

ЧЕШУЙЧАТЫЕ ХРИЗОФИТОВЫЕ (CHRYSOPHYCEAE) БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

SCALED CHRYSOPHYTES (CHRYSOPHYCEAE) OF THE BOGUCHANY RESERVOIR

**A. Bessudova
Ye. Likhoshway**

Summary. We examine and discuss the species composition and seasonal dynamics of scaled chrysophytes (Chrysophyceae) during the first some years of the full-scale operation of the Boguchany Dam — the largest water power plant in Russia. We found 23 species and intraspecific taxa of scaled chrysophytes belonging to 5 genera: *Chrysosphaerella* — 2; *Paraphysomonas* — 4; *Clathromonas* — 1; *Spiniferomonas* — 9; *Mallomonas* — 6; *Synura* — 1, among them 3 rare species: *Spiniferomonas abrupta*, *S. silverensis*, *S. triangularis*, and one rare variety *Mallomonas crassisquama* var. *papillosa*.

Keywords: scaled chrysophytes, Chrysophyceae, phytoplankton, Boguchany Reservoir.

Бессудова Анна Юрьевна

*М.н.с., Лимнологический институт Сибирского
отделения РАН, Иркутск*

Лихошвай Елена Валентиновна

*Д.б.н., профессор, Лимнологический институт
Сибирского отделения РАН, Иркутск
likhoshway@mail.ru*

Аннотация. Рассматривается видовой состав и сезонная динамика чешуйчатых золотистых водорослей (Chrysophyceae) в период первых лет эксплуатации на полной мощности крупнейшей гидроэлектростанции России — Богучанской ГЭС. Обнаружено 23 вида и внутривидовых таксонов чешуйчатых хризофитовых из 5 родов: *Chrysosphaerella* — 2; *Paraphysomonas* — 4; *Clathromonas* — 1; *Spiniferomonas* — 9; *Mallomonas* — 6; *Synura* — 1. Выявлено 3 редких вида: *Spiniferomonas abrupta*, *S. silverensis*, *S. triangularis* и одна редкая разновидность *Mallomonas crassisquama* var. *papillosa*.

Ключевые слова: чешуйчатые хризофитовые, Chrysophyceae, фитопланктон, Богучанское водохранилище.

Введение

Изучение золотистых водорослей в системе водохранилищ на территории России были приняты в Рыбинском и Шексинском водохранилищах [1], расположенных на северо-западе страны, в Хантайском [2] и Иркутском [3] водохранилищах, находящихся в Восточной Сибири. Видовой состав фитопланктона подробно исследован в Бурейском водохранилище, расположенном на Дальнем Востоке [4]. В первые 3 года эксплуатации в Хантайском водохранилище обнаружено 23 вида чешуйчатых золотистых водорослей [2], в Шексинском — 29 видов, в Рыбинском — 20 видов [1]. В Бурейском водохранилище обнаружено всего 7 видов золотистых водорослей, все они представляли семейство Dinobryaceae Ehrenberg [4].

Богучанская гидроэлектростанция расположена на реке Ангара, в Красноярском крае. Она входит в крупнейший гидроэнергетический комплекс России — Ангарский каскад ГЭС, вместе с Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС. В первой декаде мая 2012 года после перекрытия последних донных отверстий началось заполнение Богучанского водохранилища. В ноябре 2012 года первые три агрегата введены в промышленную эксплуатацию и с 1 декабря станция начала поставки электроэнергии на ОРЭМ. В 2014 году на станции сохранились темпы ввода генерирующего

оборудования. Агрегаты № 7 и 8 введены в конце сентября. Девятый (последний) гидроагрегат БогЭС мощностью 333 МВт введен в промышленную эксплуатацию 22 декабря 2014 года. Таким образом, в 2014 году все агрегаты введены в промышленную эксплуатацию, получена декларация безопасности гидротехнических сооружений. В июне 2015 года Богучанское водохранилище было впервые заполнено до проектной отметки 208 м, а в июле станция впервые произвела и поставила потребителям 1,45 млрд. кВт·ч электроэнергии, что соответствует проектному уровню производства.

В зону затопления водохранилища попала часть месторождений каменного угля, торфяные болота, древесно-кустарниковая растительность, сельхозугодия, что определяет особенности формирования гидробиологических условий на разных его участках (транзитная часть, заливы), как это наблюдалось и на других ангарских водохранилищах [3, 5]. Ранее в результате исследований с помощью световой микроскопии фитопланктона в районе Богучанского водохранилища (Нижней Ангары) до его полного наполнения было обнаружено 236 видов планктонных водорослей, среди которых доминирующими по разнообразию стояли зеленые (46,6%), диатомовые (25,4%) и синезеленые (11%) водоросли [6]. Однако не учтенными остались золотистые водоросли, имеющие чешуйчатый кремнистый панцирь.

