

СОСТАВ И СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ ОЗ. ЯИЦКОЕ (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

А. А. Малышева¹, Е. С. Кривина², К. А. Кузьмина³

¹Средне-Волжский филиал Ф ГБУ «Главрыбвод», Россия

e-mail: pepelisa@yandex.ru

²Институт экологии Волжского бассейна РАН, Россия

e-mail: pepelisa@yandex.ru

³Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Россия

e-mail: kris_tea_na@mail.ru

Поступила в редакцию: 14.03.2018

С мая по октябрь 2009–2011 гг. проводились исследования состава и структуры фитопланктона оз. Яицкого (Самарская область, Россия). В процессе исследования в составе альгофлоры было зарегистрировано 312 таксонов водорослей рангом ниже рода, которые относились к 9 отделам, 14 классам, 22 порядкам, 52 семействам и 108 родам. Наибольшим числом видов, разновидностей и форм водорослей характеризовался отдел зеленых водорослей, в состав которого входило 37% от общего числа таксонов рангом ниже рода. Затем следовали отделы диатомовых (21%), эвгленовых (14%) и синезеленых (12%) водорослей. На долю представителей других отделов водорослей приходилось менее 10% от общего числа видов, разновидностей и форм. В течение трехлетнего периода исследования фитопланктона в оз. Яицкое показатели количественного развития фитопланктона были высоки. Значения численности и биомассы увеличивались от весны к концу лета, затем шел спад. Уровень трофности оценивался как эвтрофный. Уровень видового разнообразия сообщества оценивался как высокий. Значения индексов видового разнообразия, рассчитанных по численности фитопланктона, были максимальными в конце весны. В летний период их значения снижались, что связано с усилением доминирования синезеленых водорослей (цианопрокариот). Осенью степень доминирования синезеленых водорослей снижалась, а индексы видового разнообразия, соответственно, возрастали. Значения индексов, рассчитанных по биомассе, уменьшались от весны к началу осени, достигая своего минимума в период «цветения воды», а затем постепенно возрастали. Данные сапробиологического анализа показали, что данный водоем относился к β -мезосапробному типу, умеренно загрязненный, с III классом качества вод.

Ключевые слова: загрязнение, индексы, качество воды, фитопланктон, эвтрофирование

Введение

Проблеме изменений состояния водоемов, расположенных в черте урбанизированного ландшафта, с середины XX в. уделяется много внимания, как в странах Америки и Европы, так и в России. Под влиянием антропогенного давления экосистемы водоемов антропогенно трансформированного ландшафта оказываются подвержены антропогенному эвтрофированию, процессам токсификации, заиления и аккумуляции загрязняющих веществ. Происходят изменения водного баланса, химизма и качества вод, перестройки сложившихся биоценозов не только в зоне непосредственного влияния, но и на сопряженных территориях. В результате в уязвимом положении находятся уникальные, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношении природные комплексы – особо охраняемые природные территории (Сиренко, Гавриленко, 1978; Старцева, Охапкин

2003; Яценко-Степанова и др., 2005; Протисты и бактерии..., 2009; Korneva, 2012; Горбунов и др., 2014; Sakharova & Korneva, 2018).

Изучение особо охраняемых природных территорий (ООПТ) имеет большое теоретическое и практическое значение, так как позволяет рассмотреть функционирование экосистемы в условиях, максимально приближенных к естественным. Изучение малых водоемов в последнее время приобретает все большее значение в связи с высокой антропогенной трансформацией природной среды в стране. Исследования малых водоемов ООПТ различного статуса имеет большое значение и соответствует интересам поддержания главного природного ресурса России – биоразнообразия (Воденева, 2006; Korneva, 2010, 2012; Старцева и др., 2011; Горохова, 2012).

На территории Самарской области находится действующий памятник природы ре-

гионального значения – оз. Яицкое, которое входит в состав системы Яицких озер. Согласно данным инвентаризации, проведенной в 2014 г., на водосборной территории озера и ее окрестностях было зарегистрировано 5 видов высших сосудистых растений (*Populus alba* L., *Iris pseudacorus* L., *Nymphaea alba* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Potamogeton gramineus* L.), нуждающихся в охране и включенных в Красную книгу Самарской области (2007). Также близ данного водоема расположены места гнездования двух редких видов птиц (*Haematopus ostralegus* Linnaeus, 1707, *Remiz pendulinus* Linnaeus, 1758), также включенных в Красную книгу Самарской области. Вид *Haematopus ostralegus* также внесен в Красную Книгу Российской Федерации (2001). Кроме того, оз. Яицкое имеет эстетическую ценность и является излюбленным местом отдыха горожан (Митрошенкова, Ясюк, 2014).

Фитопланктон является чутким индикатором состояния водной экосистемы, быстро реагирующим на любые произошедшие в ней изменения (Трифонова, 1990). Поэтому альгологические исследования позволяют выявить и оценить неблагоприятные изменения во всей экосистеме водоема даже при проведении краткосрочного мониторинга.

Цель данной работы – анализ таксономической структуры и показателей количественного развития фитопланктона оз. Яицкое, памятника природы регионального значения Самарской области.

Материал и методы

Оз. Яицкое входит в состав системы Яицкие озера (рис. 1). Эта группа озер-стариц поймы старого русла р. Самара, которые в настоящее время полностью утратили связь с рекой. Система расположена в низине, ограниченной автострадами.

Она включает в себя три протоки и шесть озер. Общая площадь озёр около 1.885 км². Самые крупные озера системы: оз. Песчаное около 0.36 км², оз. Яицкое – 0.17 км², оз. Шубное – 0.12 км². Дно илистое, местами песчаное, как, например, на оз. Песчаном. Глубины не превышают трех метров (Митрошенкова, Ясюк, 2014). Пополнение водоёмов происходит за счёт атмосферных осадков, талых и грунтовых вод.

