

УДК 581.92

А.Г. ОХАПКИН, Е.Л. ВОДЕНЕЕВА, О.О. БОНДАРЕВ

Нижегородский гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, Институт биологии и биомедицины,

пр. Гагарина, 23, Нижний Новгород 603600, Россия

e-mail: vodeneeva@mail.ru

**ВИДОВОЙ СОСТАВ *CYANOPROKARYOTA* ПЛАНКТОНА
ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
(НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ., РОССИЯ)**

Проведена ревизия состава синезеленых водорослей (*Cyanoprokaryota*, *Cyanophyta*) Чебоксарского водохранилища с учетом современных данных о систематике и номенклатуре таксонов. Установлено 73 вида из 27 родов, 9 семейств и 3 порядка. Большую часть флоры *Cyanoprokaryota* формировали представители родов *Dolichospermum*, *Merismopedia*, *Chroococcus*, *Microcystis*, *Rhabdogloea*, *Oscillatoria*. Дана таксономическая и эколого-географическая характеристика данной группы организмов. Основные изменения в таксономической структуре цианопрокариот при зарегулировании стока Волги заключались в увеличении их общего видового богатства (появлении видов новых пяти родов, увеличении почти в 2 раза разнообразия рода *Dolichospermum*) при сохранении основных эколого-географических показателей.

Ключевые слова: *Cyanoprokaryota*, видовой состав, эколого-географический анализ, Чебоксарское водохранилище.

Введение

Cyanoprokaryota – древняя и широко распространенная в природе группа организмов, способная адаптироваться к самым различным условиям существования. Цианопрокариоты являются продуцентами многих биологически активных веществ (Burja et al., 2001), поэтому представляют большой интерес в биотехнологическом аспекте. Они также способны синтезировать ряд токсичных соединений, опасных как для обитателей водоемов, так и жизнедеятельности человека. В современной научной литературе имеется значительное количество публикаций, посвященных изучению токсических свойств синезеленых водорослей, а также выявлению причин цианопрокариотного «цветения» в водоемах (Громов и др., 1996; Матишов и др., 2006; Патова, 2007; Komárek et al., 2001, Codd et al., 2005; Falconer et al., 2005, Nodoki et al., 2011). Особенно важны такие данные для прогнозирования гидробиологического режима водоемов, подверженных антропогенному зарегулированию стока. Первоначальным этапом этих исследований является определение видового состава альгоценозов, населяющих толщу воды, без которого невозможен анализ изменений водных экосистем, оценка их состояния и прогнозирование биологических последствий антропогенных воздействий.

© А.Г. Охупкин, Е.Л. Воденеева, О.О. Бондарев, 2015

Чебоксарское водохранилище функционирует с 1981 г. и является самым молодым в системе Волжско-Камского каскада. В настоящее время широко обсуждается вопрос о возможном подъеме уровня воды в водохранилище до отметки 68 м, последствия которого непременно отразятся на структуре планктонного комплекса водоема.

Прежде всего изменения коснутся структуры фитопланктонных сообществ, проявляясь в замене реофильных диатомово-хлорококковых ценозов на цианопрокариотные лимнофильные. В связи с этим анализ состава *Cyanoprokaryota* водохранилища, значительная часть которых относится к группе экологически опасных видов, является своевременным и актуальным. Кроме того, необходимость подобных обобщений определяется фундаментальным характером флористических исследований, а также появлением в последние десятилетия новейших разработок в области систематики и номенклатуры цианопрокариот.

Цель данной работы – осуществить таксономическую ревизию состава *Cyanoprokaryota* Чебоксарского вдхр., дать его эколого-географическую характеристику и определить характер изменений таксономической структуры данной группы водорослей после зарегулирования стока Волги.

Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили сведения о составе *Cyanophyta*, обнаруженных при изучении фитопланктона р. Волги на трассе будущего Чебоксарского вдхр. от плотины Горьковской ГЭС до г. Чебоксары (1969–1980) (Юлова, 1982), а также после зарегулирования стока (1981–2012 гг.). Основные методические подходы к отбору и обработке проб фитопланктона, а также лимнологическая характеристика Чебоксарского вдхр. опубликованы ранее (Охупкин, 1994).

При определении состава синезеленых водорослей и осуществлении ревизии списка цианопрокариот исследуемого участка р. Волги (до и после создания водохранилища) использовали литературу: Определитель пресно-водных водорослей СССР (Голлербах и др., 1953), определители водорослей Украины (Кондратьева, 1968; Кондратьева, Коваленко, 1975; Коваленко, 2009) и отдельные выпуски *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Komárek, 2013).