Таблица 1. Станции отбора проб в районе Богучанского водохранилища

Станции	Локализация	Координаты	Время отбора	pH	T, °C
1.	Створ плотины Усть-Илимской ГЭС (центр)	57.837949 N, 102.683866 E	Июль 2016	7,71	4,6
2.	3,7 км от поселка Согра (центр)	58.943105 N, 101.627794 E		8,28	14,6
3.	3,7 км от поселка Болтурино (центр)	58.331741 N, 100.110162 E		8,09	18,7
4.	Верхний бьеф плотины Богучанской ГЭС (центр)	58.700212 N, 99.161647 E		8,30	19,3
4.	Верхний бьеф плотины Богучанской ГЭС (центр)	58.700212 N, 99.161647 E	Октябрь 2016	7,81	20,1
4.	Верхний бьеф плотины Богучанской ГЭС (центр)	58.700212 N, 99.161647 E	Март 2017	7,79	0

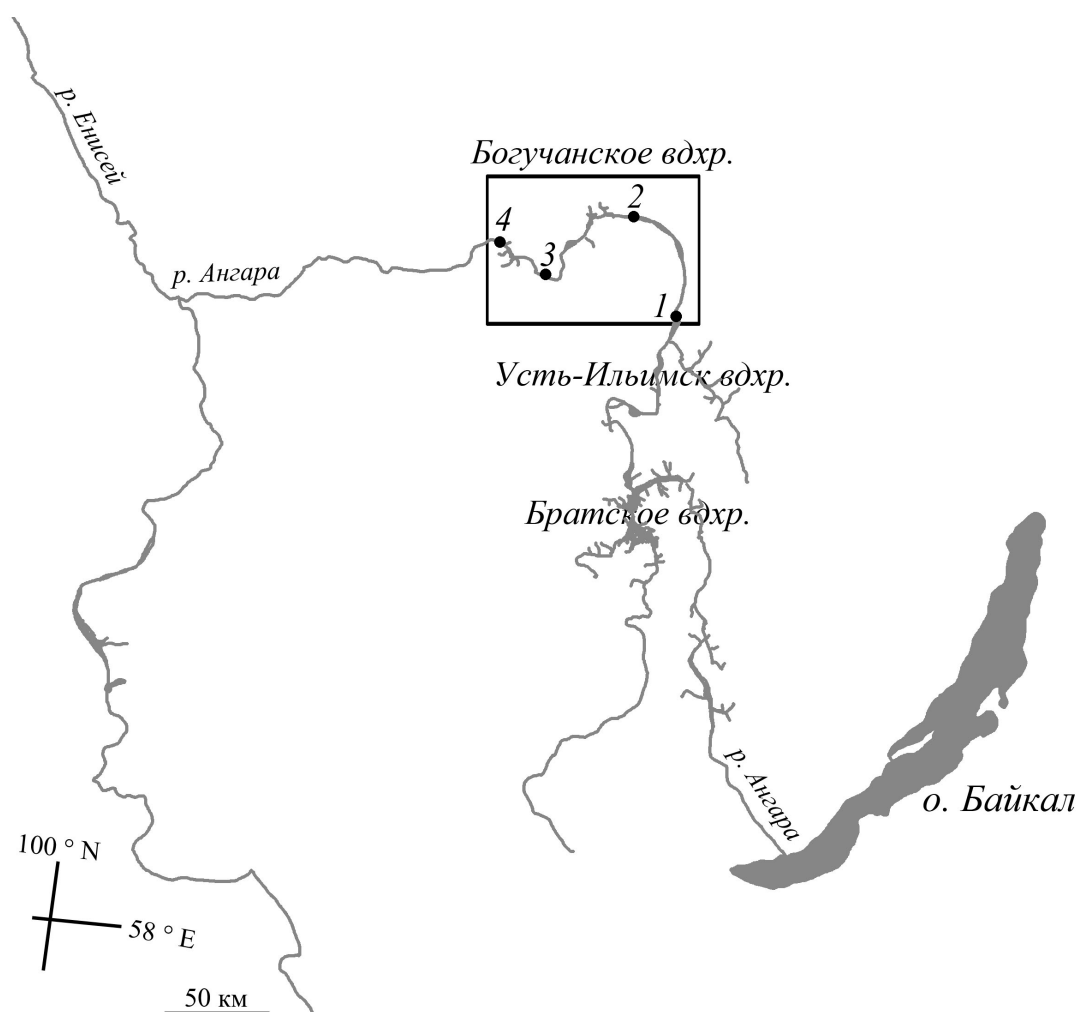


Рис. 1. Схема отбора проб

Таксономия чешуйчатых хризофитовых, входящих в состав класса Chrysophyceae Pascher, в настоящее время основывается на ультраструктуре кремнистых чешуек с шипами, покрывающих в виде панциря клетки.

Эти организмы имеют важное значение в экосистемах умеренных и северных широт, однако в эколого-географическом отношении хризофитовые Восточной Сибири до сих пор относятся к разряду слабо изученных.