Оз. Яицкое имеет округлую форму, несколько вытянуто с юго-востока на северо-запад, с

восточной стороны граничит с Новокуйбышевским шоссе. Наибольшая ширина 0.55 км, площадь около 0.17 км². Глубина озера не превышает 2.5–3.0 м. Дно сильно заилено, его профиль корытообразный. Берега пологие, обильно заросшие тростником (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рогозом (*Typha* spp.) и осоками (*Carex* spp.). Подходов к воде очень мало. Из водных растений преобладают *Ceratophyllum demersum* L., *Elodea canadensis* Michx., *Nuphar lutea* (L.) Sm. (Матвеев, Титавкин, 1972). По результатам исследований, озеро Яицкое сильно эвтрофицировано и находится в процессе деградации (Митрошенкова, Ясюк, 2014).

Пробы фитопланктона отбирались ежемесячно в период с мая по октябрь 2009–2011 гг. на двух станциях в открытой пелагической зоне водоема. Всего было отобрано и обработано 36 проб. Материал отбирали и обрабатывали по стандартной гидробиологической методике (Методика..., 1975). Пробы отбирали батометром Рутгнера и 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. В соответствии с рекомендациями альгологов ИБВВ РАН (п. Борок), обобщенных в работе Корневой (2015), за основу таксономического списка принята классификация, приведенная в справочнике «Водоросли» (Вассер и др., 1989), которая представляет собой трансформированную систему Голлербаха (1977), с учетом выделения криптофитовых, динофитовых и рафидофитовых водорослей в самостоятельные отделы. Названия диатомовых водорослей приводятся согласно классификации, расположенной в издании «Диатомовые водоросли СССР» (1988), названия динофитовых водорослей – согласно классификации Popovský & Pfiester (1990), родов и видов зеленых водорослей из порядка Chlorococcales – по: Царенко (1990), зеленых фитофлагеллят – по: Мошкова, Голлербах (1986). В работе учитывались систематические ревизии флористических сводок по синезеленым водорослям Komárek & Anagnostidis (1999, 2005). Названия видовых и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей представлены согласно Krammer &

Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a,b). В качестве критериев разнообразия сообществ водорослей использовали информационные индексы Шеннона-Уивера, рассчитанные по численности и биомассе (Мегарран, 1992). Оценку сапробности вод проводили по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека, используя известные индикаторные значения сапробности отдельных видов (Баринова, Медведева, 1996; Sládeček, 1973, 1986; Wegl, 1983). К доминирующим видам относили те, численность и биомасса которых составляла 10 и более % от общего значения (Мегарран, 1992).

Результаты и обсуждение

В результате исследования в составе альгофлоры оз. Яицкое в 2009–2011 гг. было зарегистрировано 312 таксонов водорослей рангом ниже рода, которые относились к 9 отделам, 14 классам, 22 порядкам, 52 семействам и 108 родам (табл.).

Наибольшим числом видов, разновидностей и форм водорослей характеризовался отдел зеленых водорослей, в состав которого входило 37% от общего числа таксонов рангом ниже рода. Затем следовали отделы диатомовых (21%), эвгленовых (14%) и синезеленых (12%) водорослей. На долю представителей других отделов водорослей приходилось менее 10% от общего числа видов, разновидностей и форм. Такое же соотношение таксономического состава характерно для водоемов г. Санкт-Петербурга (Павлова, 2000), Нижнего Новгорода (Старцева, Охупкин, 2003), Керженского заповедника (Воденеева, 2006), тогда как в водохранилищах Средней и Нижней Волги (Охупкин и др., 1997; Фитопланктон..., 2003), пойменных озерах Оренбургской области (Яценко-Степанова и др., 2005) и ряде водоемов урбанизированных территорий Самарской области (Кривина, Тарасова, 2015; Кривина, 2016) в ранжированном ряду третье место занимал отдел синезеленых водорослей.

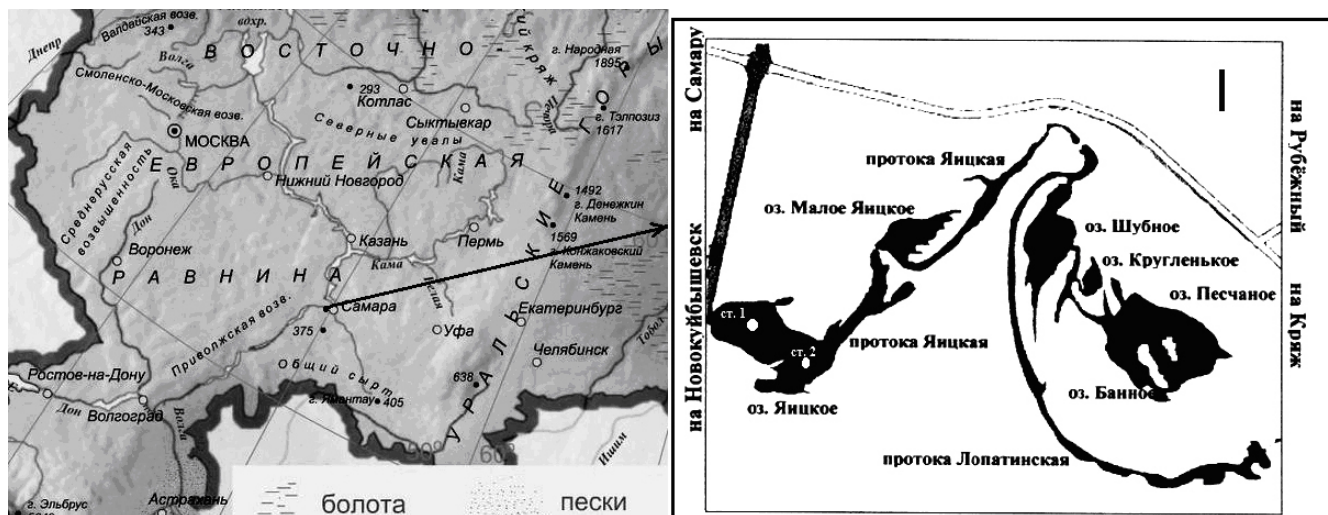


Рис. 1. Система Яицких озер (с изменениями по Митрошенкова, Ясюк, 2014).

