

RESEARCH ARTICLE

UDC 581.526.325.2(282.256.34)

Phytoplankton of the Boguchany reservoir in 2016-2017 at the stations in front of the hydroelectric dam

M.V. Usoltseva, L.A. Titova

*Limnological Institute of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
usmarina@inbox.ru, titova_873@mail.ru*

The species structure and seasonal dynamics of the phytoplankton of the dam area of the Boguchany Reservoir were studied in the first years of operation of the hydroelectric power station in 2016-2017. Two peaks of algal bloom are noted in spring and summer. Mass species were: diatom *Stephanodiscus minutulus* and dinophyte *Gymnodinium baicalense* in spring; diatoms *Asterionella formosa* and *Fragilaria crotonensis*, blue-green *Dolichospermum lemmermannii*, *D. flosaquae*, *D. flosaquae* f. *spiroides* and *Aphanizomenon flosaquae*; green *Sphaerocystis planctonica* and dinophyte *Ceratium hirundinella* in summer; diatoms *F. crotonensis* and *A. formosa*, cryptophytic *Rhodomonas pusilla* and *Cryptomonas ovata* in autumn. The cryptophyte *R. pusilla* and the *Cryptomonas* species were dominated under the ice. The maximum number of phytoplankton (9 million cells in liter) was recorded in the spring. According to the indexes of saprobity, the purity of water corresponded to II-III quality classes (pure and moderately polluted water).

Key words: Angara River; Boguchany Dam; phytoplankton; diatoms; biomass

Фитопланктон приплотинного участка Богучанского водохранилища в 2016-2017 гг.

М.В. Усольцева, Л.А. Титова

*Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук,
Иркутск, Россия
usmarina@inbox.ru, titova_873@mail.ru*

Исследована видовая структура и сезонная динамика фитопланктона приплотинного участка Богучанского водохранилища в первые годы работы ГЭС в 2016–2017 гг. Отмечено 2 пика цветения водорослей – весной и летом. Массовыми видами были: весной – диатомовая *Stephanodiscus minutulus* и динофитовая *Gymnodinium baicalense*; летом – диатомовые *Asterionella formosa* и *Fragilaria crotonensis*, синезеленые *Dolichospermum lemmermannii*, *D. flosaquae*, *D. flosaquae* f. *spiroides* и *Aphanizomenon flosaquae*; зеленая *Sphaerocystis planctonica* и динофитовая *Ceratium hirundinella*; осенью – диатомовые *F. crotonensis* и *A. formosa*, криптофитовые *Rhodomonas pusilla* и *Cryptomonas ovata*. В подледный период доминировали криптофитовые *R. pusilla* и виды

Cryptomonas. Максимальная численность фитопланктона (9 млн кл./л.) отмечена весной. Согласно индексам сапробности, чистота воды соответствовала II–III классам качества (воды чистые и умеренно загрязненные).

Ключевые слова: река Ангара; Богучанская ГЭС; фитопланктон; диатомовые; биомасса

Введение

Река Ангара представляет собой могучий сибирский водный поток, вытекающий из Байкала и впадающий в р. Енисей. С учётом того, что Байкал является горным озером, река по своему течению имеет большой перепад высот, который составляет 380 м. Это указывает на значительный энергетический потенциал, который благоприятен для создания гидроэлектростанций (ГЭС) (http://www.factruz.ru/world_ocean/angara-river.htm).

На сегодняшний день на Ангаре располагается каскад водохранилищ, в состав которого входят 4 ГЭС: Иркутская, Братская, Усть-Илимская и Богучанская. Богучанское водохранилище стало четвертой, нижней, ступенью Ангарского каскада ГЭС. Строительство Богучанского гидроузла было начато в 1980 г. и после длительного перерыва возобновлено в 2006 г. Наполнение водохранилища началось в мае 2012 г., а первые три агрегата введены в эксплуатацию в ноябре 2012 г. В июне 2015 г. Богучанское водохранилище было впервые заполнено до проектной отметки 208 м, а в июле станция вышла на проектный уровень производства. Завершение строительства и ввод в промышленную эксплуатацию Богучанской ГЭС планируется на декабрь 2017 г.

