

УДК 574.583.55:581.132

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ФИТОПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ РЕКИ ПРЕГОЛИ (БАССЕЙН ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА, БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)

© 2014 Е.К. Ланге

Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
г. Калининград (Россия)

Поступила 03.12.2014

Дана оценка современного состояния позднелетнего фитопланктона нижнего течения реки Преголи (Калининградская область). В 2011 г. в планктоне, наряду с диатомовыми и криптофитовыми водорослями, доминировали потенциально токсичные цианобактерии *Planktothrix agardhii* и виды рода *Microcystis*, чего ранее не отмечалось. Количественное развитие микроводорослей на современном этапе по сравнению с соответствующим сезоном конца 1990-х гг. снизилось в 4 раза, что возможно явилось результатом изменения нагрузки биогенными веществами на речную систему Преголи. В конце 1990-х гг. первичная продукция фитопланктона реки Преголи выше г. Калининграда – 800 ккал/м<sup>2</sup> в год – соответствовала верхней границе мезотрофии.

*Ключевые слова:* фитопланктон, первичная продукция, цианобактерии, *Planktothrix agardhii*, *Microcystis*, река Преголя.

**Lange E.K. Discription of the state of phytoplankton of the pregolya river (the basin of the Vistula gulf, Baltic sea)** – The current status of late summer phytoplankton community of the lower reaches of the Pregolya (Kaliningrad Oblast) has been made. In 2011, potentially toxic cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and genus *Microcystis* dominated in phytoplankton along with diatoms and algae cryptophytes. This fact has not been registered before. Quantitative development of microalgae at the present stage as compared with the end of the 1990 season decreased by 4 times, which could be the result of changing the load of nutrients on the Pregolya ecosystem. At the end of the 1990s primary production of phytoplankton of the Pregolya River upstream of Kaliningrad was 800 kcal/m<sup>2</sup>/year and corresponded to the upper boundary of mesotrophic level.

*Key words:* phytoplankton, primary production, cyanobacteria, *Planktothrix agardhii*, *Microcystis*, river Pregolya.

Река Преголя – один из важнейших водотоков Калининградской области, с обширным водосборным бассейном 15,5 тыс. км<sup>2</sup>. Водоток образуется в результате слияния рек Анграпы и Инструча и имеет длину 123 км, протекает по широкой водно-ледниковой долине. Глубина Преголи варьирует от 2-3 в верхнем течении до 8-16 м в нижнем. Ширина реки составляет 20-80 м. Преголя относится к равнинным рекам со скоростью течения от 0,5 в верховье до 0,1 м/с в устье. Ширина русла в нижнем течении составляет 100-300 м. Средний расход в устье реки равен 93 м<sup>3</sup>/с. Воды реки по химическому составу относятся к гидрокарбонатному классу, к группе кальциевых вод со слабой минерализацией. Преголя в среднем течении делится на два рукава: собст-

венно Преголю и Дейму, впадающие соответственно в Вислинский (Калининградский) и Куршский заливы. В нижнем течении, в 32 км от устья, Преголя образует два рукава – Новую и Старую Преголю, которые соединяются множественными протоками и окончательно сливаются в черте г. Калининграда (Ресурсы..., 1969).

Речная система Преголи подвержена значительному антропогенному воздействию, что негативно сказывается на качестве вод реки Преголи, особенно в ее нижнем течении, где расположен областной центр – г. Калининград – с более полумиллионным населением, развитой промышленностью, речным и морским портами. В результате сброса муниципальных и промышленных сточных вод, наличия поверхностного стока с земель сельскохозяйственного использования, судоходства происходит загрязнение вод Преголи тяжелыми металлами, нефтяными углеводородами, биогенными элементами, ксенобиотиками и т.д. Воды в черте г. Калининграда характеризуются как «очень грязные» 6 класса (Матвеева, Нагорнова, 2007).

