

УДК 582.26:574

СОСТАВ МАССОВЫХ ВИДОВ И СТРУКТУРА АЛЬГОЦЕНОЗОВ ПРИ «ЦВЕТЕНИИ» ВОДЫ В МАЛЫХ ВОДОЁМАХ ЮГА ЛЕСОСТЕПНОГО ПОВОЛЖЬЯ

О.Г. Горохова

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, 445003, Россия

Аннотация

Приведены сведения о составе, количественном развитии и структурных особенностях сообществ фитопланктона при «цветении» воды в малых эвтрофных водоёмах Самарской области. Выявлено более 30 вызывающих «цветение» видов из числа широко распространенных форм, в основном Chlorophyta и Cyanoprokaryota. Наиболее высокая доля в суммарной биомассе характерна для видов фитофлагеллят и цианопрокариот. Анализ изменения биоценологических индексов в альгоценозах «цветущих» водоёмов показал выраженные структурные преобразования, связанные с доминированием Cyanoprokaryota. В период массового развития *Planktothrix agardhii* отмечены выпадение или ослабление вегетации других доминирующих видов, снижение удельного видового богатства.

Ключевые слова: малые эвтрофные водоёмы, «цветение» воды, структура альгоценозов, биомасса видов

Введение

Видовой состав и структура сообществ фитопланктона служат одними из показателей состояния водных экосистем. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что водоросли быстро реагируют на нарушение биологического равновесия при ухудшении экологических условий [1–4]. Признаками неблагополучия и ответной реакцией фитопланктонных сообществ на эвтрофирование считают резкое увеличение продуктивности, усиление роли видов, характерных для высоко эвтрофных и сапробных вод, снижение видового разнообразия, а также развитие «цветения», которое сопровождается выделением метаболитов водорослей, ухудшением кислородного режима, проблемами водопользования. Явление «цветения» воды изучается на протяжении многих десятилетий [2, 5, 6]. Исследования, касающиеся решения этой актуальной проблемы, требуют точной идентификации видов, вызывающих «цветение», оценки их роли в планктоценозах, а также выяснения их экологических особенностей. Наиболее часто массового развития в планктоне достигают Cyanoprokaryota (синезелёные водоросли), видовой состав этой группы нуждается в особом внимании по причине их потенциальной токсичности.

На гидробиологические исследования малых водоёмов и водотоков обращено меньше внимания, чем крупных и хозяйственно значимых. Однако небольшие притоки и придаточные водоёмы рек, а также озёра, пруды, находящиеся

на водосборной территории более крупных водных объектов, имеют значение для формирования и сохранения биологического разнообразия, а также в качестве рефугиумов редких видов или изолированных популяций гидробионтов, в том числе водорослей, способных развиваться в массе и вызывать «цветение» воды [7, 8].

На территории Самарской области «цветение» воды наблюдается в различных типах водных объектов: подвержены ему Куйбышевское и Саратовское водохранилища, устьевые участки их рек-притоков и многие малые водоёмы. Особенно типично обильное развитие водорослей для планктона бессточных водоёмов (озёр, прудов) многие из которых находятся в пределах рекреационной зоны городов и населённых пунктов. Для большинства таких водоёмов система мониторинга «цветения» отсутствует, хотя они используются населением для отдыха, рыболовства, в сёлах иногда как места выгула водоплавающей птицы. В этом отношении особенно актуальны исследования водоёмов, в которых «цветение» вызывают *Cyanoprokaryota*.

При высокой степени антропогенных изменений природной среды в Самарской области около 14% её площади относится к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) [9, 10]. Водоёмы ООПТ служат источником данных о фоновом состоянии биоты при оценке и контроле водных экосистем региона.

Цель настоящей работы – охарактеризовать состав массовых видов, особенности количественного развития и структуру альгоценозов при «цветении» воды в малых эвтрофных водоёмах юга лесостепного Поволжья.

Материалы и методы

Исследованные водоёмы находятся на границе лесостепной и степной зон юго-востока европейской части России в пределах ООПТ Самарской области, включающих Жигулёвский заповедник, национальный парк «Самарская Лука» и ряд территорий, относящихся к Средне-Волжскому комплексному биосферному резервату [10]. Водоёмы малые (площадь водного зеркала < 0.5 км²), бессточные, с глубинами до 7.5 м (чаще до 3.5), питание их осуществляется в основном за счет атмосферных осадков, иногда также грунтовых вод. Это озёра в карстовых воронках в ландшафте увалистых равнин и карстующихся возвышенностей Самарской Луки. На плато Жигулёвских гор существуют водоёмы искусственного происхождения, образовавшиеся в карьерах, после разработки битуминозных песчаников и глины. В долине Волги в ландшафтах волжской поймы распространены протоки, заливы, озера-старицы, затоны, в разной степени изолированные от основного русла; на надпойменной террасе – небольшое количество озёр, происхождение которых связано с древними староречьями. Пойменные озёра имеют постоянную или временную (в половодье) связь с Саратовским водохранилищем. В правобережье Волги на границе с Ульяновской областью находится один из крупнейших в Самарской области естественный сосновый массив – Рачейский бор, 40% территории которого является памятниками природы регионального значения; здесь в ландшафте верховых болот существуют небольшие болотные озёра. Кроме того в пределах обследованной территории есть множество водоёмов прудового типа (копанные, плотинные) у населённых пунктов, имеющих смешанное питание (атмосферное

и подземное). Из исследованных нами водоёмов – 5 карстовых и 3 болотных озера, 8 водоёмов в карьерах, 3 озера надпойменной террасы в местах заторфованных староречий, 5 пойменных водоёмов и более 20 прудов.

Водоёмы различны не только по происхождению и положению в ландшафтах, но и по гидролого-гидрохимическим параметрам. Согласно классификации О.А. Алекина [11], вода озёр пресная, в основном гидрокарбонатного класса, с минерализацией от очень малой (в карстовых, болотных и некоторых искусственных водоёмах, питаемых водой атмосферных осадков) до средней (в пойменных озёрах и прудах). По средним величинам рН озёра от мезоацидных до нейтрально-олигощелочных; по цветности воды от олиго- до полигуомозных, более подробная характеристика дана в ряде публикаций [12–15]. Величины прозрачности воды невысоки: до 1.0 реже 1.5 м, в период «цветения» снижаются до 0.1–0.5 м. В водоёмах с глубиной более 1.5 м наблюдается летняя термическая стратификация. Прибрежно-водная и погруженная растительность хорошо развита в большинстве озёр. Трофическое состояние водоёмов, оцененное по среднему содержанию общего фосфора, концентрации хлорофилла, биомассе водорослей – эвтрофное и гиперэвтрофное [12, 13, 15]. Для большинства водоёмов характерно высокое содержание в воде фосфора и азота с увеличением их количества ко дну. Концентрация общего фосфора нередко выше 0.1 мг/л, максимальные значения в поверхностном горизонте воды ряда озёр достигали 1.4–2.6 мг $P_{\text{общ}}/л$; содержание минерального азота, представленного преимущественно аммонийным ионом, изменяется от 0.2 до 11.3 мг $N_{\text{мин}}/л$, в среднем составляет около 1 мг $N_{\text{мин}}/л$ [12–14]. Содержание растворенного органического вещества в большинстве озёр высокое, водоёмы отличаются его вертикальным распределением и количеством легкоокисляемой фракции [12, 14].

