

## Первичная продукция фототрофных сообществ солоноводных рек Приэльтона (Волгоградская область)

Т. А. Канапацкий\*, О. С. Самылина, А. И. Кузнецова

*Институт микробиологии им. С. Н. Виноградского, ФИЦ Биотехнологии РАН  
Россия, 117312 г. Москва, проспект 60-летия Октября, 7, корп. 2.*

*\*Email: timkanap\_inmi@mail.ru*

Изучено морфологическое разнообразие цианобактерий в циано-бактериальных сообществах (ЦБС) устьевых участков рек, впадающих в гиперсоленое озеро Эльтон. Измерены величины биомассы и определены скорости первичной продукции (ПП) этих сообществ. С 2013 по 2015 г. морфологически выявлено 12 видов цианобактерий. Биомасса и первичная продукция ЦБС варьировали в широких диапазонах: 25–828 мг хлф  $a/m^2$  и 0.22–23 мг С/( $m^2 \cdot ч$ ), соответственно.

**Ключевые слова:** первичная продукция, цианобактерии, циано-бактериальные сообщества, солоноводные реки.

Оз. Эльтон и впадающие в него реки, входят в состав Прикаспийского бессточного бассейна и являются частью природного парка «Эльтонский». Это реликт морских условий и крупнейшее самосадочное озеро Европы [1]. Основными окружающими озеро ландшафтами являются опустыненные степи. Вода озера (рапа) представляет собой насыщенный хлоридно-магниевый-натриевый рассол, минерализация которого изменяется от 200 до 863 г/л [2]. Из-за того, что на водосборе преобладают соленосные и карбонатные осадочные породы, вода в реках имеет разную степень минерализации (обычно от 7 до 32 г/л), преимущественно хлоридного типа. Содержание общего фосфора (0.03–2.5 мг Р/л) и минерального азота (7.3–53.1 мг N/л) в них сопоставимо с водами гипертрофного типа [3].

В устьевых участках формируются обширные мелководья с низкой скоростью течения воды и повышенной соленостью благодаря смешению с рапой озера. Эти условия способствуют массовому развитию бентосных циано-бактериальных сообществ (ЦБС).

Несмотря на то, что гидробиологические исследования в Приэльтоне ведутся с начала XX в., данные о биоразнообразии цианобактерий и продуктивности ЦБС отсутствуют.

### Материалы и методы

Микробиологические исследования проводили на станциях, расположенных в устьевых участках рек Солянка, Ланцуг, Хара, Чернавка и Большая Сморогда. Пробы отбирали в августе 2013 и 2014 гг. и в мае 2015 г. Соленость определяли портативным ре-

фрактометром ATAGOATC-S/Mill-E (Япония). Щелочность воды (Alk) в мг-экв/л измеряли титриметрическим методом с помощью стандартного набора реактивов (“Merck”, Германия). Биомассу фототрофных сообществ оценивали по содержанию хлорофилла *a*. Расчеты производили, используя стандартные формулы [4]. Первичную продукцию фототрофных сообществ определяли радиоизотопным методом по скорости фиксации  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$  непосредственно в полевых условиях. Эксперимент проводили в двух повторностях на свету и в темноте. Измерение включения  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$  в биомассу фототрофных сообществ производили в ИНМИ РАН (Москва) по стандартной методике на счетчике Packard TRI-Carb TR (США) [5]. Продуктивность сообществ (ПП) рассчитывали в мг С/(м<sup>2</sup>·ч). Морфологию цианобактерий изучали в нативных препаратах «раздавленная капля» под световым микроскопом Jenaval с фотоустановкой Zeiss Bundle Canon PS G9 (Германия) и программным обеспечением AxioVision Rel. 4.7. Определение систематического положения цианобактерий проводили с помощью определителей [6–8].

### Результаты и обсуждение

Массовое развитие ЦБС во всех реках приурочено к устьевым участкам, отличающимся крайне небольшой глубиной (1–5 см), низкой скоростью течения воды, большими площадями и повышенной соленостью благодаря смешению с рапой оз. Эльтон. Массового развития ЦБС в руслах рек не происходит, по всей видимости, из-за высокой скорости течения. В небольшом количестве биопленки развиваются в руслах рек только у самого берега при низкой скорости течения и отсутствия высшей растительности.