В результате начавшихся в середине 1990-х гг. регулярных исследований биоты реки Преголи АО ИОРАН были получены первые сведения о фитопланктоне реки (Семенова, 1998, 2000). В начале 2000-х гг. изучение фитопланктоценозов р. Преголя было продолжено АтлантНИРО (Дмитриева, 2001, 2005). В проведенных исследованиях сделан анализ сезонных изменений структурно-функционального состояния микроводорослей, его видового состава, доминантного комплекса, показателей обилия. Оценка первичной продукции фитопланктона р. Преголи до настоящего времени не проводилась. Цель данной работы – характеристика состояния фитопланктона нижнего течения Преголи и расчета, по имеющимся данным, фоновой первичной продукции микроводорослей (вблизи Берлинского моста, г. Калининград).

В период исследований фитопланктона реки Преголи обнаружено около 300 видов и разновидностей микроводорослей с преобладанием цианобактерий, зеленых и диатомовых (Семенова, 2000).

Анализ фондовых материалов АО ИОРАН<sup>1</sup> показал, что фитоценозы реки в 1996-1997 гг. отличались богатством видов в течение всего вегетационного сезона: в среднем 38-55 таксонов в пробе. Наблюдалось снижение альфа-разнообразия от апреля к июню и, далее, рост с наибольшим количеством таксонов в сентябре и снижением в октябре до раннелетних значений. В июле-октябре при частых в этот период нагонных ветрах количество видов цианобактерий увеличивалось за счет поступления в реку вод Вислинского залива, богатых мелкоклеточными видами этой группы водорослей. Участок в нижнем течении р. Преголи от места слияния ее рукавов Новой и Старой Преголи до устья практически весь вегетационный период характеризовался наиболее высоким видовым разнообразием как цианобактерий, так и фитоценозов в целом.

---

<sup>1</sup> Протоколы камеральной обработки с.н.с. АтлантНИРО С.Н. Семеновой 54-х проб фитопланктона нижнего течения р. Преголя за апрель-октябрь 1996-1997 гг.

В апреле на всем протяжении исследуемого участка реки доминировали диатомовые, составившие 81-92% общей биомассы. В летне-осенний период, когда в большинстве случаев их доля снижалась до 12-60%, усиливалась роль мелкоклеточных цианобактерий, особенно на участке от места слияния Новой и Старой Преголи до устья (более 80%). Вклад зеленых в биомассу фитопланктона был существенно ниже и, большей частью, не превышал 35%. Всего обнаружено 18 доминантных видов более половины, из которых относилось к диатомовым.

В весенне-летний период в планктоне Преголи превалировала диатомовая *Stephanodiscus hantzschii*. Летний период вегетации характеризовался широким спектром доминантных видов различной систематической принадлежности, среди них зеленая *Chlamydomonas reinhardii*, золотистая *Synura lapponica*, цианобактерии *Limnothrix planctonica*, род *Aphanocapsa*, криптофитовая *Cryptomonas brevis*, диатомовые *Cyclotella kuetzingiana*, *Melosira varians*, *Aulacoseira granulata*, *Cumatopleura solea*.