Исследования проводятся с 1998 г. Изучение фитопланктона выполнено в каждом водоёме в первый год с ежемесячными сбором проб с апреля – мая по октябрь – ноябрь, во второй год – в мае, июле, октябре. Пробы брали в месте наибольших глубин, сгущали фильтрацией через мембранные фильтры; обработка их проведена в соответствии с методами, принятыми при альгологических исследованиях [16]. К массовым видам отнесены доминанты, численность/биомасса которых составляла не менее 10% от общей, и субдоминанты (от 5% до 10%). Для характеристики сообществ взяты следующие показатели: удельное видовое богатство (число видов в пробе), численность (млн кл/л), биомасса (мг/л), а также индексы видового разнообразия Шеннона (H_b), и выравниваемости Пиелу (E) как величины, отражающие количество видов в альгоценозах и степень равномерности распределения обилия каждого из них. Для анализа связи биомассы и числа видов с физико-химическими параметрами рассчитывали коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты и их обсуждение

Разнообразие типов водоёмов определило высокое видовое богатство, особенности состава и структуры альгоценозов планктона на небольшой по площади территории. Установлена специфика альгофлоры в отдельных озёрах, а также крайне разнообразный состав доминантов и субдоминантов. Целый ряд видов имеет исключительно высокие показатели обилия только в нескольких

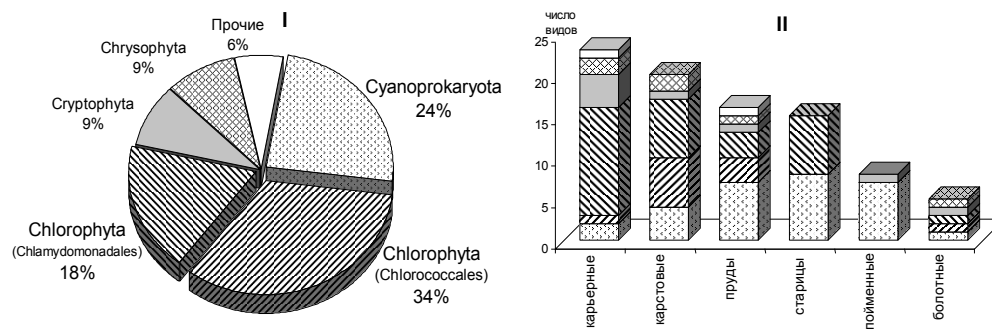


Рис. 1. Таксономический состав водорослей, вызывающих «цветение» воды, (I) и соотношение числа их видов (II) в исследованных водоёмах

водоёмах. С другой стороны, многие характерные для этих озёр виды часто не достигают 5% от общей численности/биомассы в водоёмах с «цветением» воды. Тем не менее для них зарегистрирован значительный уровень количественного развития: численность 0.5–9.5 млн клеток/л; биомасса до 0.1–1.5 мг/л. Случаи «цветения» наблюдались неоднократно в целом ряде водоёмов (более чем в 20) не только летом, но и в другие сезоны года, в некоторых озёрах подо льдом. Если рассматривать биомассу водорослей как критерий уровня «цветения» [17], то понятию «интенсивное цветение» соответствуют величины от 10 до 50–100 мг/л. Принимая во внимание постоянно высокую биомассу водорослей в малых эвтрофных водоёмах исследованной территории, а также случаи окрашивания воды при биомассе менее 10 мг/л, среди видов, вызывающих это явление, может быть рассмотрено несколько групп. Это основные возбудители «цветения» (достигающие биомассы 50 мг/л и более), виды, способствующие формированию «цветения» (с биомассой более 10 мг/л), а также виды, биомасса которых составляет 5–9.9 мг/л; в общей сложности 33 вида. К перечисленным группам принадлежат представители различных систематических отделов водорослей (рис. 1), но в целом характерно следующее: для пойменных водоёмов и стариц, а также для некоторых прудов может отмечаться обильное развитие цианопрокариот, доминирующих в водохранилищах Волги, в основном родов *Microcystis* Kütz. и *Anabaena* Borg. Во всех других водоёмах к «цветению» довольно часто приводит развитие Chlorophyta, в частности зелёных водорослей порядков Chlorococcales и Chlamydomonadales (рис. 1). Подобное характерно для стоячих эвтрофных водоёмов в особенности малых, а также эфемерных [18, 19].

Реже отмечены случаи «цветения», вызванного представителями отделов Euglenophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Chrysophyta; они могут наблюдаться в прудах, расположенных у населенных пунктов, которые нередко подвержены органическому загрязнению, а также иногда в карьерных водоёмах. Наиболее разнообразный состав видов-возбудителей «цветения» обнаружен в искусственных водоёмах – карьерных и прудах (рис. 1), а также в карстовых озёрах, редко отмечается массовое развитие видов в болотных озёрах. В табл. 1 показан состав и количественные характеристики видов доминантов и субдоминантов, а также число случаев включения вида в состав возбудителей «цветения» в различных типах исследованных водоёмов; приведены данные для поверхностного горизонта.