Сведения об отношении водорослей к рН и солености воды, характер географического распространения, их приуроченность к местообитанию взяты из определителей и других литературных источников (Экологические ..., 2001; Попченко, 2001; Фитопланктон ..., 2003; Барина и др., 2006; Корнева, 2009). Индикаторная значимость отдельных видов как показателей сапробности дана согласно спискам, опубликованным в Унифицированных методах исследования ... (1975, 1977), а также в работах Сладечека и Вегля (Sládeček, 1973; Wegl, 1983).

Сведения о видах водорослей, вызывающих «цветение» воды в разных водоемах и токсичных для водных животных и человека, приводятся согласно литературным данным (Кондратьева, Коваленко, 1975; Водоросли ..., 2006). Сходство общего состава синезеленых водорослей оценено с помощью коэффициента Сёренсена (Мэгарран, 1992).

Результаты и обсуждение

Обобщенные данные о планктонной флоре цианопрокариот незарегулированного участка р. Волги, где сейчас расположено Чебоксарское вдхр., представлены в работе Г.А. Юловой (1982). Всего для периода с 1966 по 1979 гг. автор приводит 982 видовых и внутривидовых таксона водорослей планктона с преобладанием зеленых, диатомовых и эвгленовых. Видовое богатство *Cyanophyta* было представлено 92 видовыми таксонами (с учетом современных изменений их систематики и номенклатуры – 63, см. таблицу), что составляло 9,5 % общего видового состава.

Создание незарегулированного участка в волжском каскаде Чебоксарского вдхр. способствовало обогащению состава *Cyanoprokaryota* данного участка Волги. В настоящий период синезеленые водоросли по таксономическому разнообразию в водохранилище занимают 4-ю ранговую позицию в общем списке альгофлоры, составляя почти 11 % общего видового богатства, и представлены 73 видами из 27 родов, 9 семейств и 3 порядков (см. список и таблицу). Противоположная тенденция была отмечена при анализе альгофлоры *Bacillariophyta*, обеднение разновидностей и форм которой произошло после создания водохранилища (Охапкин и др., 2010).

Список ведущих по разнообразию порядков и семейств почти не изменился. Среди порядков выделялись *Chroococcales* (36 видов), менее разнообразными оказались *Oscillatoriales* (24) и *Nostocales* (13). Спектр ведущих семейств представлен следующим образом: *Merismopediaceae* – 16 (видовых таксонов), *Nostocaceae* и *Pseudanabaenaceae* – по 13, *Microcystidaceae* – 11, *Synechococcaceae* – 9, *Phormidiaceae* – 6, *Oscillatoriaceae* – 4, *Borziaceae* – 1. Среди родов ведущие позиции занимали *Dolichospermum* (9 видов), *Merismopedia* (7), *Chroococcus* (6), *Microcystis* (5), *Rhabdogloea* (4) и *Oscillatoria* (4). В сумме они составили 50 % общего видового богатства цианопрокариот Чебоксарского вдхр. На незарегулированном участке Волги в перечень основных, кроме перечисленных выше первых четырех, входили роды *Aphanocapsa* и *Phormidium* (см. таблицу).

Сравнение состава *Cyanophyta* до и после зарегулирования стока реки показало его высокое сходство – 74 % (по коэффициенту Сёренсена), что определялось значительным воздействием поступлений водных масс из лежащих выше водохранилищ Верхней и Средней Волги, приносящих в незарегулированную Волгу типично лимнофильные виды *Cyanophyta*. Своеобразие состава *Cyanoprokaryota* водохранилища определялось присутствием в альгофлоре видов родов *Cyanothece*,

Сравнение родового состава флоры *Cyanophyta* участка р. Волги до и после создания Чебоксарского вдхр.

Род	Число видовых таксонов	
	Чебоксарское вдхр.	Река Волга до зарегулирования
<i>Chroococcales</i>		
<i>Aphanocapsa</i>	3	5
<i>Aphanothece</i>	2	3
<i>Coelosphaerium</i>	1	2
<i>Chroococcus</i>	6	5
<i>Cyanothece</i>	1	—
<i>Gomphosphaeria</i>	—	1
<i>Lemmermania</i>	—	1
<i>Merismopedia</i>	7	6
<i>Microcystis</i>	5	4
<i>Rhabdogloea</i>	4	2
<i>Rhabdoderma</i>	2	1
<i>Romeria</i>	2	1
<i>Snowella</i>	2	2
<i>Synechocystis</i>	1	—
<i>Woronichinia</i>	2	2
<i>Oscillatoriales</i>		
<i>Arthrospira</i>	—	1
<i>Heteroleibleinia</i>	—	1
<i>Jaaginema</i>	—	1
<i>Komvophoron</i>	1	—
<i>Leptolyngbya</i>	3	2
<i>Limnothrix</i>	3	—
<i>Oscillatoria</i>	4	3
<i>Phormidium</i>	3	5
<i>Planktothrix</i>	3	3
<i>Planktolyngbya</i>	2	2
<i>Pseudoanabaena</i>	2	1
<i>Trichodesmium</i>	—	1
<i>Spirulina</i>	1	—
<i>Nostocales</i>		
<i>Dolichospermum</i>	9	5
<i>Aphanizomenon</i>	1	1
<i>Cuspidothrix</i>	1	1
<i>Trichormus</i>	1	1
<i>Nodularia</i>	1	—
Всего	73	63