В августе 2013–2014 гг. ЦБС представляли собой однолетние маты, которые занимали до 100% проективного покрытия в устьевых участках рек Хара, Ланцуг, Чернавка. В мае 2015 г. ЦБС в устьях рек занимали меньшие площади и были представлены, как правило, тонкими биопленками. Устье реки Солянки было частично заполнено плавающей биомассой макроводорослей. Устье реки Большая Сморогда представляет собой систему запруд и лужиц с преимущественным развитием альгологических матов с эукариотическими нитчатými водорослями в качестве эдификатора. Наряду с ними массово развивается *Oscillatoria major*, образуя темно-коричневые, свободно плавающие рыхлые скопления.

Разнообразие цианобактерий, обнаруженное в ЦБС устьевых участков исследуемых рек, приведено в табл. 1 и на рис. 1. Доминирующими формами являются нитчатые негетероцистные цианобактерии, способные, переплетаясь, образовывать кожистые биопленки различной прочности. Наиболее широко распространенными видами были *Oscillatoria major*, *O. tenuis* и *Phormidium tambii*.

В августе 2013 г. биомасса ЦБС имела обратную зависимость от солености, уменьшаясь от 828 до 25 мг хлф  $\text{a}/\text{m}^2$  при увеличении солености от 13 до 36 ‰. Первичная продук-

Таблица 1. Разнообразие цианобактерий в бентосных сообществах солоноводных рек, впадающих в оз. Эльтон

Виды цианобактерий	Река (солёность, ‰)	Год	Хара (13)	Большая Смо-рогда (11–24)	Чер-навка (36–43)	Ланцуг (15–22)	Солян-ка (29–46)
<i>Oscillatoria major</i> Vaucher ex Hansgirg 1892		2013	+	+			+
		2014		+			+
		2015		+			+
<i>Oscillatoria tenuis</i> Agardh ex Gomont 1892		2013	+		+	+	+
		2014	+	+	+		+
		2015	+	+	+		+
<i>Phormidium tambii</i> (Voronochin) Anagnostidis et Komárek 1988		2013	+	+		+	+
		2014	+		+		+
		2015	+	+	+		+
<i>Leptolyngbya boryana</i> Anagnostidis et Komárek 1988		2013	+	+			
		2014					
		2015		+			+
<i>Jaaginema woronichinii</i> (Anisimova in Elenkin) Anagnostidis et Komárek 1988		2013	+				
		2014	+				
		2015		+			+
<i>Phormidium okenii</i> (Agardh ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988		2013	+			+	
		2014			+	+	+
		2015			+		+
<i>Leptolyngbya halophila</i> (Hansgirg ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988		2013					
		2014		+			
		2015					
<i>Leptolyngbya komarovii</i> (Anisimova) Anagnostidis et Komárek 1988		2013					
		2014		+			+
		2015					
cf. <i>Nostoc linckia</i> (Roth) Bornet et Flahault 1888		2013					
		2014	+				
		2015					
<i>Aphanocapsa salina</i> Voronichin 1929		2013					
		2014	+		+		
		2015	+				
<i>Cyanothece halobia</i> Roussomoustokaki et Anagnostidis 1991		2013		+			
		2014		+			+
		2015		+			+
<i>Synechocystis salina</i> Wislouch 1924		2013					
		2014		+			
		2015					

ция ЦБС так же уменьшалась при повышении солёности от 13.1 до 0.231 мг С/м<sup>2</sup>·ч. В августе 2014 г. биомасса ЦБС варьировала от 53 до 246 мг хлф а/м<sup>2</sup>, а первичная продукция – от 1 до 16 мг С/м<sup>2</sup>·ч. Значения были близки к показателям, полученным в 2013 г., но зависимости от изменения солёности выявлено не было. В мае 2015 г. биомасса ЦБС изменялась от 78.7 до 743.5 мг хлф а/м<sup>2</sup>, показывая прямую зависимость от солёности (от 15 до 29 ‰). А первичная продукция – наоборот, уменьшалась с повышением солёности от 23 до 9.1 мг С/м<sup>2</sup>·ч (рис. 2).

