

УДК 574.5 (28):581

ОСОБЕННОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТЕХНОГЕННОГО ВОДОЕМА В ПЕРИОД УГАСАНИЯ

© 2018 Е.С. Кривина, Н.Г. Тарасова

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Статья поступила в редакцию 04.04.2018

В данной работе представлены изменения таксономической структуры альгофлоры планктона техногенного водоема в период угасания на примере оз. Шламонакопительное (система Васильевских озер, г.о. Тольятти, Самарская область). В процессе исследования был выполнен развернутый флористический и эколого-географический анализ альгофлоры планктона изучаемого водоема в период активной эксплуатации (1991–1992 гг.) и после снятия техногенной нагрузки (2001 г.), когда в водоем начал трансформироваться в эфемероидный. Также был произведен анализ степени общности альгофлоры в каждый период исследования. Определен уровень преемственности для наиболее значимых таксономически отделов водорослей.

Ключевые слова: фитопланктон, техногенный водоем, флористический анализ, эколого-географический анализ, виды-индикаторы, сапробность.

Городские озера являются очень важной составляющей ландшафта. Помимо эстетических и рекреационных функций они имеют большое экологическое значение: участвуют в поддержании климата, являются местом обитания различных гидробионтов и т.д. Эти водоемы испытывают на себе значительную антропогенную, в том числе и техногенную, нагрузку крупных городов, в черте которых они расположены.

В последние годы изучению городских водоемов уделяется достаточно много внимания [1–6].

На землях г.о. Тольятти расположена цепочка водоемов, называемых Васильевские озера и возникших в конце 50-х гг. XX в. после создания плотины Жигулевской ГЭС им. Ленина вследствие поднятия грунтовых вод и заполнения ими естественных понижений рельефа. Помимо активного использования этих водоемов в целях рекреации, вокруг отдельных из них возникли дачные массивы, в некоторых начали разводить рыбу, а часть промышленных предприятия города стали эксплуатировать как приемники отходов ТЭЦ. В результате этого некоторые из озер исчезли [2].

К концу 90-х г. (началу исследования Васильевских озер сотрудниками ИЭВБ РАН) из таких озер сохранилось только одно – оз. Шламонакопительное, которое превратилось к 2004 г. в водоем эфемероидного типа.

В статье рассматривается состояние фитопланктона оз. Шламонакопительное в период его угасания.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оз. Шламонакопительное – малый водоем из системы Васильевских озер, расположенной на северо-восточной границе г.о. Тольятти (рис.1). Раньше озеро использовалось как приемник золы и шлаков Тольяттинской ТЭЦ. Сточные воды, сбрасываемые в водоем, содержали фосфаты, хлориды, железо, медь, сульфаты, аммонийный азот, нефтепродукты. В конце 90-ых- г. XX в., начале 2000-ных XXI, его эксплуатация была прекращена [7]. В последствии, из-за снижения уровня воды, озеро распалось на ряд мелких водоемов глубиной не более метра, а в настоящее время полностью превратилось в водоем эфемероидного типа.

В данной работе представлены материалы, полученные при исследовании альгофлоры планктона озера Шламонакопительное, проводившиеся в раз в 10 дней в период с июня по сентябрь 1991 г., с мая по октябрь 1992 г. и раз в месяц в 2001 г.

Изучение фитопланктона озера проводилось по стандартным гидробиологическим методикам [8]. Пробы отбирали батометром Руттнера, фиксировали 40%-ным раствором формалина, концентрировали методом прямой фильтрации. Подсчет клеток проводили в камере «Учинская», объемом 0,01 мл, биомассу рассчитывали по методу приведенных геометрических фигур [9]. Для определения видовой принадлежности водорослей пользовались определителями серий «Определители пресноводных водорослей СССР» и «Susswasserflora von Mitteleuropa». Эколого-географический анализ альгофлоры

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

Тарасова Наталья Геннадьевна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории экологии простейших и микроорганизмов. E-mail: tnatag@mail.ru