Synechocystis, *Limnothrix*, *Spirulina*, *Komvophoron*, которые отсутствовали в списке для незарегулированной Волги (Юлова, 1982), а также возрастанием почти в 2 раза видов рода *Dolichospermum*. В то же время виды родов *Gomphosphaeria*, *Lemmermania*, *Arthrospira*, *Trichodesmium*, *Heteroleibleinia*, *Jaaginema* на современном этапе существования водоема до сих пор не были зарегистрированы (см. таблицу).

Видовой состав *Cyanoprokaryota* Чебоксарского водохранилища на современном этапе его существования

Пор. CHROOCOCCALES F. Wettst.

Сем. Synechococcaceae Komárek et Anagn.

Подсем. Aphanothecoideae Komárek et Anagn.

Род Syanothece Komárek

***Syanothece aeruginosa* (Nägeli) Komárek [= *Synechococcus aeruginosus* Nägeli] – О-П, к, И, Ац, о; р**

Род Aphanothece Nägeli

***Aphanothece clathrata* West et G.S. West – П, к, И, β**

***A. bachmannii* Komárek.-Legn. et Cronberg [= *Aphanothece clathrata* var. *brevis* H. Bachm.] – П, б, И**

Подсем. Synechococcoideae

Род Rhabdogloea Schröt.

***Rhabdogloea elenkinii* (Y.V. Roll) Komárek et Anagn. [= *Dactylococcopsis elenkinii* Y.V. Roll] – П, к**

***R. linearis* (Geitler) Komárek [= *Dactylococcopsis linearis* Geitler] – П, =, Гб, Ац**

***R. smithii* (Chodat et F. Chodat) Komárek [= *Dactylococcopsis raphidioides* Hansg., *Dactylococcopsis smithii* Chodat et F. Chodat] – П, б, Гл, Ал, о**

***R. planctonica* (Teiling) Komárek [= *Dactylococcopsis planctonica* Teiling] – П, =**

Род Rhabdoderma Schmidle et Lauterborn

***Rhabdoderma irregulare* (Naumann) Geitler – О-П, к, Ор**

***R. lineare* Schmidle et Lauterborn [= *Rhabdoderma lineare* var. *spirale* Wołosz.] – П, к, Ор, β**

Сем. Merismopediaceae Elenkin

Подсем. Merismopedioideae

Род Synechocystis Sauv.

***Synechocystis aquatilis* Sauv. – О-П, к, И**

Род Aphanocapsa Nägeli

***Aphanocapsa grevillei* (Berk.) Rabenh. [= *Microcystis grevillei* (Berk.) Elenkin] – П-О-Б, к, Ор, Ал, о-β**

***A. holsatica* (Lemmerm.) Cronberg et Komárek [= *Microcystis holsatica* (Lemmerm.) Lemmerm.] – П, к, Ор**

***A. incerta* (Lemmerm.) Cronberg et Komárek [= *Microcystis incerta* (Lemmerm.) Lemmerm.] – П, к, И, β**

Род Merismopedia Meyen

***Merismopedia convoluta* Bréb. [= *Pseudoholopedia convoluta* (Bréb.) Elenkin] – О-П, к, Ор, Ал, β-α**

***M. elegans* A. Braun – П-О-Б, к, И, Ин, о-β**

***M. glauca* (Ehrenb.) Kütz. – О-Б, к, И, Ин, β**

Merismopedia smithii De Toni [= *Merismopedia major* (G.M. Sm.) Geitler] – П-О, к, И, Ал, о-β

M. minima Beck. – О-П, к, Ор, Ал

M. punctata Meyen – О-П, к, И, ИИ, β

M. tenuissima Lemmerm. – П, к, Ор, ИИ, β-α

Подсем. Gomphosphaerioideae (Elenkin) Komárek et Hindák

Род Coelosphaerium Nägeli

Coelosphaerium kuetszingianum Nägeli – П, к, И, ИИ, о-β

Род Snowella Elenkin

Snowella lacustris (Chodat) Komárek et Hindák [= *Gomphosphaeria lacustris* Chodat] – П, к, Ор, ИИ, о-β

S. rosea (J. Snow) Elenkin [= *Gomphosphaeria rosea* (J. Snow) Lemmerm.] – П, =, И, о-β

Род Woronichinia Elenkin

Woronichinia compacta (Lemmerm.) Komárek et Hindák [= *Gomphosphaeria lacustris* f. *compacta* (Lemmerm.) Elenkin] – П, б, Ор, β

W. naegeliana (Unger) Elenkin [= *Gomphosphaeria naegeliana* (Unger) Lemmerm.] – П, к, И, Ал, β

Сем. Microcystaceae Elenkin

Род Microcystis Kütz. ex Lemmerm.

