

УДК 581.526.325 (571.13)

**О.П. БАЖЕНОВА, О.О. КРЕНЦ, Л.В. КОРЖОВА,
Н.Н. БАРСУКОВА, О.А. КОНОВАЛОВА**

Омский гос. аграр. ун-т им. П.А. Столыпина, кафедра экологии и биологии,
Институтская пл., 2, 644008 Омск, Россия
e-mail: olga52@bk.ru

СУАНОПРОКАРЫОТА В ПЛАНКТОНЕ РЕК И ОЗЕР ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ (РОССИЯ)

Приведены современные данные о видовом составе, распространении, обилии и значении цианопрокэриот (*Cyanoprokaryota*) в планктоне рек и озер бассейна среднего течения Иртыша (Омское Прииртышье). Проведен краткий флористический и эколого-географический анализ найденных видов. Установлено возрастание видового богатства и обилия цианопрокэриот в реках Омского Прииртышья по сравнению с серединой XX в. Во многих озерах отмечено «цветение» воды, вызываемое цианопрокэриотами, в т.ч. токсичными видами.

Ключевые слова: Омское Прииртышье, *Cyanoprokaryota*, видовое богатство, распространение, обилие.

Введение

В настоящее время цианопрокэриоты являются объектом пристального внимания не только альгологов, но и гидроэкологов и токсикологов. Возрастающее обилие цианопрокэриот во многих водных объектах, достигающее уровня «цветения» воды, влечет за собой негативные последствия, связанные, прежде всего, с выделением ими разнообразных токсинов, вызывающих болезни и даже гибель людей и животных (Рябушко, 2003; Водоросли ..., 2006; Волошко и др., 2008). Поэтому изучение распространения и обилия цианопрокэриот в водных объектах различных регионов приобретает особую актуальность.

В пределах Омской обл. располагается среднее течение трансграничной реки Иртыш, часто эту территорию называют Омское Прииртышье. Характеристика региона и его водных объектов представлена в предыдущей публикации (Баженова и др., 2012б). Альгофлора разнообразных водных объектов бассейна среднего течения Иртыша активно изучалась в середине XX в. группой ученых под руководством проф. А.П. Скабичевского. По данным многолетних исследований был составлен систематический список альгофлоры Омского Прииртышья, включающий 1002 таксона рангом ниже рода, в том числе 167 цианопрокэриот (в авторском тексте – синезеленых водорослей) (Андреев и др., 1963). В наше время эти данные используются как фоновые при проведении биомониторинга водных объектов региона.

За прошедшее после указанных исследований время уровень антропогенного воздействия на реки и озера Омского Прииртышья значитель-

© О.П. Баженова, О.О. Кренц, Л.В. Коржова, Н.Н. Барсукова, О.А. Коновалова, 2014

но возрос. Причиной этому стали зарегулирование верхнего течения Иртыша (Казахстан) каскадом ГЭС, интенсификация сельского хозяйства и освоение целинных земель, развитие промышленности и т.п. Глобальные и региональные изменения климата также нельзя не учитывать. Так, в последние 50 лет среднегодовая температура воздуха в Омской области повысилась на 1–1,5 °С. Все это существенно повлияло на видовое богатство, структуру и обилие фитопланктона водных объектов региона (Баженова, 2005; Барсукова, Баженова, 2012; Баженова и др., 2012в). Поскольку цианопрокариоты являются важной составляющей фитопланктона рек и озер Омского Прииртышья, изучение их видового разнообразия, обилия и распространения достаточно актуально.

Цель данной работы – исследование видового состава, распространения, обилия и роли *Cyanoprokaryota* в планктоне рек и озер Омского Прииртышья в период повышенного антропогенного воздействия на водные объекты.

Материалы и методы

В основу работы положены материалы обработки количественных и качественных проб фитопланктона, отобранных в различных водных объектах Омского Прииртышья: р. Иртыш и её притоках (Онь, Тара, Уй, Шиш, Ишим, Оша, Тевриз, Большой Аёв); городских водоемах Омска (озера Чередовое, Моховое, Солёное, Парковое) и Калачинска (Калач); озёрах из различных физико-географических зон, в т.ч. степной (Жарылдыколь, Байгунда, Ульжай, Обалыколь), лесостепной (Ик, Салтаим-Тенис, Петровское, Стеглянное, Инберень, Батаково, Чингалы) и лесной (Шайтан, Щучье, Линево, Данилово).