Таблица 2. Видовой состав чешуйчатых хризофитовых и их обилие на разных станциях и в сезонной динамике

№	Таксоны	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 4	Ст. 4
		июль 2016				окт. 2016	март 2017
1	<i>Chrysophaerella coronacircumspina</i> Wujek & Kristiansen	–	1	–	–	–	–
2	<i>C. brevispina</i> Korshikov	–	1	–	–	–	–
3	<i>Paraphysomonas bandaiensis</i> Takahashi	1	–	1	–	–	4
4	<i>P. imperforata</i> Lucas	–	–	–	–	–	1
5	<i>P. gladiata</i> Preisig & Hibberd	–	1	1	–	–	2
6	<i>P. vestita</i> (A.C. Stokes) De Saedeleer	1	1	1	–	–	4
7	<i>Clathromonas takahashii</i> (Cronberg & J. Kristiansen) J.M. Scoble & T. Cavalier-Smith	1	–	–	–	–	2
8	<i>Spiniferomonas abei</i> Takahashi	–	2	–	–	–	–
9	<i>S. abrupta</i> Nielsen	–	2	–	–	–	–
10	<i>S. bourellyi</i> Takahashi	2	2	1	–	–	2
11	<i>S. cornuta</i> Balonov	–	2	1	–	–	–
12	<i>S. serrata</i> Nicholls	–	2	–	–	–	–
13	<i>S. silverensis</i> Nicholls	–	1	–	–	–	–
14	<i>S. triangularis</i> Siver	–	2	–	–	–	–
15	<i>S. trioralis</i> f. <i>trioralis</i> Takahashi	3	3	1	1	–	1
16	<i>S. trioralis</i> f. <i>cuspidata</i> Balonov	3	3	1	–	–	1
17	<i>Mallomonas acaroides</i> Perty	3	3	1	1	–	–
18	<i>M. akrokomos</i> Ruttner	–	1	–	–	–	–
19	<i>M. alpina</i> Pascher & Ruttner	3	3	1	–	–	–
20	<i>M. caudata</i> Iwanoff	–	1	–	–	–	–
21	<i>M. crassisquama</i> (Asmund) Fott	2	2	–	–	–	–
22	<i>M. crassisquama</i> var. <i>papillosa</i> Siver	–	1	–	–	–	–
23	<i>Synura petersenii</i> Korshikov	1	1	–	–	–	–
	Всего	10	20	9	2	0	8

Целью данного исследования было определить с использованием методов электронной микроскопии видовой состав чешуйчатых хризофитовых в первые годы формирования видовой структуры планктона Богучанского водохранилища.

Материалы и методы

Район исследования расположен в таёжно-лесной зоне. В зоне Богучанского водохранилища река Ангара течет, пересекая скальный массив, сложенный осадочными породами кембрия и ордовика, разорванными интрузией долеритов. Берега скальные, асимметричные, близко подходят к руслу. Правый берег обрывистый, во многих местах подмывается рекой; левый берег более пологий, на нём выделяются небольшие террасы [7]. Климат в районе Богучанского водохранилища резко континентальный. Лето короткое и тёплое, зима продолжительная и суровая. Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах от –2,6 до –4,3 °С, среднемесячная температура июля — от +18,1 до +18,8 °С,

января — от –24,4 до –27,4 °С. Абсолютный минимум температур составил –60 °С, абсолютный максимум +38 ° [7, 8]. Гидрохимический режим р. Ангары определяется составом вод оз. Байкал. Даже в устье реки воды озера составляют около 45% всего стока Ангары. Воды р. Ангары и водохранилищ слабощелочные, с низкой минерализацией. Вниз по течению под влиянием воды притоков, формирующихся в различных в гидрохимическом отношении бассейнах и в результате происходящих внутриводоемных процессов в водохранилищах, минерализация ангарских вод постепенно повышается. В ионном составе на всем протяжении преобладают гидрокарбонатные ионы и ионы кальция [9].

Материалом исследования послужили интегральные (0–25 м) водные пробы, отобранные в мае-июне и октябре 2016, а также в марте 2017 г. на 4 станциях (рис. 1, табл. 1).

Измерение температуры и pH (F-21, Horiba, Япония) проводили в поверхностном слое воды. Отбор альголо-