Microcystis aeruginosa (Kütz.) Kütz. – П, к, Ор, Ал, β

M. flos-aquae (Wittr.) Kirchn. [= *Microcystis aeruginosa* f. *flos-aquae* (Wittr.) Elenkin] – П, к, β

M. pulverea (H.C. Wood) Forti emend. Elenkin – П, к, И, β

M. viridis (A. Braun) Lemmerm. – П, к, И, Ал, о-β

M. wesenbergii (Komárek) Komárek – П, к, Ор, Ал, β

Сем. Chroococcaceae Nägeli

Род Chroococcus Nägeli

Chroococcus cochaerens (Brèb.) Nägeli [= *Gloeocapsa cohaerens* (Brèb.) Hollerb.] – О, к, Ор, ИИ

C. limneticus Lemmerm. [= *Gloeocapsa limnetica* (Lemmerm.) Hollerb.] – П, к, И, о

C. minimus (Keissl.) Lemmerm. [= *Gloeocapsa minima* (Keissl.) Hollerb.] – П, к, Ор

C. minor (Kütz.) Nägeli – О-П, к, Ор

C. minutus (Kütz.) Nägeli [= *Gloeocapsa minuta* (Kütz.) Hollerb.] – П, к, Ор, о

C. turgidus (Kütz.) Nägeli [= *Gloeocapsa turgida* (Kütz.) Hollerb.] – Л, к, И, Ал, о

Пор. OSCILLATORIALES Elenkin

Сем. Pseudanabaenaceae Anagn. et Komárek

Подсем. Pseudanabaenoideae Anagn. et Komárek

Род Romeria Koczw. in Geitler

Romeria elegans (Wołosz.) Wołosz. et Koczw. ex Geitler – П, к, И, о-β

R. okensis (K.I. Mey.) Hindák [= *Spirulina okensis* (K.I. Mey.) Geitler] – П, к

Род Pseudanabaena Lauterborn

Pseudanabaena limnetica (Lemmerm.) Komárek [= *Oscillatoria limnetica* Lemmerm.] – П-Б, к, И, о-β

- Pseudanabaena mucicola** (Naumann et Hub.–Pest.) Schwabe [= *Phormidium mucicola* Naumann et Hub.–Pest.] – Э, к, И, о-β
Род *Limnothrix* Meffert 1988
- Limnothrix lauterbornii** (Schmidle) Anagn. [= *Oscillatoria lauterbornii* Schmidle] – П-Б, к, И, ρ
- L. planctonica** (Wołosz.) Meffert [= *Oscillatoria planctonica* Wołosz.] – П, к, И
- L. redekei** (V. Goor) Meffert [= *Oscillatoria redekei* V. Goor] – П-Б, к, И, β
Подсем. Spirulinoideae Gomont
Род *Spirulina* Turpin ex Gomont
- Spirulina major** Kütz. ex Gomont – Л, к, Гл, Ии, α-ρ
Подсем. Leptolyngbyoideae Anagn. et Komárek
Род *Planktolingbya* Anagn. et Komárek
- Planktolingbya contorta** (Lemmerm.) Anagn. et Komárek [= *Lyngbya contorta* Lemmerm.] – П, к, Гл, Ал
- P. limnetica** (Lemmerm.) Komárk.-Legn. et Cronberg [= *Lyngbya limnetica* Lemmerm.] – П-Б, к, Ор, Ии, β-α
Род *Leptolyngbya* Anagn. et Komárek
- Leptolyngbya foveolarum** (Rabenh. ex Gomont) Anagn. et Komárek [= *Phormidium foveolarum* Gomont] – П-О-Б, к, Ор, α
- L. fragilis** (Gomont) Anagn. et Komárek [= *Phormidium fragile* Gomont] – П, к, Гл, Ал, о; ρ
- L. tenuis** (Gomont) Anagn. et Komárek [= *Phormidium tenue* [Menegh.] Gomont ex Gomont] – Л, к, Ор, Ал, α
Сем. Borziaceae Borzi
Род *Komvophoron* Anagn. et Komárek
- Komvophoron schmidlei** (Jaag) Anagn. et Komárek [= *Pseudanabaena schmidlei* Jaag] – Б-Л, к
Сем. Phormidiaceae Anagn. et Komárek
Подсем. Phormidioideae Anagn. et Komárek
Род *Planktothrix* Anagn. et Komárek
- Planktothrix agardhii** (Gomont) Anagn. et Komárek [= *Oscillatoria agardhii* Gomont] – П-Б, к, И, β
- P. geitleri** (Kisselev) Anagn. et Komárek [= *Oscillatoria geitleri* Kisselev] – П, =, Гл, Ал
- P. planctonica** (Elenkin) Anagn. et Komárek [= *Oscillatoria ornata* f. *planctonica* Elenkin] – П, =
Род *Phormidium* Kütz. ex Gomont
- Phormidium amoenum** Kütz. ex Anagn. et Komárek [= *Oscillatoria amoena* Gomont] – П-О-Б, к, о
- P. simplicissimum** (Gomont) Anagn. et Komárek [= *Oscillatoria simplicissima* Gomont] – П-Б, к, И, α
- P. terebriforme** (J. Agardh ex Gomont) Anagn. et Komárek [= *Oscillatoria terebriformis* J. Agardh ex Gomont] – О-Б-Л, к, Гл, Ал, α-ρ
Сем. Oscillatoriaceae (Gray) Harv. ex Kirchn.
Подсем. Oscillatorioideae
Род *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont
- Oscillatoria limosa** J. Agardh ex Gomont – П-Б, к, Гл, Ал, α
- O. nitida** Škorb. – П, =

