

Состав и развитие цианобактерий Чебоксарского водохранилища и его притоков

© 2020. Е. Л. Воденеева^{1,2}, к. б. н., доцент, м. н. с.,
А. Г. Охачкин¹, д. б. н., профессор, зав. кафедрой,
П. В. Куликин¹, ассистент, Н. А. Старцева¹, к. б. н., доцент,
Е. М. Шарагина¹, вед. инженер, О. О. Бондарев¹, ассистент,
Т. В. Лаврова^{1,2}, к. б. н., доцент, м. н. с.,

¹Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
603950, Россия, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23,

²Нижегородский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,
603116, Россия, г. Нижний Новгород, Московское шоссе, д. 31,
e-mail: vodeneeva@mail.ru

На основании многолетних исследований (1966–2018 гг.) проведена оценка состава, степени развития и роли цианобактерий (ЦБ) в фитопланктоне Чебоксарского водохранилища и его притоков до зарегулирования данного участка Волги и после. Видовое богатство ЦБ было представлено 163 таксонами рангом ниже рода (4-я ранговая позиция в общей альгофлоре) и оказалось максимальным в водохранилище и системе правобережных притоков (в 1,5 раза выше, чем в левобережье). Зарегулирование стока способствовало росту общего разнообразия ЦБ – появление видов новых пяти родов, увеличение в два раза богатства рода *Dolichospermum*. Отмечено возрастание в летних альгоценозах водохранилища и устьевых участках рек абсолютных биомасс ЦБ (до 37 г/м³ на пиках развития) и их доли (в среднем речном отделе – с 7 (1969–1980 гг.) до 14% (современный период), в озёрном – с 3 до 42%), среди доминант, согласно морфо-функциональной классификации фитопланктона, отмечены представители групп Н1 (*Aphanizomenon flos-aquae*) и М (*Microcystis aeruginosa*). В малых речных экосистемах роль ЦБ была выражена слабо, что определялось особенностями их гидродинамики, а для левобережных притоков – характером водосбора, приводящем к ацидификации и гумификации водоёмов. Планируемый подъём уровня р. Волги усилит ценотические позиции ЦБ и дальнейшую смену коренных диатомово-хлорококковых комплексов на цианобактериальные, что неблагоприятно с экологических и водохозяйственных позиций.

Ключевые слова: цианобактерии, разнообразие, биомасса, массовые виды, Чебоксарское водохранилище, многолетние изменения, прогноз.

Composition and development of cyanobacteria of the Cheboksary reservoir and its tributaries (Nizhny Novgorod region)

© 2020. E. L. Vodeneeva^{1,2} ORCID: 0000-0002-9998-4809²
A. G. Okhapkin¹ ORCID: 0000-0001-7028-2785², P. V. Kulizkin¹ ORCID: 0000-0003-2701-304X²
N. A. Startseva¹ ORCID: 0000-0002-8656-9593², E. M. Sharagina¹ ORCID: 0000-0002-1670-7890²
O. O. Bondarev¹ ORCID: 0000-0002-5998-6711², T. V. Lavrova¹ ORCID: 0000-0002-3184-1406²

¹Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,
23, Gagarina Prospekt, Nizhny Novgorod, Russia, 603950,

²Nizhny Novgorod Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
“Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography”,
31, Moskovskoe Shosse, Nizhny Novgorod, Russia, 603116,
e-mail: vodeneeva@mail.ru

As a result of cyanobacteria study in the Volga and its tributaries before and after Cheboksary reservoir construction (1966–2018) 163 species and intraspecific taxa of cyanobacteria were found. *Oscillatoriales*, *Chroococcales* and *Nostocales* were the leading orders. The genera *Oscillatoria*, *Dolichospermum*, *Phormidium*, *Pseudanabaena*, *Microcystis*, *Aphanocapsa*, *Merismopedia*, *Leptolyngbya* and *Chroococcus* were the richest species. The Volga runoff regulation led to the increase in their total species richness, the appearance of species of new five genera (*Cyanothece*, *Synechocystis*, *Limnithrix*, *Spirulina*