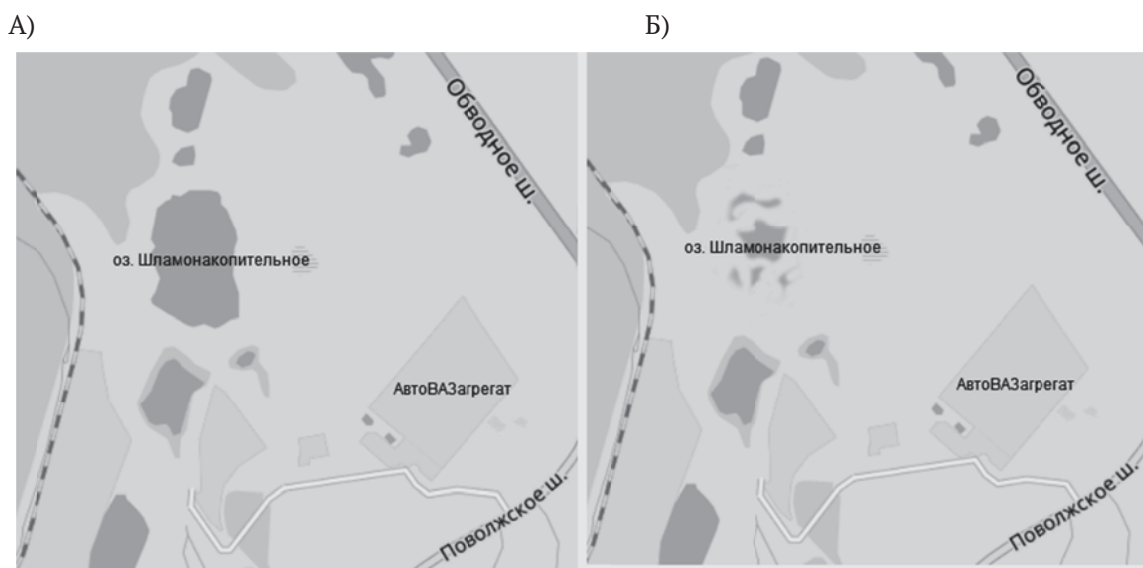


Рис. 1. Оз. Шламонакопительное: в 1991-92 гг.(А) и 2001 г. (Б)

проводили по данным, приведенным в определителях, основываясь при этом на наиболее известных и разработанных системах [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За весь период исследования в альгофлоре планктона оз. Шламонакопительное нами было обнаружено 76 таксонов водорослей рангом ниже рода. Они относились к 7 отделам, 11 классам, 15 порядкам, 29 семействам, 43 родам (табл. 1).

Наибольшим видовым богатством отличались зеленые водоросли, которые включали в себя 30 % от общего числа видов, разновидностей и форм, затем следовали синезеленые (цианопрокариоты) (21%) и диатомовые (20%) водоросли. Доля других отделов водорослей была существенно ниже и, как правило, не превышала 10%: криптофитовые – 10%, стрептофитовые – 8 %, эвгленовые – 7%, динофитовые – 4%.

Во время использования водоема в качестве приемника отходов ТЭЦ (далее – 1991-1992 гг.) видовое богатство альгофлоры планктона было минимальным. После прекращения эксплуата-

ции озера (далее – 2001 г.) общее число видовых и внутривидовых таксонов водорослей возросло в 2,3 раза. Еще более значительные изменения отмечались для среднего удельного числа видов – оно увеличилось в 5 раз.

Изменения были отмечены и в таксономической структуре альгофлоры: так, в 1991-1992 гг. ее определяли цианопрокариоты, в 2001 г. на фоне общего увеличения видового богатства альгофлоры, ведущая роль принадлежала зеленым, в частности хлорококковым водорослям (рис. 2). Т.е. в 1991-1992 гг. альгофлора планктона оз. Шламонакопительное можно было охарактеризовать как синезелено-диатомовую с заметным участием криптофитовых и зеленых водорослей, а в 2001 г. как зелено-синезеленую с заметным участием диатомовых водорослей. Хочется так же отметить, наряду с увеличением общего видового богатства альгофлоры, к 2001 г. произошло увеличение числа видов водорослей, способных к миксотрофному типу питания (криптофитовых, динофитовых, эвгленовых), причем, динофлагелляты в 1991-1992 гг. в водоеме не встречались вовсе.