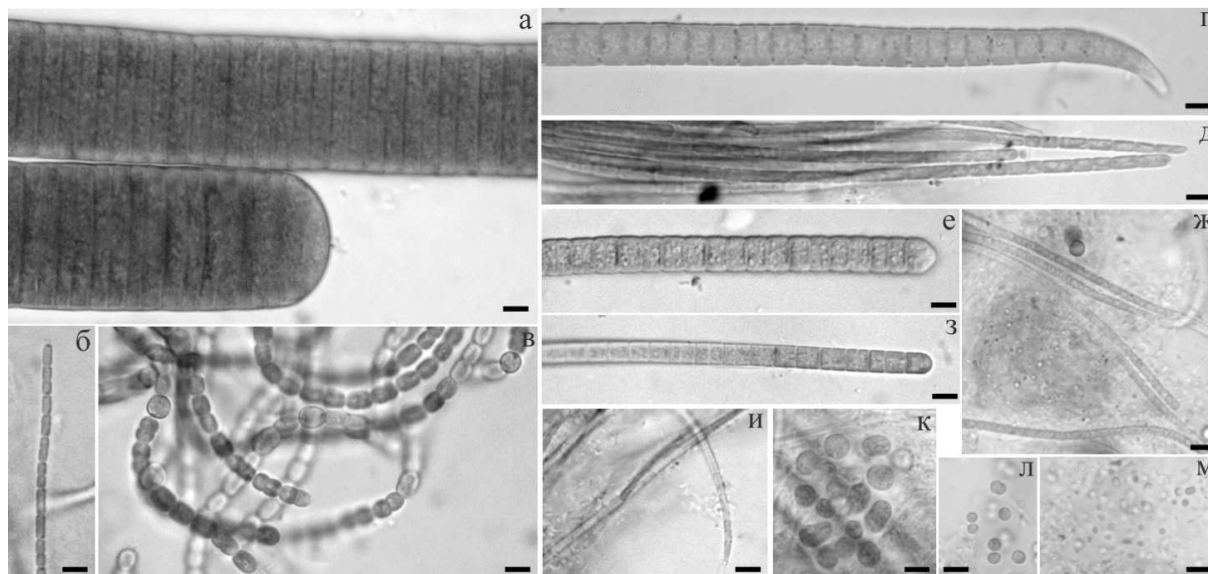


Рис. 1. Морфологическое разнообразие цианобактерий в устьевых участках рек, впадающих в оз. Эльтон: а) *Oscillatoria major*, б) *Leptolyngbya halophila*, в) cf. *Nostoc linckia*, г) *Phormidium okenii*, д) *Jaaginema woronichinii*, е) *Oscillatoria tenuis*, ж) *Leptolyngbya boryana*, з) *Phormidium tambii*, и) *Leptolyngbya komarovii*, к) *Cyanothece halobia*, л) *Synechocystis salina*, м) *Aphanocapsa salina*. Масштаб линейки – 5 мкм.