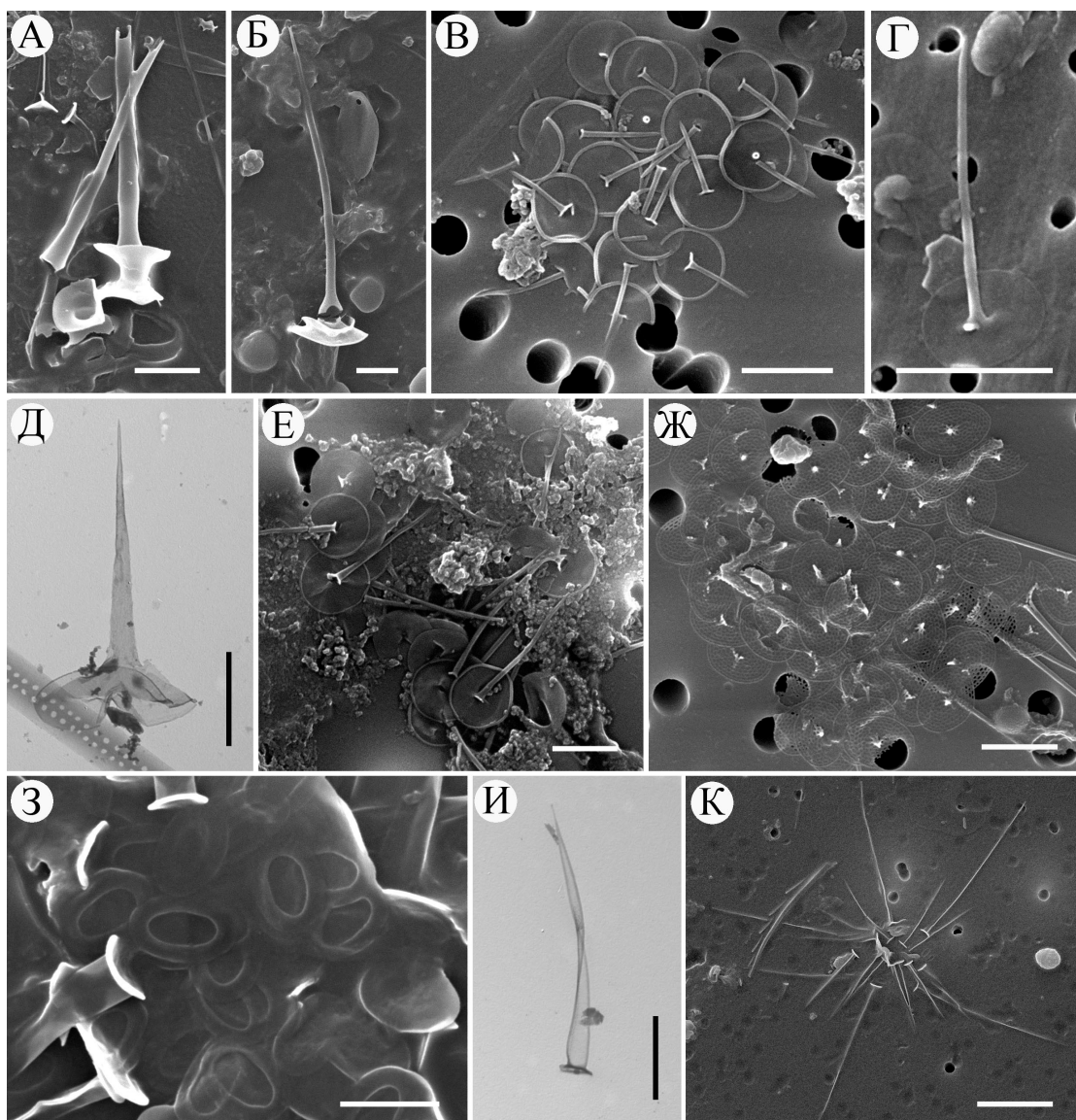


Рис. 2. Чешуйки и шипы хризофитовых.
СЭМ (А-Г, Е-З, К) и ТЭМ (Д, И). А — *Chrysosphaerella brevispina*; Б — *C. coronacircumspina*;
В — *Paraphysomonas bandaiensis*; Г — *P. imperforata*; Д — *P. gladiata*; Е — *P. vestita*;
Ж — *Clathromonas takahashii*; З, И — *Spiniferomonas abei*; К — *S. trioralis* f. *cuspidata*.
Масштаб: А-И — 2 мкм; К — 10 мкм.

гических проб осуществляли батометром, фиксировали йодным раствором Люголя. Обработку проб проводили седиментационным методом [10]. Одновременно с батометрическими пробами осуществляли отбор объемом 10–15 мл на фильтры Whatman (США) диаметром 13 мм и с диаметром пор 1 мкм, высушивали при комнатной температуре, напыляли золотом и исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Philips SEM 525M. Для трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) в LEO 906E на сеточки с формваровой пленкой-подложкой наносили пробу и высушивали при комнатной температуре. Обилие чешуйчатых хри-

зофитовых оценивали по количеству обнаруженных на фильтре чешуек данного вида: очень редко (1) — от 2 до 25 чешуек; редко (2) — от 26 до 50; часто (3) — от 51 до 150; обильно (4) — более 150.

Результаты и обсуждение

В Богучанском водохранилище обнаружено 23 вида и внутривидовых таксона чешуйчатых хризофитовых из родов: *Chrysosphaerella* — 2; *Paraphysomonas* — 4; *Clathromonas* — 1, *Spiniferomonas* — 9; *Mallomonas* — 6; *Synura* — 1 (табл. 2, рис. 2–4).