Табл. 1

Состав и количественные характеристики видов, вызывающих «цветение» воды

Виды	Максимальная биомасса вида	
	мг/л	(%)*
Cyanoprokaryota		
<i>Planktothrix agardhii</i> ** – пруды (2) ***	79.10	99
<i>Anabaena planctonica</i> – пруды (1), карьерные (1), карстовые (1), старицы (4)	44.10	63
<i>Microcystis aeruginosa</i> – карстовые (1), старицы (1), пойменные (3)	37.70	97
<i>Microcystis pulverea</i> – пруды (2), карстовые (1), старицы (1), пойменные (3)	21.70	33
<i>Anabaena spiroides</i> – карстовые (1), старицы (1)	11.70	53
<i>Sphaerospermopsis reniformis</i> – пруды (1)	9.80	87
<i>Woronichinia naegeliana</i> – карьерные (1), болотные (1)	8.50	25
<i>Anabaena flos-aquae</i> – пруды (1), старицы (1), пойменные (1)	7.90	18
Chlorophyta		
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> – карстовые (1), карьерные (1)	505.40	99
<i>Pseudocarteria peterhofiensis</i> – карстовые (1), болотные (1)	41.90	32
<i>Chlamydomonas cingulata</i> – карстовые (1), пруды (1)	20.30	76
<i>Chlamydomonas similis</i> – карстовые (1)	9.70	18
<i>Chlamydomonas globosa</i> – карстовые (1), пруды (2)	7.50	15
<i>Carteria globosa</i> – карстовые (1)	5.90	5
<i>Dactylosphaerium jurisii</i> – карстовые (1)	46.50	72
<i>Botryococcus braunii</i> – карстовые (1), карьерные (2), болотные (1)	18.80	83
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> – карстовые (1), карьерные (2), старицы (1)	17.20	45
<i>Westella botryoides</i> – карьерные (2), старицы (1)	15.50	50
<i>Micractinium pusillum</i> – карстовые (1), карьерные (1), старицы (1)	9.70	49
<i>Monoraphidium minutum</i> – карстовые (1), карьерные (1), старицы (1)	7.90	37
<i>Scenedesmus acutiformis</i> – карьерные (1)	7.80	22
<i>Scenedesmus armatus</i> – карьерные (1) пруды (1)	7.10	31
<i>Crucigenia tetrapedia</i> – карстовые (1), карьерные (1), старицы (1)	6.80	38
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> – пруды (1), карстовые (1), карьерные (1), старицы	6.60	35
<i>Scenedesmus opoliensis</i> – пруды (1)	5.40	51
Cryptophyta		
<i>Cryptomonas curvata</i> – карстовые (1), карьерные (3), пойменные (1), болотные	108.40	99
<i>Cryptomonas erosa</i> – пруды (1)	43.70	76
<i>Cryptomonas platyuris</i> – карьерные (1)	8.90	26
Chrysophyta		
<i>Mallomonas caudata</i> – карстовые (1), карьерные (1)	103.70	98
<i>Synura petersenii</i> – пруды (1), болотные (1)	38.80	74
<i>Synura uvella</i> – карстовые (1), карьерные (1)	6.10	34
Euglenophyta		
<i>Euglena mutabilis</i> – карьерные (1)	483.90	89
Dinophyta		
<i>Woloszynskia pascheri</i> – пруды (1)	5.0	96

* Доля вида (%) от суммарной биомассы фитопланктона.

** Авторы указаны в тексте.

*** Число озёр, где вид отмечен при «цветении» с биомассой не менее 5 мг/л.

Из Cyanoprokaryota в исследованных водоёмах к составу возбудителей «цветения» отнесены восемь видов (табл. 1), с участием которых зарегистрировано 29 случаев «цветения».

Из видов рода *Microcystis* наиболее обычен *M. pulverea* (Wood) Forti, он часто регистрируется на протяжении всего периода открытой воды с максимумом обилия в июле – августе в различных типах исследованных нами водоёмов. Несмотря на высокую численность, биомасса этого мелкоклеточного вида достигала не более трети от суммарной фитопланктона (табл. 1). *M. aeruginosa* Kütz. – доминант планктоценозов водохранилищ Волги – для малых водоёмов гораздо менее

характерен: вид встречался в летне-осенний период, но его массовое развитие отмечено лишь в пяти озёрах (табл. 1).

Виды рода *Anabaena* с июня по сентябрь являются компонентом планктона исследованных водоёмов, особенно пойменных и прудов. Уровень их количественного развития обычно ниже, чем при «цветении» воды в Саратовском и Куйбышевском водохранилищах. Наиболее высокие показатели биомассы отмечены для *Anabaena planctonica* Brunn., а также *A. spiroides* Kleb., *A. flos-aquae* Bréb. (табл. 1).

При доминировании представителей родов *Microcystis* и *Anabaena* для структуры альгоценозов характерно снижение видового разнообразия и выравнивания обилий видов. Кроме того, в ряде озёр наблюдались особенности вертикального распределения водорослей: в то время как *Cyanoprokaryota* концентрируются у поверхности, развитие других видов отмечено на некоторой глубине.

Woronichinia naegeliana (Ung.) Elenk. распространенный в планктоне прудов, озёр и рек вид, способный развиваться в массе [18, 20]. На территории Самарской области *W. naegeliana* причислена к охраняемым видам и занесена в Красную книгу [21]. Нами встречена в 9 из исследованных водоёмов, в основном на территории Жигулёвского заповедника и в болотных озёрах. В двух из них (болотном и карьерном) *W. naegeliana* доминировала (табл. 1) с июля по октябрь (при температуре от 10 °С до 28 °С), в альгоценозах планктона не наблюдалось достоверной связи изменения видового разнообразия и выравнивания с биомассой вида.

Planktothrix agardhii (Gom.) Anagn. et. Kom (= *Oscillatoria agardhii* Gom.) – вид широко распространенный в планктоне континентальных водоёмов и опресненных морских акваторий, развивается в широком диапазоне условий; при высоком содержании органических веществ переходит на гетеротрофный рост, считается индикатором гиперэвтрофного состояния водоёмов. Вид является одним из частых возбудителей «цветения» воды, его экзометаболиты чрезвычайно токсичны для рыбы и человека [18]. Изучению водоёмов, с доминированием токсичных нитчатых цианопрокариот так называемого планктотрихетового комплекса – *P. agardhii*, *Pseudanabaena limnetica* (Lemm.) Kom., *Limnothrix redekei* (Goog) Mef. уделяется большое внимание [2, 3, 6, 22–24]. Согласно литературным данным [22–24], массовое развитие *P. agardhii* в водоёме сопровождается такими отрицательными эффектами, как низкая прозрачность и освещенность в результате самозатенения, повышение рН > 8–9, в структуре альгоценозов – монодоминирование и снижение разнообразия.

Planktothrix agardhii был зарегистрирован нами в небольшом количестве в пойменных озёрах и в одном из карстовых, случаи же его массового развития отмечены в двух прудах. Планктон этих прудов можно отнести «планктотрихетовому» типу [3]. Рассмотрим структурные особенности планктоценозов и динамику «цветения» воды с участием этого вида более подробно. Характер его развития в обоих прудах сходен. Единичные нити *P. agardhii* отмечены в одном из прудов ещё в марте подо льдом; в апреле при температуре 3–7 °С вид встречается в небольшом количестве. В мае при быстром прогреве воды прудов до 12–14 °С происходит интенсивный рост численности его популяции, причем в придонном горизонте обилие вида в 1.5–2 раза выше, чем в поверхностном.