Fig. 1. The system of the Yaitskie lakes (According to Mitroshenkova & Yasyuk (2014) with modifications).

Таблица. Таксономический состав альгофлоры оз. Яицкое в 2009–2011 гг.

Table. The algal taxonomic composition of the Yaitskoe Lake in 2009–2011

Отдел	Число				Число таксонов		
	классов	порядков	семейств	родов	видовых	внутривидовых	Всего
<i>Cyanoprokaryota</i>	2	3	8	24	40	0	40
<i>Chrysophyta</i>	1	2	4	5	10	0	10
<i>Bacillariophyta</i>	2	5	14	21	53	11	64
<i>Xanthophyta</i>	1	1	1	2	5	0	5
<i>Cryptophyta</i>	1	1	1	3	11	0	11
<i>Dinophyta</i>	1	3	5	7	10	0	10
<i>Euglenophyta</i>	1	1	1	5	31	6	37
<i>Chlorophyta</i>	4	5	16	38	111	4	115
<i>Streptophyta</i>	1	1	2	3	19	1	20
Всего	14	22	52	108	290	22	312

Использование некоторых флористических коэффициентов для анализа таксономической структуры показало незначительную насыщенность альгофлоры внутривидовыми таксонами (количество видов/количество внутривидовых таксонов 13.57), а также невысокие коэффициенты родовой (1.80) насыщенности фитопланктона. Присутствие в альгофлоре в основном монотипических родов характерно для экосистем с жесткими условиями существования. Оно отмечается при высокой степени трофии вод, вызванной в данном случае антропогенной нагрузкой (Трифенова, 1990; Старцева, Охапкин, 2003; Varinova, 2011; Varinova et al., 2015).

Эколого-географический анализ альгофлоры изучаемого водоема показал, что зарегистрированные в нем водоросли по отношению к местообитанию в основном представлены планктонными организмами 56%. Также была заметна доля бентосных (14%), планктонно-бентосных (14%) и литоральных форм (12%).

Подавляющее большинство видовых и внутривидовых таксонов водорослей имеет широкое географическое распространение (на долю видов-космополитов приходилось около 93% видов, разновидностей и форм водорослей, для которых известно их географическое распределение).

По отношению к солености воды основная масса встреченных водорослей была представлена индифферентными формами: 75% от общего числа видов, разновидностей и форм водорослей, для которых известно отношение к данному показателю. Доля галофилов была заметной и составляла около 12%. На долю организмов, типичных обитателей пресноводных водоемов (галофобов и олигогалофобов широкого спектра), в процессе исследования приходилось 11%.

По отношению к рН среды в водоеме преобладали индифферентные формы – 58% от общего числа видов, разновидностей и форм водорослей, для которых известно их отношение к рН. Также была заметна доля водорослей, обитателей щелочных вод – алкалифилов и алкалибионтов (34%).

Из 312 зарегистрированных нами видов, разновидностей и форм водорослей, 64% являются видами-индикаторами различной степени органического загрязнения водоемов. Основная часть (48% водорослей-сапробионтов) – это виды-индикаторы низкой степени органического загрязнения (от χ -о до о- α -мезосапробной

зон), средней степени органического загрязнения (β -мезосапробы) – 39%, высокой степени содержания органического вещества (от β - α до р-сапробной зон) – 13% от общего числа видов водорослей-индикаторов сапробности.

В целом альгофлору исследованного водоема можно охарактеризовать как зелено-диатомовую с сопутствием эвгленовых и синезеленых водорослей. По составу фитопланктон оз. Яицкое сходен с фитопланктоном мезоэвтрофных озер умеренной зоны (Трифенова, 1990; Старцева, Охапкин, 2003; Протисты и бактерии..., 2009).

Показатели количественного развития были достаточно высоки. В течение трехлетнего периода исследования численность фитопланктона в диапазоне 13.69–87.78 млрд. кл./м³. Среднесезонное значение численности составляло 51.71 ± 28.69 млрд. кл./м³. Биомасса фитопланктона изменялась в пределах 2.25–10.81 г/м³. Среднесезонная биомасса составляла 6.73 ± 3.41 г/м³. Урофень трофности можно оценить как эвтрофный (Трифенова, 1990). Среднесезонные значения показателей количественного развития фитопланктона были сопоставимы с аналогичными показателями развития фитопланктона малых водоемов национального парка «Самарская Лука» и Жигулевского государственного природного заповедника имени И.И. Спрыгина (Протисты и бактерии..., 2009; Горохова, 2012).

Кривая сезонной динамики численности имела одновершинный характер с максимумом в конце лета – начале осени (рис. 2А). Основной вклад в формирование численности в мае вносили зеленые водоросли, в первую очередь, *Monoraphidium contortum* (Thuret) Kom.-Legn. Вклад представителей этого отдела в суммарные значения составлял 44–55%. Также заметна была доля синезеленых водорослей (33–42% от общих значений). Из цианопрокариот преобладали *Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Gronb., *Leptolyngbya fragilis* (Gom.) Anag. et. Kom. В период с июня по сентябрь значения численности фитопланктона были связаны с вегетацией синезеленых водорослей. Их доля увеличивалась от 80% в начале лета до 93% в период интенсивного «цветения» воды в конце лета – начале осени. Из синезеленых водорослей преобладали преимущественно виды, способные вызывать поверхностное «цветение» воды: *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *M. pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk,

Dolichospermum flos-aquae (Brébisson ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek, *Aphanozomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. Кроме того, в состав доминирующего комплекса входили нитчатые «безгетероцистные» формы *Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Gronb., *Jaaginema gemincensis* (Menegh. ex Gom.) Anagn. et Kom. и *Pseudanabaena limnetica* (Lemm.) Kom. В октябре основной вклад в формирование численности вносили зеленые водоросли (представители родов *Monoraphidium* и *Scenedesmus*), доля которых составляла 44–56% от суммарных значений. Также заметна была роль синезеленых водорослей – 36–48%, за счет активной вегетации нитчатых безгетероцистных форм.