and *Komvophoron*) and genus *Dolichospermum* almost doubled the number of species. More noticeable taxonomic and coenotic role cyanobacteria played in Cheboksary reservoir and its large tributaries mouths (3–4 positions in the general species list, 80–90% of summer biomass). The Volga runoff regulation caused an increase in the biomass of this group in the reservoir and a gradual substitution of the summer local diatom-green complexes for algal coenoses dominated by cyanobacteria (mainly *Microcystis aeruginosa* and *Aphanizomenon flos-aquae*) belonging to the group of potentially toxic species and small-sized species of genus *Aphanocapsa* below the confluence of the Oka River. Low floristic diversity and coenotic role of cyanobacteria in the upper and middle parts of small streams of the lateral inflow system of the Volga River including streams with an urbanized catchment were determined by their hydrodynamic features whereas the left-bank tributaries by their catchment features causing acidification and humification of the water bodies. Changes in the hydrological regime of the Volga River with the planned water level rise in the reservoir will trigger further increased role of cyanobacteria, which is extremely unfavorable from environmental and water management perspectives especially in the summer low-water period and in dry years with an anticyclonal weather type.

Keywords: cyanobacteria, diversity, biomass, dominant species, Cheboksary reservoir, long-term changes, prognosis.

После принятия правительством России решения о консервации уровня наполнения Чебоксарского водохранилища на существующей отметке (63 м БС) был поставлен вопрос о строительстве низконапорного гидроузла (ННПГ) и Сормовского водохранилища в верхнем речном участке водоёма [1]. Последствия таких гидротехнических мероприятий непременно отразятся на биоте водохранилища. Прежде всего, это коснётся автотрофного компонента, в котором возможна дальнейшая замена коренных диатомово-зелёных ценозов на цианобактериальные [2, 3]. Цианобактерии (ЦБ) способны вызывать «цветение» воды, имеющее самые серьёзные последствия для жизнедеятельности гидробионтов и человека. В связи с этим анализ их состава и роли в организации альгоценозов водохранилища и его притоков, является своевременным и актуальным.

Цель работы – оценить тенденции многолетних изменений таксономической и ценотической роли цианобактерий в сообществах фитопланктона Чебоксарского водохранилища и водотоков его бассейна для прогнозирования их перестроек при возможных изменениях гидрологического режима водоёма.

Материалы и методы

Материалом для работы послужили сведения о составе и развитии ЦБ, обнаруженных при изучении фитопланктона р. Волги и её притоков на трассе будущего Чебоксарского водохранилища от плотины Горьковской ГЭС до г. Чебоксары (1966–1979 гг.) [4], в первое десятилетие после зарегулирования стока (с 1981 г.) [2], а также в современный период существования (2010–2018 гг.). Карты-схемы районирования Чебоксарского водохранилища, перечень станций на нём и его притоках опубликованы ранее [2, 5, 6]. Отбор проб на притоках водохранилища про-

водили в разных участках течения, на самых крупных реках (Ока, Кудьма, Сура, Цивиль, Узла, Линда, Керженец, Ветлуга), а также в их устьевых расширениях при впадении в Волгу. Всего изучено более 30 право- и левобережных волжских притоков разного порядка, часть из которых имеет полностью урбанизированный водосбор (малые реки г. Нижнего Новгорода). Сбор альгологического материала и его обработку проводили стандартными методами [7]. Перечень руководств, используемых для определения состава ЦБ, опубликован ранее [8, 9]. При ревизии списка учтены современные номенклатурные преобразования, представленные на сайте Algaebase [10]. Оценка сходства состава ЦБ изученных водных объектов проведена с использованием коэффициента Сьёренсена, а также индекса биотической дисперсии Коха [11]. Классификацию данных выполняли с применением метода Варда, в качестве метрики использовали Евклидово расстояние. Статистическая обработка выполнена в программном пакете Statistica 8.0. Связь видового богатства и его компонентов оценивали с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s). Функциональные группы фитопланктона выделяли по работе [12] с дополнениями [13].

Результаты и обсуждение

Общее таксономическое разнообразие фитопланктона исследуемых водных объектов достаточно велико – 1800 видовых и внутривидовых таксонов с преобладанием в списке видов зелёных, диатомовых и эвгленовых водорослей. Видовое богатство ЦБ (163 таксона рангом ниже рода) составило 9,1% от общего видового списка (4-я ранговая позиция), причём в правобережных притоках их доля оказалась в 1,5 раза выше, чем в водных объектах левобережья Волги. Подобное

ранговое положение ЦБ (3–4 позиция) и их вклад (9–13%) в общее видовое богатство выявлено в Чебоксарском водохранилище в первые 10 лет его существования, в крупных и средних водотоках и в подавляющем большинстве малых рек города. Аналогичные показатели отмечались ранее для незарегулированного участка р. Волги [4], составляя на период 1960–1980 гг. 92 видовых таксона (с учётом современных изменений их систематики и номенклатуры – 63). В малых речных экосистемах в условиях заболоченного и лесного водосбора вклад ЦБ был невысоким (2–7% от общего видового богатства), уступая другим представителям альгофлоры – золотистым, динофитовым и водорослям других отделов.

