиталь | 2 | 3 | 10 | 20 | 39 | 0 | 39 | |
| Streptophyta | Пелагиль | 1 | 1 | 2 | 2 | 7 | 0 | 7 | 13 |
| | Фиталь | 1 | 1 | 2 | 2 | 10 | 0 | 10 | |
| Итого | Пелагиль | 12 | 17 | 38 | 74 | 128 | 2 | 130 | 147 |
| | Фиталь | 10 | 15 | 34 | 62 | 115 | 0 | 115 | |

Сравнительный анализ таксономического состава водорослей, зарегистрированных в различных экотопах, показал, что видовое разнообразие в пелагической зоне несколько выше, чем в зоне фитали. Возможно, это

связано с активным развитием синезеленых водорослей (цианопрокариот), которые выбрасывают в воду фитотоксины, угнетающие развитие конкурирующих групп водорослей [41–45]. В условиях более замкнутой системы зоны фитаги воздействие токсинов оказалось эффективнее, что и могло привести к уменьшению видового богатства данного экотопа.

Использование ряда флористических коэффициентов для анализа таксономической структуры альгофлоры планктона исследуемых экотопов (табл. 3) показало незначительную насыщенность таксонов различного ранга [1]. Присутствие в альгофлоре в основном монотипических родов характерно для экосистем с жесткими условиями существования. Оно отмечается при высокой степени трофии вод [1, 4, 6, 46], вызванной в данном случае антропогенной нагрузкой.

Таблица 3. Соотношение таксономических рангов альгофлор различных экотопов оз. Отстойник, 2014–2016 гг.

| Экотоп | Число семейств/ число порядков | Число родов/ число семейств | Число видов/ число родов | Число внутривидовых таксонов/ число видов |
|-----------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|
| Пелагиаль | 2,11 | 1,82 | 1,80 | 0,02 |
| Фиталя | 2,09 | 1,76 | 1,74 | 0,02 |

Степень сходства видового состава альгофлор планктона различных экотопов оз. Отстойник, оцененная с помощью коэффициента Серенсена, была высокой и варьировала от 78 % до 83 %.

Эколого-географический анализ показал, что среди видов, разновидностей и форм водорослей, для которых известно их местоположение, над остальными экологическими группами преобладал комплекс планктонных форм водорослей – 68 % и 65 % в пелагической зоне и зоне фитаги соответственно. Также отмечено значимое количество представителей планктонно-бентосной экологической группы водорослей (13 % и 16 % в пелагической зоне и зоне фитаги соответственно). Доля бентосных и литоральных форм была ниже: 6–8 % в пелагической зоне, 7–10 % в зоне фитаги. Подавляющее большинство видовых и внутривидовых таксонов водорослей имеет широкое географическое распространение (на долю видов-космополитов приходилось 99 % в пелагической зоне и в зоне фитаги от видов, разновидностей и форм водорослей, для которых известно их географическое распределение).