Создание водохранилищ влечет за собой изменение среды обитания для биоты реки, в первую очередь фитопланктона – первичного звена пищевой цепи. Условия среды обитания могут меняться и формироваться в течение нескольких лет, поэтому необходим регулярный мониторинг за состоянием гидробионтов и фитопланктона, в том числе. Ранее проводились многолетние исследования фитопланктона Иркутского (Vasil'eva, Kozhova, 1960, 1963; Kozhova, 1964), Братского (Kozhova, 1975; Vorob'eva, 1981 b), Усть-Илимского водохранилищ (Vorob'eva, 1987, 1988) и участка реки Ангары в районе Богучанского водохранилища (Vorob'eva, 1986; Sheveleva, Vorob'eva, 2009). Обобщающие сведения приведены в работах (Kozhova, 1978; Kozhova, Basharova, 1984; Vorob'eva, 1981 a, 1985, 1995). На основании этих исследований был сделан прогноз (Sheveleva, Vorob'eva, 2009), согласно которому в условиях зарегулирования в Богучанском водохранилище возрастут видовое разнообразие и количественные показатели фитопланктона, а основу биомассы составят диатомовые водоросли родов *Stephanodiscus* Ehrenberg, *Aulacoseira* Thwaites, *Tabellaria* Ehrenberg ex Kützing, *Fragilaria* Lyngbye, *Asterionella* Hassall, при значительном развитии криптофитовых (*Rhodomonas* G. Karsten, *Cryptomonas* Ehrenberg) и синезеленых водорослей (*Aphanizomenon* A. Morren ex É. Bornet et C. Flahault, *Anabaena* Bory ex Bornet et Flahault (= *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann et J. Komárek)). Было высказано мнение, что невысокая проточность водоема обусловит массовое развитие в теплый период синезеленых водорослей, что может отразиться на качестве воды (Sheveleva, Vorob'eva, 2009).

Целью данной работы является представление данных о видовом составе и сезонной динамике фитопланктона приплотинной части Богучанского водохранилища в первые годы работы ГЭС.

Материалы и методы исследований

Материалом для исследований послужили пробы фитопланктона, отобранные поздней весной (май-июнь), летом (июль), осенью (октябрь) 2016 г. и ранней весной в ледовый период (март) 2017 г. Пробы отбирали в приплотинном участке Богучанской ГЭС (500 м до плотины) на трех станциях (рис. 1) с поверхностного слоя воды (0 м).

Количественные пробы отбирали с помощью батометра. Фиксацию проб проводили раствором Люголя с ацетатом натрия по общепринятой методике (Sadchikov, 2003). Для количественного учета фитопланктона пробы концентрировали с помощью осадочного метода (Kiselev, 1969; Guide to hydrobiological monitoring..., 1992). Подсчет клеток водорослей проводили по методу Гензена (Kiselev, 1969) на разграфленном тонком предметном стекле в капле, взятой шпатель-пипеткой объемом 0,1 мл в двух-кратной повторности с помощью светового микроскопа «Axiovert 200» ZEISS (Германия) с фотокамерой Pixera Penguin 600CL. Биомассу клеток определяли расчетным способом (Makarova, Pichkily, 1970; Belykh et al., 2011). Оценку сапробного состояния воды рассчитывали по методу Пантле и Букка (Pantle, Buck, 1955) в модификации Сладечека (Sladecsek, 1977; Sladecsek et al., 1981). Индикаторные значения видов учитывали согласно опубликованной методике (Barinova, Medvedeva, Anisimova, 2006). Идентификацию мелкоклеточных центричных диатомовых проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Philips SEM 525M (Голландия), для этого использовали собранный во время экспедиции нефиксированный материал, осажженный на фильтры «Whatman» с диаметром 13 мм и с диаметром пор 1 мкм. После высушивания на воздухе фильтры приклеивали на столики для СЭМ, напыляли золотом и анализировали на базе ЦКП «Электронная микроскопия» Объединенного ЦКП «Ультрамикрoанализ» Лимнологического института СО РАН.



Рис. 1. Станции отбора проб в приплотинной части Богучанского водохранилища.
 1 – 50 м от левого берега, 2 – центр, 3 – 50 м от правого берега

Результаты

В результате исследования сезонной динамики фитопланктона поверхностного слоя в приплотинном участке Богучанского водохранилища показано, что общая численность и биомасса фитопланктона варьирует по сезонам. Выделено 2 пика развития водорослей – весной и летом (рис. 2). Максимальная численность (6,4-9 млн кл./л) отмечена весной. Летом она была ниже и составляла 2,2-3,7 млн кл./л. Биомасса при этом была в 3 раза больше летом, чем весной, и варьировала в пределах 4,8-6,4 г/м³. В октябре и марте численность и биомасса водорослей были значительно ниже и составляли 45-114 тыс. кл./л; 77-190 мг/м³ и 43-90,5 тыс. кл./л; 109-336 мг/м³ соответственно.