Отбор проб проводили в период открытой воды 1998–2012 гг., а на озерах Солёное, Калач, Инберень – круглогодично. Количественные пробы фитопланктона объемом 0,5 л отбирали батометром или зачерпыванием из поверхностного слоя воды, качественные – планктонной сетью. Фиксацию проводили 40 %-м раствором формалина, концентрирование – осадочным методом. Пробы обрабатывали общепринятыми методами (Федоров, 1979). Учет численности клеток осуществляли на световом микроскопе в счетной камере Горяева в двух повторностях, при «цветении» воды – в 5–6 повторностях. Биомассу определяли счетно-весовым методом, доминирование видов – по их численности, как рекомендовано Т.М. Михеевой (1992) для водных экосистем с высоким уровнем эвтрофирования. В состав доминантов включали виды, образующие не менее 10 % общей численности фитопланктона (Корнева, 2009). Частоту доминирования (DF) определяли по формуле:

$$DF = D/F \cdot 100,$$

где F – общее число обработанных проб; D – число проб, в которых данный вид доминировал.

Всего обработано и проанализировано 1700 проб фитопланктона.

При определении видов и систематизации материала руководствовались современными представлениями о номенклатуре цианопрокариот (Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Komárek, Zapomělová, 2007). Для эколого-географической характеристики видов использовали работы: Кондратьева, Коваленко, 1975; Баринаова и др., 2006; и др.

Результаты и обсуждение

Альгофлора разнообразных водных объектов бассейна среднего течения Иртыша активно изучалась в середине XX в. группой ученых под руководством проф. А.П. Скабичевского. По данным многолетних исследований был составлен систематический список альгофлоры Омского Прииртышья, включающий 1002 таксона рангом ниже рода, в т.ч. 167 цианопрокариот (в авторском тексте – синезеленых водорослей) (Андреев и др., 1963). В настоящее время эти данные используются как фоновые при проведении биомониторинга водных объектов региона.

Обследованные нами водные объекты значительно различаются по гидрохимическим, морфометрическим и экологическим показателям. Экосистемы рек Иртыш, Омь и Уй находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения. По трофическому статусу воды Иртыша и Ишима являются эвтрофными, воды других притоков – мезотрофными (Баженова, 2005; Барсукова, Баженова, 2012).

Таблица 1

Таксономическая структура *Cyanoprokaryota* Омского Прииртышья по данным 1998-2012 гг.

Таксон	Река Иртыш	Притоки Иртыша	Городские водоемы	Озера		
				Зона		
				степная	лесо-степная	лесная
1	2	3	4	5	6	7
Класс <i>Cyanophyceae</i>	20	41	46	11	39	17
пор. <i>Chroococcales</i>	20	41	46	11	39	17
сем. <i>Synechococcaceae</i>	3	12	10	1	10	3
<i>Cyanobium</i> Rippka et Cohen-Baz.	–	1	–	–	–	–
<i>Cyanobacterium</i> Rippka et Cohen-Baz.	–	1	1	–	–	1
<i>Cyanothece</i> Komárek	–	1	1	–	–	–
<i>Cyanodictyon</i> Pascher	–	1	–	–	2	–
<i>Aphanothece</i> (Nägeli) Elenkin	1	2	1	–	4	–
<i>Gloeothece</i> Nägeli	2	2	1	–	1	–
<i>Rhabdogloea</i> Schröder	–	3	3	–	1	–
<i>Rhabdoderma</i> Schmidle et Lauterborn	–	–	2	1	1	1

продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>Synechococcus</i> Nägeli	—	1	1	—	1	1
сем. <i>Merismopediaceae</i>	9	19	19	8	18	9
<i>Synechocystis</i> Sauv.	—	5	5	1	1	2
<i>Aphanocapsa</i> Nägeli	3	8	5	2	6	3
<i>Merismopedia</i> Meyen	2	3	4	3	4	2
<i>Coelosphaerium</i> Nägeli	2	1	2	1	2	1
<i>Coelomoron</i> Buell	—	1	1	—	—	—
<i>Snowella</i> Elenkin	1	1	1	1	1	1
<i>Woronichinia</i> Elenkin	1	—	1	—	2	—
<i>Gomphosphaeria</i> Kütz.	—	—	—	—	2	—
сем. <i>Microcystaceae</i>	2	2	9	1	5	2
<i>Microcystis</i> Kütz. ex Lemmerm.	2	2	5	1	5	2
<i>Gloeocapsa</i> Kütz.	—	—	4	—	—	—
сем. <i>Chroococcaceae</i>	6	4	7	1	6	3
<i>Chroococcus</i> Nägeli	6	4	7	1	6	3
сем. <i>Hydrococcaceae</i>	—	1	—	—	—	—
<i>Hydrococcus</i> Kütz.	—	1	—	—	—	—
сем. <i>Xenococcaceae</i>	—	1	—	—	—	—
<i>Chroococcopsis</i> Geitler	—	1	—	—	—	—
сем. <i>Hyellaceae</i>	—	2	1	—	—	—
<i>Pascherinema</i> de Toni	—	1	—	—	—	—
<i>Pleurocapsa</i> Thuret in Hauck	—	1	1	—	—	—
Класс Hormogoniophyceae	18	29	43	10	22	8
пор. <i>Oscillatoriales</i>	8	24	31	8	17	4
сем. <i>Pseudanabaenaceae</i>	5	16	16	4	12	3
<i>Romeria</i> Koczwara in Geitler	2	1	—	—	1	1
<i>Pseudanabaena</i> Lauterborn	1	2	3	1	1	1
<i>Geitlerinema</i> (Anagn. et Komárek) Anagn.	—	—	1	—	—	—
<i>Planktolyngbya</i> Anagn. et Komárek	1	4	2	3	5	1
<i>Spirulina</i> Turpin ex Gomont	1	—	4	—	2	—
<i>Leptolyngbya</i> Anagn. et Komárek	—	7	6	—	3	—
<i>Heteroleibleinia</i> (Geitler) Hoffmann	—	2	—	—	—	—
сем. <i>Phormidiaceae</i>	1	4	6	1	2	1
<i>Trichodesmium</i> Ehrenb. ex Gomont	—	—	1	—	—	—

окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
сем. <i>Oscillatoriaceae</i>	2	4	9	3	3	—
<i>Lyngbya</i> C. Aghard ex Gomont	—	1	3	—	1	—
<i>Oscillatoria</i> Vaucher ex Gomont	2	3	6	3	2	—
пор. <i>Nostocales</i>	10	5	12	2	5	4
сем. <i>Nostocaceae</i>	10	5	12	2	5	4
<i>Anabaena</i> Bory ex Bornet et Flahault	8	2	8	1	3	2
<i>Anabaenopsis</i> Miller	—	1	—	—	—	—
<i>Aphanizomenon</i> Morr. ex Bornet et Flahault	2	1	3	1	2	2
<i>Trichormus</i> Komárek et Anagn.	—	1	1	—	—	—
Всего видов и разновидностей	38	70	89	21	61	25

Многие из обследованных озер эвтрофированы, о чем свидетельствуют высокая зарастаемость высшими водными растениями, мелководность, низкая прозрачность воды, значительное обилие фитопланктона, во многих озер достигающего уровня «цветения», вегетация в составе фитопланктона мелкоклеточных видов водорослей и цианопрокариот. Эвтрофирование озер в степной и лесостепной зонах Омской обл. происходило в основном естественным путем, но в последнее время этот природный процесс под влиянием хозяйственной деятельности человека значительно ускорился, и мы можем уже говорить о сочетании естественного и антропогенного эвтрофирования (Баженова и др., 2012в).

По результатам наших исследований в планктоне рек и озер Омского Прииртышья найдено 142 таксона *Цианопрокариота* рангом ниже рода, относящихся к 2 классам, 3 порядкам, 11 семействам, 40 родам (см. табл. 1). Уменьшение видового списка цианопрокариот по сравнению с литературными данными середины XX в. можно объяснить как изменениями в их систематике, так и тем, что мы исследовали только фитопланктон, а группа А.П. Скабичевского изучала также фитобентос и перифитон.

В настоящее время в фитопланктоне рек и озер Омского Прииртышья по видовому богатству *Цианопрокариота* занимают третье место после *Chlorophyta* и *Bacillariophyta*. По обилию они часто лидируют, особенно в летне-осенний период. Так, в планктоне Иртыша летом общая численность фитопланктона колебалась в пределах 4,04–20,92 млн кл./л, а доля цианопрокариот достигала 43–45 % (Баженова, 2005).

По видовому богатству цианопрокариот планктон Иртыша значительно уступает другим водным объектам региона, что объясняется

неблагоприятными условиями для их обитания в планктоне большой реки, в первую очередь – значительной скоростью течения.