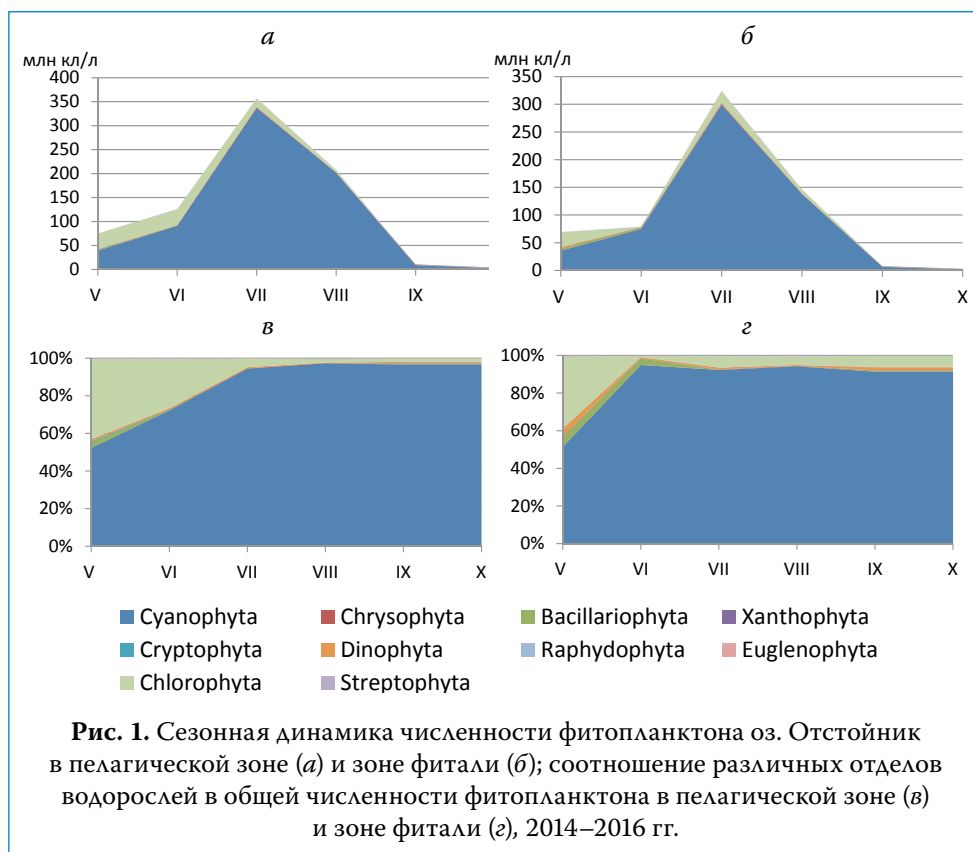
Основная масса водорослей индифферентна по отношению к солоности воды: 75 % в пелагической зоне и 74 % в зоне фитаги от общего числа видов, разновидностей и форм водорослей, для которых известно отно-

шение к данному показателю. Доля галофилов составляла около 12 % и 16 % в пелагической зоне и зоне фитали соответственно. На долю организмов, типичных обитателей пресноводных водоемов (галофобов и олигогалофов), в процессе исследования пришлось 11 % в открытой пелагической зоне и 10 % в зоне фитали. Подобное соотношение характерно для большинства водоемов.

По отношению к кислотности среды (рН) в экотопах оз. Отстойник стабильно преобладали индифферентные формы: 55 % от общего числа видов, разновидностей и форм водорослей. Также отмечена заметная доля водорослей, обитателей щелочных вод – алкалифилов и алкалибионтов (38 % и 36 % в пелагической зоне и зоне фитали соответственно). Доля ацидофильных форм была невысока (7 и 9 % соответственно).

Среди видов, разновидностей и форм водорослей, зарегистрированных в пелагической зоне, видами-индикаторами различной степени органического загрязнения водоемов являются 66 %, в зоне фитали – 69 %. Основная часть в каждом из экотопов (49 % водорослей-сапробионтов в пелагической зоне и 42 % в зоне фитали) – это виды-индикаторы низкой степени органического загрязнения (от χ -о до α -мезосапробной зон), средней степени органического загрязнения (β -мезосапробы) – 38 % в пелагической зоне и 41 % в зоне фитали, высокой степени содержания органического вещества (от β - α до ρ -сапробной зон) – 13 % и 17 % в пелагической зоне и зоне фитали соответственно. Увеличение доли видов-индикаторов средней и высокой степени органического загрязнения может быть связано с поступлением в воду метаболитов растений, дополнительного загрязнения в процессе отмирания растений, а также увеличения концентрации органического вещества из-за снижения проточности воды в зарослях макрофитов [11, 41, 42, 44].

В ходе сезонной сукцессии фитопланктона в оз. Отстойник в 2014–2016 гг. во всех экотопах отмечалась массовая вегетация синезеленых водорослей (рис. 1). Среднесезонная численность фитопланктона за указанный период исследований в открытой пелагической зоне составила 153,08 млн кл/л (рис. 1а), в зоне фитали она была несколько ниже и составляла 107,80 млн кл/л (рис. 1б). Кривая динамики численности носила одновершинный характер с максимумом в июле: в пелагической зоне – 497,15 млн кл/л; в зоне фитали – 343,09 млн кл/л. Вклад синезеленых водорослей в формирование численности фитопланктона изменялся с 55 % в мае до 97 % в сентябре в пелагической зоне (рис. 1в). В зоне фитали доля синезеленых водорослей в мае была такой же, как и в открытой пелагической зоне, и составляла около 50 % (рис. 1г). В отличие от пелагиали, здесь, начиная с июня, синезеленые водоросли полностью определяли суммарные значения численности: их доля была выше 90 %.