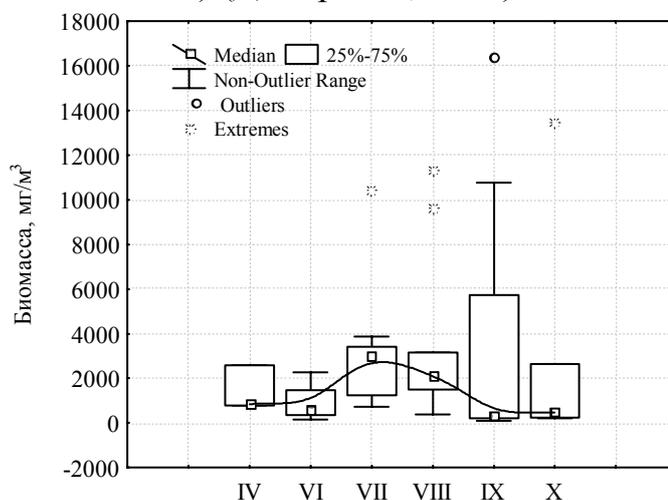
Суммарная биомасса фитоценозов изменялась в широком диапазоне от 0,10 до 147 г/м<sup>3</sup> (различие в 1500 раз). Большой размах величин был характерен и для внутри сезонных биомасс, что могло быть следствием различий условий обитания микроводорослей в экосистеме р. Преголя. Участок реки от устья до слияния рукавов, подверженный наибольшему антропогенному воздействию и влиянию затока солоноватых эвтрофных вод Вислинского залива, характеризовался в десятки раз большим обилием фитопланктона (средняя за вегетационный период биомасса 33±23 г/м<sup>3</sup>) за счет преобладания в летне-осенний период привнесенных из залива колониальных цианобактерий рода *Aphanocapsa*<sup>2</sup>. Высокой продуктивностью фитопланктона (медиана биомассы >1,0 г/м<sup>3</sup>) отличался август (оба года), июль и сентябрь (1997 г.). Меньшая продуктивность (<0,5 г/м<sup>3</sup>) была свойственна осеннему фитопланктону 1996 г.

В целом сезонная динамика биомассы описывалась одновершинной кривой с максимумом в июле (рис. 1).

Весной 2000 г., как это наблюдалось в соответствующий период в конце 1990-х гг., в нижнем течении р. Преголи доминировала диатомовая *S. hantzschii*, при этом наряду с ней в комплекс входили и другие диатомеи, не отмеченные в 1996-1997 гг.: *Nitzschia acicularis*, *Synedra ulna*, *S. acus*. Биомасса этой группы водорослей составила 65-80%. Доля зеленых в суммарной биомассе микроводорослей в апреле-мае была невысокой – не более 3-12%. В июле в результате нагона вод Вислинского залива наблюдалось повышение средней суммарной биомассы в 3 раза, в основном за счет группы цианобактерий. В августе выше г. Гвардейска и у Берлинского моста (г. Калининград) отмечено массовое развитие зеленой жгутиковой *Chlamydomonas monadina* (40-20 г/м<sup>3</sup>), что могло быть связано с прогревом воды до 24 °С и повышен-

<sup>2</sup> Одна из причин высоких биомасс – использование в расчетах индивидуального веса колоний цианобактерий указанного рода, представляющих собой объемные структуры из клеток, погруженных в слизь.

ным содержанием в воде нитратного азота (в среднем 366 мкг N/л). В сентябре при доминировании криптоноад биомасса фитопланктона достигала 2,3-11 г/м<sup>3</sup>. В октябре обилие фитопланктона снизилось в 4 раза, в это время наряду с криптоноадами доминантами становились диатомовые *S. hantzschii* и *S. minutulis* (33-70% биомассы) (Дмитриева, 2005).



**Рис. 1. Сезонная динамика биомассы фитопланктона р. Преголи в 1996-1997 гг.** (максимальные величины – более 100 г/м<sup>3</sup> в июне, сентябре 1997 г. – не включены)