Таблица 2

Частота доминирования (DF, %) цианопрокариот в разнотипных водных объектах Омского Прииртышья

Таксон	Река Иртыш	Притоки Иртыша	Городские водоемы	Озера		
				Зона		
				степная	лесо-степная	лесная
1	2	3	4	5	6	7
Класс Cyanophyceae						
пор. <i>Chroococcales</i>						
сем. <i>Synechococcaceae</i>						
<i>Cyanobacterium cedrorum</i> (Sauv.) Komárek et al.	–	–	–	–	–	17,6
<i>Cyanodictyon imperfectum</i> Cronb. et Weibull	–	–	–	–	1,9	–
<i>Aphanothece</i> sp.	0,8	–	–	–	1,9	–
<i>A. clathrata</i> W. et G.S. West	2,3	–	0,3	–	–	–
<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle et Laut.	–	–	0,8	–	0,9	–
<i>R. irregulare</i> (Naum.) Geitl.	–	–	0,6	–	–	–
<i>Synechococcus elongatus</i> (Nägeli) Nägeli	–	0,4	1,3	–	–	5,9
сем. <i>Merismopediaceae</i>						
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.	–	0,4	1,6	–	–	–
<i>S. crassa</i> Woron.	–	0,4	0,7	–	–	–
<i>S. salina</i> Wislouch	–	0,4	4,5	–	–	11,8
<i>Aphanocapsa</i> sp.	–	–	–	–	21,3	–
<i>Aph. delicatissima</i> W. et G.S. West	–	–	–	–	18,6	–
<i>Aph. grevillei</i> (Berk.) Rabenh.	–	–	0,3	–	–	–
<i>Aph. holsatica</i> (Lemmerm.) Cronb. et Komárek	–	–	–	–	61,1	–
<i>A. incerta</i> (Lemmerm.) Cronb. et Komárek	49,6	22,1	18,6	47,4	6,5	29,4
<i>Merismopedia minima</i> G. Beck	1,7	–	2,5	5,3	10,2	–
<i>M. punctata</i> Meyen	1,4	1,1	–	–	0,9	–
<i>M. tenuissima</i> Lemmerm.	3,7	0,7	21,2	36,8	7,41	–
<i>Coelosphaerium minutissimum</i> Lemmerm.	6,8	1,8	–	–	–	–
<i>Coelomoron pusillum</i> (van Goor) Komárek	–	0,4	–	–	–	–
<i>Snowella lacustris</i> (Chod.) Komárek et Hindák	–	0,4	0,3	5,3	–	5,9
сем. <i>Microcystaceae</i>						
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	4,0	–	6,4	10,5	6,5	5,9

продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek in Kond.	—	—	—	—	0,9	—
<i>Gloeocapsa</i> sp.	—	—	10,1	—	—	—
сем. <i>Chroococcaceae</i>						
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissl.) Lemmerm.	—	—	8,9	—	—	—
<i>Ch. minimus</i> (Keissl.) Lemmerm.	17,0	25,6	3,1	—	—	5,9
<i>Ch. minor</i> (Kütz.) Nägeli	—	0,7	1,7	—	—	—
<i>Ch. minutus</i> (Kütz.) Nägeli	—	—	0,8	—	—	—
<i>Ch. turgidus</i> (Kütz.) Nägeli	—	—	0,2	—	—	—
<i>Ch. vacuolatus</i> (Skuja) Hollerb. et al.	—	—	0,2	—	—	—
сем. <i>Hyellaceae</i>						
<i>Pleurocapsa minor</i> Hansg. emend. Geitl.	—	3,6	—	—	—	—
Класс <i>Нормогониофyceae</i> пор. <i>Oscillatoriales</i> сем. <i>Pseudanabaenaceae</i>						
<i>Romeria gracilis</i> (Koczw.) Koczw. ex Geitl.	8,2	—	—	—	6,5	17,6
<i>Pseudanabaena frigida</i> (Fritsch) Anagn.	—	—	0,6	—	—	—
<i>P. mucicola</i> (Naum. et Hub.- Pest.) Schwabe	2,5	—	0,6	—	—	—
<i>Planktolyngbya circumcreta</i> (G.S. West) Anagn. et Komárek	—	—	—	10,5	—	—
<i>P. contorta</i> (Lemmerm.) Anagn. et Komárek	—	—	—	—	1,9	—
<i>P. limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.-Legn. et Cronberg	8,2	1,1	6,4	63,2	12,0	52,9
<i>Leptolyngbya angustissima</i> (W. et G.S. West) Anagn. et Komárek	—	—	3,2	—	—	—
<i>L. foveolarum</i> (Rabenh. ex Gomont) Anagn. et Komárek	—	2,1	9,5	—	—	—
<i>L. frigida</i> (Gomont) Anagn. et Komárek	—	0,7	—	—	—	—
<i>L. lagerheimii</i> (Gomont) Anagn. et Komárek	—	0,7	—	—	—	—
<i>L. subtilis</i> (W. West) Anagn.	—	4,6	—	—	—	—
<i>L. thermobia</i> Anagn.	—	—	—	—	16,7	—
сем. <i>Phormidiaceae</i>						
<i>Phormidium</i> sp.	—	—	3,2	15,8	—	—
<i>Ph. granulatum</i> (Gardner) Anagn.	—	—	1,2	—	—	—
<i>Ph. molle</i> Gomont	—	—	0,6	—	—	—

окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
<i>Arthrospira fusiformis</i> (Woron.) Komárek et Lund	—	—	14,4	—	—	—
сем. <i>Oscillatoriaceae</i>						
<i>Lyngbya</i> sp.	—	—	4,5	—	1,9	—
<i>Oscillatoria</i> sp.	—	—	0,8	26,3	—	—
<i>O. fragilis</i> Böcher	—	—	0,3	—	—	—
<i>O. margaritifera</i> Kütz. ex Gomont	—	—	0,2	10,5	—	—
пор. <i>Nostocales</i> сем. <i>Nostocaceae</i>						
<i>Anabaena</i> sp.	0,6	—	0,8	—	—	35,3
<i>A. constricta</i> (Szafer) Geitler	—	—	0,6	—	—	—
<i>A. flos-aquae</i> (Lyngb.) Brèb.	0,3	—	—	—	—	—
<i>A. spiroides</i> Kleb.	—	—	0,3	—	1,9	—
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs	—	0,7	0,3	5,3	4,6	—
<i>Aph. klebahnii</i> (Elenkin) Pea- char et Kalina	—	—	0,9	—	—	—
Всего видов	14	19	38	11	19	10

В составе иртышского планктона преобладают виды сем. *Nostocaceae*, *Merismopediaceae* и *Chroococcaceae*, наибольшее видовое богатство имеют роды *Anabaena* и *Chroococcus*. Максимальной частотой доминирования отличается *Aphanocapsa incerta*, затем с большим отрывом следуют *Chroococcus minimus*, *Planktolyngbya limnetica*, *Romeria gracilis* и *Coelosphaerium minutissimum* (табл. 2).

В притоках среднего Иртыша роль цианопрокариот в составе и обилии фитопланктона также весьма значительна. Видовое богатство цианопрокариот здесь почти в 2 раза выше, чем в Иртыше, и существенно превышает показатели середины XX в. По обилию цианопрокариот, особенно в наиболее благоприятный для их вегетации летне-осенний период, выделяются реки Омь, Оша, Ишим. Например, в 2008–2010 гг. в среднем за осенний сезон общая численность фитопланктона р. Омь составила 19,47 млн кл./л, а её наибольшую долю (64,22 %) формировали цианопрокариоты. Максимум численности осеннего фитопланктона в Оми наблюдался в 2008 г., когда на всех створах её нижнего течения преобладали цианопрокариоты, а численность доминанта *Aphanocapsa incerta* колебалась в пределах 19,0–72,10 млн кл./л (Барсукова, Баженова, 2012).

Более высокое, по сравнению с Иртышом, видовое богатство и обилие *Cyano-prokaryota* в его притоках обусловлено причинами как природного, так и антропогенного характера. Многие притоки на большом своем протяжении зарегулированы различными гидротехническими сооружениями, уменьшающими скорость течения. Объем водного потока в них существенно меньше, чем в Иртыше, а со стоками с сельхозуго-

дий поступают избыточные количества биогенных веществ, в т.ч. продуктов эрозии почвы, которая широко распространена в регионе.