Среднесезонная биомасса фитопланктона за указанный период исследований в открытой пелагической зоне составила 26,33 мг/л (рис. 2а), в зоне фитаги она была несколько ниже – 34,81 мг/л (рис. 2б). Кривая сезонной динамики биомассы фитопланктона в пелагической зоне носила одновершинный характер, с максимумом в июле (65,79 мг/л). В зоне фитаги в динамике биомассы отмечалось два пика: в мае – 76,22 мг/л и в июле – 90,66 мг/л. И в пелагической зоне, и в зоне фитаги значения биомассы были связаны с вегетацией динофитовых водорослей: от 44 % до 75 % от суммарных показателей. Их клетки крупнее клеток синезеленых водорослей, поэтому уже при относительно невысокой численности именно динофитовые водоросли играют наибольшую роль в формировании показателей фитопланктона. Кроме того, в начале лета в открытой пелагической зоне в формирование биомассы значительный вклад вносили зеленые водоросли, составляя до 68 % от ее суммарных значений. В зоне фитаги было заметно участие диатомовых водорослей, доля которых от общей биомассы составляла около 33 %.

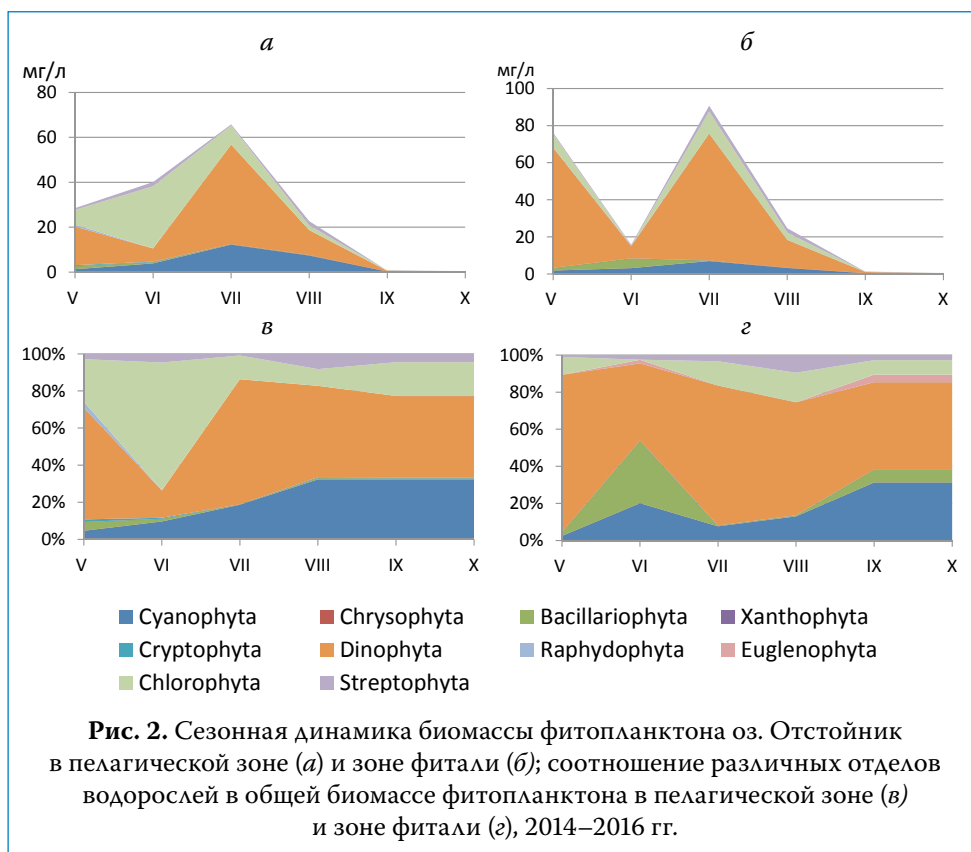


Рис. 2. Сезонная динамика биомассы фитопланктона оз. Отстойник в пелагической зоне (а) и зоне фитаги (б); соотношение различных отделов водорослей в общей биомассе фитопланктона в пелагической зоне (в) и зоне фитаги (г), 2014–2016 гг.