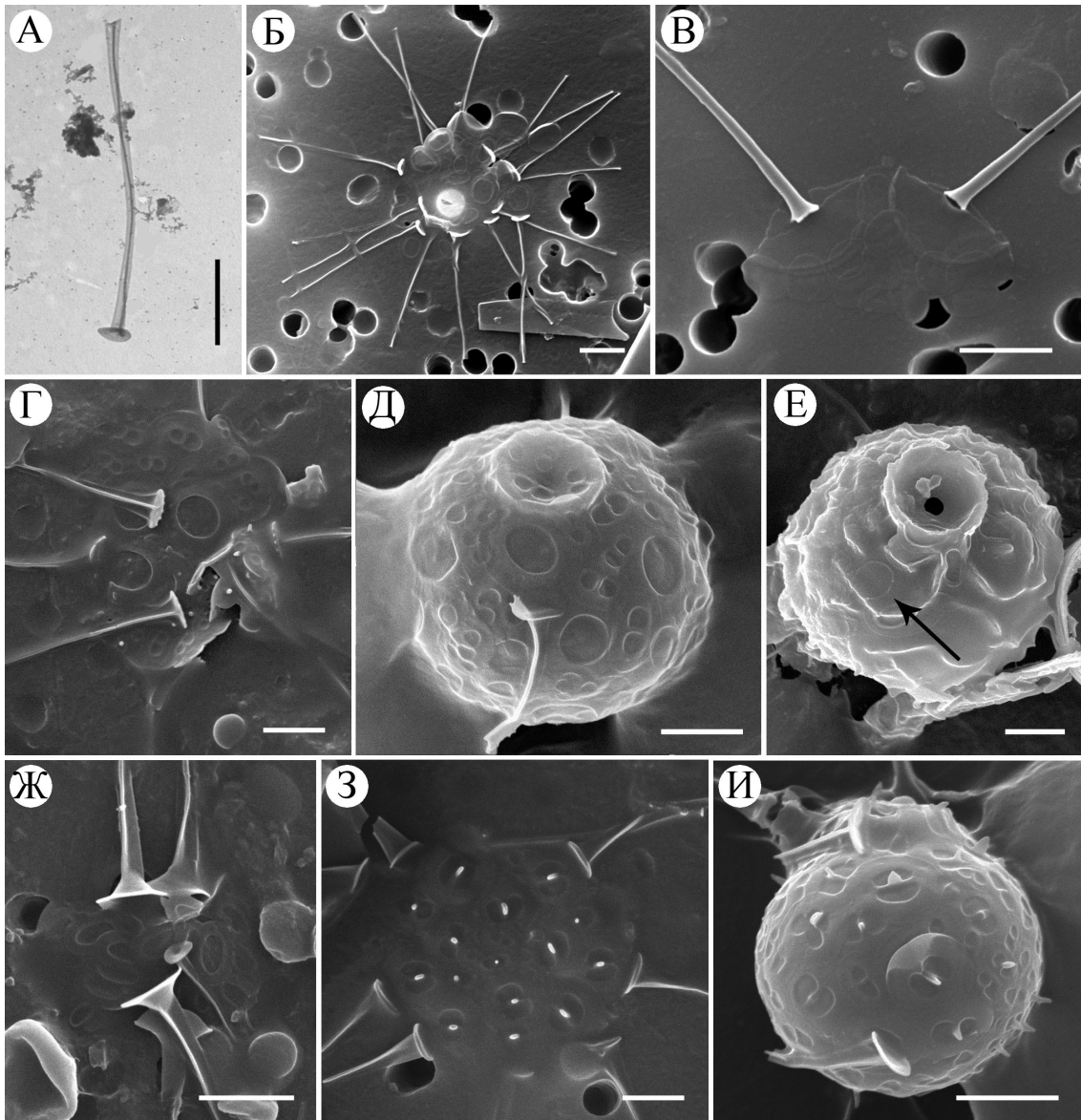


Рис. 3. Чешуйки, шипы и стоматоцисты хризифитовых. СЭМ (Б-И) и ТЭМ (А). А, Б — *Spiniferomonas abrubta*; В — *S. bourrellyi*; Г — *S. serrata*; Д — стоматоциста, покрытая чешуйками *S. serrata*; Е — стоматоциста, принадлежащая предположительно *S. serrata*, стрелкой показана круглая чешуйка *S. serrata*; Ж — *S. silverensis*; З — *S. triangularis*; И — стоматоциста, покрытая чешуйками *S. triangularis*. Масштаб — 2 мкм.

Пространственная и сезонная динамика хризифитовых

Видовая структура чешуйчатых хризифитовых в Богучанском водохранилище различается в зависимости от сезона и имеет два пика, ранневесенний и летний. В подледный период (март), когда температура воды не превышает 0 °С (табл. 2) и интенсивное развитие диатомовых водорослей еще не началось, в планктоне преобладают виды чешуйчатых хризифитовых, характерные для весеннего периода из ро-

дов *Paraphysomonas* и *Clathromonas*. Всего на ст. 4 (верхний бьеф плотины Богучанской ГЭС) (табл. 1) обнаружено 8 видов, 4 из которых относится к роду *Paraphysomonas*, 3 — к роду *Spiniferomonas* и один *Clathromonas*. Основная роль в планктоне верхнего бьефа водохранилища в этот период принадлежит видам *C. takahashii*, *P. bandaiensis*, *P. imperforata* и *P. vestita*. При этом два последних вида образуют высокое обилие. По нашим данным, преобладание видов рода *Paraphysomonas* в подледный период также характерно для других водоемов Восточной Сибири,