Наибольшее видовое богатство *Cyanoprokaryota* отмечено в городских водоемах. Ежегодно здесь наблюдается «цветение» воды, вызванное различными видами цианопрокариот. Интенсивность вегетации токсичных видов в городских водоемах в большинстве случаев не превышает допустимый по рекомендациям ВОЗ показатель для питьевой воды (6 млн кл./л) (Chogus, Bartam, 1999). Однако летом 2008 г. в оз. Чередовое (г. Омск) наблюдалось «цветение» воды, вызванное *Microcystis aeruginosa*, который формировал 99,4 % общей численности фитопланктона, достигавшей 1,806 млрд кл./л. По биомассе фитопланктона в это время (63,6 г/м³) водоем относился к категории гипертрофных вод (Коновалова, Баженова, 2009).

В гипертрофном оз. Соленом, расположенном на территории Омска, найден редкий для Сибири вид *Arthrospira fusiformis*, в летне-осенний период также вызывающий «цветение» воды. Биомасса фитопланктона в озере при «цветении» артроспиры в разные годы колеблется в пределах 93,12–217,30 г/м³, причем 98,80–99,96 % составляет артроспира. Ее фитомасса обладает ценными кормовыми свойствами, массовая доля протеинов составляет 33–46 %, а жиров – около 1 %. По содержанию токсикантов и иных веществ фитомасса *A. fusiformis* полностью соответствует установленным нормативам для кормления сельскохозяйственных животных (Баженова и др., 2012а). Запасы сырой биомассы этой водоросли в озере имеют промышленное значение, что позволяет предположить возможность его использования в качестве источника ценного биологического сырья (Баженова, Коновалова, 2012).

В озерах Омской обл., расположенных в лесной зоне и активно используемых в рекреации, летом также отмечается интенсивная вегетация цианопрокариот. В оз. Шайтан отмечено «цветение» воды, вызываемое *Aphanocapsa incerta*, *Planktolyngbya limnetica*, *Romeria gracilis*, *Anabaena* sp. Летом 2009 г. при общей численности фитопланктона в озере 46,12 млн кл./л относительная доля цианопрокариот составляла 85,40 %. В оз. Щучьем обилие фитопланктона достигало 3,46 млн кл./л, при этом цианопрокариоты составляли 78,61 % общей численности и около половины общей биомассы. Доминирующие виды были представлены нитчатými (*Planktolyngbya limnetica*, *Anabaena* sp.), колониальными (*Snowella lacustris*) и мелкоклеточными видами (*Synechocystis salina*). Интенсивное развитие в этом озере *Aphanizomenon flos-aquae*, вызванное, вероятно, природными причинами, отмечалось еще в середине XX в. (Скабичевский, 1963).

Ведущее место занимают цианопрокариоты в фитопланктоне самой крупной озерной системы региона Салтаим-Тенис, где ведется интенсивный рыбный промысел. Вегетация цианопрокариот в этих мелководных высокоэвтрофных озерах достигает уровня «цветения», наибольшей частотой доминирования отличаются виды рода *Aphanocapsa* и *Leptolyngbya thermobia*, ранее идентифицированная как *Lyngbya saltaimica* Skab.

(Скабичевский, 1956). По показателю биомассы фитопланктона летом 2010 г. (в Салтаиме – 24,15 г/м³, в Тенисе – 23,68 г/м³), озера относятся к категории политрофных. Основу численности и биомассы фитопланктона формировали цианопрокариоты, их доля в создании общей численности достигала 99 %, а в общей биомассе – 63–71 % (Мамаева, Баженова, 2011). Из токсичных видов в фитопланктоне озерной системы Салтаим-Тенис обнаружены *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, но уровень их развития невысокий и не представляет опасности для жизнедеятельности других гидробионтов.

«Цветение» воды, вызванное цианопрокариотами, отмечено также в озерах степной и лесостепной зон Жарылдыколь, Калач, Инберень, Петровское, Байгунда, Батаково. В ряде случаев «цветение» вызывалось токсичными видами цианопрокариот, их обилие достигало критического уровня численности в трех озерах – Жарылдыколь, Батаково, Петровское (Баженова и др., 2012в). Эта, в целом благополучная ситуация, может измениться в любое время, так как никаких действий по реабилитации «цветущих» озер не проводится.

Разнообразие цианопрокариот, найденных в планктоне рек и озер Омского Прииртышья, по географическому распространению высокое – от голарктических до средиземноморских видов. Более половины цианопрокариот относятся к космополитам – 41 таксон рангом ниже рода или 61,2 % общего числа видов цианопрокариот, для которых известно географическое распространение (67). Достаточно высока доля голарктических видов (20 таксонов рангом ниже рода или 29,8 %).