Средние индексы видового разнообразия Шеннона-Уивера в зоне фитаги были достаточно высоки и составляли $3,50 \pm 0,48$ битт/экз. и $3,01 \pm 0,69$ битт/экз. по численности и биомассе соответственно, характеризую альгоценоз зоны как полидоминантный. Средние индексы Шеннона-Уивера в пелагической зоне ниже, чем в зоне фитаги – $2,79 \pm 0,56$ битт/экз. по численности и $2,87 \pm 0,28$ битт/экз. по биомассе. Вероятно, это было вызвано более жестким доминированием цианопрокариот по численности, а динофитовых водорослей по биомассе в открытой пелагической зоне водоема.

Данные сапробиологического анализа показали, что для пелагической зоны оз. Отстойник средние индексы сапробности составляли $1,69 \pm 0,39$ по численности и $1,59$ по биомассе. В зоне фитаги исследуемого водоема аналогичные показатели были несколько ниже – $1,56 \pm 0,13$ и $1,51 \pm 0,39$. Средние индексы сапробности позволяют охарактеризовать данные экотопы оз. Отстойник как β -мезосапробные, умеренно загрязненные с III классом качества вод.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в данной работе впервые на примере оз. Отстойник рассмотрены особенности видового состава и показателей количественного развития фитопланктона в различных экотопах (пелагическая зона, зона фитали) малого техногенного водоема, находящегося в процессе самовосстановления, что расширяет представление об особенностях самоочищения водоемов в условиях «нулевого» сценария, т. е. без проведения специальных рекультивационных работ. В результате проделанной работы в составе альгофлоры планктона исследуемого водоема в период с 2014 по 2016 гг. было зарегистрировано 147 таксонов водорослей рангом ниже рода из 82 родов, 43 семейств, 17 порядков, 14 классов. В пелагической зоне водоема видовое разнообразие водорослей было выше, чем в зоне фитали. Во всех экотопах альгофлору можно охарактеризовать как зелено-синезелено-диатомовую.

Использование некоторых флористических коэффициентов для анализа таксономической структуры альгофлоры планктона в различных экотопах выявило низкий уровень порядковой, семейственной, родовой и видовой насыщенности в каждом из экотопов, что указывает на жесткие условия существования в экосистеме водоема и косвенно свидетельствует об увеличении степени трофии вод, спровоцированных антропогенной нагрузкой. Степень общности альгофлор различных экотопов была достаточно высокой.

Отмечены высокие показатели количественного развития фитопланктона в каждом из экотопов оз. Отстойник. Основной вклад в формирование численности в летне-осенний период вносили синезеленые водоросли, биомассы – динофитовые. В соответствии с классификацией, предложенной И.С. Трифионовой, по значению средневегетационного уровня развития биомассы оз. Отстойник можно отнести к высокоэвтрофному типу. Средневегетационные индексы сапробности позволяют охарактеризовать данный водоем как β -мезосапробный, умеренно загрязненный с III классом качества вод.