Таблица 1. Общая таксономическая структура альгофлоры планктона оз. Шламонакопительное в период угасания

Отдел	Число				Число таксонов		
	классов	порядков	семейств	родов	видовых	внутри-видовых	Всего
Cyanophyta	2	3	7	11	16	0	16
Bacillariophyta	2	4	6	8	14	1	15
Cryptophyta	1	1	1	3	8	0	8
Dinophyta	1	2	2	3	3	0	3
Euglenophyta	1	1	1	2	4	1	5
Chlorophyta	3	3	10	13	23	0	23
Streptophyta	1	1	2	3	5	1	6
Итого	11	15	29	43	73	3	76

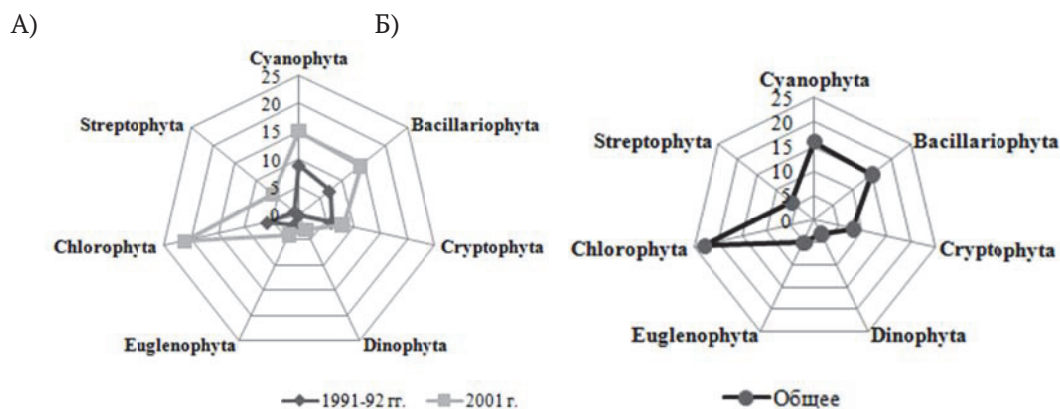


Рис. 2. Роль основных отделов водорослей в формировании таксономической структуры альгофлоры планктона оз. Шламонакопительное на различных этапах исследования: А) 1991-92 гг. и 2001 г.; Б) сводное

При оценке таксономической структуры альгофлоры использовали методы геоботаники [11], оценивая вклад в ее формирование порядков, семейств, родов, выделяя среди них десять «ведущих». Альгофлора планктона оз. Шламонакопительное не отличалась высоким богатством этих таксономических единиц, поэтому среди всех встреченных мы выделили те, которые в общей сумме давали более 60% общего числа видов, разновидностей и форм. Среди порядков таких оказалось 5, семейств – в 1991-1992 гг. – 7, в 2001 – 8; родов – в 1991-1992 гг. – 2, в 2001. – 7 (рис. 3).

Состав «ведущих» порядков в разные периоды исследования отличался незначительно. Однако, если в 1991-92 г. первое место в ранжированном ряду занимал порядок Cryptomonadales, относящийся к отделу Cryptophyta, то в 2001 г. – это был порядок Chlorococcales (отдел Chlorophyta). В 2001 г. из ранга «ведущих» исчез порядок Oscillatoriales, представители которого нитчатые безгетероцистные водоросли, обильное развитие которых вызывает «осцилляториевую» болезнь озер и относится к r-стратегам [12]. В это же время в составе наиболее разнообразных по видовому богатству появляется порядок Desmidiiales, из отдела Streptophyta. Десмиди-

евые водоросли предпочитают небольшие чистые водоемы, с низким значением pH. Однако, некоторые представители этого порядка хорошо развиваются и в щелочных водах, а некоторые виды родов *Closterium*, *Cosmarium*, *Staurastrum* встречаются в сильно загрязненных местах, в том числе в сточных водах [13], поэтому их присутствие в составе альгофлоры планктона этого водоема, вполне объяснимо.

Примечательно отсутствие среди таксономически значимых порядка Euglenales на протяжении всего периода исследования. В основной массе пресноводных водоемов этот порядок обязательно входит в число «ведущих» [3,4,10 и др.]. Вероятнее всего это связано с присутствием в воде токсических веществ [7]. Эвглениды, традиционно обитающие в мелководных, хорошо прогреваемых водоемах с высоким содержанием органического вещества [13] в оз. Шламонакопительное были зарегистрированы в небольшом количестве лишь в 2001.