Oscillatoria ornata Kütz. ex Vaucher [= *Phormidium ornatum* (Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek] – Б, к

O. tenuis J. Agardh – П-О-Б, к, И, α

Род. NOSTOCALES (Borzi) Geitler

Сем. Nostocaceae J. Agardh ex Kirchn.

Род Dolichospermum (Ralfs ex Bornet et Flahault) Wacklin, Hoffmann et Komárek

Dolichospermum affine (Lemmerm.) Wacklin et al. [= *Anabaena affinis* Lemmerm.] –

П, к, И, β

D. circinale (Rabenh. ex Bornet et Flahault) Wacklin et al. [= *Anabaena circinalis* Rabenh. ex Bornet et Flahault] – П, к, И, о-β

D. flos-aquae (Brèb. ex Bornet et Flahault) Wacklin et al. [= *Anabaena contorta* H. Bachm., *Anabaena flos-aquae* Brèb. ex Bornet et Flahault] – П, к, И, β

D. lemmermannii (P.G. Richt.) Wacklin et al. [= *Anabaena lemmermannii* P.G. Richt.] – П, к, И, β

D. macrosporum (Kleb.) Wacklin et al. [= *Anabaena macrospora* Kleb.] – П, к, И, о-β

D. planctonicum (Brunnth.) Wacklin et al. [= *Anabaena planctonica* Brunnth., *Anabaena scheremetievi* Elenkin] – П, к, И, Ал, β

D. smithii (Komárek) Wacklin et al. [= *Anabaena smithii* (Komárek) M. Watan.] – П, к, И

D. solitarium (Kleb.) Wacklin et al. [= *Anabaena solitaria* Kleb.] – П, к, И, β

D. spiroides (Kleb.) Wacklin et al. [= *Anabaena spiroides* Kleb.] – П, к, И, Ин, β

Род Trichormus (Ralfs ex Bornet et Flahault) Komárek et Anagn.

Trichormus variabilis (Kütz. ex Bornet et Flahault) Komárek et Anagn. [= *Anabaena variabilis* Kütz. ex Bornet et Flahault] – П-Б, к, И, β

Род Aphanizomenon Mert. ex Bornet et Flahault

Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs ex Bornet et Flahault – П, к, Ог, Ин, β

Род Cuspidothrix Rajaniemi et al.

Cuspidothrix issatschenkoi (Ussazcev) Rajaniemi et al. [= *Aphanizomenon issatschenkoi* Ussazcev] – П, к, Ог, о-β

Род Nodularia Mert. ex Bornet et Flahault

Nodularia spumigena Mert. ex Bornet et Flahault – П, к, Гл, Ал, β

Условные обозначения: **Местообитание:** П – планктонные; Б – бентосные; Л – литоральные; Э – эпибионтные; О – обитатели обрастаний; П-О, П-О – планктонные и обитатели обрастаний; П-О-Б – планктонно-бентосные и обитатели обрастаний; П-Б – планктонно-бентосные; О-Б – обитатели обрастаний и бентосные; Б-Л – бентосно-литоральные; **Распространение:** к – космополитные; б – бореальные; = – малоизученные в фитогеографическом отношении; **Галобность:** Ог – олигогалоб; Мг – мезогалоб, Гб – галофоб, И – индифферент, Гл – галофил; **Отношение к рН:** Ал – алкалофил, Ин – индифферент, Ац – ацидофил + ацидобионт; **Сапробность:** о – олигосапроб; о-β – олиго-β-мезосапроб; β – β-мезосапроб; β-α – β-α-мезосапроб; α – α-мезосапроб; α-ρ – α-мезополисапроб; ρ – полисапроб.

