

ISSN 0868-854 (Print)

ISSN 2413-5984 (Online). *Algologia*. 2018, 28(4): 477–483<https://doi.org/10.15407/alg28.04.477>

УДК 581.4:582.261.5

ПОМАЗКИНА Г.В., РОДИОНОВА Е.В., ХАНАЕВ И.В., ЩЕРБАКОВА Т.А.

Лимнологический институт СО РАН,

ул. Улан-Баторская, 3, Иркутск 663044, Россия

galina@lin.irk.ru; rodionova@lin.irk.ru; tsherb@lin.irk.ru

СОСТОЯНИЕ БЕНТОСНЫХ АЛЬГОЦЕНОЗОВ В ЛИСТВЕННИЧНОМ ЗАЛИВЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ (РОССИЯ)

Изучен видовой состав и численность литорального диатомового сообщества в Ливенничном заливе оз. Байкал в весенне-летний период 2016–2017 гг. вдоль разреза, расположенного на глубине 2–8 м. Исследования проведены в связи с наблюдающейся с 2011 г. тенденцией изменения прибрежных альгоценозов в заливе в результате превышения антропогенной нагрузки. В период исследований на разрезе доминировал *Fragilaria capucina* (Kütz.) J.V. Petersen. Обильное развитие этого таксона (более 50% общего количества микроводорослей), а также массово развивающихся сопутствующих видов стало причиной роста численности микрофитобентоса в весенний период до экстремально высоких, ранее не регистрируемых значений. На фоне угнетения развития литоральных эндемичных видов на глубине 2 м впервые с 2011 г. отмечено доминирование *Hannaea baicalensis* Genkal, Popovskaya et Kulikovskiy, который не уступал по уровню вегетации *F. capucina*. Субдоминирующий комплекс состоял из часто встречающихся, в основном мезосапробных видов. Изменения в доминирующем комплексе диатомового альгоценоза и высокая численность микрофитобентоса свидетельствуют об устойчивой тенденции повышения уровня трофности вод и дальнейшем развитии эвтрофикации в Ливенничном заливе.

Ключевые слова: *Bacillariophyta*, микрофитобентос, эвтрофикация, Ливенничный залив, оз. Байкал

Введение

Заметные изменения флоры в Ливенничном заливе оз. Байкал впервые наблюдали в летний период 2011 г. Начальные стадии антропогенной эвтрофикации в прибрежной зоне проявлялись в деградации зонального распределения донной растительности, зарастании дна нитчатыми водорослями *Spirogyra* Link., угнетении и замещении традиционно массовых, в т.ч. эндемичных представителей родов *Draparnaldioides* C. Meyer et Skabitsch., *Tetraspora* Link., *Didymosphenia* M. Schmidt. В диатомовом комплексе отмечено обильное развитие индикатора эвтрофных вод – *Fragilaria vaucheriae* (Кравцова и др., 2012; Kravtsova et al., 2014). Согласно данным 2015 г., в микрофитобентосе происходили существенные изменения (Помазкина и др., 2017). В под-

© Помазкина Г.В., Родионова Е.В., Ханаев И.В., Щербакова Т.А., 2018

ледный период в составе доминантного комплекса на глубине 4–8 м появился *F. vaucheriae*, однако общая численность диатомовых не превышала многолетних значений. В период открытой воды снизилось общее таксономическое разнообразие диатомовых водорослей за счет редких и эндемичных видов. Максимальная численность *F. vaucheriae* наблюдалась в мае 2015 г. (25×10^6 кл/м²), что вдвое меньше, чем в 2011 г., когда в зарослях *Spirogyra* наблюдалось массовое развитие зеленых нитчатых водорослей длиной до 100 мкм. Кроме того, в 2015 г. в микрофитобентосе увеличилась доля мезосапробионтов (Помазкина и др., 2017).

Цель данной работы – исследовать структуру диатомового альгосценоза, населяющего каменистое дно Лиственничного залива в 2016–2017 гг., и выявить его изменения по сравнению с предыдущими годами.