Порядок Cryptomonadales, который практически никогда не входит в ранг «ведущих» в 1991-1992 гг. по числу видовых и внутривидовых таксонов в оз. Шламонакопительное занимал первое место. Это можно связать с осо-

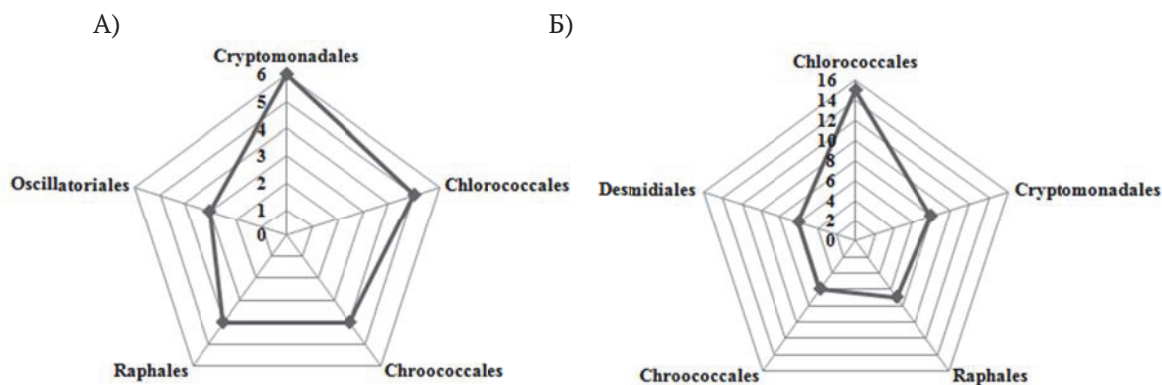


Рис. 3. Спектр «ведущих» по видовому богатству порядков альгофлоры оз. Шламонакопительное в период угасания: А) 1991-92 гг.; Б) 2001 г.

бенностями экологии входящих в него видов. Представители криптононад, предпочитают водоемы со стоячей водой, и, что очень важно, очень устойчивы к загрязнению. Они могут в массе развиваться в сточных водах [13].

«Ведущих» по количеству таксонов рангом ниже рода семейств для альгофлоры планктона оз. Шламонакопительное отмечено 8 (рис. 4). Их состав в разные периоды исследования сходен. После прекращения жесткого техногенного воздействия среди них появилось семейство Desmidiaceae. По сравнению с 1991-1992 гг. в 2001 г., увеличивается число видов во всех «ведущих» семействах. Отмечается так же возрастание сходства состава спектра «ведущих» семейств оз. Шламонакопительное с другими озерами системы Васильевских, по мере уменьшения техногенной нагрузки: в 1991-1992 гг. 53%, а в 2001 г. - 80%.

Состав спектра «ведущих» родов к 2001 г. значительно расширился, по сравнению с 1991-92 гг. (рис. 5).

Расширение состава комплекса наиболее значимых родов, увеличение степени насыщенности основных таксономических единиц (табл. 2) – признаки, свидетельствующие о начале по-

степенного улучшения экологического состояния водоема к 2001г. по сравнению с 1991-92 гг. Однако достаточно низкие значения родовой и видовой насыщенности и преобладание в альгофлоре моно- и дитипических таксономических единиц, говорит о том, что условия существования в водоеме для водорослей все равно остаются неблагоприятными [4,6,10,13-15].

Альгофлора планктона изучаемого водоема на начальном и конечном этапах исследования характеризовалась низкой степенью сходства: коэффициент Серенсона, рассчитанная для альгофлоры планктона водоема в разные периоды исследования, составил всего 44 %. Характер изменения степени общего видового сходства, и сходства внутри наиболее таксономически значимых отделов, свидетельствуют о значительных структурных преобразованиях в альгофлоре водоема после изменения уровня техногенной нагрузки. Особенно заметная перестройка произошла в отделах зеленых и диатомовых водорослей. Степень сходства представителей отдела Суанорфита, развивающихся в водоеме в разные годы, была достаточно высока и составила 58%. Для отделов диатомовых и зеленых водорослей этот показатель составил соответственно 38 и 22%.