Всего в приплотинном участке Богучанского водохранилища за период исследований фитопланктона обнаружено 25 видов и внутривидовых таксонов, относящихся к диатомовым, динофитовым, криптофитовым, зеленым, синезеленым и хризифитовым водорослям (табл. 1).

Из всего многообразия видов можно выделить 10-15, которые вносили значимый вклад в численность и биомассу фитопланктона (рис. 3, 4). Абсолютным доминантом по численности (рис. 3, 5) в мае-июне был *S. minutulus*, на его долю приходилось более 95% от общей численности фитопланктона. Это – мелкоклеточный вид, поэтому, несмотря на высокую численность, из-за мелких размеров клеток, на его долю приходилось 20-28 % от общей биомассы фитопланктона (рис. 4). Основной вклад (65-76 % от общей биомассы фитопланктона) в этот период вносил крупноклеточный вид *G. baicalense*.

Летом доминирующими по численности были *F. crotonensis*, *S. planctonica*, *A. formosa*, *A. flosaquae* и виды рода *Dolichospermum* (рис. 3, 5). Основной вклад в биомассу вносили крупноклеточные виды *C. hirundinella*, *F. crotonensis* и *A. formosa* (рис. 4).

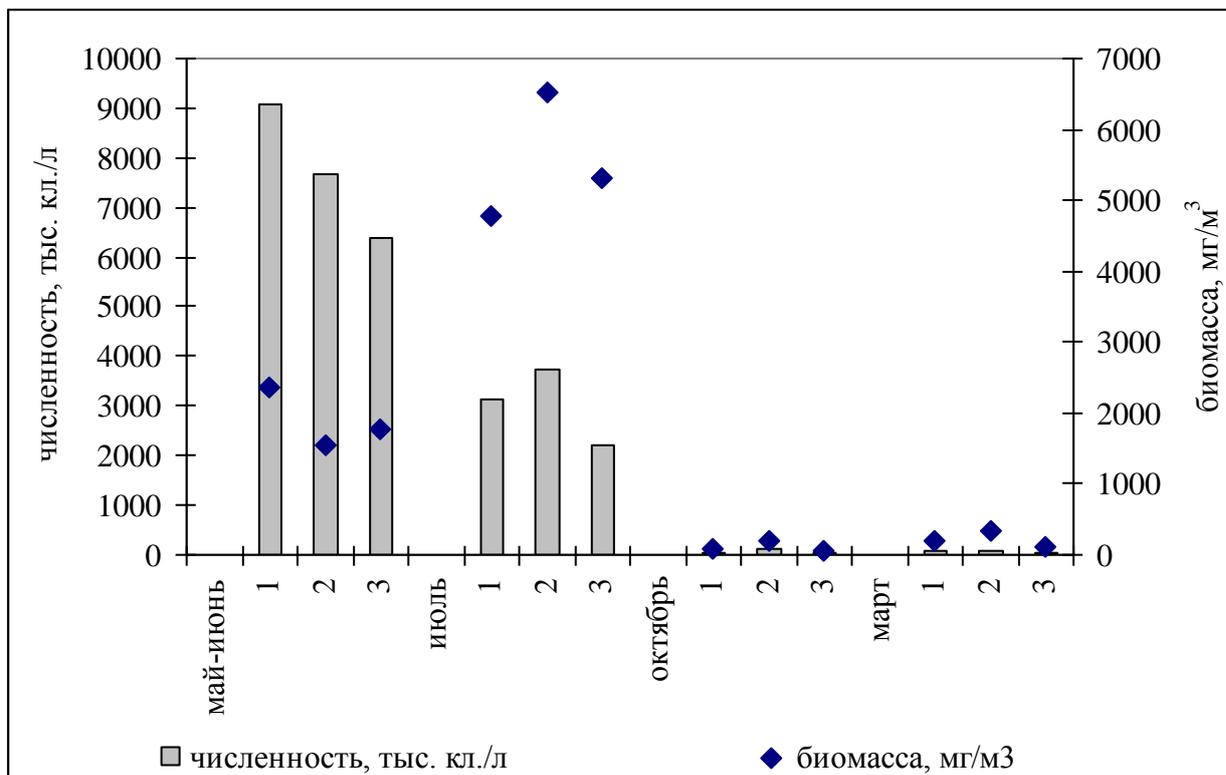


Рис. 2. Общая численность и биомасса фитопланктона приплотинного участка Богучанского водохранилища.