По отношению к солености воды наибольшее количество цианопрокариот принадлежит к индифферентам – 20 таксонов рангом ниже рода или 54,0 % общего числа видов цианопрокариот, для которых известна галобность (37). Значительную часть составляют галофилы (12 таксонов рангом ниже рода), мезогалобы (2), галобы (2) и полигалобы (1). По отношению к рН водных масс (ацидофильность) в составе цианопрокариот найдено всего 7 индикаторных видов. В качестве индикаторов солености и ацидофильности воды цианопрокариоты существенно уступают диатомовым водорослям бассейна среднего Иртыша.

В составе цианопрокариот найдены также индикаторы сапробности (55 видовых и внутривидовых таксонов), но их доля по отношению к общему количеству видов незначительна как среди самих цианопрокариот (38,7 %), так и в общем составе фитопланктона. Ни одна группа сапробионтов в составе цианопрокариот не имеет существенного преобладания, но все же выделяются среди них виды-индикаторы, обитающие в широком интервале изменения сапробности. К числу таких видов мы относим обитателей χ -сапробной– β -мезо-сапробной, β -мезо-сапробной–олигосапробной, олигосапробной– β -мезосапробной и олигосапробной– α -мезосапробной зон. Общее количество указанных индикаторов составило 30 таксонов или 54,5 % общего количества видов цианопрокариот с известным индексом сапробности. Эти виды имеют высокую степень толерантности к загрязнению воды органическими веще-

ствами, т.к. могут обитать как в чистых, так и в загрязненных водах, а их обилие свидетельствует о высоком потенциале самоочищения исследованных водных объектов.

По сравнению с серединой XX в. наиболее значительно возросло видовое богатство и обилие цианопрокарьют в реке Иртыш и его притоках. В фитопланктоне среднего течения Иртыша найдено 17 новых для Омского Прииртышья видовых и внутривидовых таксонов *Суанопрокарьюта*, в притоках – 46. Численность цианопрокарьют в реках резко увеличилась, они прочно вошли в доминирующий комплекс фитопланктона, чего ранее никогда не наблюдалось. Наибольшей частотой доминирования в планктоне рек отличаются мелкоклеточные виды *Aphanocapsa incerta* и *Croococcus minimus*.

Большинство озер Омского Прииртышья находятся в стадии ускоренного старения и для них характерно «цветение» воды, вызванное цианопрокарьютами. По сравнению с периодом относительно низкой антропогенной нагрузки на водные объекты региона (середина XX в.) уровень развития *Суанопрокарьюта* в озерах существенно не изменился. При изучении фитопланктона ранее не исследованных озер были найдены новые и редкие для региона виды *Суанопрокарьюта*, а в ряде озер отмечено «цветение» токсичных видов.

Заключение

Цианопрокарьюты широко распространены в разнотипных водных объектах Омского Прииртышья – больших и малых реках, пресных и соленых озерах, расположенных в разных физико-географических зонах. Видовое богатство цианопрокарьют составляет 142 таксона рангом ниже рода, из них 57 (40,14 %) входят в доминирующий комплекс фитопланктона, что свидетельствует о значительной роли цианопрокарьют в формировании планктона водных объектов региона.

Высокая численность цианопрокарьют в Иртыше и его притоках, особенно в летне-осенний период, а также преобладание в составе доминантов мелкоклеточных видов свидетельствуют о высоком уровне эвтрофирования рек в регионе.

В озерах Жарылдыколь, Салтаим-Тенис, Калач, Инберень, Петровское, Байгунда, Батаково, Чередовое обилие цианопрокарьют, вызываемое различными причинами природного и антропогенного характера, достигает уровня «цветения» воды, что снижает хозяйственное и рекреационное значение этих водоемов. Критический уровень численности токсичных цианопрокарьют отмечен в озерах Чередовое, Жарылдыколь, Батаково, Петровское.

В оз. Соленое отмечено «цветение» *Arthrospira fusiformis*, фитомасса которой отличается высоким уровнем содержания протеинов и может быть использована в кормовых целях. Значительные запасы артроспиры позволяют рассматривать это уникальное озеро как перспективный источник ценного возобновляемого биоресурса.