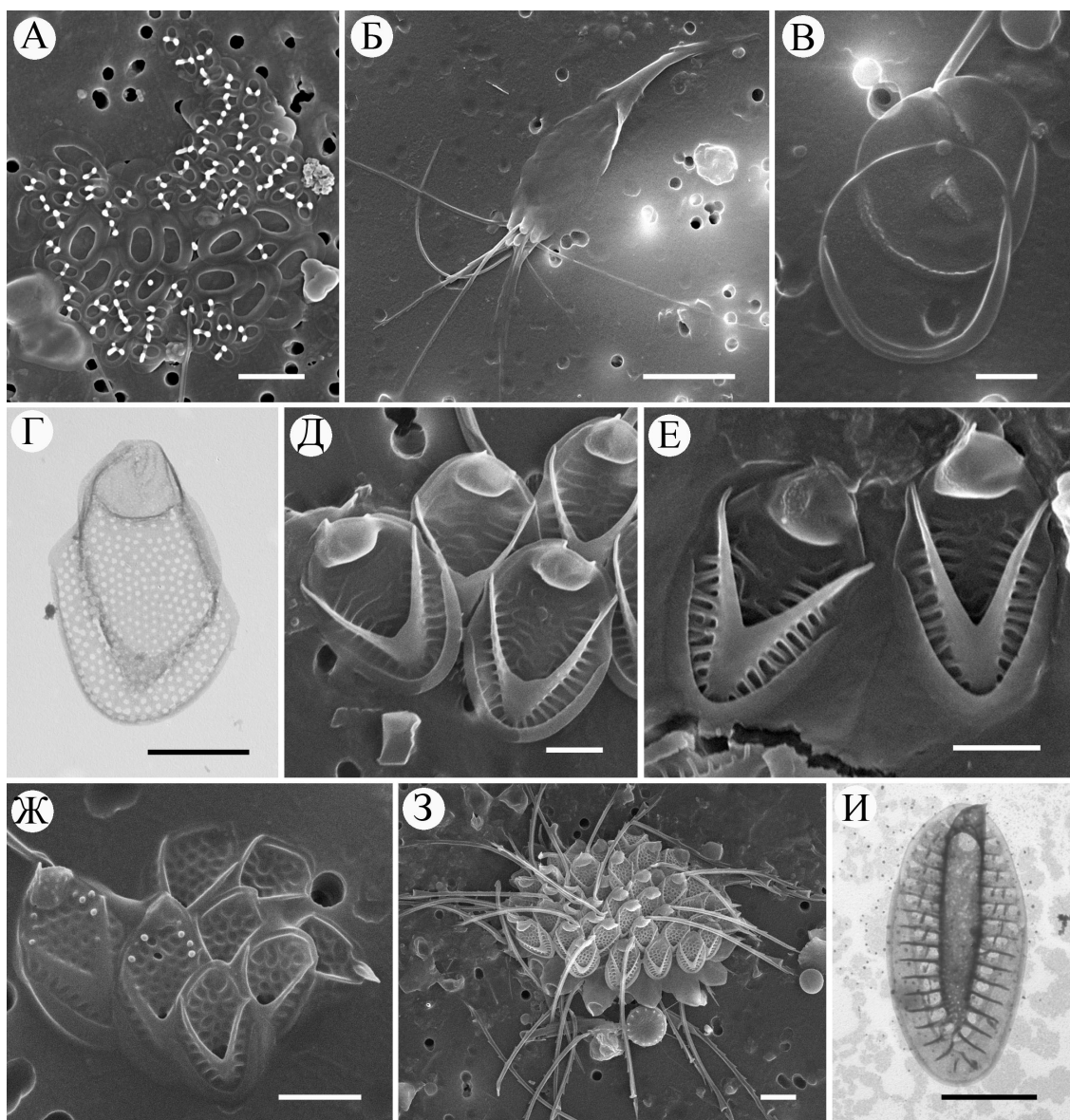


Рис. 4. Чешуйки хризофитовых.

СЭМ (А-В, Д-З) и ТЭМ (Г, И). А — *Spiniferomonas cornuta*; Б — *Mallomonas akrokomos*; В — *M. caudata*; Г — *M. alpina*; Д, Е — *M. acaroides*; Ж — *M. crassisquama* var. *papillosa*; З — *M. crassisquama*; И — *Synura petersenii*.
Масштаб: А, В-И — 2 мкм; Б — 10 мкм.

в частности озера Байкал и крупных озер Якутии — Лабынкыр и Ворота.

Второй пик обилия чешуйчатых хризофитовых наблюдается в июле. В этот период видовое разнообразие и обилие чешуйчатых хризофитовых варьирует в большом диапазоне. На ст. 1 (створ плотины Усть-Илимской ГЭС) и ст. 2 (неподалеку от поселка Согра), подверженных наибольшему влиянию Усть-Илимского водохранилища и притоков реки, наблюдается спад интенсивного развития диатомовых водорослей рода *Stephanodiscus*

Ehrenberg и появление в составе альгофлоры синезеленых водорослей рода *Anabaena* Bory ex Bornet & Flahault. На этих станциях наблюдается увеличение обилия и разнообразия чешуйчатых хризофитовых по сравнению с нижележащими станциями. На ст. 1 обнаружено 10 видов, а на ст. 2–20. 10 видов (в том числе 4 редких), обнаруженных на станции 2, не встречаются на других станциях, что вероятно, связано с влиянием притока, из которого их течением выносит в водохранилище. Кроме того, на увеличение видового разнообразия и обилия чешуйчатых хризофитовых может влиять температура воды.