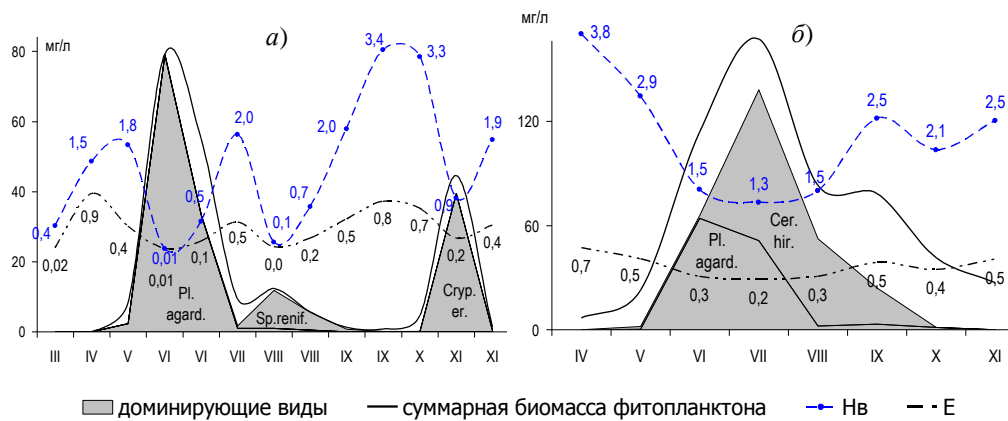


Рис. 2. Изменения биомассы фитопланктона, биомассы доминирующих видов и величин биоценотических индексов в альгоценозах двух прудов с преобладанием *P. agardhii*. Обозначения: Pl. agard. – *Planktothrix agardhii*; Sp. renif. – *Sphaerospermopsis reniformis*; Сруп. ер. – *Cryptomonas erosa*; Cer. hir. – *Ceratium hirundinella*; Нв – индекс Шеннона (по биомассе), Е – индекс Пиелу

В это же время в фитопланктоне увеличивается разнообразие, а также количество других видов водорослей: в одном из прудов нарастает численность *Stephanodiscus hantzschii* Grun., в другом – видов рода *Anabaena* и зелёных хлорококковых водорослей. Однако первый и максимальный за вегетационный сезон подъём численности и биомассы формирует *P. agardhii*, другие виды на фоне его доминирования либо полностью выпадают, либо развитие их заметно ослабевает. Исключение составлял вид *Pseudanabaena limnetica*, развивающийся в прудах синхронно с *P. agardhii* в небольшом количестве (до 2.2 мг/л). В одном из прудов с величиной биомассы *P. agardhii* сопоставима таковая *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Duj. (рис. 2, б), но численность этого крупноклеточного вида несравнимо ниже, а подъёмы в развитии приходятся на время спада вегетации *P. agardhii*.

Таксономическое богатство в альгоценозах планктона по-разному соотносилось с доминированием *P. agardhii*. В одном из прудов оно характеризовалось нарастанием удельного числа видов в апреле-мае (от 1 до 23) и резким его снижением в июне (до 3–11 видов в пробе) во время максимума обилия *P. agardhii*, о чём свидетельствует и динамика величин биоценотических индексов (рис. 2, а). В другом пруду число видов изменялось в пределах 30–56 весь период открытой воды и во время «цветения» резкого снижения числа одновременно вегетирующих видов не отмечено. При этом основной вклад в удельное богатство в период доминирования *P. agardhii* в этом пруду вносили зелёные водоросли порядка Chlorococcales (виды родов *Scenedesmus* Meyen, *Monoraphidium* Kom.-Legn., *Coelastrum* Näg., характерные для эвтрофных вод). В то же время величины биоценотических индексов были невелики (рис. 2, б), что отражало степень доминирования *P. agardhii*. К августу в обоих прудах наблюдался довольно резкий спад количества *P. agardhii*. При этом не выявлено корреляции обилия вида с изменением таких факторов как температура и условия стратификации, величина рН, содержание общего и минерального фосфора. В одном

из прудов установлена обратная связь биомассы вида с концентрацией минерального азота в воде ($R = -0.53$, $p < 0.02$), в большей степени с его нитратной формой ($R = -0.86$, $p < 0.05$), снижение содержания этого биогенного элемента зарегистрировано в июле (N-NO₃ до 0.02 мг/л). Максимум численности *P. agardhii* в планктоне прудов отмечен при температуре 20.3–25.5 °С, в слое воды 0–1 м и составлял 749.7–875.6 млн. клеток/л, что на 79–99% обусловило сезонный максимум численности, а вклад вида в биомассу достигал 60–99% (табл. 1, рис. 2). Прозрачность воды прудов в результате массового развития вида снижалась до минимальных величин: 0.27–0.22 м, вода имела зеленоватый оттенок. Показатель рН воды в одном из прудов (рис. 2, а) в апреле – мае находился в пределах 5.5–6.5, к июню и во время доминирования *P. agardhii* наблюдалось повышение значений рН до 7.5–9.0; во втором пруду значения рН изменялись в меньших пределах: от 8 до 10 с максимумом во время доминирования вида.

Таким образом, для фитопланктона рассматриваемых прудов с сезонным максимумом биомассы за счёт *P. agardhii* характерны в разной степени выраженные структурные изменения в альгоценозах: выпадение или ослабление вегетации других доминирующих видов, снижение удельного видового богатства. В прудах наблюдалось окрашивание воды, снижение её прозрачности, увеличение рН до максимальных за сезон величин. Данные, полученные нами для водоёмов «планктотрихетового» типа, в целом согласуются с известными [22–24].

Вид *Sphaerospermopsis reniformis* (Lemm.) Zapomel. et al. (= *Anabaena reniformis* Lemm.) распространён спорадически, есть указания на его способность развиваться в водах загрязнённых отходами животноводческих ферм и при массовом развитии окрашивать воду в зелёный цвет [25]. На обследованной нами территории доминирование *S. reniformis* зарегистрировано в одном из «планктотрихетовых» прудов (рис. 2, а), в котором вид вегетировал в планктоне с июля по сентябрь. Максимальная биомасса *S. reniformis* (9.8 мг/л) отмечена в начале августа, что составило 87% суммарной биомассы фитопланктона. Во время массового развития вида отмечено снижение разнообразия в альгоценозах планктона (рис. 2, а).

В 47% случаев причиной «цветения» воды в исследованных водоёмах было массовое развитие представителей Chlorophyta – 17 видов зелёных водорослей отнесены к этой группе (табл. 1). Наиболее часто отмечалась обильная вегетация водорослей порядка Chlorococcales: *Micractinium pusillum* Fres, *Botryococcus braunii* Kütz., *Scenedesmus armatus* Chod., *Westella botryoides* (W.West) De-Wild., *Dictyosphaerium tetrachotomum* Printz, *D. pulchellum* Wood. *Dactylosphaerium jurisii* Hind., *Crucigeniella apiculata* (Lemm.) Kom., *Crucigenia tetrapedia* Kirchn. Кроме хлорококковых водорослей, в исследованных озёрах обычны фиитофлагелляты порядков *Chlamydomonadales* и *Volvocales*: *Chlamydomonas globosa* Korsch., *Carteria globosa* Korsch., *Pandorina morum* (Müll.) Bory, *Eudorina elegans* Ehr. *Gonium pectorale* O.F.M. и др. Большинство перечисленных видов принадлежит к широко распространённым формам планктона различного типа водоёмов умеренной зоны, они весьма обычны в эвтрофных и гипертрофных водах, где достигают степени «цветения» [18]. Целый ряд жгутиковых, имеющих, по-видимому, короткий период вегетации, давал кратковременные «вспышки» численности,