Имеющиеся данные о видовом составе, обилии и распространении цианопрокариот позволяют широко использовать эту группу альгофлоры при проведении биомониторинга и оценке экологического состояния водных объектов Омского Прииртышья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев Г.П., Горячева Г.И., Скабичевский А.П., Чернявская М.А., Чистяков Л.Д. Водоросли реки Иртыш и его бассейна // Тр. Томск. гос. ун-та. – 1963. – 152. – С. 69–103.
- Баженова О.П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 248 с.
- Баженова О.П., Коновалова О.А. Фитопланктон озера Чередовое (г. Омск) как показатель качества воды // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность: Мат. Всерос. молод. конф. Кн. 5. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. – С. 19–21.
- Баженова О.П., Коновалова О.А. Фитопланктон озера Соленого (г. Омск) как перспективный источник биоресурсов // Сиб. экол. журн. – 2012. – (3). – С. 375–382.
- Баженова О.П., Байсова Б.Т., Исергенова А.Б., Коновалова О.А. Элементный состав, кормовая ценность и запасы фитомассы артроспиры (*Cyanoprokaryota*) в озере Соленом (Омск) // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: Мат. IV Междунар. науч.-практ.конф. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2012а. – С. 186–190.
- Баженова О.П., Барсукова Н.Н., Герман Л.В. и др. *Chrysophyta* водоемов и водотоков Омского Прииртышья (Россия) // Альгология. – 2012б. – 22(3). – С. 286–294.
- Баженова О.П., Герман Л.В., Кренц О.О. и др. Экологическое состояние и рекреационная ценность разнотипных озер Омской области // Омск. науч. вестн. – 2012в. – 108(1). – С. 213–216.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.
- Барсукова Н., Баженова О. Фитопланктон и экологическое состояние притоков среднего Иртыша. – LAP LAMBERT Acad. Publ. GmbH & Co.KG, 2012. – 151 с.
- Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. – 367 с.
- Волошко Л.Н., Плющ А.В., Титова Н.Н. Токсины цианобактерий (*Cyanobacteria*, *Suaporhuta*) // Альгология. – 2008. – 18(1). – С. 4–21.
- Кондратьева Н.В., Коваленко О.В. Краткий определитель видов токсичных синезеленых водорослей. – Киев: Наук. думка, 1975. – 64 с.
- Корнева Л.Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – С.Пб., 2009. – 47 с.
- Мамаева О.О., Баженова О.П. Материалы к фитопланктону озерной системы Салтаим-Тенис (Омская обл.) // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования: Мат. Всерос. конф. с междунар. участием. – Томск: Изд-во ТГУ, 2011. – С. 90–93.
- Михеева Т.М. Структура и функционирование фитопланктона при эвтрофировании вод: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Минск, 1992. – 63 с.
- Рябушко Л.И. Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 140 с.

- Скабичевский А.П. Об осеннем планктоне озера Салтаима (Западная Сибирь) // Тр. Томск. гос. ун-та. — 1956. — **142**. — С. 73–76.
- Скабичевский А.П. Фитопланктон некоторых озер северной части Омской области // Тр. Омск. мед. ин-та. — 1963. — (48). — С. 60–68.
- Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. — М.: Изд-во МГУ, 1979. — 168 с.
- Chorus I., Bartam J. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. — WHO, 1999. — 400 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. I. Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. — Bd 19(1). — Jena etc., 1998. — 548 S.
- Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. II. Oscillatoriales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. — Bd 19(2). — Heidelberg, 2005. — 759 S.
- Komárek J., Zapomělová E. Planctic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum*. // Fottea, Olomouc. — 2007. — 7(1). — P. 1–31.

Поступила 2 февраля 2013 г.

Подписала в печать А.В. Лищук-Курейшевич

O.P. Bazhenova, O.O. Krenc, L.V. Korzhova, N.N. Barsukova & O.A. Konovalova

P.A. Stolypin Omsk State Agrarian Univ., Dept. Ecology and Biology,
2, Institute Sq., 644008 Omsk, Russia
e-mail: olga52@bk.ru

CYANOPROKARYOTA IN PLANKTON OF THE RIVERS AND LAKES OF OMSK
PRIIRTYSHYE (RUSSIA)

Data about species composition, distribution and abundance of *Cyanoprokaryota* in plankton of rivers and lakes of the middle portion of Irtysh River (Omsk Priirtyshye) are presented. A brief floristic analysis and ecological and geographical characteristics of the found species are given. In water bodies of Omsk Priirtyshye cyanoprokaryotes have high species diversity and abundance. In summer-autumn period water blooms caused by cyanoprokaryotes including toxic species were recorded in many reservoirs.

Key words: Omsk, Irtysh River, *Cyanoprokaryota*, species richness, distribution, abundance.