По нашим данным, в 2011 г. в позднелетнем планктоне в нижнем течении реки отмечено преобладание диатомовых (*Aulacoseira granulata*, *Melosira varians*), разноразмерных криптофмонад и цианобактерий (потенциально токсичные *Planktothrix agardhii* и виды рода *Microcystis* (преимущественно *M. aeruginosa*, *M. viridis*). Появление в комплексе доминантов указанных цианобактерий было новым для нижнего течения Преголи и ранее не отмечалось. Vegetация нитчатой водоросли *P. agardhii*, развивающейся в высокоэвтрофных водах, на всем исследованном участке реки была одного порядка (биомасса 0,10-0,20 г/м<sup>3</sup>), за исключением фрагмента реки после слияния рукавов и вблизи пос. Ушаково, где ее биомасса снижалась до 0-0,02 г/м<sup>3</sup>. Появление данного вида в р. Преголя вероятно связано с его развитием в 2000-х гг. в Мазурских озерах Польши (Jakubowska et al., 2013), сток которых в основном происходит в бассейны рек Вислы и Преголя через реки Лава и Анграпа. Наибольшее развитие видов рода *Microcystis* (0,06-0,27 г/м<sup>3</sup>) отмечено в Новой Преголи и после слияния рукавов – участки реки с наиболее высоким содержанием в воде азота и фосфора и их соотношением (Тевс, Кудрявцев, 2013). Выше г. Калининграда и в Старой Преголе биомасса этих цианобактерий была не более 0,01 г/м<sup>3</sup>. Общая биомасса фитопланктона была выше на участках реки, подверженных наибольшей нагрузке коммунально-бытовыми стоками: Гвардейск–Ушаково – 0,32±0,12, Старая Преголя – 0,63±0,08, Новая Преголя – 1,04±0,29, после слияния рукавов – 0,70±0,05 г/м<sup>3</sup>. По сравнению с концом 1990-х гг. продуктивность позднелетних фитопланктонов реки в 2011 г. снизилась – медианы биомассы микроводорослей различались в 3-5 раз (табл. 1).

Биомасса позднелетнего фитопланктона р. Преголи разные годы

Месяц, год	Кол-во станций	Среднее±СО	Медиана	Мин.	Мак.
Июль 1996	9	3,20±0,99	3,03	0,71	10,45
Август 1996	4	4,12±1,85	2,71	1,49	9,57
Август 1997	6	3,13±1,67	1,88	0,38	11,34
Июль 2002	7	9	-	-	-
Август 2002	7	~23	-	-	-
Июль-август 2011	9	0,71±0,13	0,65	0,20	1,52

Примечание. Биомасса в г/м<sup>3</sup>; СО – стандартная ошибка; 2002 г. (Дмитриева, 2005).

Уменьшение обилия микроводорослей могло быть следствием изменения в речной системе Преголи нагрузки биогенными элементами, в первую очередь азота и фосфора. Так, в 2011 г. относительно 2000-2005 гг. снизилось содержание общего фосфора за счет органической составляющей. При этом, хотя содержания общего азота осталось на прежнем уровне, стали преобладать органические формы азота над минеральными. Кроме того отмечено превышение ПДК по аммонийному и нитритному азоту, что указывало на загрязнение вод реки неочищенными коммунальными стоками (Тевс, Кудрявцев, 2013).

В 1996-1997 гг. величина первичной продукции фитопланктона на фоновых станциях Новой и Старой Преголи за год под 1 м<sup>2</sup> была сходной – 748 и 875 ккал – и соответствовала верхней границе мезотрофии (300-1000 ккал/м<sup>2</sup> в год) (Бульон, 1993). Наибольшая величина сезонного Р/В-коэффициента отмечена для весеннего (80) и осеннего периода (83) для Старой и Новой Преголи соответственно. Весной в Преголе доминировали диатомовые, среди которых вид *S. hantzschii* в Старой Преголе составил до 33 % общей биомассы микроводорослей. Этот вид выделяется среди диатомей высокой продукцией биомассы – 1,2 г/м<sup>3</sup> сут. (Елизарова, 1993). Сентябрьский фитопланктон Новой Преголи отличался активной вегетацией мелкоклеточной цианобактерии *Dactylococcopsis planctonica*, определившей 44% суммарной биомассы фитопланктона. В летнем сезоне оба рукава Преголи характеризовались сходной величиной Р/В-коэффициента 65 и 70 для Старой и Новой Преголи соответственно, когда в планктоне преобладали как мелкие, в основном из цианобактерий, зеленых, золотистых, так и крупные формы из бентосных диатомовых. В среднем за вегетационный период река Преголя характеризовалась величиной фотосинтетической активности единицы биомассы равной Многочисленными исследованиями озерных экосистем показано, что удельная скорость фотосинтеза определяется, прежде всего, составом водорослей: мелкие формы продуцируют активнее, чем крупные. Скорость оборачиваемости фитопланктона в мелких озерах выше, что связано с большей доступностью биогенных элементов в результате ветрового пере-

мешивания (Трифонова, 1990). Последнее утверждение применимо и для равнинных речных систем с небольшими глубинами и низкой скоростью течения, к которым относится и Преголя.