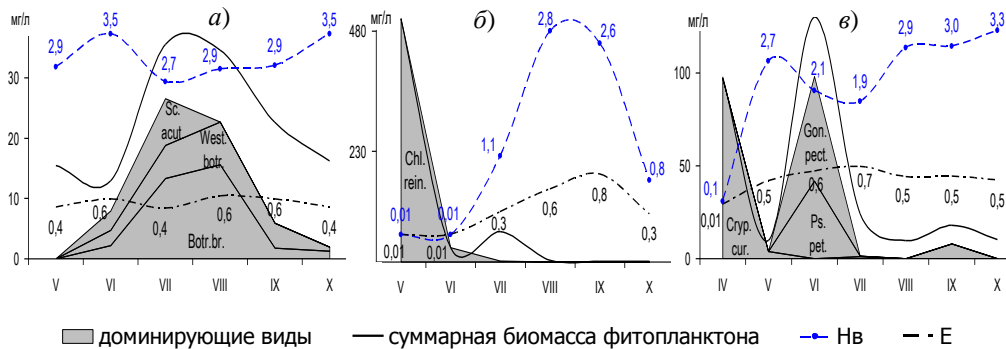


Рис. 3. Изменения биомассы фитопланктона, биомассы доминирующих видов и величин биоценологических индексов в альгоценозах планктонных карьерных водоёмов (а, б) и карстового озера (в). Обозначения: Botr. br. – *Botryococcus braunii*; Sc. acut. – *Scenedesmus acutiformis*; West. botr. – *Westella botryoides*; Gon. pect. – *Gonium pectorale*; Ps. pet. – *Pseudocarteria peterhofiensis*; Сруп. cur. – *Cryptomonas curvata*; Chl. rein. – *Chlamydomonas reinhardtii*; Hv – индекс Шеннона (по биомассе), E – индекс Пиелу

и это часто приводило к окрашиванию воды. Например, такие виды, как *Carteria radiosa* Korsh. in Pasch., *Chlamydomonas cingulata* Pasch., *C. similis* Korsh. и др., эпизодически отмечены в планктоне озёр с биомассой до 10–20 мг/л.

В отличие от цианопрокариот монодоминирование *Chlorophyta* отмечается редко. В озёрах одновременно могут развиваться нескольких видов зелёных водорослей, которые создают основу планктоценозов и приводят к «цветению» (рис. 3, а, в). Например, в одном из карьерных водоёмов три вида порядка *Chlorococcales* поддерживали высокую численность в течение нескольких месяцев, доминируя в летне-осеннем планктоне (рис. 3, а). При этом не прослеживалось существенного уменьшения числа видов других водорослей, а величины индексов разнообразия и выравненности отражали достаточно высокую степень сложности ценоценотической структуры. Однако отмечены исключения: в планктоне одного из карьерных водоёмов весной (при pH 3–4) наблюдалось обильное развитие *Chlamydomonas reinhardtii* Dang. (табл. 1, рис. 3, б); интересно, что в следующем году к «цветению» воды здесь привело доминирование *Euglenophyta* – вид *Euglena mutabilis* Schmitz (табл. 1), индикатор кислых вод. Массовое развитие этих видов придавало воде интенсивно зелёный цвет. Низкие величины pH связаны с происхождением водоёма (в карьере после выработки битуминозного песчаника), вода в нём сульфатного класса минерализации; содержание биогенов высокое [12]. Альгоценозы этого водоёма отличались наиболее специфичной структурой, поскольку при такой исключительно высокой биомассе одного из возбудителей «цветения» (табл. 1) и числе видов в пробе 1–3, разнообразие и выравненность в сообществах планктона были крайне низкие (рис. 3, б). Обильное развитие одного из видов приводило к тому, что величина pH в оба года исследований росла и летом составляла около 6–6.5. После выпадения основного доминанта разнообразие и выравненность в альгоценозах заметно увеличивались (рис. 3, б), удельное богатство возрастало до 11–22 видов; в оба года отмечена положительная связь изменения количества видов

с величиной рН ($R = 0.57-0.72$, $p < 0.05$). Массовое развитие 1–2 форм кислотоустойчивых водорослей в кислотных озёрах наблюдается нередко и отмечено исследователями [27–29]. Так, в Германии контролируемую эвтрофикацию кислотных карьерных водоёмов с целью повышения в них уровня первичного продуцирования предлагали как одну из мер по их раскислению [28, 29].

Euglenophyta и Cryptophyta в массовом количестве развиваются в малых эвтрофных водоёмах и являются индикаторами повышенного содержания в воде органического вещества. Виды этих отделов – характерный компонент фитопланктона исследованных озёр, где они создают заметную долю биомассы. Из Cryptophyta в водоёмах рассматриваемой территории доминируют по биомассе *Cryptomonas curvata* Ehr., а также другие крупноклеточные виды этого рода – *C. erosa* Ehr., *C. platyuris* Skuja (табл. 1). Преобладание Cryptophyta в особенности характерно для планктона небольших прудов у населённых пунктов, где иногда отмечается «криптофитовый» планктон, состоящий из нескольких видов рода *Cryptomonas*. Монодоминирование криптонад довольно характерно для планктоценозов холодного времени года, при этом разнообразие и выравненность в альгоценозах низкие (рис 2, а, 3, в). Например, в одном из карстовых озёр *C. curvata* на 99% обусловил пик биомассы в апреле (рис. 3, в); отмечены пики биомассы, создаваемые криптомонадами поздней осенью (рис. 2, а) и подо льдом. Криptomonаты при их массовом развитии были причиной окрашивания воды в 10% случаев. Роль же эвгленовых водорослей часто обусловлена общим количеством разнообразных представителей (*Trachelomonas* Ehr., *Euglena* Ehr., *Phacus* Duj.), реже преобладанием одного вида как в кислотном карьерном водоёме (см. выше).

Из Chrysophyta в альгоценозах доминировали виды родов *Synura* Ehr., *Mallomonas* Perty., *Dinobryon* Ehr. Массовое развитие золотистых водорослей отмечено в 6 водоёмах. Например, в одном из прудов в октябре – ноябре (при температуре воды 3–9 °С), отмечено доминирование *Synura petersenii* Korsch., приведшее к зеленоватому окрашиванию воды (табл. 1). В некоторых озёрах случаи массовой вегетации *Chrysophyta* отмечены летом. Так, одновременное развитие золотистых водорослей перечисленных родов наблюдалось в одном карстовом озере с мая по август, а в одном из карьерных – с июня по сентябрь. В обоих водоёмах наибольший вклад в биомассу вносил *Mallomonas caudata* Ivan. (табл. 1), имеющий крупные размеры. Видовое разнообразие летних альгоценозов при доминировании *Chrysophyta* преимущественно высокое.