1 – 50 м от левого берега, 2 – центральная станция, 3 – 50 м от правого берега

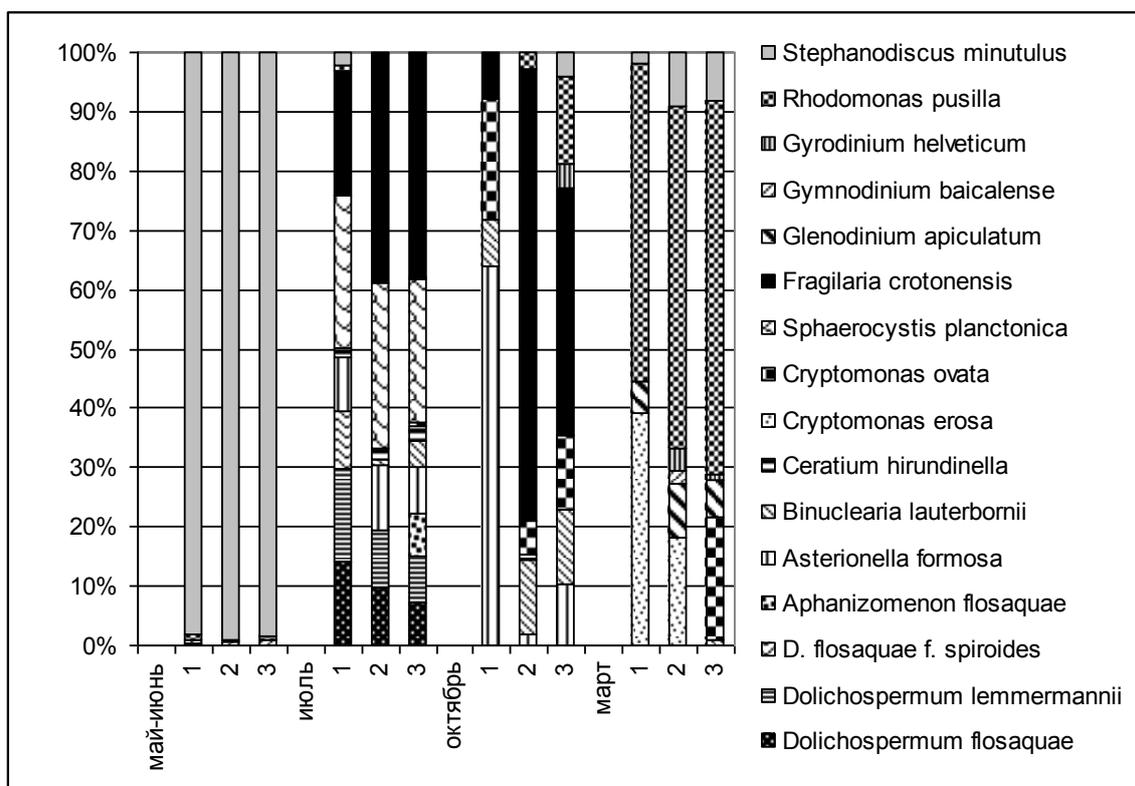


Рис. 3. Процентное соотношение видов фитопланктона приплотинного участка Богучанского водохранилища по численности в разные сезоны года

Таблица 1. Видовой состав фитопланктона в разные сезоны в приплотинном участке Богучанского водохранилища в 2016-2017 гг. 1 – 50 м от левого берега, 2 – центральная станция, 3 – 50 м от правого берега