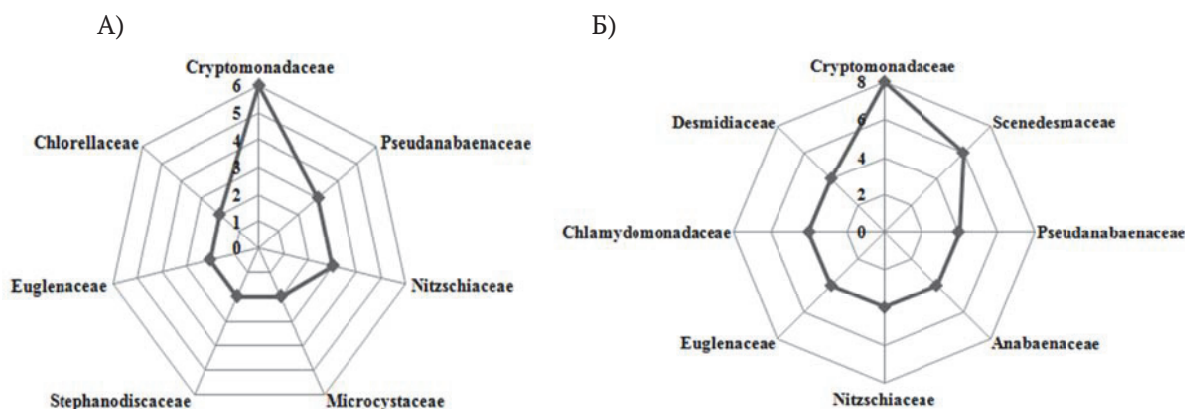


Рис. 4. Спектр «ведущих» по видовому богатству семейств альгофлоры оз. Шламонакопительное в период угасания: А) 1991-92 гг.; Б) 2001 г.

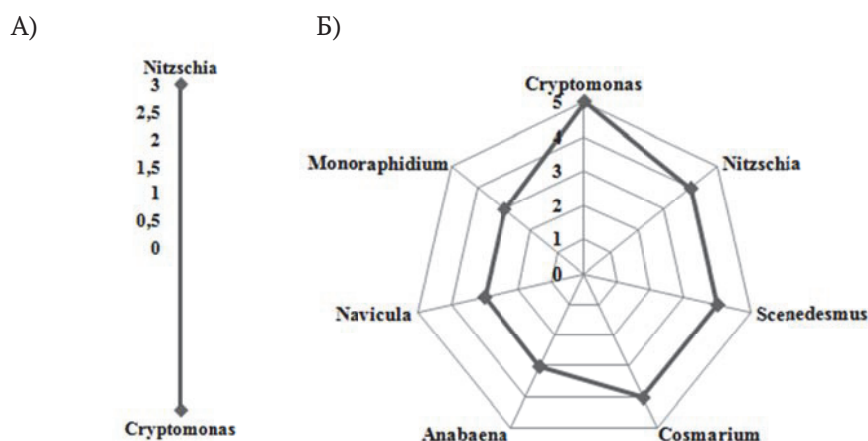


Рис. 5. Спектр «ведущих» по видовому богатству родов альгофлоры оз. Шламонакопительное в период угасания: А) 1991-92 гг.; Б) 2001 г.

Таблица 2. Насыщенность основных таксономических единиц альгофлоры планктона оз. Шламонакопительное на различных этапах исследования

Год	число семейств/число порядков	число родов/число семейств	число видов/число родов	число внутривидовых таксонов/ число видов
1991-92	1,64	1,00	1,67	0,03
2001	1,93	1,59	1,48	0,04
Общее	1,93	1,59	1,59	0,04

Таблица 3. Уровень преимущества для наиболее таксономически значимых отделов водорослей оз. Шламонакопительное

	Суанophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta
Козф. преимущества	58 %	38%	22 %