Так, на ст. 2 температура воды в поверхностном слое была близка к оптимальной для развития хризофитовых [11] и соответствовала 14,6 °С. Далее ниже по течению на ст. 3 (неподалеку от пос. Болтурино) и ст. 4 наблюдается высокое обилие диатомовых водорослей и снижение обилия хризофитовых. Количество видов составило 9 и 2 соответственно (табл. 2). Температура воды на этом участке реки варьировала от 18,7 до 19,3 °С (табл. 1). Интенсивное развитие диатомовых водорослей препятствует развитию чешуйчатых хризофитовых, поэтому высокое обилие и видовое разнообразие последних наблюдается в период спада интенсивного развития диатомовых. По нашим данным, похожая картина также складывается в озерах Байкал, Лабынкыр и Ворота.

Таким образом, в Богучанском водохранилище в летний период (июль) видовой состав хризофитовых разнообразнее, чем в другие сезоны, и представлен в основном видами родов *Spiniferomonas* и *Mallomonas*. Виды рода *Paraphysomonas*, преобладавшие в марте, в июле встречаются единично. В пробе, отобранной в октябре, хризофитовых не обнаружено.

Биогеографическое распределение

Поскольку большая часть затопленных территорий относится к болотистым (сказывается близость вечной мерзлоты), по количеству видов преобладает род *Spiniferomonas*. Обнаружены редкие виды: *S. abrupta*, *S. silverensis* и *S. triangularis*. Вид *S. abrupta* ранее в России был обнаружен в озерах Лабынкыр и Ворота (Якутия) [12] и, по нашим данным, в оз. Байкал, р. Баргузин и дельте р. Селенги. *S. silverensis* ранее на территории России был обнаружен только в Воркутинской тундре [13]. *S. triangularis* ранее на территории России обнаружен в Воркутинской тундре [13] и в термокарстовых озерах Нижнего Енисея [14]. Редкая разновидность *M. crassisquama* var. *papillosa* обнаружена ранее в Воркутинской тундре [13], в озерах Лабынкыр и Ворота [12], в бассейне Нижнего Енисея [14], оз. Фролиха, расположенном на северо-востоке от оз. Байкал [15], оз. Санхар [16] и, по нашим неопубликованным данным, в дельте р. Селенги.

При сравнении видового состава хризофитовых в водохранилищах Западной Сибири — Рыбинском и Шексинском, а также Восточной Сибири — Хантайском, Иркутском и Богучанском, обнаружены особенности. В водохранилищах Западной Сибири отсутствовали виды родов *Paraphysomonas* и *Spiniferomonas*, в то время как в водохранилищах Восточной Сибири встречаются виды этих родов. Ранее проведенные исследования свидетельствуют о том, что виды рода *Spiniferomonas* являются постоянным компонентом флоры хризофитовых Восточной Сибири. Так, в зоне

смешения р. Енисей и Карского моря обнаружено 8 видов [17], по нашим неопубликованным данным, в термокарстовых озерах Нижнего Енисея, обитают 9 видов, в озере Байкал — 7 видов, в реке Баргузин и дельте реки Селенги — 8 видов, в данном исследовании обнаружено 9 видов. Таким образом, список видов хризофитовых рода *Spiniferomonas* водоемов Восточной Сибири насчитывает 14 видов — *Spiniferomonas abei*, *S. abrupta*, *S. bilacunosa* Takahashi, *S. bourrellyi*, *S. cornuta*, *S. crusigera* Takahashi, *S. minuta* Nicholls, *S. serrata*, *S. silverensis*, *S. triangularis*, *S. trioralis* f. *trioralis*, *S. trioralis* f. *cuspidata*, *S. septispina* Nicholls и *S. takahashii* Nicholls из 24 известных в мире [18]. Во всех перечисленных водоемах большое значение в осеннем планктоне принадлежит форме *S. trioralis* f. *cuspidata*, имеющей более длинные шипы, чем у вида *S. trioralis*, а также виду *S. cornuta*.

Особенности морфологии чешуек некоторых видов хризофитовых

В ходе настоящего исследования у вида *M. acaroides* отмечены морфологические особенности. Обнаружено, что чешуйки *M. acaroides* отличаются от типового материала более узкой, вытянутой формой, остроугольным V-образным ребром, более толстыми штрихами на задней кромке, а также грубым крупночешуйчатым ретикуломом на щите. На территории России чешуйки *M. acaroides* подобной морфологии обнаружены в бассейне Нижнего Енисея [14] и, по нашим данным, в оз. Байкал.