Значительный вклад нитчатых безгетероцистных форм синезеленых водорослей («планктотрихетовый» тип, иначе S_1 -тип: экологическая группа нитчатых безгетероцистных форм синезеленых водорослей, которые относились ранее к роду *Oscillatoria*) позволяет заподозрить первые признаки начала так называемой «оцилляториевой» болезни (Reynolds, 2006). Начиная с конца XX в. прогрессивная экспансия нитчатых безгетероцистных форм синезеленых водорослей в озерах и водохранилищах умеренной зоны отмечалась многими исследователями (Reynolds et al., 2002; Carmacho et al., 2003; Babanazarova et al., 2007; Сиделев, Бабаназарова, 2011; Старцева и др., 2011; Кривина, Тарасова, 2015). Достаточно высокая роль синезеленых водорослей S_1 -типа в водоеме ООПТ указывает на необходимость дальнейших наблюдений за состоянием экосистемы водоема и лимитирования негативной нагрузки.

В сезонной динамике биомассы фитопланктона можно выделить два пика: первый – в мае, второй – в августе (рис. 2Б). Значения биомассы весеннего фитопланктона были связаны с вегетацией диатомовых (48–59% от ее суммарных значений) и зеленых (28–35%) водорослей. В ранг доминирующих, в основном, входили виды из родов *Stephanodiscus*, *Cyclotella* и *Fragilaria*, относящиеся к диатомовым водорослям, что, вероятно, было связано с их крупноклеточностью. В июне основной вклад в формирование биомассы вносили зеленые (33–39%), диатомовые (19–23%) и синезеленые (10–14%) водоросли. В ранг доминант входили хлорококковые из родов *Coelastrum*, *Scenedesmus*, *Oocystis*, *Tetraedron* и *Pediastrum*, и диатомовые из родов *Cyclotella* и *Stephanodiscus*, численность которых заметно снизилась. В период интенсивного «цветения» воды значимый вклад в формирование биомассы вносили из синезеленых водорослей *Microcystis aeruginosa*, *Aphanozomenon flos-aquae*, из диатомовых – виды из родов *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, из динофитовых – *Ceratium hirundinella* (O. F. Mill.) Bergh., из криптофитовых – *Cryptomonas ovata* Ehr. Осенью значения биомассы были связаны преимущественно с вегетацией диатомовой центрической водоросли *Cyclotella meneghiniana* Kütz. и криптофитовой водоросли *Cryptomonas ovata* Ehr. Уровень трофности водоема по средневегетационной биомассе можно оценить как эвтрофный.

Индексы Шеннона-Уивера изменялись в пределах 2.87–4.90 и 3.79–5.78 по численности и биомассе соответственно (рис. 3).

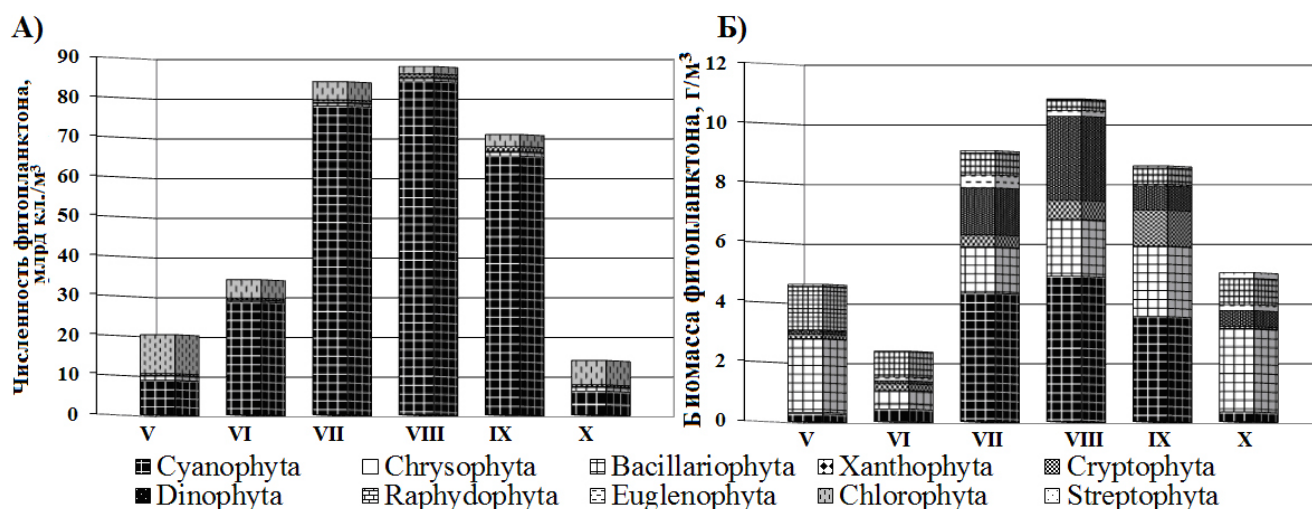


Рис. 2. Средняя сезонная динамика численности (А) и биомассы (Б) фитопланктона оз. Яицкое в 2009–2011 гг.
Fig. 2. Average seasonal dynamics of abundance (A) and biomass (B) of phytoplankton in the Yaitskoe Lake in 2009–2011.