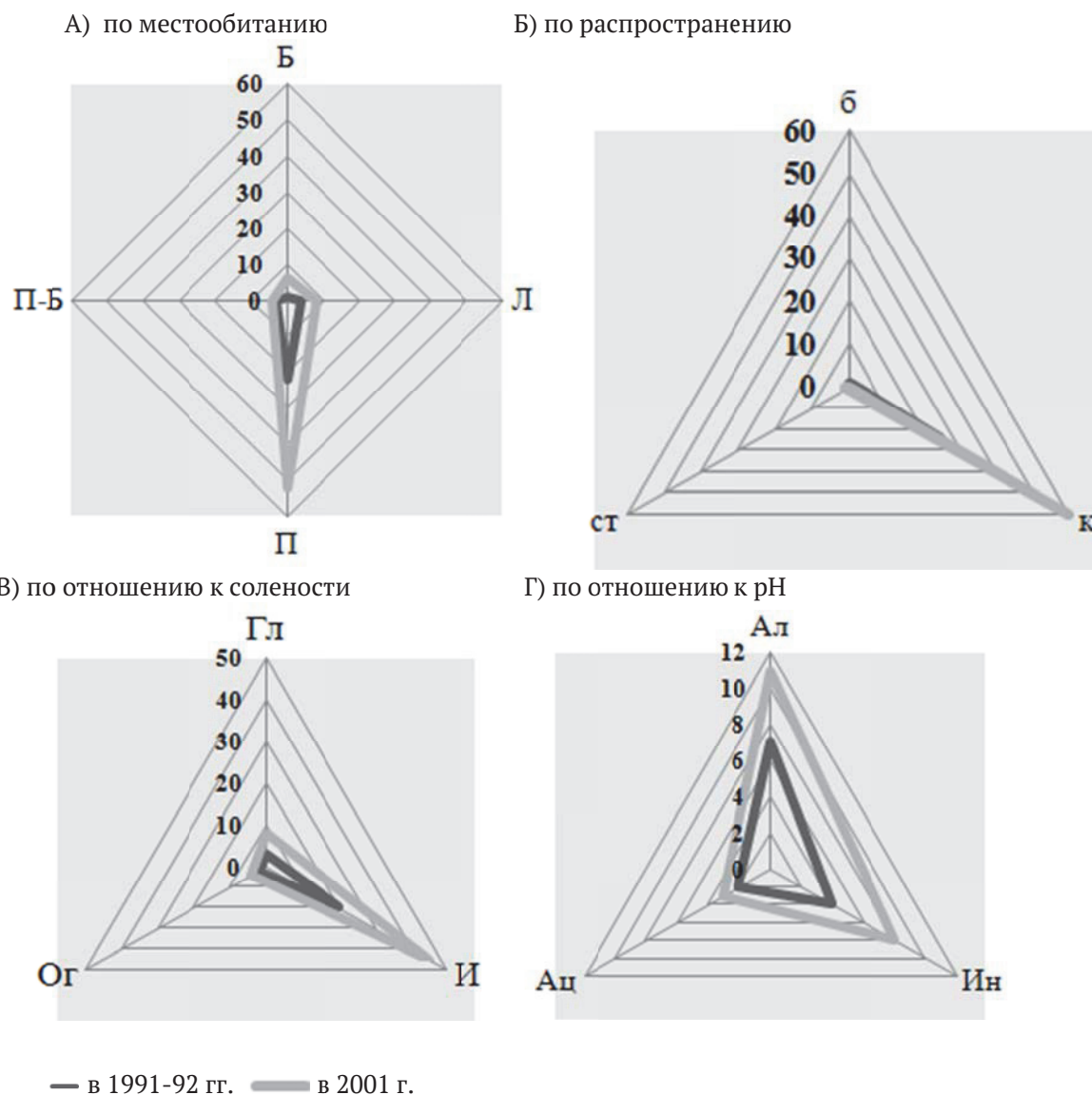


Рис. 6. Эколого-географический анализ альгофлоры планктона оз. Шламонакопительное
 Обозначения: П – планктонный, Л – литоральный, О – обростатель, Э – эпибионт, П-Б – планктонно-бентосный, к – космополит, б – бореальный, ст – субтропический, И – индифферент, Ог – олигогалоф, Мг – мезогалоф, Гл – галофил, Гб – галофоб, Ал – алкалофил + алкалобионт, Ин – индифферент, Ац – ацидофил+ацидобионт

Комплекс преемственных видов водорослей состоял из 22 таксонов рангом ниже рода (табл. 3). Общий коэффициент преемственности составил 28 %, что характеризует ее уровень как низкий и указывает на весьма интенсивную трансформацию экосистемы водоема. Поскольку данный процесс сопровождается увеличением видового богатства каждого из отделов от 1991-92 гг. к 2001 г., можно предположить, что трансформация имела позитивный характер и, в конечном счете, могла способствовать достижению состояния стабильного экологического равновесия экосистемы озера [16].