Перечень ведущих по разнообразию видового состава порядков включал *Oscillatoriales* (48% общего списка видов), *Chroococcales* (35%) и *Nostocales* (17%). Наиболее богаты видами роды *Oscillatoria*, *Dolichospermum*, *Phormidium*, *Pseudanabaena*, *Microcystis*, *Aphanocapsa*, *Meristopedia*, *Leptolyngbya* и *Chroococcus*, формирующие 48% общего видового богатства ЦБ.

Кластеризация данных по сходству списков ЦБ отразила максимальное сходство их состава для незарегулированной Волги и акватории водохранилища (74%), что определялось значительным воздействием поступлений водных масс из вышележащих водохранилищ Верхней и Средней Волги, привносящих в незарегулированную Волгу типично лимнофильные виды *Cyanobacteria*. Своеобразие списка ЦБ водохранилища связано с присутствием в альгофлоре видов родов *Cyanothece*, *Synechocystis*, *Limnothrix*, *Spirulina* и *Komvophoron*, которые отсутствовали в перечне, приводимом для незарегулированной Волги, а также возрастанием почти в два раза разнообразия видов рода *Dolichospermum* [9]. Степень флористической гомогенности изученной группы водных объектов исследованного участка Волжского бассейна по составу ЦБ, оценённая с использованием индекса биотической дисперсии Коха, оказалась невысокой (33%). Это отражает своеобразие экологических условий в различных водных объектах (водохранилище, незарегулированная Волга, право- и левобережные притоки, реки), в которых развиваются ЦБ.

Ценозообразующая роль ЦБ в изученных водных объектах более заметна в условиях искусственного и естественного зарегулирования их стока – в водохранилище и в устьевых участках, впадающих в него водотоков.

За весь период исследования (до зарегулирования и после создания водохранилища) пик развития ЦБ, как правило, приходился на лето (июль, август) – начало осени (третья декада сентября) при прогревании воды до 21–22 °С. В этот период наблюдался переход численности этих организмов к значениям выше 0,10 млн кл./л, а биомассы – выше 0,01 г/м³ [2]. На подъёмах биомасса ЦБ могла достигать значений, характерных для высокоэвтрофных водоёмов (до 6,0–37,0 г/м³). Пространственное распределение ЦБ данного участка Волги было неоднородным и зависело от динамики температуры и общеклиматических особенностей. Наиболее высокие значения биомассы, как правило, отмечались в верхнем речном участке. Встречаемость величин биомассы свыше 1 г/м³ в этом участке составила 38% за весь период существования водохранилища, тогда как в среднем речном аналогичный показатель равнялся 18%; в озёрном – 23%.

В процессе эксплуатации Чебоксарского водохранилища установлена тенденция к возрастанию максимальных величин биомассы ЦБ, которые в период 1969–1980 гг. достигали 29 г/м³, в первое десятилетие существования водохранилища – в отдельные годы (1982 г.) составляли 27 г/м³, в современный период происходило возрастание до 37 г/м³ (2011 г.). Отмечается явно негативная тенденция роста вклада ЦБ в общие показатели численности и биомассы фитопланктона. Их доля в биомассе альгоценозов водохранилища до устья р. Оки (верхний речной участок водохранилища) не менялась, составляя 39% в период до 1981 г., 40% – в первые десять лет существования водоёма, постепенно возрастая в современный период до 47%. В среднем речном районе водохранилища вклад ЦБ возрос в два раза (соответственно с 7 до 14%). В озёрном участке рост оказался максимальным – с 3% в период незарегулированной Волги до 29% в первые 10 лет его существования и до 42% на современном этапе эксплуатации.

В устьевых участках наиболее крупных притоков водохранилища роль ЦБ в формировании общего обилия альгоценозов оказалась в целом менее значима, чем в водохранилище. Однако в отдельные годы их биомасса в некоторых речных системах могла достигать заметных значений – до 80% от общей биомассы фитопланктона на пиках развития и до 35% от годового баланса биомассы. Например, в устье р. Суры до создания водохранилища средняя биомасса ЦБ не превышала 0,2–0,6 г/м³, после 1981 г. она резко возросла до 4,86 (1987 г.)