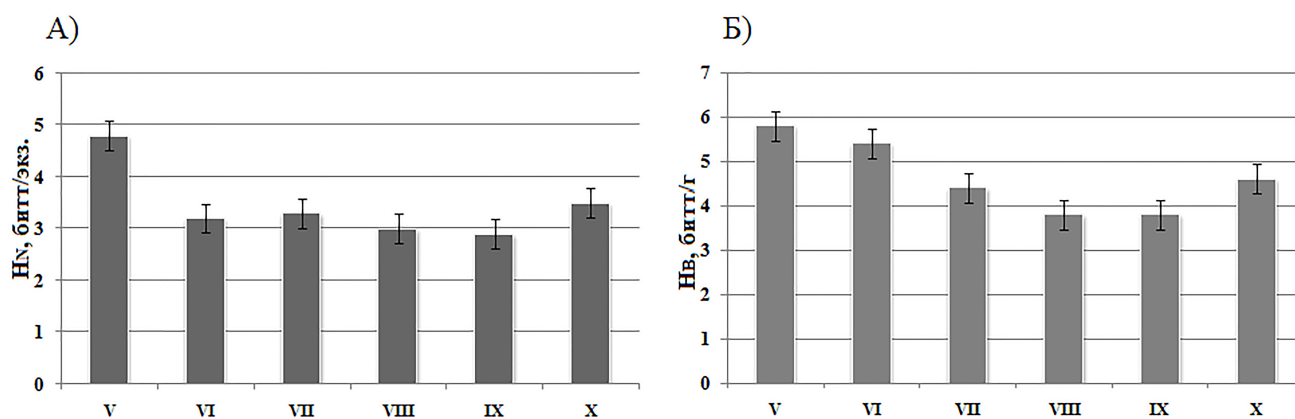


Рис. 3. Сезонная динамика индексов видового разнообразия Шеннона-Уивера по численности $H_N \pm sd$ (А) и биомассе $H_B \pm sd$ (Б), где H_N – индекс Шеннона-Уивера по численности фитопланктона, H_B – индекс Шеннона-Уивера по биомассе фитопланктона, sd – стандартное отклонение.

Fig. 3. Seasonal dynamics of indices of species diversity of Shannon-Weaver of algal population: $H_N \pm sd$ (A) and biomass $H_B \pm sd$ (B), where H_N – indices of Shannon-Weaver of algal abundance, H_B – indices of Shannon-Weaver of algal biomass, sd – standard deviations.

В изучаемом водоеме значения индексов видового разнообразия, рассчитанных по численности фитопланктона, были максимальными в конце весны. В летний период они остаются примерно на одном уровне, что связано с достаточно жестким доминированием синезеленых водорослей. Осенью их степень доминирования снижалась, а индексы видового разнообразия, соответственно, возрастали. Значения индексов, рассчитанных по биомассе, уменьшались от весны к началу осени, достигая своего минимума в период «цветения воды», а затем постепенно возрастали.

Среднесезонные значения были достаточно высоки: $H_{Ncp} = 3.42 \pm 0.45$ и $H_{Bcp} = 4.64 \pm 0.63$, характеризую фитоценоз водоема как систему с высоким уровнем видового разнообразия, с преобладанием полидоминирования.

Данные сапробиологического анализа показали, что индексы сапробности варьировали в диапазоне от 1.52 до 2.42. Средневегетационный индекс сапробности составлял 1.94 ± 0.02 , что позволило охарактеризовать данный водоем как β -мезосапробный, умеренно загрязненный с III классом качества вод.

Выводы

Таким образом, в составе альгофлоры планктона оз. Яицкое в период с 2009 по 2011 гг. было зарегистрировано 312 таксонов водорослей рангом ниже рода из 108 родов, 52 семейств, 22 порядков, 14 классов. Альгофлора исследованного водоема характеризовалась как зелено-диатомовая с сопутствием эвгленовых и синезеленых

водорослей. По составу фитопланктон оз. Яицкое сходен с фитопланктоном эвтрофных озер умеренной зоны.

Результаты анализа таксономической структуры фитопланктона с использованием ряда флористических коэффициентов указали на жесткие условия существования в экосистеме водоема и косвенно свидетельствовали о нарастании трофии вод, спровоцированных антропогенной нагрузкой.

Показатели количественного развития фитопланктона были высоки. Среднесезонные значения численности и биомассы фитопланктона в оз. Яицкое не превышали аналогичные показатели в малых водоемах других ООПТ Самарской области. Однако достаточно высокая доля в формировании численности фитопланктона синезеленых водорослей S_1 -типа может свидетельствовать о начале развития «осцилляториевой болезни», что вызывает беспокойство за дальнейшую судьбу экосистемы оз. Яицкое.

В соответствии с классификацией, предложенной Трифионовой, по значению средневегетационного уровня развития биомассы фитопланктона водоем можно отнести к эвтрофному типу. Среднесезонные значения индексов видового разнообразия структуры сообщества фитопланктона позволили охарактеризовать оз. Яицкое как экосистему с высоким уровнем видового разнообразия, с преобладанием полидоминирования. Средневегетационные индексы сапробности позволяют охарактеризовать данный водоем как β -мезосапробный, умеренно загрязненный с III классом качества вод.

Усиливающийся с каждым годом приток отдыхающих и автотранспортная нагрузка создают предпосылки для развития в экосистеме водоемов негативных процессов, в т. ч. антропогенного эвтрофирования. В связи с этим, можно сказать, что памятник природы оз. Яицкое нуждается в наблюдении и охране.