Виды	Весна			Лето			Осень			Подледный период		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Диатомовые водоросли												
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen				+								
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton				+	+	+	+	+	+			
<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kützing) Cleve et Möller	+	+	+	+						+	+	+
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing					+	+						
<i>Cyclotella baicalensis</i> Skvortzow										+	+	+
Динофитовые												
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin				+	+	+	+					
<i>Glenodinium apiculatum</i> Ehrenberg	+	+								+	+	+
<i>Gymnodinium baicalense</i> Antipova	+	+	+								+	
<i>Gyrodinium helveticum</i> (Penard) Y.Takano et T.Horiguchi	+	+	+							+	+	+
Криптофитовые												
<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg										+	+	
<i>Rhodomonas pusilla</i> (H.Bachmann) Javornicky	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Зеленые водоросли												
<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko				+	+	+	+	+	+			+
<i>Cosmarium praemorsum</i> Brébisson							+					
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille							+					
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly				+	+	+						
<i>Staurastrum anatinum</i> Cooke et Wills				+	+		+					
<i>Staurastrum lunatum</i> Ralfs				+								
Синезеленые водоросли												
<i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet et Flahault				+	+	+						
<i>Dolichospermum lemmermannii</i> (Richter) P.Wacklin, L.Hoffmann et J.Komárek				+	+	+						
<i>Dolichospermum flosaquae</i> (Brébisson ex Bornet et Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann et J.Komárek				+	+	+						
<i>Dolichospermum flosaquae</i> f. <i>spiroides</i> (Bornet & Flahault) Woronichin				+								
Золотистые водоросли												
<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof							+					
<i>Mallomonas acaroides</i> Perty												+

Осенью по численности доминировали *A. formosa* и *F. crotonensis*. Им сопутствовали *C. ovata*, *B. lauterbornii* и *R. pusilla* (рис. 3, 5). Основной вклад в биомассу вносили *C. hirundinella*, *F. crotonensis*, *A. formosa* и *G. apiculatum* (рис. 4).

Видовой состав водорослей подледного фитопланктона был беден (рис. 5), в небольших количествах встречались *S. minutulus* (рис. 5), *C. baicalensis*, *R. pusilla*, *G. baicalense*, *G. helveticum* и *Gl. apiculatum*. Доминантом по численности в поверхностном слое в это время был мелкоклеточный вид *R. pusilla* (рис. 3), на долю которого приходилось около 60 % от общей численности и 5-8 % от общей биомассы фитопланктона (рис. 4). Основной вклад в биомассу вносили крупноклеточные виды *Gl. apiculatum*, *G. baicalense*, *G. helveticum*, *C. erosa* и *C. ovata* (рис. 4).