Эколого-географический анализ состава *Cyanophyta* выявил преобладание космополитных видов (89,1 %), индифферентных к величине минерализации воды (48,6 %). По отношению к рН воды почти в равных пропорциях были представлены индифференты и

алкалифилы (13,5 и 21,6 % соответственно). Комплекс планктонных видов (60,8 %) заметно превалировал над представителями бентосных группировок (1,4 %), обитателями обрастаний (1,4 %) и прибрежно-мелководной зоны (5,4 %). Высокой оказалась доля эвритопных видов *Cyanoprokaryota* (32,4 %), являющихся компонентами нескольких водных сообществ. Относительно степени органического загрязнения водоемов состав *Cyanoprokaryota* Чебоксарского вдхр. на 29,7 % сформирован β -мезосапробами. Доля видов, предпочитающих промежуточную степень загрязнения между β -мезо- и олигосапробной и чистые (олигосапробы) воды, составила 24,2 %. Индикаторы сильно загрязненных вод, сапробность которых выше β -мезосапробного, были представлены 11 видами, что составило 14,8 % общего видового списка. Сравнение экологических и географических показателей состава *Cyanoprokaryota* р. Волги до и после зарегулирования стока у г. Чебоксары не выявило заметных отличий. Очевидно, это объясняется тем, что водоем до сих пор не заполнен до НПУ 68 м БС, а также сильным воздействием лимнофильного планктона лежащих выше волжских водохранилищ на планктон незарегулированной Волги, уже до создания плотины Чебоксарской ГЭС, обогащенной разнообразными *Cyanoprokaryota*.

На основании анализа данных многолетних наблюдений, в альгофлоре Чебоксарского вдхр. отмечено 138 видов – потенциальных и реальных возбудителей «цветения» воды, среди которых *Cyanophyta* составляют 30 % (42 видовых таксона). Из них к группе экологически опасных относятся *Microcystis aeruginosa*, *M. wesenbergii*, *Woronichinia naegeliana*, *Dolichospermum flosaquae*, *D. lemmermanni*, *D. circinale*, *D. spiroides*, *D. planctonicum*, *Aphanizomenon flosaquae*, способных продуцировать токсичные для теплокровных животных вещества (гепатотоксины, нейротоксины, микроцистины и ряд других). Многие из этих видов уже в настоящее время отмечены в составе доминирующих компонентов альгоценозов водохранилища. Так, в июле 2010 г. в Чебоксарском вдхр. обнаружено 9 видов микроцистинов (15 изомеров) и анабенопептины (Корнева и др., 2012). При этом суммарное содержание микроцистина – LR, наиболее токсичного представителя цианотоксинов, превышало допустимые нормы его содержания, принятые ВОЗ (Falconer et al., 2005).

Заключение

Ревизия списка *Cyanophyta* Чебоксарского вдхр., проведенная с учетом изменений их систематики и номенклатуры, позволила установить 73 вида из 27 родов, 9 семейств и 3 порядка. Основную часть флоры *Cyanoprokaryota*, которая составляла половину общего их видового богатства, формировали представители родов *Dolichospermum*, *Merismopedia*, *Chroococcus*, *Microcystis*, *Rhabdogloea*, *Oscillatoria*. Основу таксономического разнообразия создавали планктонные виды при

высокой доле участия эвритопных форм. Господство космополитных видов, индифферентных к солености и рН водных масс, предпочитающих воды со средним уровнем загрязнения органическими веществами, оказалось типичным для большинства водоемов умеренной зоны. Более половины состава флоры цианопрокариот водохранилища являлись потенциальными и реальными возбудителями «цветения» воды, из которых большинство относится к группе экологически опасных, токсичных видов. Зарегулирование стока р. Волги, несмотря на выпадение из списка флоры представителей шести родов, привело к росту общего видового богатства цианопрокариот (появление видов новых пяти родов, увеличение почти в 2 раза разнообразия рода *Dolichospermum*) при сохранении основных эколого-географических показателей состава.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-04-00878; № 15-44-02219)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.
- Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-запада России. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. – 367 с.
- Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли. – М.: Госиздат, 1953. – 651 с.
- Громов Б.В., Мамкаева К.А., Волошко Л.Н. К изучению токсичных «цветений» в озерах Северо-Запада России // Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 1996. – С. 22.
- Коваленко О.В. Флора водоростей України. Т. I. Синьозелені водорості. Вип. 1. Порядок хроококкальні. – К.: Ін-т ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 2009. – 397 с.
- Кондратьева Н.В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Синьозелені водорості. Т. 1, ч. 2. – Київ, 1968. – 523 с.
- Кондратьева Н.В., Коваленко О.В. Краткий определитель видов токсических синезеленых водорослей. – Киев: Наук. думка, 1975. – 80 с.
- Корнева Л.Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов: Дис. ... докт. биол. наук. – С.Пб., 2009. – 434 с.
- Корнева Л.Г., Соловьева В.В., Русских Я.В., Чернова Е.Н. Состояние фитопланктона и содержание цианотоксинов в Рыбинском, Горьковском и Чебоксарском водохранилищах в период аномально жаркого лета 2010 г. // Мат. докл. Всерос. конф. (Борок, 22–26 окт. 2012 г.). – Ижевск, 2012. – С. 138–141.

- Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Фуштей Т.В., Руднев М.И., Соьер В.Г., Зимаков Д.В. Обнаружение токсинов цианопрокариот в планктоне Нижнего Дона методом масс-спектрометрии // Вестн. Южного НЦ РАН. – 2006. – 2(2). – С. 75–78.
- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 239 с.
- Оханкин А.Г. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища. – Тольятти, 1994. – 275 с.
- Оханкин А.Г., Генкал С.И., Корнева Л.Г. *Bacillariophyta* фитопланктона рек и водохранилищ бассейна Средней Волги // Ботан. журн. – 2010. – 95(5). – С. 618–630.
- Патова Е.Н. Цианопрокариотическое "цветение" водоемов восточно-европейских тундр (флористические и функциональные аспекты) // Теор. и прикл. экол. – 2007. – (3). – С. 4–10.
- Попченко И.И. Видовой состав и динамика фитопланктона Саратовского водохранилища. – Тольятти, 2001. – 148 с.
- Фитопланктон Нижней Волги. Водоохранилища и низовье реки. – С.Пб.: Наука, 2003. – 232 с.
- Экологические проблемы Верхней Волги: Коллективная монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. – 427 с.
- Юлова Г.А. Фитопланктон р. Волга от Городца до Чебоксар: Дис. ... канд. биол. наук. – Горький, 1982. – 288 с.
- Burij A.M., Banaigs B., Abou-Mansour E. et al. Marine cyanobacteria – a prolific source of natural products // Tetrahedron. – 2001. – 57. – P. 9347–9377.
- Codd G.A., Morrison L.F., Metcalf J.S. Cyanobacterial toxins: risk management for health protection // Toxicol. Appl. Pharm. – 2005. – 203. – P. 264–272.
- Falconer I.R., Humpage A.R. Health risk assessment of cyanobacterial (blue-green algal) toxins in drinking water // Int. J. Environ. Res. Publ. Health. – 2005. – 2(1). – P. 43–50.
- Hodoki Y., Ohbayashi K., Kobayashi Y., Okuda N., Nakano S. Temporal variation in cyanobacteria species composition and photosynthetic activity in experimentally induced blooms // J. Plankt. Res. – 2011. – 33(9). – P. 1410–1416.
- Komárek J., Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota* 1. Teil: Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/1. – Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm.: Gustav Fischer, 1998. – 548 S.
- Komárek J., Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota* 2. Teil: *Oscillatoriales* // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/2. – München: Elsevier Spectrum Akad. Verlag, 2005. – 759 S.
- Komárek J. *Cyanoprokaryota* 3. Teil: *Heterocytous* Genera // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/3. – Berlin: Springer Spektrum, 2013. – 1131 S.
- Komárek J., Azevodo S.M.O., Domingos P., Komárková J., Tich M. Background of the Caryaru tragedy: a case taxonomic study of toxic cyanobacteria // Arch. Hydrobiol. Suppl. – 2001. – 140. – P. 9–29.
- Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Ergebn. der Limnol. H. 7. Arch. für Hydrobiol. Beinh. 7. – 1973. – P. 1–218.
- Wegl R. Index für die Limnosaprobität // Wasser und Abwasser. – 1983. – Bd 26. – S. 1–175.