Литература

- Барнинова С.С., Медведева Л.А. 1996. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (Российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука. 364 с.
- Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П., Паламарь-Мордвинцева Г.М., Ветрова З.И., Кордюм Е.Л., Мошкова Н.А., Приходькова Л.П., Коваленко О.В., Ступина В.В., Царенко П.М., Юнгер В.П., Радченко М.И., Виноградова О.Н., Бухтиярова Л.Н., Разумна Л.Ф. 1989. Водоросли. Справочник. Киев: Наукова Думка. 608 с.
- Воденеева Е.Л. 2006. Состав и структура фитопланктона гумозно-ацидных водоемов (на примере водных объектов заповедника «Керженский»). Дисс. ... канд. биол. наук. Нижний Новгород. 165 с.
- Голлербах М.М. 1977. Водоросли и их отличия от других растений // Жизнь растений. М.: Просвещение. Т. 3. С. 7–9.
- Горбунов М.Ю., Уманская М.В., Краснова Е.С. 2014. Современное экологическое состояние озера Большое Васильевское // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 16(1–1). С. 183–187.
- Горохова О.Г. 2012. Фитопланктон малых водоемов Средне-Волжского биосферного резервата (Самарская область). Дисс. ... канд. биол. наук. Тольятти. 176 с.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 2. Вып. 1. Л.: Наука, 1988. 116 с.
- Корнева Л.Г. 2015. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костромской печатный дом. 284 с.
- Красная книга Российской Федерации (животные). М.: Астрель, 2001. 862 с.
- Красная книга Самарской области. Том 1. Редкие виды растений, грибов, лишайников. Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна РАН, 2007. 372 с.
- Кривина Е.С. 2016. Таксономическая структура фитопланктона техногенного водоема (на примере оз. Отстойник, г. Тольятти, Самарская область) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 25(2). С. 161–171.
- Кривина Е.С., Тарасова Н.Г. 2015. Фитопланктон урбанизированного водоема (на примере оз. Восьмерка, г. Тольятти, Самарская область) II. Количественное развитие, доминирующие виды, и оценка качества воды // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 17(4). С. 203–209.
- Матвеев В.И., Титавкин А.П. 1972. Яицкое озеро // Сокровища Волжской природы: заповедные и памятные места Куйбышевской области. Куйбышев: Книжное изд-во. С. 112–118.
- Мегарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир. 184 с.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
- Митрошенкова А.Е., Ясюк В.П. 2014. Современное состояние экосистемы Яицких озер левобережной поймы реки Самары // Научный диалог. №1(25). С. 115–128.
- Мошкова Н.А., Голлербах М.М. 1986. Зеленые водоросли. Класс Улотриксковые (1) // Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10(1). Л.: Наука. 360 с.
- Охалкин А.Г., Микучик И.А., Корнева Л.Г., Минеева Н.А. 1997. Фитопланктон Горьковского водохранилища. Тольятти. 224 с.
- Павлова О.А. 2000. Видовой состав фитопланктона и оценка сапробности трех озер урбанизированного ландшафта // Тезисы докладов V Всероссийской конференции по водным растениям «Гидрботаника 2000». Борок. С. 65–66.
- Протисты и бактерии озер Самарской области / В.В. Жариков (ред.). Тольятти: Кассандра, 2009. 240 с.
- Сиделев С.И., Бабаназарова О.В. 2011. Экология и сукцессия фитопланктона в озерах планктотрихетового типа (на примере озера Неро, Япославская область, Россия) // Водоросли: таксономия, экология, использование в мониторинге. Екатеринбург: УрО РАН. С. 212–216.
- Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я. 1978. «Цветение» воды и эвтрофирование». Киев: Наукова думка. 231 с.
- Старцева Н.А., Воденеева Е.Л., Охалкин А.Г. 2011. Состав массовых видов фитопланктона разнотипных водоемов в условиях урбанизированного и заболоченного ландшафтов (Нижегородская область) // Водоросли: таксономия, экология, использование в мониторинге. Екатеринбург: УрО РАН. С. 226–232.
- Старцева Н.А., Охалкин А.Г. 2003. Состав и структура фитопланктона некоторых пойменных озер культурного ландшафта (на примере г. Нижнего Новгорода) // Биология внутренних вод. №4. С. 35–42.
- Трифонов И.С. 1990. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука. 183 с.
- Фитопланктон Нижней Волги. Водохранилища и низовья реки. Санкт-Петербург, 2003. 231 с.
- Царенко П.М. 1990. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Київ: Наукова Думка. 208 с.
- Яценко-Степанова Т.Н., Немцева Н.В., Шабанов С.В. 2005. Альгофлора Оренбуржья. Екатеринбург: УрО РАН. 202 с.
- Babanazarova O.V., Sidelev S.I., Shisheleva S.V. 2007. Characterization of the development of cyanobacteria functional group (Planktotrichetum) in the highly eutrophic Lake Nero // Symposium for European freshwater sciences: Abstracts of International Scientific Conference. Palermo. P. 39.

- Barinova S. 2011. The effect of altitude on distribution of freshwater algae in continental Israel // *Current Topic of Plant Biology*. Vol. 4. P. 89–95.
- Barinova S., Gabyshev V., Boboev M., Kukhaleishvili L., Bilous O. 2015. Algal Indication of Climatic Gradients // *American Journal of Environmental Protection*. Vol. 4(3–1). P. 72–77. DOI: 10.11648/j.ajep.s.2015040301.22
- Carmacho A., Wurtsbaugh W.A., Miracle M.R., Armengol X., Vicente E. 2003. Nitrogen limitation of phytoplankton in a Spanish karst lake with a deep chlorophyll maximum: a nutrient enrichment bioassay approach // *Journal of Plankton Research*. №502. P. 111–121. DOI: 10.1093/plankt/25.4.397
- Komárek J., Anagnostidis K. 1999. Cyanoprocaryota 1. Teil: Chroococcales // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/1. P. 1–548.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. Cyanoprocaryota 2. Teil: Oscillatoriales // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/2. P. 1–759.
- Korneva L.G. 2010. Changes in Phytoplankton Diversity in the Volga Basin Waterbodies // *Inland Water Biology*. Vol. 3(4). P. 322–328. DOI: 10.1134/S1995082910040048
- Korneva L.G. 2012. Taxonomic Composition and Ecology of Green Algae (Chlorophyta and Streptophyta) in Shallow Weakly Mineralized Forest Lakes // *International Journal on Algae*. Vol. 14(4). P. 331–347. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v14.i4.40
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 2/1. P. 1–876.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 2/2. P. 1–596.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 2/3. P. 1–576.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 4 // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 2/4. P. 1–437.
- Popovský J., Pfister L.A. 1990. Dinophyceae (Diniflagellida) // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 6. P. 1–272.
- Reynolds C.S. 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. 536 p.
- Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // *Journal of Plankton Research*. Vol. 24. P. 417–428. DOI: 10.1093/plankt/24.5.417
- Sakharova E.G., Korneva L.G. 2018. Phytoplankton in the littoral and pelagial zones of the Rybinsk Reservoir in years with different temperature and water level regimes // *Inland Water Biology*. Vol. 11(1). P. 6–12. DOI: 10.1134/S1995082918010157
- Sládeček V. 1973. System of water quality from the biological point of view // *Ergebnisse der Limnologie*. Vol. 7. P. 1–218.
- Sládeček V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution // *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*. Vol. 14(5). P. 555–566. DOI: 10.1002/aheh.19860140519
- Wegl R. 1983. Index für die Limnosaprobität // *Wasser und Abwasser*. Vol. 26. P. 1–175.