Эколого-географический анализ альгофлоры планктона изучаемого водоема показал, что зарегистрированные в нем водоросли не зависимо от времени исследования были представлены планктонными организмами (по 73% в 1991-92 гг. и в 2001 г. от числа видов, разновидностей и форм, для которых известно их традиционное место обитания) (рис. 6). В 1991-92 гг. также была заметна доля литоральных (13%) и планктонно-бентосных форм (10%). В 2001 г. доля литоральных форм оставалась практически на том же уровне, при этом увеличилось число бентосных организмов (9%), что можно связать с обмелением водоема.

Подавляющее число видов, разновидностей и форм водорослей имели широкое географиче-

ское распространение (93% и 97% в 1991-92гг. и 2001г. соответственно от числа таксонов водорослей рангом ниже рода, для которых известно их географическое распространение).

По отношению к солености воды основная масса встреченных водорослей была представлена видами-индифферентными (80% в 1991-92 гг. и 79% в 2001 г.). Заметна была доля галофильных (12% и 14%) и олигогалофильных организмов (8% и 7%).

По отношению к pH среды преобладали водоросли-алкалофилы, которые составляли 54% в 1991-92гг. и 50% в 2001 г. от общего числа видов, разновидностей и форм, для которых известно отношение к pH среды. Также заметна была доля форм, индифферентных к данному показателю, – 31% и 36% в 1991-92гг. и 2001г. соответственно.

К видам-индикаторам различной степени органического загрязнения водоемов в 1991-92 гг. относилось 24 таксона рангом ниже рода, в 2001 г. – 54 (рис.7). Основная часть водорослей сапробионтов – это виды индикаторы средней степени органического загрязнения (β -мезосапробы) – 41% и 42% в 1991-92гг. и в 2001г. соответственно. На долю видов-индикаторов низкой степени органического приходилось 38% и 37%, высокой – 21% и 19% в 1991-92гг. и в 2001г. соответственно.

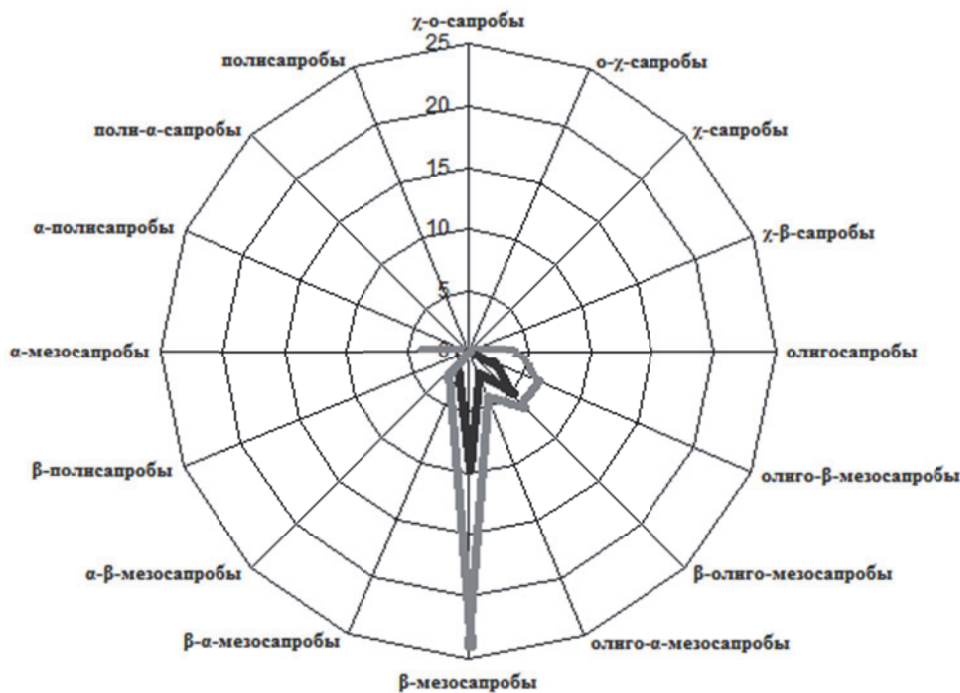


Рис. 7. Водоросли-индикаторы степени органического загрязнения

— в 1991-92 гг. — в 2001 г.