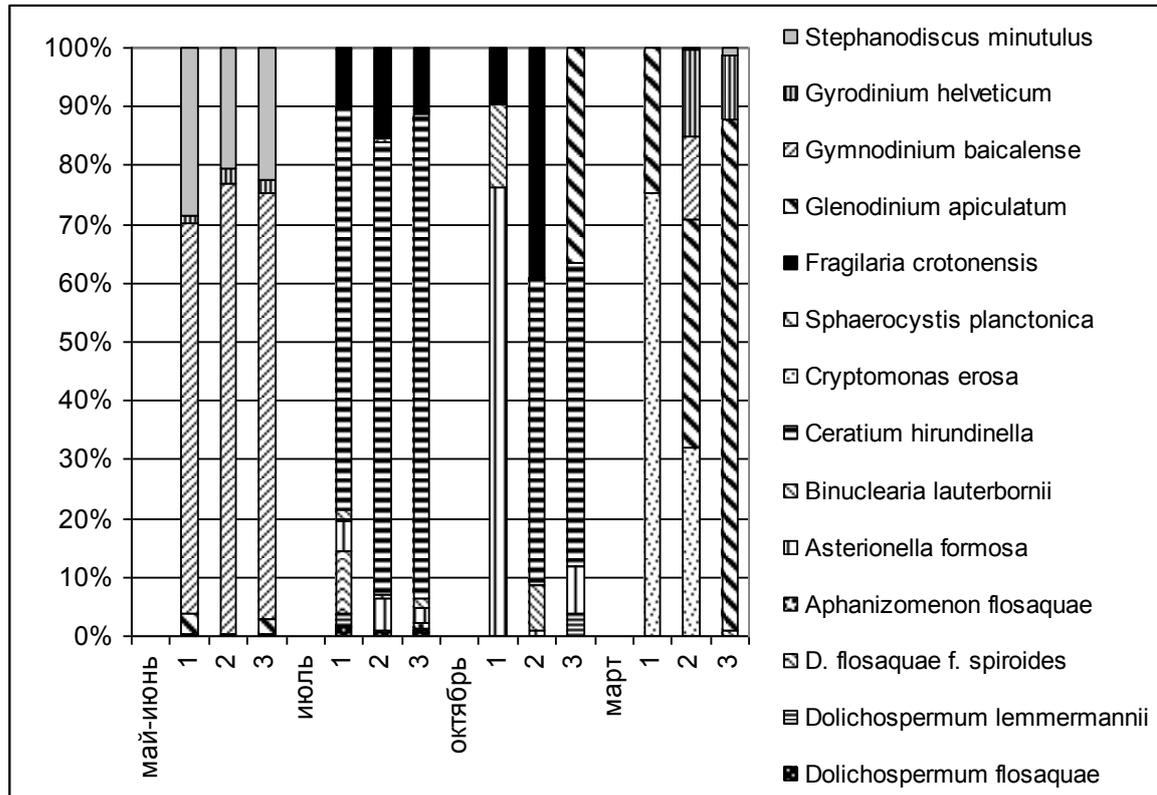


Рис. 4. Процентное соотношение видов фитопланктона приплотинного участка Богучанского водохранилища по биомассе в разные сезоны года

Для оценки экологического состояния приплотинного участка Богучанского водохранилища и контроля качества воды рассчитана сапробность для каждого сезона (табл. 2). Минимальные значения отмечены в мае-июне, а максимальные в июле-октябре. Согласно индексам сапробности, чистота воды соответствует II–III классам качества (воды чистые и умеренно загрязненные).

Таблица 2. Индексы сапробности в приплотинном участке Богучанского водохранилища в разные сезоны года

Сезон	Сапробность	Класс чистоты воды
май-июнь 2016 г.	1,36-1,40	II
июль 2016 г.	1,87-2,05	III
октябрь 2016 г.	2,0-2,26	III
март 2017 г.	1,53-1,75	III

Обсуждение

Зарегулирование стока в результате создания Богучанской ГЭС привело к изменению морфометрических, гидрологических, гидрохимических характеристик реки Ангары – сформировался новый водоем – Богучанское водохранилище. Наши данные являются базовыми показателями состояния фитопланктона приплотинного участка Богучанского водохранилища на момент его формирования.

Сравнение с данными о состоянии фитопланктона до зарегулирования на этом участке Ангары показало, что, хотя основной комплекс доминирующих видов остался прежним, как и до зарегулирования, фитопланктон претерпевает трансформации в связи с изменением условий среды обитания.

Во-первых, несколько изменяется видовая структура. Если до создания Богучанской ГЭС, кроме основного комплекса видов в реке развивались виды *Diatoma vulgare* Bory, *T. fenestrata* и *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (Vorob'eva, 1995), то после зарегулирования *T. fenestrata* встречалась в небольших количествах, а *A. granulata* и *D. vulgare* вообще не обнаружены. Известно, что последний вид предпочитает участки с повышенными скоростями течения. В массе он развивался на участке Ангары до зарегулирования стока Усть-Илимского водохранилища (Vorob'eva, 1995). *A. granulata* в исследуемый нами период не встретилась, хотя часто развивалась в массе в теплое время года в выше расположенных водохранилищах Усть-Илимском и Братском, достигая численности (2,9 и 3,6 млн кл./л) (Vorob'eva, 1995). Впервые для Богучанского водохранилища отмечено появление и высокое развитие вида *Sphaerocystis planctonica*. Максимальные его концентрации (0,67 и 2,2 млн кл./л) также отмечались ранее (Vorob'eva, 1995) для выше расположенных водохранилищ – Усть-Илимского и Братского.

Во-вторых, произошло увеличение численности некоторых доминирующих видов. По сравнению с максимальным развитием фитопланктона речного участка реки Ангары в районе приплотинного участка Богучанского водохранилища в 1984 г. (Vorob'eva, 1995), численность *S. minutulus* в 2016 г. стала в 2,4 раза больше, *D. lemmermannii* – в 2,8 раз, а *F. crotonensis* – в 9,4 раз. Численность *F. crotonensis* достигала значений, характерных для Усть-Илимского водохранилища, где ее численность в многолетнем аспекте (1972-1987 гг.) варьировала от 0,02 до 14, 1 млн кл./л. В то же время, в 1975, 1978, 1979, 1981, 1983 гг. она составляла 1,1-1,6 млн кл./л, что сопоставимо с данными 2016 г.