Менее изучен период в развитии фитопланктона малых эвтрофных водоёмов, который наступает в момент вскрытия ледяного покрова. Таяние снега и льда, увеличение инсоляции в марте, поступление талых вод с водосбора, быстрое вскрытие и прогрев в апреле небольших озёр и прудов могут происходить в короткие сроки. Отбор же проб ранней весной представляет трудность. Нашими исследованиями установлены случаи «цветения» водоёмов в марте – апреле за счет массового развития холодолюбивых видов. В таксономическом отношении это фитофлагелляты из разных отделов, многие из которых начинают развиваться ещё подо льдом благодаря способности к гетеротрофии. Например, вид *Cryptomonas curvata*, формирующий пик развития в одном из карстовых озёр при температуре воды 7 °С в апреле (рис. 3, б), был найден

и в зимнем планктоне этого водоёма (в декабре). В одном из прудов в марте и начале апреля наблюдалась «вспышка» численности представителя отдела Dinophyta *Woloszynskia pascheri* (Suchl.) Stosch (= *Gymnodinium inversum* Nyg.), который формировал монодоминантное сообщество (табл. 1). По литературным данным вид встречается в холодное время года с оптимумом развития при температуре 1–12 °С и может окрашивать воду эвтрофных прудов и озёр в бурый и зеленоватый цвет [30]. В одном из карстовых озёр в апреле биомасса вида *Chloromonas paraserbinovii* (Skuja) Gerl. et Ettl (*Chlorophyta*, *Chlamydomonadales*) в слое воды 0–1 м составила 9.2–17.4 мг/л. Вид является стенотермной холодноводной формы планктона [29]. Некоторые из видов холодноводного комплекса встречаются в исследованных водоёмах в течение периода открытой воды, как правило, в небольшом количестве, часто в придонном горизонте, другая часть видов выпадает и не отмечается в планктоне.

Заключение

Для исследованных малых водоёмов охраняемых территорий Самарской области, эвтрофных по содержанию биогенных веществ, «цветение» воды – характерное явление. Случаи «цветения» наблюдались неоднократно более чем в 20 из них во все сезоны года, наиболее часто в летний период. Виды – возбудители «цветения» представлены главным образом зелёными водорослями порядков Chlorococcales, Chlamydomonadales (17 видов, 47 случаев «цветения»), а также цианопрокариотами (8 видов, 29 случаев «цветения»), которые в сумме составили 76% от числа зарегистрированных видов-возбудителей цветения и 80% от числа отмеченных случаев «цветения». Выявлены факты «цветения» при низкой температуре воды (весной и осенью), что в основном обусловлено развитием какого-либо холодноводного вида фитофлагеллят из отделов Cryptophyta, Chrysophyta, Chlorophyta. В целом к составу возбудителей «цветения» в исследованных водоёмах, принадлежат широко распространенные виды, многие из которых нередко развиваются в массе в различных эвтрофных водах.

Наиболее высокая доля массовых видов в суммарной биомассе фитопланктона характерна для цианопрокариот и фитофлагеллят, из них видов, развивающихся с биомассой более 50 мг/л, четыре: *Planktothrix agardhii*, *Cryptomonas curvata*, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Euglena mutabilis*. Из потенциально токсичных видов цианопрокариот пять достигали биомассы 11–80 мг/л, что составляло до 34–99% суммарной биомассы фитопланктона.

Анализ характера динамики биоценологических индексов показал, что их достоверное снижение в альгоценозах было зарегистрировано только в случаях массового развития Cyanoprokaryota, прежде всего *Planktothrix agardhii*, а также *Sphaerospermopsis reniformis*, видов родов *Anabaena* и *Microcystis*. С периодами доминирования *P. agardhii* связаны наиболее значимые структурные преобразования в фитопланктоне – минимальные значения видового разнообразия и выравненности, выпадение или снижение численности других видов, а также такая неблагоприятная для планктоценозов озера ситуация, как низкая прозрачность. В кислом водоёме отмечены существенные изменения структуры альгоценозов в зависимости от величины pH. В целом ряде случаев низкое видовое разнообразие отмечается в ранневесенних и позднеосенних планктоценозах,

что связано с общим сезонным изменением видового богатства и обилия фитопланктона, а не с преобладанием отдельных видов; подобные характеристики структуры относятся к доминированию Chrysophyta, Cryptophyta, Chlorophyta. Полученные данные представляют интерес как фоновые, характеризуют «нормативное» состояние малых эвтрофных водоёмов рассматриваемой территории, и могут быть использованы при организации экологического мониторинга водных экосистем в бассейне Волги.

Литература

1. *Россолимо Л.Л.* Антропогенное эвтрофирование водоёмов // Итоги науки и техники. Общая экология. Биоценология. Гидробиология. – М.: Наука, 1975. – Т. 2. – С. 8–60.
2. *Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я.* «Цветение» воды и эвтрофирование. – Киев: Наукова думка, 1978. – 232 с.
3. *Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S.* Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // J. Plankton Res. – 2002. – V. 24, No 5. – P. 417–428. – doi: 10.1093/plankt/24.5.417.
4. *Латыпова В.З., Степанова Н.Ю., Никитин О.В., Халиуллина Л.Ю.* Антропогенное эвтрофирование водоёмов как глобальная экологическая проблема // Сб. тр. VII Междунар. конгресса «Чистая вода. Казань». – Казань: ООО «Новое знание», 2016. – С. 26–30.
5. *Долгов Г.И.* Вопросы эксплуатации водохранилищ // Гигиена и санитария. – 1937. – № 2. – С. 3–12.
6. *Гусева К.А.* «Цветение» воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. – 1952. – Т. 4. – С. 3–92.
7. *Анциферова Г.А., Борисова Л.Е.* Озёра долины реки Вороны как естественный современный рефугиум диатомовых водорослей в центре Восточно-европейской равнины // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. География. Геоэкология. – 2009. – № 2. – С. 85–92.
8. *Матвеев В.И., Соловьёва В.В., Саксонов С.В.* Озёра, пруды и водохранилища // Голубая книга Самарской области: редкие и охраняемые гидробиоценозы / Под ред. Г.С. Розенберга, С.В. Саксонова. – Самара: СамНЦ РАН, 2007. – С. 29–42.
9. *Розенберг Г.С., Саксонов С.В.* Краткая характеристика социально-экономических и природных условий Самарской области // Голубая книга Самарской области: редкие и охраняемые гидробиоценозы / Под ред. Г.С. Розенберга, С.В. Саксонова. – Самара: СамНЦ РАН, 2007. – С. 11–17.
10. Биосферные резерваты бассейна реки Волги / Сост. М.Н. Брынских, В.М. Неронов, А.А. Луцкекина. – М., 2010. – 64 с.
11. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
12. *Номоконова В.И.* Гидрохимический режим и трофическое состояние озёр Самарской Луки и сопредельной территории // Изв. СамНЦ РАН. – 2009. – Т. 11, № 1. – С. 155–164.
13. *Паутова В.Н.* Лимнологические исследования в юго-восточной части Самарской Луки. Положение в ландшафте, гидрологические и гидрохимические особенности водоёмов // Изв. СамНЦ РАН. – 2001. – Т. 3, № 2. – С. 265–273.
14. *Поспелов А.П., Горбунов Ю.М., Уманская М.В., Поспелова М.Д.* Характеристика гидрохимического режима водоёмов Самарской Луки // Изв. СамНЦ РАН. – 2000. – Т. 2, № 2. – С. 216–223.