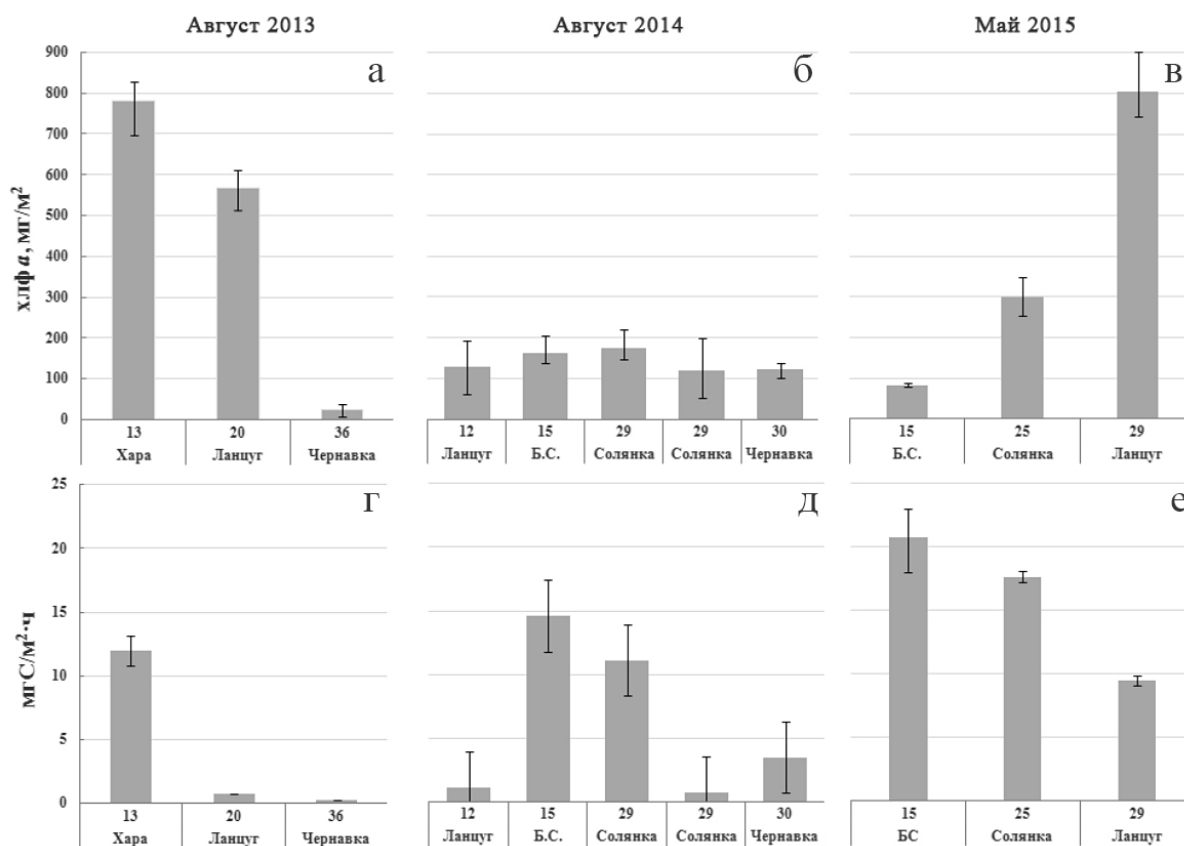


Рис. 2. Биомасса (а-в) и первичная продукция (г-е) циано-бактериальных сообществ в устьевых участках рек. Б. С. – Большая Сморогда. Цифры над названием реки – соленость (%).

Таким образом, в результате трехлетних исследований ЦБС пяти солоноводных рек, впадающих в оз. Эльтон, не было выявлено стабильной зависимости величин ПП и биомассы ЦБС от солености, но выявлена сезонная зависимость, которая выражается в некотором увеличении продуктивности матов в весенний период по сравнению с концом лета. Кроме того, показано, что содержание хлорофилла, *a* в ЦБС исследованных рек не имеет прямой корреляции с продуктивностью сообществ (рис. 2).

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-04-00135 (рук. Зинченко Т.Д.).*

## Литература

1. Монников С. Н, Судаков А. В. Историко-географическая уникальность озера Эльтон // Псковский регионологический журнал. Псков, 2011. С. 113–126.
2. Гусаков В. А., Гагарин В. Г. Состав и структура мейобентоса высокоминерализованных притоков озера Эльтон // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. №4 (53). С. 45–54.
3. Некруткина Ю. А. Природный парк «Эльтонский»: природно-рекреационный потенциал // Биоразнообразие и проблемы природопользования в Приэльтонье. Волгоград: ПринТерра. 2006. С. 91–96.
4. Намсараев З. Б. Использование коэффициентов поглощения для расчета концентрации хлорофиллов и бактериохлорофиллов // Микробиология. 2009. Т. 78. №6. С. 836–839.
5. Pimenov N. V., Bonch-Osmolovskaya E. A. In situ activity studies in thermal environments // Methods in microbiology / Eds. Rainey F. and Oren A. London, United Kingdom: Elsevier, 2006. V. 35. P. 29–53.
6. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 1. Chroococcales // In: Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1 / Ettl H., Gärtner G., Heynig H., Mollenhauer D. (eds). Gustav Fischer, Jena-StuttgartLübeck-Ulm. 1998. P. 548.
7. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 2. Oscillatoriales // In: Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2 / Büdel B., Krienitz L., Gärtner G., Schagerl M. (eds). Elsevier/Spektrum, Heidelberg. 2005. P. 759.
8. Komárek J. Cyanoprokaryota. 3. Heterocytous genera // In: Süßwasserflora von Mitteleuropa / Freshwater flora of Central Europe / Büdel B., Gärtner G., Krienitz L., Schagerl M. (eds). Springer Spektrum Berlin, Heidelberg. 2013. P. 1130.

## Primary production of phototrophic communities from saline rivers of lake Elton area (Volgograd oblast, Russia)

T. A. Kanapatskiy\*, O. S. Samylina, A. I. Kuznetsova

*Winogradsky Institute of Microbiology, Research Center of Biotechnology,  
Russian Academy of Sciences  
2 bldg. 7 60 let Oktyabrya avenue, 117312 Moscow, Russia.*

*\*Email: timkanap\_inmi@mail.ru*

The morphological diversity of cyanobacteria in cyano-bacterial communities (CBC) of estuaries of rivers, flowing into the hypersaline lake Elton, was studied. The biomass values were measured and the rates of primary production (PP) of these communities were determined. From 2013 to 2015, 12 species of cyanobacteria were morphologically identified. The biomass and primary production of CBC varied over a wide range: 25–828 mg Chl *a*/m<sup>2</sup> and 0.22–23 mg C/(m<sup>2</sup>·h), respectively.

**Keywords:** primary production, cyanobacteria, cyano-bacterial communities, saline rivers.