Несмотря на позитивные изменения по сравнению с 1991 г. в таксономической структуре альгофлоры планктона оз. Отстойник (увеличение общего видового богатства, увеличение таксономической насыщенности разноранговых таксонов), рост уровня общей трофии вод и высокая доля цианопрокариот в формировании численности и биомассы фитопланктона могут свидетельствовать о постепенном переходе антропогенного воздействия от токсификации к антропогенному эвтрофированию. Подобный переход и все возрастающий уровень сельскохозяйственной и рекреационной нагрузок вызывают беспокойство за дальнейшую судьбу экосистемы озера. В связи с этим данный водоем должен находиться под пристальным вниманием экологов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Старцева Н.А., Оханкин А.Г.* Состав и структура фитопланктона некоторых пойменных озер культурного ландшафта (на примере г. Нижнего Новгорода) // Биология внутренних вод. 2003. № 4. С. 35–42.
2. *Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я.* «Цветение» воды и эвтрофирование. Киев: Наукова думка, 1978. 231 с.
3. *Иванова М.Б.* К вопросу об определении состояния озерных экосистем при антропогенном воздействии // Биология внутренних вод. 1997. № 1. С. 5–12.
4. *Кривина Е.С., Тарасова Н.Г.* Фитопланктон урбанизированного водоема (на примере оз. Восьмерка, г. Тольятти, Самарская область) II. Количественное развитие, доминирующие виды, оценка качества воды // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17. № 4. С. 203–209.
5. *Кривина Е.С.* Таксономическая структура фитопланктона техногенного водоема (на примере оз. Отстойник, г. Тольятти, Самарская область) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016. Т. 25. № 2. С. 161–171.
6. *Трифонов И.С.* Закономерности изменения фитопланктонных сообществ при эвтрофировании озер: автореф. дис.... д-ра биол. наук в форме научного доклада. СПб., 1994. 77 с.
7. *Мингазова Н.М., Павлова Л.Р., Деревенская О.Ю., Рафикова Ф.Ф., Монасыпов М.А., Рахимов И.И., Ибрагимов Н.Н.* Экологические проблемы «Голубого чуда Приказанья» и пути их решения // Мат-лы VII съезда ГБО РАН. Казань, 1996. Т. 3. С. 168–172.
8. *Палагушкина О.В., Рафикова Ф.Ф.* Оценка состояния разнотипных озер Среднего Поволжья по фитопланктону // Мат-лы VII съезда ГБО РАН. Казань, 1996. Т. 2. С. 68–71.
9. *Рафикова (Бариева) Ф.Ф.* Оценка состояния озер Кабан по фитопланктону // Проблемы городского хозяйства и социально-культурной сферы города: мат-лы науч.-практ. конф. Казань, 1998. С. 108–109.
10. *Бариева Ф.Ф., Мингазова Н.М.* Фитопланктон подверженных антропогенному воздействию озер в период восстановления // Гидробиология, 2000: тезисы докл. V Всерос. конф. по водн. растениям. Борок, 2000. С. 9.
11. *Номоконова В.И., Выхристюк Л.А., Тарасова Н.Г.* Трофический статус Васильевских озер в окрестностях г. Тольятти // Известия Самарского науч. центра РАН. 2001. Т. 3. № 2. С. 274–283.
12. *Горбунов М.Ю., Уманская М.В., Краснова Е.С.* Современное экологическое состояние некоторых пригородных озер системы Васильевских озер, г. Тольятти: Гидрохимический режим озер в 2013–2015 гг. // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26. № 1. С. 28–40.
13. *Кривина Е.С., Тарасова Н.Г.* Трансформация альгофлоры техногенных озер (на примере г. Тольятти) // Вода и экология: проблемы и решения. СПб: СПбГАСУ, 2017. № 3. С. 13–34.
14. *Мухортова О.В., Болотов С.Э., Тарасова Н.Г., Быкова С.В., Уманская М.В., Горбунов М.Ю., Краснова Е.С., Кривина Е.С., Буркова Т.Н.* Зоопланктон урбанизи-