15. Горохова О.Г. Характеристика трофического состояния малых водоёмов Средне-Волжского биосферного резервата по фитопланктону // Вода: химия и экология. – 2013. – № 11. – С. 46–53.
16. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
17. Оксюк О.П., Стольберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах. – Киев: Наукова думка, 1986. – 176 с.
18. Белякова Р.Н., Волошко Л.Н., Гаврилова О.В. и др. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. – 367 с.
19. Масюк Н.П., Лилицкая Г.Г. Зелёные водоросли – возбудители «цветения» воды в водоёмах г. Киева (Украина) // Альгология. – 1998. – Т. 8, № 4. – С. 378–393.
20. Еленкин А.А. Синезелёные водоросли СССР. Специальная (систематическая) часть. Вып. 1. – М.; Л.: АН СССР, 1938. – 984 с.
21. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов / Под ред. Г.С. Розенберга, С.В. Саксонова. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007. – 372 с.
22. Бабаназарова О.В., Сиделев С.И., Зубишина А.А., Рахмангулов Р.А., Юркина А.С. О необходимости отслеживания структуры фитопланктона при цветении водоемов // Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия: Материалы Всерос. конф. – Вологда, 2008. – С. 15.
23. Dokulil M.T., Teubner K. Cyanobacterial dominance in lakes // Hydrobiologia. – 2000. – V. 438, No 1–3. – P. 1–12. – doi: 10.1023/A:1004155810302
24. Scheffer M., Rinaldi S., Gragnani A., Mur L.R., van Nes E.H. On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes // Ecology. – 1997. – V. 78, No 1. – P. 272–282. – doi: 10.2307/2265995.
25. Komárek J., Zapomělová E. Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* – 1. part: Coiled types // Fottea, Olomouc. – 2007. – V. 7, No 1 – P. 1–31.
26. Лаврентьева Г.М. Фитопланктон малых удобряемых озёр. – М.: Агропромиздат, 1986. – 103 с.
27. Lessmann D., Fyson A., Nixdorf B. Phytoplankton of the extremely acidic mining lakes of Lusatia (Germany) with pH < 3 // Hydrobiologia. – 2000. – V. 433, No 1–3. – P. 123–128. – doi: 10.1023/A:1004018722898.
28. Fyson A., Nixdorf B., Kalin M. The acidic lignite pit lakes of Germany – Microcosm experiments on acidity removal through controlled eutrophication // Ecol. Engineering. – 2006. – V. 28, No 3. – P. 288–295. – doi: 10.1016/j.ecoleng.2006.06.012.
29. Popovský J., Pfiester L.A. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 6: Dinophyceae (Dinoflagellida). – Jena: Gustav Fischer Verlag, 1990. – 272 S.
30. Ettl H. Chlorophyta I. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 9: Chlorophyta I: Phytomonadina. – Jena: Gustav Fischer Verlag, 1983. – 807 S.

Поступила в редакцию
27.03.17

Горохова Ольга Геннадьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологии малых рек

Институт экологии Волжского бассейна РАН
ул. Комзина, д. 10, г. Тольятти, 445003, Россия
E-mail: o.gorokhova@yandex.ru

**The Composition of Dominant Species and the Structure
of Phytoplankton Communities in Small Water Bodies with Algal “Bloom”
in the South of the Forest-Steppe of Volga Region***O.G. Gorokhova**Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences,
Togliatti, 445003 Russia*E-mail: *o.gorokhova@yandex.ru*

Received March 27, 2017

Abstract

The species composition, biomass, and structure of phytoplankton communities in small eutrophic reservoirs with algal “bloom” have been studied. “Water bloom” in the studied water bodies is caused by widespread species belonging to the taxa Chlorophyta and Cyanoprokaryota. The highest biomass is characteristic for Phytoflagellata and Cyanoprokaryota species. The most significant changes in the structure of phytoplankton communities are associated with the dominance of Cyanoprokaryota. During the period of dominance of *Planktothrix agardhii*, the growth of other species and the general species diversity gets reduced. In one of the water bodies, the considerable changes in the structure of phytoplankton communities are associated with the pH value.

Keywords: small eutrophic water bodies, “water bloom”, structure of phytoplankton communities, biomass of species

Figure Captions

- Fig. 1. The taxonomic composition of algae causing “water bloom” (I) and their ratio (II) in the studied water bodies.
- Fig. 2. Changes in the biomass of phytoplankton, biomass of dominant species, and biocenotic indices in the algal communities of two ponds with the dominance of *P. agardhii*. Designations: Pl. agard. – *Planktothrix agardhii*; Sp. renif. – *Sphaerospermopsis reniformis*; Cryp. er. – *Cryptomonas erosa*; Cer. hir. – *Ceratium hirundinella*; Hs – Shannon index (based on biomass), E – Pielou index.
- Fig. 3. Changes in the biomass of phytoplankton, biomass of dominant species, and biocenotic indices in the algal communities of the open-cut water bodies (a, b) and karst lake (c). Designations: Botr. br. – *Botryococcus braunii*; Sc. acut. – *Scenedesmus acutiformis*; West. botr. – *Westella botryoides*; Gon. pect. – *Gonium pectorale*; Ps. pet. – *Pseudocarteria peterhoftensis*; Cryp. cur. – *Cryptomonas curvata*; Chl. rein. – *Chlamydomonas reinhardtii*; Shannon index (based on biomass), E – Pielou index.

References

1. Rossolimo L.L. Anthropogenic eutrophication of water bodies. In: *Itogi nauki i tekhniki. Obshchaya ekologiya. Biotsenologiya. Gidrobiologiya*. [Findings of Science and Engineering. General Ecology. Biocenology. Hydrobiology]. Vol. 2. Moscow, Nauka, 1975, pp. 8–60. (In Russian)
2. Sirenko L.A., Gavrilenko M.Ya. *Tsvetenie vody i evtrofirovanie* [“Water Bloom” and Eutrophication]. Kiev, Naukova Dumka, 1978. 232 p. (In Russian)
3. Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J. Plankton Res.*, 2002, vol. 24, no. 5, pp. 417–428. doi: 10.1093/plankt/24.5.417.