Таблица / Table

Биомасса, доминирующие виды и функциональные группы цианобактерий в притоках Чебоксарского водохранилища / Biomass, dominant species and functional groups of cyanobacteria in the riverbed areas of the Cheboksary reservoir's tributaries

Показатели / Indicators	Притоки / Tributaries				
	правобережные right bank		левобережные left bank		городские in the urban catchment
	большие и средние large and middle	малые small	большие и средние large and middle	малые small	
Абсолютная биомасса, г/м ³ Absolute biomass, g/m ³	0–0,26*	0–0,01	0,01–0,45	0,01–0,08	0,01–1,42
Относительная биомасса, % Relative biomass, %	0–6,31	0–4,82	0,05–7,84	0,22–9,63	0,97–36,6
Доминирующие виды Dominant species	<i>Dolichospermum</i> <i>D. affine</i> , <i>D. planctonica</i> , <i>D. spiroides</i>	бентосные виды родов <i>Oscillatoria</i> (<i>O. limosa</i>), <i>Lyngbya</i> , <i>Schizothrix</i>	<i>A. flos-</i> <i>aquae</i> , <i>Dolichosper-</i> <i>mum</i> spp.	<i>Oscillatoria</i> <i>limosa</i>	<i>A. flos-aquae</i> , <i>Dolichosper-</i> <i>mum</i> spp., <i>M. aeruginosa</i> , <i>Lyngbya</i> , <i>Oscil-</i> <i>latoria</i>
Функциональные группы Functional group of plankton	H1, M	MP	H1	MP	H1, K, M, MP

Примечание: * – дан разброс (min – max) средневегетационных величин.
Note: * – the range of average vegetational values (min – max) is given.

и 3,61 г/м³ (2011 г.) и составила 84 и 80% летней биомассы соответственно. В левобережных притоках заметное возрастание доли ЦБ отмечено в р. Узле (до 5,17 г/м³ средневегетационных значений биомассы (1988 г.)). Среди крупных притоков водоёма самые низкие доли ЦБ (0–1%) в летних альгоценозах отмечались в зоне подпора рек Оки, Ветлуги и Керженца.

В качестве массовых форм в водохранилище и устьевых участках рек отмечались *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs, *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *M. wessenbergii* (Komárek) Komárek, *Dolichospermum flos-aquae* (Bréb. ex Born. et Flah.) Wacklin et al. и *D. planctonicum* (Brunnth.) Wacklin et al. В данном перечне первые два вида являются наиболее часто встречаемыми возбудителями «цветения» воды в волжских водохранилищах и относятся к группе потенциально токсичных видов. Однако сведения о содержании токсинов ЦБ в Чебоксарском водохранилище недостаточны. Так, в июле 2010 г. в биомассе фитопланктона трёх волжских водохранилищ (Рыбинское, Горьковское и Чебоксарское) были обнаружены 13 представителей микроцистинов и анабенопептины, в том числе микроцистин-LR, максимальная концентрация которого, превышающая допустимые ВОЗ нормы, отмечена в Чебоксарском водохранилище (устье р. Суры) [14]. Исходя из

морфо-функциональной классификации [13], большая часть доминант ЦБ Чебоксарского водохранилища принадлежит к группам H1 (*Dolichospermum* spp., *A. flos-aquae*) и M (*Microcystis* spp.), представляющим комплексы видов, чувствительных к перемешиванию, толерантных к световому лимитированию и низкому содержанию азота. В отличие от водохранилища и устьевых участков крупных водотоков, в русловых частях этих рек, а также в небольших по протяжённости водотоках правого и левого бережья (особенно в условиях заболоченного и залесённого ландшафта) роль ЦБ как доминантов и субдоминантов альгоценозов была выражена слабо (табл.). По-видимому, главными факторами, лимитирующими их развитие, оказались гидродинамические процессы, а также гидрохимический режим, обусловленный особенностями водосбора. Так, в группе левобережных притоков достоверная положительная связь ($r_s = 0,56$) получена между абсолютной биомассой ЦБ и pH воды и отрицательная ($r_s = -0,61$) – между их биомассой и цветностью. Встречающиеся в небольших по протяжённости водотоках виды-доминанты (например, *O. limosa* J. Agardh – до 0,79 г/м³) относятся к представителям бентосно-литеральных группировок, попадающих в планктон вследствие турбулентности.