Таким образом, в 2011 г. в позднелетнем планктоне нижнего течения реки Преголя среди доминантов обнаружены потенциально токсичные цианобактерии *Planktothrix agardhii* и виды рода *Microcystis*, что ранее не отмечалось. Участки реки Преголи различались уровнем вегетации микроводорослей – по направлению к устью их биомасса возрасла примерно в 2 раза; продуктивность фитоценозов Новой Преголи была выше, чем Старой. Отмеченное снижение обилия позднелетнего фитопланктона в 2011 г. по сравнению с более ранним периодом могло быть следствием изменения нагрузки на речную систему Преголи биогенных веществ. Для конца 1990-х гг. фоновая величина первичной продукции фитопланктона нижнего течения р. Преголя составила 812 ккал/м<sup>2</sup>·год, что соответствовало верхней границе мезотрофных условий. Относительно высокие значения Р/В-коэффициента, отмеченные весной (Старая Преголя) и осенью (Новая Преголя), связаны в первом случае с доминированием диатомовой *Stephanodiscus hantzschii*, во втором – цианобактерией *Dactylococcopsis planctonica*, отличающейся высокой индивидуальной скоростью продуцирования биомассы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Бульон В.В.** Первичная продукция и трофическая классификация водоемов // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. С. 147-157.

**Дмитриева О.А.** Состав и численность осеннего фитопланктона рек Дейма и Преголя Калининградской области // Тез. докл. 8-го съезда Гидроб. общ-ва РАН. Т. 3. Калининград, 2001. С. 36-37. – **Дмитриева О.А.** Видовой состав и количественные характеристики развития фитопланктона рек Дейма и Преголя Калининградской области // Экологические проблемы Калининградской области и балтийского региона. Калининград, 2005. С. 164-169.

**Елизарова В.А.** Опыт определения продукции фитопланктеров альгологическим методом // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. С. 52-58.

**Матвеева Е.В., Нагорнова Н.Н.** Распространение загрязнения по течению реки Преголи // Сб. науч. тр.: Экологические проблемы Калининградской области и Балтийского региона. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2007. 143 с.

**Ресурсы** поверхностных вод СССР / Под ред. В.Е. Водогрещко. Т. 4, вып. 3. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 506 с.

**Семенова С.Н.** Современное состояние фитоценоза водной системы река Преголя – канал – Калининградский залив Балтийского моря / Отчет о НИР. Калининград: АО ИО РАН, 1998. 32 с. – **Семенова С.Н.** Современное состояние фитоценоза водной системы река Преголя – канал – Калининградский залив Балтийского моря // Гидробиол. иссл. в бассейне Атлантического океана Т. I. Пресн. гидробиология: Сб. науч. тр. Калининград: Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 2000. С. 20-36.

**Тевс О.А., Кудрявцев Н.Г.** Содержание биогенных элементов в водах р. Преголя / Под ред. Е.Е. Ежовой // Биологические сообщества реки Преголя (бассейн Вислинского залива, Балтийское море). Калининград: изд-во «Смартбукс», 2013. С. 51-59. – **Трифонова И.С.** Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 184 с.

**Jakubowska N., Zagajewski P., Goldyn R.** Water blooms and cyanobacterial toxins in lakes / Pol. J. Environ. Stud. 2013. V. 22, N. 4. P. 1077-1082.