Поступила 9 сентября 2014 г.
Подписала в печать О.Н. Виноградова

REFERENCES

- Barinova S.S., Medvedeva L.A., and Anisimova O.V., *Bioraznoobrazie vodorosley-indikatorov okruzhayushchey sredy*, Tel-Aviv, 2006. [Rus.]
- Burij A.M., Banaigs B., Abou-Mansour E. et al., *Tetrahedron*, 57:9347–9377, 2001.
- Codd G.A., Morrison L.F., and Metcalf J.S., *Toxicol. Appl. Pharm.*, 203:264–272, 2005.
- Ekologicheskie problemy Verkhney Volgi*, Izd-vo YaGTU, Yaroslavl, 2001. [Rus.]
- Falconer I.R. and Humpage A.R., *Int. J. Environ. Res. Publ. Health*, 2(1):43–50, 2005.
- Fitoplankton Nizhney Volgi. Vodokhranilishcha i nizove reki*, Nauka, S.Pb., 2003. [Rus.]
- Gollerbakh M.M., Kosinskaya E.K., and Polyanskiy V.I., *Opredelitel presnovodnykh vodorosley SSSR*, Vyp. 2, Gosizdat, Moscow, 1953. [Rus.]
- Gromov B.V., Mamkaeva K.A., and Voloshko L.N., *Ekologo-fiziologicheskie issledovaniya vodorosley i ikh znachenie dlya otsenki sostoyaniya prirodnykh vod*, YaGTU, Yaroslavl, 1996. [Rus.]
- Hodoki Y., Ohbayashi K., Kobayashi Y., Okuda N., and Nakano S., *J. Plankt. Res.*, 33(9):1410–1416, 2011.
- Komárek J. and Anagnostidis K., *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Bd 19/1, Gustav Fisher Verlag, Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm., 1998.
- Komárek J. and Anagnostidis K., *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Bd 19/2, Elsevier Spectrum Akad. Verlag, München, 2005.
- Komárek J., Azevodo S.M.O., Domingos P., Komárková J., and Tich M., *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 140:9–29, 2001.
- Komárek J., *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Bd 19/3, Springer-Verlag, Berlin, 2013.
- Kondrateva N.V. and Kovalenko O.V., *Kratkiy opreditel vidov toksicheskikh sinezelenykh vodorosley*, Nauk. dumka, Kiev, 1975. [Rus.]
- Kondrateva N.V., *Viznachnik prísnovodnikh vodorostey Ukrainskoyi RSR. Sinozeleni vodorosti*. T. 1, ch. 2, Kyiv, 1968. [Ukr.]
- Korneva L.G., *Formirovanie fitoplanktona vodoemov basseyna Volgi pod vliyaniem prirodnykh i antropogennykh faktorov*: Dis. ... dokt. biol. nauk, S.Pb., 2009.
- Korneva L.G., Solovyova V.V., Russkikh Ya.V., and Chernova E.N., *Mat. dokl. Vseros. konf. (Borok, 22–26 okt. 2012)*, Izhevsk, pp. 138–141, 2012. [Rus.]
- Kovalenko O.V., *Flora vodorostey Ukraini*, Vol. 1, Kyiv, 2009. [Ukr.]
- Matishov G.G., Matishov D.G., Fushtey T.V., Rudnev M.I., Soyev V.G., and Zimakov D.V., *Vestn. Yuzhnogo NTs RAN*, 2(2):75–78, 2006.
- Megarran E., *Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie*, Mir, Moscow, 1992. [Rus.]
- Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov*, Nauka, Moscow, 1975. [Rus.]
- Okhapkin A.G., *Fitoplankton Cheboksarskogo vodokhranilishcha*, Tolyatti, 1994. [Rus.]
- Okhapkin A.G., Genkal S.I., and Korneva L.G., *Botan. zhurn.*, 95(5):618–630, 2010. [Rus.]
- Patova E.N., *Teor. i prikl. ekol.*, (3):4–10, 2007.
- Popchenko I.I., *Vidovoy sostav i dinamika fitoplanktona Saratovskogo vodokhranilishcha*, Tolyatti, 2001. [Rus.]

Sládeček V., *Arch. für Hydrobiol.*, Beiheft 7:1–218, 1973.

Vodorosli, vyzyvayushchie «tsvetenie» vodoemov Severo-zapada Rossii, Tov-vo nauch. izd. KMK, Moscow, 2006. [Rus.]

Wegl R., *Wasser und Abwasser*, Bd 26:1–175, 1983.

Yulova G.A., *Fitoplankton r. Volga ot Gorodtsa do Cheboksar*. Dis. ... kand. biol. nauk, Gorkiy, 1982. [Rus.]

ISSN 0868–8540. *Algologia*. 2015, 25(3):265–277 <http://dx.doi.org/10.15407/alg25.03.265>

A.G. Okhapkin, E.L. Vodeneeva, O.O. Bondarev

Lobachevsky State University of Nizhniy Novgorod, Institute of Biology and Biomedicine,
23, Pr. Gagarina, Nizhniy Novgorod 603600, Russia
e-mail: vodeneeva@mail.ru

THE COMPOSITION OF *CYANOPROKARYOTA* IN THE PLANKTON OF
CHEBOKSARY RESERVOIR (NIZHNIY NOVGOROD, RUSSIA)

According to the recent data on the taxonomy and nomenclature of taxa a revision of blue-green algae composition (*Cyanoprokaryota*, *Cyanophyta*) of Cheboksary reservoir was conducted. It was found 73 species from 27 genera, 9 families and 3 orders. The main part of the *Cyanoprokaryota* flora was formed by representatives of genera *Dolichospermum*, *Merismopedia*, *Chroococcus*, *Microcystis*, *Rhabdogloea*, *Oscillatoria*. Taxonomic, ecological and geographical characteristics of blue-green algae were given. Main changes in the taxonomic structure of this group of algae after the Volga River flow regulation were marked. The most important of them were the increasing of total species richness of *Cyanophyta*, the appearance of new species of five genera and the increasing diversity of the genus *Dolichospermum* nearly twice.

Key words: *Cyanophyta*, species composition, ecological and geographical analysis, Cheboksary reservoir.