Согласно морфофункциональной классификации – это виды группы МР, предпочитающие часто перемешиваемые, из-за неорганических соединений мутные мелководные водоёмы (табл.). В крупных реках (например, в Ветлуге, Кудьме) в отдельные годы отмечалось доминирование волжского цианобактериального комплекса с преобладанием по численности и биомассе видов рода *Dolichospermum*, *A. flos-aquae* (группа Н1) и *M. aeruginosa* (группа М).

Средневегетационная биомасса и вклад ЦБ в этот показатель в альгоценозах городских водотоков изменялись в широких пределах (табл.). Часть из них имеют прудовые расширения, что благоприятствует развитию ценологических прудовых комплексов с доминированием *A. flos-aquae* (до 7,56 г/м³), *Limnothrix planctonica* (Wolosz.) Meffert, *Dolichospermum spiroides* (Kleb.) Wacklin et al. Кроме того, в нижних участках течения некоторых рек, где подтопление и изменение гидрологического режима со стороны Чебоксарского водохранилища способствовало развитию ЦБ, в период максимального прогрева воды развивались виды р. *Microcystis* (до 0,13 г/м³), *A. flos-aquae*, *Pseudanabaena limnetica* (Lemmerm.) Komárek и *P. mucicola* (Naumann et Hub.-Pest.) Schwabe, которые иногда выступали в качестве доминантов в летний сезон. На проточных участках рек присутствовали планктонно-бентосные и литоральные виды родов *Phormidium*, *Pseudanabaena*, *Oscillatoria* и *Lyngbya*, которые могли попасть в планктон вследствие турбулентности, однако доминантами или субдоминантами они были достаточно редко.

Заключение

Таким образом, в исследуемой речной системе ЦБ играли наиболее заметную таксономическую и ценологическую роль в Чебоксарском водохранилище и его крупных притоках (преимущественно в устьевых участках), где они занимали 3–4 позицию в общем видовом списке и формировали на пиках развития до 80–90% летней биомассы. Зарегулирование стока р. Волги способствовало росту общего видового богатства ЦБ (появление видов новых пяти родов, увеличение почти в два раза разнообразия рода *Dolichospermum*) и возрастанию их ценологической роли в летних альгоценозах водохранилища с заменой коренных диатомо-зелёных комплексов. Основными доминантами по численности и биомассе расти-

тельных планктонных сообществ среди ЦБ выступали тривиальные для каскада волжских водохранилищ виды – *Microcystis aeruginosa* и *Aphanizomenon flos-aquae*, относящиеся к группе экологически опасных, токсичных видов, а в р. Оке и ниже её впадения – также мелкоклеточные виды рода *Aphanocapsa*. Невысокие флористическое разнообразие и ценологическая роль ЦБ в верхних и средних участках водотоков системы боковой приточности р. Волги, в том числе в малых по протяжённости реках и в водотоках с урбанизированным водосбором, определялись особенностями их гидродинамики, а для левобережных притоков – характером водосбора, приводящем к ацидификации и гумификации водоёмов. Дальнейший подъём уровня р. Волги усилит ценологические позиции ЦБ, что неблагоприятно с экологических и водохозяйственных позиций, особенно в период летней межени и в маловодные годы с антициклональным типом погоды.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РГО «Экспедиция Плавающий университет Волжского бассейна» (договор № 02/2019-Р). Статья опубликована при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-04-20031.

Литература

1. Шурганова Г.В., Охупкин А.Г., Гаврилко Д.Е., Воденеева Е.Л., Кудрин И.А., Пухнаревич Д.А., Нижегородцев А.А., Гелашвили Д.Б. Современное состояние и прогноз изменения сообществ гидробионтов в зоне строительства Нижегородского низконапорного гидроузла // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6. № 4 (21). С. 103–109.
2. Охупкин А.Г. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища. Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна РАН, 1994. 275 с.
3. Охупкин А.Г., Шарагина Е.М., Бондарев О.О. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища на современном этапе его существования // Поволжский экологический журнал. 2013. № 2. С. 190–199.
4. Юлова Г.А. Фитопланктон р. Волга от Городца до Чебоксар: Дисс. ... канд. биол. наук. Горький, 1982. 288 с.
5. Гелашвили Д.Б., Охупкин А.Г., Доронин А.И., Колкутин В.И., Иванов Е.Ф. Экологическое состояние водных объектов Нижнего Новгорода. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. 414 с.
6. Воденеева Е.Л. Динамика биомассы и доминирующие виды фитопланктона в водных объектах заповедника «Керженский» // Труды ГПБЗ «Керженский». Н. Новгород, 2006. Т. 3. С. 46–57.

7. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов. М.: Наука, 1975. 239 с.
8. Okhapkin A.G., Genkal S.I., Sharagina E.M., Vodeneeva E.L. Structure and dynamics of phytoplankton in the Oka river mouth at the beginning of the 21th century // *Inland Water Biology*. 2014. V. 7. No. 4. P. 357–365.
9. Охалкин А.Г., Воденева Е.Л., Бондарев О.О. Видовой состав синезеленых водорослей планктона Чебоксарского водохранилища (Нижегородская область) // *Algologia*. 2015. Т. 25. № 3. С. 265–277.
10. Guiry M.D., Guiry G.M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, University of Ireland, Galway. 2019 [Электронный ресурс] <http://www.algaebase.org> (Дата обращения: 03.12.2019).
11. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
12. Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // *Journal of Plankton Research*. 2002. V. 24. No. 5. P. 417–428.
13. Padisák J., Crossetti L.O., Naselli-Flores L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates // *Hydrobiologia*. 2009. V. 621. P. 1–19.
14. Корнева Л.Г., Соловьева В.В., Жаковская З.А., Русский Я.В., Чернова Е.Н. Фитопланктон и содержание цианотоксинов в Рыбинском, Горьковском и Чебоксарском водохранилищах в период аномально жаркого лета 2010 г. // *Вода: химия и экология*. 2014. № 8. С. 24–29.
4. Yulova G.A. Phytoplankton of Volga River from Gorodetz city to Cheboksary: Cand. of biol. diss. Gorky, 1982. 288 p. (in Russian).
5. Gelashvili D.B., Okhapkin A.G., Doronin A.I., Kolkutin V.I., Ivanov E.F. Ecological state of water objects in Nizhny Novgorod. Nizhny Novgorod: NNGU, 2005. 414 p. (in Russian).
6. Vodeneeva E.L. Biomass' dynamics and dominant species of phytoplankton in water objects of Kerzhensky Nature Reserve // *Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika "Kerzhenskiy"*. Nizhny Novgorod: GPBZ "Kerzhenskiy", 2006. V. 3. P. 46–57 (in Russian).
7. Mordukhai-Boltovskoi Ph.D. Methods of studying biogeocenoses in inland water bodies. Moskva: Nauka, 1975. 239 p. (in Russian).
8. Okhapkin A.G., Genkal S.I., Sharagina E.M., Vodeneeva E.L. Structure and dynamics of phytoplankton in the Oka river mouth at the beginning of the 21th century // *Inland Water Biology*. 2014. V. 7. No. 4. P. 357–365. doi: 10.1134/S1995082914040142
9. Okhapkin A.G., Vodeneeva E.L., Bondarev O.O. Species composition of blue-green alges in plankton of Cheboksary reservoir (Nizhny Novgorod region) // *Algologia*. 2015. V. 25. No. 3. P. 265–277 (in Russian). doi: 10.15407/alg25.03.265
10. Guiry M.D., Guiry G.M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, University of Ireland, Galway. 2019 [Internet recourse] www.algaebase.org (Accessed: 03.12.2019).
11. Shitikov V.K., Rosenberg G.S., Zinchenko T.D. Quantitative Hydroecology: methods of system identification. Tolyatti: IEVB RAN, 2003. 463 p. (in Russian).
12. Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // *Journal of Plankton Research*. 2002. V. 24. No. 5. P. 417–428.
13. Padisák J., Crossetti L.O., Naselli-Flores L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates // *Hydrobiologia*. 2009. V. 621. P. 1–19. doi: 10.1007/s10750-008-9645-0
14. Korneva L.G., Solovyova V.V., Zhakovskaya Z.A., Russkikh Ya.V., Chernova E.N. Phytoplankton and content of cyanotoxins in Rybinskoe, Gor'kovskoe and Cheboksarskoe reservoirs during the period of abnormally hot summer of 2010 // *Voda: khimiya i ekologiya*. 2014. No. 8. P. 24–29 (in Russian).

References