4. Latypova V.Z., Stepanova N.Yu., Nikitin O.V., Khaliullina L.Yu. Anthropogenic eutrophication of water bodies as a global ecological problem. *Sb. tr. VII Mezhdunar. kongressa "Chistaya voda. Kazan'"* [Proc. VII Int. Congr. "Pure Water. Kazan"]. Kazan, OOO "Novoe Znanie", 2016, pp. 26–30. (In Russian)
5. Dolgov G.I. Problems of reservoir use. *Gig. Sanit.*, 1937, no. 2, pp. 3–12. (In Russian)
6. Guseva K.A. Water "bloom", its causes, forecast, and measures to combat it. *Tr. Vses. Gidrobiol. O-va.*, 1952, vol. 4, pp. 3–92. (In Russian)
7. Antsiferova G.A., Borisova L.E. Lakes of the Vorona River valley as a natural current refugium of diatom algae in the center of the East European Plain. *Vestn. Voronezh. Univ. Ser. Geogr. Geocol.*, 2009, no. 2, pp. 85–92. (In Russian)
8. Matveev V.I., Solov'eva V.V., Saksonov S.V. Lakes, ponds, and reservoirs. In: Rosenberg G.S., Saksonov S.V. (Eds.) *Golubaya kniga Samarskoi oblasti: redkie i okhranyaemye gidrobiotsenozy* [The Blue Book of Samara Region: Rare and Protected Hydrobiocenoses]. Samara, SamNTs Ross. Akad. Nauk, 2007, pp. 29–42. (In Russian)
9. Rosenberg G.S., Saksonov S.V. Brief description of the socio-economic and natural conditions of Samara region. In: Rosenberg G.S., Saksonov S.V. (Eds.) *Golubaya kniga Samarskoi oblasti: redkie i okhranyaemye gidrobiotsenozy* [The Blue Book of Samara Region: Rare and Protected Hydrobiocenoses]. Samara, SamNTs Ross. Akad. Nauk, 2007, pp. 11–17. (In Russian)
10. *Biosfernye rezervaty basseina reki Volgi* [Biosphere Reserves of the Volga River Basin]. Brynskikh M.N., Neronov V.M., Lushchekina A.A. (Eds.). Moscow, 2010. 64 p. (In Russian)
11. Alekin O.A. *Osnovy gidrokhimii* [Basics of Hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1970. 444 p. (In Russian)
12. Nomokonova V.I. Hydrochemical regime and trophic status of lakes of the Samarskaya Luka National Park and the adjacent territory. *Izv. SamNTs Ross. Akad. Nauk*, 2009, vol. 11, no. 1, pp. 155–164. (In Russian)
13. Pautova V.N. Limnological research in the south-eastern part of the Samarskaya Luka National park. Location, hydrological and hydrochemical features of water bodies. *Izv. SamNTs Ross. Akad. Nauk*, 2001, vol. 3, no. 2, pp. 265–273. (In Russian)
14. Pospelov A.P., Gorbunov Y.M., Umanskaya M.V., Pospelova M.D. Characterization of the hydrochemical regime of water bodies of the Samarskaya Luka National Park. *Izv. SamNTs Ross. Akad. Nauk*, 2000, vol. 2, no. 2, pp. 216–223. (In Russian)
15. Gorokhova O.G. Characteristics of the trophic status of small reservoirs in the Middle Volga biosphere reserve based on phytoplankton. *Voda: Khim. Ekol.*, 2013, no. 11, pp. 46–53. (In Russian)
16. *Metodika izucheniya biogeotsenzov vnutrennikh vodoemov* [Methods for Studying Biogeocenoses of Inland Water Bodies]. Moscow, Nauka, 1975. 240 p. (In Russian)
17. Oksiyuk O.P., Stolberg F.V. *Upravlenie kachestvom vody v kanalakh* [Water Quality Management in Channels]. Kiev, Naukova Dumka, 1986. 173 p. (In Russian)
18. Belyakova R.N., Voloshko L.N., Gavrilova O.V., Gogorev R.M., Makarova I.V., Okolodkov Yu.B., Rudina L.A. *Vodorosli, vyzyvayushchie "tsvetenie" vodoemov Severo-Zapada Rossii* [Algae Causing Water "Bloom" in Northwestern Russia]. Moscow, Tov-vo. Nauch. Izd. KMK, 2006. 367 p. (In Russian)
19. Masyuk N.P., Lilitskaya G.G. Green algae as the causative agents of water "blooms" in the water bodies of Kiev (Ukraine). *Al'gologiya*, 1998, vol. 8, no.4, pp. 378–393. (In Russian)
20. Elenkin A.A. *Sinezelenye vodorosli SSSR. Spetsial'naya (sistemicheskaya) chast'* [Blue-Green Algae of the USSR. Special (Systematic) Part]. Vol. 1. Moscow, Leningrad, 1938. 984 p. (In Russian)
21. *Krasnaya kniga Samarskoi oblasti* [Red Data Book of Samara Region]. Vol. 1: Rare Species of Plants, Lichens, and Fungi. Rosenberg G.S., Saksonova S.V. (Eds.). Togliatti, IEVB Ross. Akad. Nauk, 2007. 372 p. (In Russian)
22. Babanazarova O.V., Sidelev S.I., Zubishina A.A., Rakhmangulov R.A., Yurkina A.S. On the need to trace the structure of phytoplankton in blooming water bodies. *Vodnye ekosistemy: troficheskie urovni i problemy podderzhaniya bioraznoobraziya: Materialy Vseros. konf.* [Water Ecosystems: Trophic Levels and Problems of Maintaining Biodiversity: Proc. All-Russ. Conf.]. Vologda, 2008. p. 15. (In Russian)

23. Dokulil M.T., Teubner K. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia*, 2000, vol. 438, nos. 1–3, pp. 1–12. doi: 10.1023/A:1004155810302.
24. Scheffer M., Rinaldi S., Gragnani A., Mur L.R., van Nes E.H. On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology*, 1997, vol. 78, no. 1, pp. 272–282. doi: 10.2307/2265995.
25. Komárek J., Zapomělová E. Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* – 1. part: Coiled types. *Fottea* (Olomouc), 2007, vol. 7, no. 1, pp. 1–31.
26. Lavrent'eva G.M. *Fitoplankton mal'yxh udobryaemykh ozer* [Phytoplankton of Small Fertilized Lakes]. Moscow, Agropromizdat, 1986. 103 p. (In Russian)
27. Lessmann D., Fyson A., Nixdorf B. Phytoplankton of the extremely acidic mining lakes of Lusatia (Germany) with pH < 3. *Hydrobiologia*, 2000, vol. 433, nos. 1–3, pp. 123–128. doi: 10.1023/A:1004018722898.
28. Fyson A., Nixdorf B., Kalin M. The acidic lignite pit lakes of Germany – Microcosm experiments on acidity removal through controlled eutrophication. *Ecol. Eng.*, 2006, vol. 28, no. 3, pp. 288–295. doi: 10.1016/j.ecoleng.2006.06.012.
29. Popovský J., Pfiester L.A. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 6: Dinophyceae (Dinoflagellida). Jena, Gustav Fischer Verlag, 1990. 272 S. (In German)
30. Ettl H. *Chlorophyta I. Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 9: Chlorophyta I: Phytomonadina. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1983. 807 S. (In German)

Для цитирования: Горохова О.Г. Состав массовых видов и структура альгоценозов при «цветении» воды в малых водоёмах юга лесостепного Поволжья // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2018. – Т. 160, кн. 2. – С. 276–291.

For citation: Gorokhova O.G. The composition of dominant species and the structure of phytoplankton communities in small water bodies with algal “bloom” in the south of the forest-steppe of Volga region. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2018, vol. 160, no. 2, pp. 276–291. (In Russian)