Обозначения: χ – ксеносапроб, о- χ – олиго-ксеносапроб, χ - β – ксено- β -сапроб, о – олигосапроб, о- β – олиго- β -мезосапроб, β -о – β -олиго-мезосапроб, о- α – олиго- α -мезосапроб, β – β -мезосапроб, β - α – β - α -мезосапроб, α - β – α - β -мезосапроб, β -р- β -мезо-полисапроб, α – α -мезосапроб

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие заключения:

- уменьшение техногенной нагрузки на водоем привело к значительному увеличению видового богатства водорослей планктона водоема на уровне всех таксономических единиц, что позволяет сделать заключение, что характер трансформации сообщества фитопланктона имел позитивный характер;

- высокая видовая специфичность альгофлоры и низкий уровень преобладания видов на начальном и конечном этапах исследования свидетельствуют о значительной трансформации экосистемы на фоне уменьшения техногенной нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологические проблемы «Голубого чуда Приказа» и пути их решения / Н.М. Мингазова, Л.Р. Павлова, О.Ю. Деревенская, Ф.Ф. Рафикова, М.А. Монастыров, И.И. Рахимов, Н.Н. Ибрагимова // Матер. VII Съезда ГБО РАН. Казань, 1996. Т.3. С. 168-172.
2. Кривина Е.С., Тарасова Н.Г. Трансформация альгофлоры техногенных озер (на примере г. Тольятти) // Вода и экология: проблемы и решения. СПб: СПбГАСУ, 2017. № 3 (71). С. 13-34.
3. Палагушкина О.В., Рафикова Ф.Ф. Оценка состояния разнотипных озер Среднего Поволжья по фитопланктону // Матер. VII Съезда ГБО РАН. Казань, 1996. Т.2. С. 68-71.
4. Старцева Н.А., Охапкин А.Г., Юлова Г.А. Фитопланктон как индикатор качества воды малых го-

- родских озёр // Проблемы регионального экологического мониторинга: Мат-лы I Научно-практ. конф. Нижний Новгород, 2002. С. 135.
5. 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 (19-20). С. 156-166.
 6. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 183 с.
 7. Предельно-допустимые сбросы. ПДС загрязняющих веществ сточных вод Тольяттинской ТЭЦ. Тольятти, 1995. 181 с.: ил.
 8. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. 240 с.
 9. Кузьмин Г.В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 73-87.
 10. Протисты и бактерии озер Самарской области [под редакцией д.б.н. В.В. Жарикова]. Тольятти: Кассандра, 2009. 240 с.
 11. Толмачёв А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск : Наука, 1986. – 197 с.
 12. Reynolds C.S. The ecology of phytoplankton. L.: Cambridge Univ. Press, 2006. 536 p.
 13. Балашова Н.В., Никитин Н.В. Природа Ленинградской области: Водоросли. Л.: Лениздат, 1989. 92 с., ил.
 14. Охапкин А.Г. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища. Тольятти, 1994. 275 с.
 15. Охапкин А.Г. Структура и сукцессия фитопланктона при зарегулировании речного стока (на примере р. Волги и её притоков): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 1997. 4 8 с.
 16. Колмар А. География и мониторинг биоразнообразия. М., 2006. 379 с.

FEATURES OF THE TAXONOMIC STRUCTURE OF THE MAN-MADE RESERVOIR IN THE EXTINCTION PERIOD

© 2018 E.S. Krivina, N.G. Tarasova

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

This article describes the changes in the taxonomic structure of phytoplankton man-made reservoir during extinction. The object of the study was oz. Shlamonakopitelej (system Vasilevsky lakes, Togliatti, Samara region). In the course of the study, a detailed floral and ecological-geographical analysis of the phytoplankton of the studied reservoir was carried out during the period of active exploitation (1991-1992) and after the removal of technogenic load (2001), when the reservoir began to transform into ephemeroid. Also analysis was made of the degree of generality of the algal flora in each study period. The level of continuity for the most taxonomically significant departments of algae is determined.

Keywords: phytoplankton, man-made body of water, floristic analysis of the ecological-geographical analysis, indicator species, saprobity.

Elena Krivina, Associate Research Fellow of the Laboratory of Ecology of Protozoa and Microorganisms.

E-mail: pepelisa@yandex.ru

Natalia Tarasova, Candidate of Ecology, Associate Professor, Senior Research Fellow of the Laboratory of Ecology of protozoa and Microorganisms. E-mail: tnatag@mail.ru