References

- Babanazarova O.V., Sidelev S.I., Shisheleva S.V. 2007. Characterization of the development of cyanobacteria functional group (Planktotrichetum) in the highly eutrophic Lake Nero. In: *Symposium for European freshwater sciences: Abstracts of International Scientific Conference*. Palermo. P. 39.
- Barinova S. 2011. The effect of altitude on distribution of freshwater algae in continental Israel. *Current Topic of Plant Biology* 4: 89–95.
- Barinova S.S., Medvedeva L.A. 1996. *Atlas of algae as saprobic indicators (Russian Far East)*. Vladivostok: Dalnauka. 364 p. [In Russian]
- Barinova S., Gabyshev V., Boboev M., Kukhaleishvili L., Bilous O. 2015. Algal Indication of Climatic Gradients. *American Journal of Environmental Protection* 4(3–1): 72–77. DOI: 10.11648/j.ajep.s.2015040301.22
- Carmacho A., Wurtsbaugh W.A., Miracle M.R., Armengol X., Vicente E. 2003. Nitrogen limitation of phytoplankton in a Spanish karst lake with a deep chlorophyll maximum: a nutrient enrichment bioassay approach. *Journal of Plankton Research* 502: 111–121. DOI: 10.1093/plankt/25.4.397
- Diatoms of the USSR (fossils and modern). Vol. 2(1). Leningrad: Nauka, 1988. 116 p. [In Russian]
- Gollerbakh M.M. 1977. Algae and their differences from other plants. In: *Life of Plants*. Vol. 3. Moscow: Prosveshchenie. P. 7–9. [In Russian]
- Gorbunov M.Yu., Umanskaya M.V., Krasnova E.S. 2014. The contemporal ecological status of the Big Vasilievskoe lake. *Proceedings of Samara Scientific Centre of RAS* 16(1–1): 183–187. [In Russian]
- Gorokhova O.G. 2012. *Phytoplankton of small reservoirs of The middle Volga biosphere reserve (Samara region)*. PhD Thesis. Togliatti. 176 p. [In Russian]
- Komárek J., Anagnostidis K. 1999. Cyanoprocaryota 1. Teil: Chroococcales. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/1: 1–548.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. Cyanoprocaryota 2. Teil: Oscillatoriales. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/2: 1–759.
- Korneva L.G. 2010. Changes in Phytoplankton Diversity in the Volga Basin Waterbodies. *Inland Water Biology* 3(4): 322–328. DOI: 10.1134/S1995082910040048
- Korneva L.G. 2012. Taxonomic Composition and Ecology of Green Algae (Chlorophyta and Streptophyta) in Shallow Weakly Mineralized Forest Lakes. *International Journal on Algae* 14(4): 331–347. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v14.i4.40
- Korneva L.G. 2015. *Phytoplankton of Volga River basin reservoirs*. Kostroma. 284 p. [In Russian]

- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/1: 1–876.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/2: 1–596.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/3: 1–576.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 4. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/4: 1–437.
- Krivina E.S. 2016. Taxonomic structure of phytoplankton of a technogenic water body (for example oz. Sedimentation tank, Togliatti, Samara region). *Samarskaya Luka: problems of regional and global ecology* 25(2): 161–171. [In Russian]
- Krivina E.S., Tarasova N.G. 2015. Phytoplankton of an urbanised reservoir (a case study for lake Vosmerka, Togliatti, Samara region) II. Quantitative development, the dominant species assessment of water quality. *Proceedings of Samara Scientific Centre of RAS* 17(4): 203–209. [In Russian]
- Matveev V.I., Titawkin A.P. 1972. Lake Yaitskoe. In: *Treasures of the Volga river nature: conservation and memorable places of the Kuybyshev region*. Kuybyshev: Book Publishing House. P. 112–118. [In Russian]
- Megarran E. 1992. *Ecological diversity and its measurement*. Moscow: Mir. 184 p. [In Russian]
- Methods of studying biogeocoenoses of inland water bodies. Moscow: Nauka, 1975. 240 p. [In Russian]
- Mitroschenkova A.E., Yasyuk V.P. 2014. The current state of the ecosystem of the Yaitskie lakes at the left bank floodplain of the river Samara. *Scientific dialogue* 1(25): 115–128. [In Russian]
- Moshkova N.A. Gollerbakh M.M. 1986. Green algae. Class Ulotricophyceae (1). In: *Determinant of freshwater algae of the USSR*. Vol. 10(1). Leningrad: Nauka. 360 p.
- Okhapkin A.G., Mikulchik I.A., Korneva L.G., Mineeva N.A. 1997. *Phytoplankton in the Gorky reservoir*. Togliatti. 224 p. [In Russian]
- Pavlova O.A. 2000. Species composition of phytoplankton and assessment of saprobity of the three lakes of urbanized landscapes. In: *Abstracts of Fifth All-Russian Conference on aquatic plants «Gidrobotanika2000»*. Borok. P. 65–66. [In Russian]
- Phytoplankton of the Lower Volga. Reservoirs and lower reaches of the river. Saint Petersburg, 2003. 231 p. [In Russian]
- Popovský J., Pfiester L.A. 1990. Dinophyceae (Diniflagellida). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 6: 1–272.
- Red Data Book of the Russian Federation (Animals). Moscow: Astrel, 2001. 862 p. [In Russian]
- Red Data Book of the Samara region. Vol. 1. Rare species of plants, fungi, lichens. Togliatti: Institute of ecology of the Volga basin, 2007. 372 p. [In Russian]
- Reynolds C.S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press. 536 p.
- Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417–428. DOI: 10.1093/plankt/24.5.417
- Sakharova E.G., Korneva L.G. 2018. Phytoplankton in the littoral and pelagial zones of the Rybinsk Reservoir in years with different temperature and water level regimes. *Inland Water Biology* 11(1): 6–12. DOI: 10.1134/S1995082918010157
- Sidelev S.I., Babanazarova O.V. 2011. Phytoplankton ecology and succession in the «planktotrichetum-lakes» type (case study, the Nero lake, the Yaroslavl region, Russia). In: *The Algae: taxonomy, ecology and use in the monitoring*. Yekaterinburg: Ural Branch of RAS. P. 212–216. [In Russian]
- Sirenko L.A., Gavrilenko M.Ya. 1978. «Blooming» of water and eutrophication. Kyiv: Naukova Dumka. 231 p. [In Russian]
- Sládeček V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie* 7: 1–218.
- Sládeček V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* 14(5): 555–566. DOI: 10.1002/ahch.19860140519
- Startseva N.A., Vodeneeva E.L., Okhapkin A.G. 2011. The composition of dominant phytoplankton species of different types water bodies in urban and wetland territories (Nizhniy Novgorod Region). In: *The Algae: taxonomy, ecology and use in the monitoring*. Yekaterinburg: Ural Branch of RAS. P. 226–232. [In Russian]
- Startseva N.A., Okhapkin A.G. 2003. composition and structure of phytoplankton of some floodplain lakes of cultural landscape (a case study for Nizhny Novgorod). *Inland Water Biology* 4: 35–42. [In Russian]
- Trifonova I.S. 1990. *The ecology and succession of lake phytoplankton*. Leningrad: Nauka. 183 p. [In Russian]
- Tsarenko P.M. 1990. *A brief determinant of chlorococcal algae of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova Dumka. 208 p. [In Russian]
- Vodeneeva E.L. 2006. Composition and structure of phytoplankton gamesno-acidic reservoirs (a case study for water bodies of the Nature Reserve «Kerzhensky»). PhD Thesis. Nizhny Novgorod. 165 p. [In Russian]
- Wasser S.P., Kondratyeva N.V. Masyuk N.P. Palamar-Mordvintseva G.M., Vetrova Z.I., Kordyum E.L., Moshkova N.A. Prikhodkova L.P., Kovalenko O.V., Stupina V.V., Tsarenko P.M., Yunger V.P., Radchenko M.I., Vinogradova O.N., Bukhtiyarova L.N., Razumna L.F. 1989. *Algae. Handbook*. Kyiv: Naukova Dumka. 608 p. [In Russian]
- Wegl R. 1983. Index für die Limnosaprobität. *Wasser und Abwasser* 26: 1–175.
- Yatsenko-Stepanova T.N., Nemtseva N.V. Shabanov S.V. 2005. *Algal Flora of the Orenburg Region*. Yekaterinburg: Ural Branch of RAS. 202 p. [In Russian]
- Zharikov V.V. (Ed.). 2009. *Wipers and bacteria of lakes of Samara region*. Togliatti: Cassandra. 240 p. [In Russian]

THE ALGAL COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE YAITSKOE LAKE (SAMARA REGION, RUSSIA)

Anna A. Malysheva¹, Elena S. Krivina², Kristina A. Kuzmina³

¹*Middle Volga Branch of the Main Basin Directorate
for Fishery and Conservation of Aquatic Biological Resources, Russia
e-mail: pepelisa@yandex.ru*

²*Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS, Russia
e-mail: pepelisa@yandex.ru*

³*All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Russia
e-mail: kris_tea_na@mail.ru*

We studied the phytoplankton of the Yaitskoe Lake (Samara region, Russia) from May to October 2009–2011. In this water body, there were 312 species and intraspecific taxa of algae. They belonged to nine taxonomic Divisions, 14 Classes, 22 Orders, 52 Families, and 108 Genera. A larger number of species, varieties and forms of algae belonged to the Chlorophyta, which included 37% of the total number of species and intraspecific taxa, followed by Bacillariophyta (21%), Euglenophyta (14%), and Cyanoprokaryota (12%). The other algae species number was less than 10% of the total species richness. The value of algae quantitative development was high in the Yaitskoe Lake during the three-year period. The values of abundance and biomass increased from spring to the end of summer, then there was a decrease. The level of trophic state was assessed as eutrophic. The abundance and biomass of algae were high during the study. The level of species diversity and evenness in phytoplankton community were assessed as high. Indices values, calculated by the phytoplankton abundance, were maximal at late spring. In summer, their values decreased. This was due to the increased dominance of blue-green algae (cyanoprokaryotes). The degree of cyanoprokaryota dominance decreased in autumn, while species diversity and evenness of the community increased. The indices, calculated on biomass, decreased from spring to early autumn. Their minimal values were during the «blooming» of water, and then gradually increased. Saprobiological analysis showed that this pond belonged to the β -mesosaprobic type, moderately polluted with Class III of water quality.

Key words: eutrophication, indices, phytoplankton, pollution, water quality