Сравнение общей численности и биомассы фитопланктона в приплотинном участке до и после зарегулирования ГЭС отражено в таблице 3.

Таблица 3. Сравнение численности и биомассы фитопланктона до и после зарегулирования Богучанской ГЭС

Сезон	1984 г. (Воробьева, 1995)		2016-2017 г. (наст. данные)	
	численность, тыс. кл./л	биомасса, мг/м ³	численность, тыс. кл./л	биомасса, мг/м ³
поздняя весна	2006	665	6400-9000	1500-2400
лето	1597	318	2200-3700	4800-6400
осень	318	174	45-114	77-190
подледный период	нет данных	нет данных	43-90,5	109-336

Из таблицы 3 следует, что численность и биомасса фитопланктона поздней весной и летом 2016 г. были значительно выше, чем в 1984 г. Численность фитопланктона осенью 1984 г. была выше, чем в 2016 г., а биомасса сопоставима (174 и 190 мг/м³). Эти данные уже сейчас частично подтверждают прогноз (Vorobyeva, 1995; Sheveleva, Vorobyeva, 2009), согласно которому, в условиях зарегулирования возрастут количественные показатели. Авторами было высказано опасение, о том, что невысокая проточность водоема обусловит массовое развитие в теплый период синезеленых водорослей, что может отразиться на качестве воды. Для оценки качества воды в 2016-17 гг. произведен расчет индексов сапробности проб в приплотинном участке водохранилища. Индекс сапробности изменялся в интервале 1,36-2,26, что соответствовало II-III классам качества (воды чистые и умеренно загрязненные). Этот показатель в районе речного участка будущего Богучанского водохранилища в разные годы (1977-2007 гг.) и сезоны варьировал в пределах 1,46-3,11, что соответствовало II-IV классам чистоты вод (Sheveleva, Vorobyeva, 2009). Соответственно, изменения качества воды пока не наблюдается.

Полученные данные являются базовыми показателями состояния фитопланктона приплотинного участка Богучанского водохранилища, с которыми можно будет проводить сравнение последующих изменений фитопланктона. Формирование флоры будет происходить определенный период, и количественные показатели фитопланктона тоже будут меняться. Вовремя заметить и оценить степень этих изменений позволит регулярный мониторинг за состоянием этой новой экосистемы.

Благодарности

Авторы выражают благодарность ПАО «Богучанская ГЭС» в лице генерального директора В.В. Демченко за предоставленную возможность проведения исследований по оценке фонового состояния водохранилища на договорных условиях, К.Ю. Арсентьеву и И.С. Михайлову за отбор проб фитопланктона, С.С. Воробьевой, В.В. Минаеву и анонимным рецензентам журнала за ценные замечания и рекомендации. Работа выполнена в рамках бюджетной темы ЛИН СО РАН № 0345-2016-0001 и договора № 769/2016. Микроскопические исследования проведены в ЦКП «Электронная микроскопия» Объединенного ЦКП «Ультрамикроанализ» ЛИН СО РАН.

References

- Angara River. Available from: http://www.factruz.ru/world_ocean/angara-river.htm. Accessed on 25.09.2017
- Barinova, S.S., Medvedeva, L.A., Anisimova, O.V. (2006). Bioraznoobrazie vodoroslej indikatorov okružhayushchej sredy. TelAviv, Pilies Studio. (in Russian)
- Belykh, O.I., Bessudova, A.Yu., Gladkih, A.S., Kuz'mina, A.E., Pomazkina, G.V., Popovskaya, G.I., Sorokovikova, E.G., Tihonova, I.V., Usol'ceva, M.V., Firsova, A.D. (2011). Rukovodstvo po opredeleniyu biomassy vidov fitoplanktona pelagialii ozera Bajkal: metod. posobie. Ye.V. Likhoshway (Ed.). Irkutsk, Izd-vo IGU. (in Russian)
- Kiselev, I.A. (1969). Plankton morej i kontinental'nyh vodoemov, 1. Vvodnye i obshchie voprosy planktonologii, Leningrad, Nauka. (in Russian)
- Kozhova, O.M. (1964). Fitoplankton Irkutskogo vodohranilishcha. Biologiya Irkutskogo vodohranilishcha. Moscow, Nauka. (in Russian)