Обнаружено несколько клеток *S. trioralis* f. *cuspidata*, имеющих в составе одной клетки как длинные шипы (до 19 мкм), так и шипы меньшей длины (до 10 мкм), как у вида *S. trioralis* (рис. 2 К), что может ставить под сомнение выделение данной формы.

Таким образом, проведенное с применением методов электронной микроскопии исследование позволило определить видовой состав чешуйчатых хризофитовых на первых этапах формирования Богучанского водохранилища, а также дополнить список видов хризофитовых для территории Восточной Сибири. Результаты исследования могут иметь прикладное значение для дальнейшего мониторинга Богучанского водохранилища.

Благодарности

Авторы благодарны ПАО «Богучанская ГЭС» в лице генерального директора В.В. Демченко за предоставленную возможность проведения исследований по оценке фоновому состоянию водохранилища на договорных условиях. Работа по определению хризофитовых с помощью электронной микроскопии выполнена в рамках проекта ФАНО № 0345–2016–0001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балонов И. М. Биология, морфология и систематика водных организмов // Тр. ИБВВ АН СССР, Л.: Наука, 1976. — Т. 31, № 34. — 174 с.
2. Балонов И. М., Кузьмина А. Е. Золотистые водоросли // Гидрохимические и гидробиологические исследования Хантайского водохранилища. — Новосибирск: Наука, 1986. — С. 59–70.
3. Воробьева С. С. Фитопланктон водоемов Ангары. Новосибирск: Наука Сиб. изд. фирма РАН, 1995. — 126 с.
4. Медведева Л. А., Никулина Т. В., Сиротский С. Е. Оценка состояния водной системы Бурейского водохранилища по данным анализа фитопланктонных сообществ // Водные ресурсы. — 2015. — Т. 42, № 2. — С. 119–211.
5. Кожова О. М. Продукция фитопланктона в водохранилищах Ангарского каскада // Формирование планктона и гидрохимия Братского водохранилища. — Новосибирск, 1973. — С. 3–18.
6. Шевелева Н. Г., Воробьева С. С. Состояние и развитие фито- и зоопланктона нижнего участка Ангары, прогноз формирования планктона в Богучанском водохранилище // Журн. Сиб. федерал. ун-та. Биология. — 2009. — № 3. — С. 313–326.
7. Волынчиков А. Н. Богучанская ГЭС — пусковой объект российской гидроэнергетики // Гидротехническое строительство. — 2010. — Т. 10. — С. 30–37.
8. Волынчиков А. Н. Богучанская ГЭС в завершающей стадии // Гидротехника. — 2012. — Т. 1. — С. 25–31.
9. Синюкович В. Н., Сороковикова Л. М. Физико-географическая характеристика территории бассейна озера Байкал и реки Ангары // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. 2: Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, Кн. 1 / отв. ред. О. А. Тимошкин. — Новосибирск: Наука, 2009. — Т. 2. — С. 22–36.
10. Кузьмин Г. В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. — М.: Наука, 1975. — С. 73–87.
11. Волошко Л. Н. Хризифитовые (Chrysophyceae, Synurophyceae) водоемов Севера России. — Автореф. дис. д. биол. н. — 2012. — 43 с.
12. Bessudova A., Tomberg V., Firsova A. D., Kopyrina L. I., Likhoshway Ye. V. Silica-scaled chrysophytes in lakes Labynkyr and Vorota, Yakutia, Russia. 9th International Chrysophyte Symposium (ICS9), Japan, Yamagata, 2016. — P. 27.
13. Siver P. A., Voloshko L. N., Gavrilova O. V., Getsen M. V. The scaled chrysophyte flora of the Bolshezemel'skaya tundra // Nov. Hedw. Beih. — 2005. — V. 128. — P. 125–150.
14. Бессудова А. Ю., Фирсова А. Д., Сороковикова Л. М., Томберг И. В. Чешуйчатые золотистые водоросли бассейна Нижнего Енисея и заливов Карского моря с элементами аутоэкологии. — Иркутск: Изд-во ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2016. — 110 с.
15. Гусев Е. Флора чешуйчатых золотистых водорослей озера Фролиха (Северный Байкал) // Тр. Вн-та внутренних вод им. Папанина РАН. — 2016. — Т. 76, № 79. — С. 25–30.
16. Gusev E. S. Silica-scaled chrysophytes from low-mineralized karst lakes in Central Russia // Nov. Hedw. Beih. — 2013. — V. 142. — P. 17–25.
17. Bessudova A. Yu., Firsova A. D., Sorokovikova L. M., Tomberg I. V., Likhoshway Ye. V. The diversity of chrysophycean algae in an arctic zone of river and sea water mixing, Russia // Am. J. Plant Sci. — 2015. — V. 6. — P. 2439–2452.
18. Волошко Л. Н. Виды рода *Spiniferomonas* (Chrysophyceae, Paraphysomonadaceae) в водоемах Севера России // Бот. журн. — 2013. — Т. 7. — С. 848–867.

© Бессудова Анна Юрьевна, Лихошвай Елена Валентиновна (likhoshway@mail.ru). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Лимнологический институт Сибирского отделения РАН