- рованного водоема и факторы, определяющие его развитие (на примере озера Большое Васильевское, г. Тольятти, Самарская область) // Поволжский экологический журнал. 2015. № 4. С. 409–421.
15. *Китаев С.П.* Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Мир, 1989. 207 с.
 16. *Огуречника М.А., Пименов, А.А.* Об использовании активных илов для очистки сточных вод. Самара: СамГТУ, 2015. 94 с.
 17. Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. М., 1975. 240 с.
 18. *Чертопруд М.В.* Разнообразие водных систем: уч. пос. М.: Изд-во МГУ, 2007. 64 с.
 19. *Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И.* Синезеленые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. М.: Советская наука, 1953. 651 с.
 20. *Дедусенко-Щеголева Н.Т., Матвиенко А.М., Шкорбатов Ф.Ф.* Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 8. Зеленые водоросли. Класс Вольвоксые (Chlorophyta; Volvocineae). М.: Л., 1959. 230 с.
 21. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 2. Вып. 1. Л.: Наука, 1988. 116 с.
 22. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 2. Вып. 2. СПб.: Наука, 1992. 125 с.
 23. *Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С.* Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. М., 1951. 619 с.
 24. *Киселев И.А.* Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 6. Пирофитовые водоросли. М., 1954. 212 с.
 25. *Кондратьева Н.В.* Визначник прісноводних водоростей Української РСР. I. Синьо-зелені водорості – Cyanophyta. Ч. 2. Класс Гормогонієві – Hormogoniophyceae. Київ, 1968. 523 с.
 26. *Паламарь-Мордвинцева Г.М.* Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 11 (2). Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые. Chlorophyta. Conjugatophyceae. Desmidiiales. Л., 1982. 624 с.
 27. *Попова Т.Г.* Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 7. Эвгленовые водоросли. М., 1955. 281 с.
 28. *Komarek J., Anagnostidi K.* Cyanoprocariota. Teil 1. Chroococcales // Susswasserflora von Mitteleuropa, Jena; Stuttgart, 2000. 643 p.
 29. *Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae // Susswasserflora von Mitteleuropa. Jena, 1986. 876 p.
 30. *Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae // Susswasserflora von Mitteleuropa. Jena, 1988. 596 p.
 31. *Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Susswasserflora von Mitteleuropa. Jena, 1991. 576 p.
 32. *Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzung zu Navicula (Lieolatae) und Gomphonema. Geamliteraturverzeichnis // Susswasserflora von Mitteleuropa. Jena, 1991. 437 p.

33. Мегарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.
34. Барина С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (Российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука, 1996. 364 с.
35. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.
36. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // *Erebn. der Limnol.* 1973. Bd. 7. P. 1–218.
37. Sládeček V. Diatoms as indicators of organic pollution // *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 1986. Vol. 14. No. 5. P. 555–566.
38. Wegl R. Index für die Limnosaprobität // *Wasser und Abwasser.* 1983. Bd 26. P. 1–175.
39. Никулина В.Н. Сезонная динамика фитопланктона мелководного района восточной части Финского залива при антропогенном воздействии // *Биология внутренних вод.* 2003. № 4. С. 43–50.
40. Павлова О.А. Видовой состав фитопланктона и оценка сапробности трех озер урбанизированного ландшафта // Тез. докл. V Всерос. конф. по водным растениям «Гидробиология 2000». Борок, 2000. С. 65–66.
41. Протисты и бактерии озер Самарской области / под ред. д-ра биол. наук В.В. Жарикова. Тольятти: Кассандра, 2009. 240 с.
42. Тарасова Н.Г. Фитопланктон Верхнего пруда Ботанического сада: таксономический состав и эколого-географическая характеристика // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2007. Т. 16. № 1–2. С. 156–166.
43. Матвиенко А. М. Золотистые водоросли. М.: Советская наука, 1954. 188 с.
44. Мухортובה О.В., Быкова С.В., Жариков В.В., Тарасова Н.Г., Унковская Е.Н. Сравнительная характеристика планктонных сообществ, формирующихся в озерах различного типа (на примере водоемов Волжско-Камского заповедника) // Тез. докл. Межд. школы-конференции для молодых ученых. 26–30 октября 2010. Борок, 2010. С. 35–36.
45. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов северо-запада России. М., 2006. 367 с.
46. Охалкин А.Г. Видовой состав фитопланктона как показатель условий существования в водотоках различного типа // *Ботанический журнал.* 1998. Т. 83. № 9. С. 8–9.
47. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 183 с.

Сведения об авторе:

Кривина Елена Сергеевна, младший научный сотрудник, лаборатория экологии простейших и микроорганизмов, ФГБУН «Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук», Россия, 445010, Самарская область, г. Тольятти, ул. Комзина, 10; e-mail: pepelisa@yandex.ru