- Kozhova, O.M. (1975). Vodoobmen i intensivnost' vegetacii fitoplanktona Bratskogo vodohranilishcha. Krugovorot veshchestva i ehnergii v ozernyh vodoemah. Novosibirsk, Nauka. (in Russian)
- Kozhova, O.M. (1978). Nekotorye osobennosti formirovaniya fitoplanktona vodohranilishch. *Vodnye Resursy*, 3, 94–106. (in Russian)
- Kozhova, O.M., Basharova, N.I. (1984). Produktivnost' angarskih vodohranilishch. Biologicheskie resursy vnutrennih vodoemov Sibiri i Dal'nego Vostoka. Moscow, Nauka. (in Russian)
- Makarova, I.V., Pichkily, L.O. (1970). K nekotorym voprosam metodiki vychisleniya biomassy fitoplanktona. *Botanicheskij Zhurnal*, 55 (10), 1488–1494. (in Russian)
- Pantle, R., Buck, H. (1955) Die Biologische Überwahrung der Gewässer und Darstellung Ergebnisse. *Gas-und Wasserfach.*, 96.
- Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnyh ehkosistem. (1992). V.A. Abakumov (Ed.). Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat. (in Russian)
- Sadchikov, A.P. (2003). Metody izucheniya presnovodnogo fitoplanktona: metodicheskoe rukovodstvo. Moscow, "Universitet i shkola". (in Russian)
- Sheveleva, N.G., Vorob'eva, S.S. (2009). Sostoyanie i razvitie fito- i zooplanktona nizhnego uchastka Angary, prognoz formirovaniya planktona v Boguchanskom vodohranilishche. *Journal of Siberian Federal University*, 313–326. (in Russian)
- Sladeczek, V. System of water quality from biological point of view. (1973). Arch. Hydrobiol, Stuttgart.
- Sládeček, V., Zelinka, M., Rothschein, J., Moravcová, V. Biologický rozbor povrchové vody. Komentář k ČSN 830532 — části 6: Stanovení saprobniho indexu. (1981). Vydalo Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, Praha. (in Czech)
- Vasil'eva, G.L., Kozhova, O.M. (1960). Nekotorye dannye o bakterio-, fito- i zooplanktone Irkutskogo vodohranilishcha v gody ego obrazovaniya (1957-1958 gg.). *Byul. Instituta Biologii Vodohranilishch*, 8–9, 6–8. (in Russian)
- Vasil'eva, G.L., Kozhova, O.M. (1963). Plankton Irkutskogo vodohranilishcha. *Trudi VGBO*, 13, 25–52. (in Russian)
- Vorob'eva, S.S. (1981a). Fitoplankton angarskih vodohranilishch. Krugovorot veshchestva i ehnergii v vodoemah, 1, 50–52. (in Russian)
- Vorob'eva, S.S. (1981b). Fitoplankton. Plankton Bratskogo vodohranilishcha. Novosibirsk, Nauka. (in Russian)
- Vorob'eva, S.S. (1985). Mezhgodovye izmeneniya fitoplanktona angarskih vodohranilishch. Krugovorot veshchestva i ehnergii v vodoemah, 2, 20–22. (in Russian)
- Vorob'eva, S.S. (1986). Vodorosli reki Angary v zone Boguchanskogo vodohranilishcha. *Botanika, fiziologiya i biohimiya rastenij, kormoproizvodstvo*, 42–44. (in Russian)
- Vorob'eva, S.S. (1987). Fitoplankton. *Biologiya Ust'-Ilimskogo vodohranilishcha*. Novosibirsk, Nauka. (in Russian)
- Vorob'eva, S.S. (1988). Sostav, dinamika i osobennosti formirovaniya fitoplanktona Ust'-Ilimskogo vodohranilishcha. *Problemy ehkologii Pribajkal'ya*, 2. Irkutsk, IGU. (in Russian)
- Vorob'eva, S.S. (1995). Fitoplankton vodoemov Angary. Novosibirsk, Nauka. (in Russian)

Citation:

Usoltseva, M.V., Titiva, L.A. (2017). Phytoplankton of the Boguchany reservoir in 2016-2017 at the stations in front of the hydroelectric dam. *Acta Biologica Sibirica*, 3 (3), 57–65.

Submitted: 03.07.2016. **Accepted:** 04.09.2017

crossref <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v3i3.3616>



© 2017 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).