Материалы и методы

Наблюдения проводили с мая по сентябрь 2016–2017 гг. – период, который по биологическим показателям, согласно классификации М.М. Кожова (1955), соответствовал весеннему (май-июнь) и летнему (июль-начало октября) сезонам на оз. Байкал. Отбор количественных проб, как и в 2015 г., проводили на разрезе «У озера», расположенном в Лиственничном заливе (51°51'50" N, 104°50'38" E). Для сравнения были отобраны пробы в литоральной зоне у пос. Большие Коты, Южный Байкал (51°53',59" N, 105°03', 51,20" E) и у мыса Улан-Нур, Средний Байкал (52°51,272' N, 106°44, 885' E).

С гальки размером $\sim 30 \times 30$ см², отобранной на глубине 2, 4, 6 и 8 м ($n = 3$), щеткой счищали обрастания в чашку Петри и фиксировали раствором этанола до концентрации 70%. Аликвоты взвеси помещали в камеру Нажотта объемом 0,05 мл, клетки микроводорослей подсчитывали в трех повторностях с помощью светового микроскопа Axiostar plus (Carl Zeiss). Площадь субстрата определяли по проекции камня на миллиметровую бумагу. Водоросли идентифицировали и, при необходимости, дополнительно исследовали на сканирующем электронном микроскопе Quanta 200 (FEI Company).

Результаты и обсуждение

В весенний и летний сезоны 2016–2017 гг. на разрезе в Лиственничном заливе, как и в предыдущие годы, отмечено отсутствие поясности мейо- и макрофитов, зарастание дна представителями *Chlorophyta* (рис. 1), преимущественно видами *Spirogyra*, среди которых встречались нити *Ulothrix zonata* (Web. et Mohr.) Kütz., *U. tenuissima* Kütz., куртинки *Draparnaldioides simplex* K.I. Mey. et Skab. и *D. baicalensis* K.I. Mey. et Skab.

Доминирующий комплекс. Весной на всех глубинах разреза доминировал исключительно *Fragilaria vaucheriae*, формируя лентовидные колонии. В 2015 г. этот вид развивался на глубине 6–8 м

без образования колониальных форм. Доминирующий комплекс, как и в 2015 г. (Помазкина и др., 2017), был представлен широко распространенными видами: *Cocconeis placentula* Ehrenb., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Gomphonema ventricosum* Greg., *Encyonema silesiacum* (Bleisch) Mann, *Nitzschia baicaldissipata* L.-B. et Kulikovskiy и *Rhicosphenia curvata* (Kütz.) Grun. Существенным отличием является массовая вегетация на глубине 2 м эндемичного вида *Hannaea baicalensis*, которая впервые наблюдалась здесь с 2011 г. (Кравцова и др., 2012; Kravtsova et al., 2014). Это типично массовый вид первого растительного пояса (Мейер, 1930; Flower et al., 2004), однако его развитие с начала кризисных явлений в литорали залива значительно снизилось (Помазкина и др., 2017; Kravtsova et al., 2014).

Байкальские поясообразующие представители рода *Didymosphenia* M. Schmidt встречались в виде отдельных фрагментов колоний, преимущественно *D. geminata* (Lyngb.) M. Schmidt. Таксономическое разнообразие донных диатомей формировалось за счет эпифитных водорослей родов *Cymbella* Agardh, *Encyonema* Kütz., *Amphora* Ehrerb., *Navicula* Bory и *Nitzschia* Hass. (*N. baicalangustior* L.-B. et Kulikovskiy, *N. vixfonticola* L.-B. et Kulikovskiy), *Gyrosigma* Hass., а также планктонных *Synedra acus* Kütz., *Cyclotella baicalensis* Skv.

В летний период в микрофитобентосе доминировал *F. vaucheriae*, который равномерно распределялся по исследованным глубинам разреза (в 2015 г. максимальное количество клеток вида зафиксировано на глубине 6–8 м). Наряду с *F. vaucheriae* на глубине 2 м отмечена значительная численность *H. baicalensis*, а на глубине 6–8 м – *C. placentula*. В состав субдоминирующего комплекса входили *Encyonema sileiacum*, *Nitzschia baicalorecta* L.-B. et Kulikovskiy, *N. baicaldissipata*, *Navicula cryptocephala*, *Gomphonema ventricosum* и *Ellerbeckia arenaria* f. *teres* (Brun) Crawford. *Didymosphenia geminata* и *D. grunowii* L.-B. et Metzeltin, которые не формировали характерных обрастаний на поверхности камней. На их колониях, обычно служащих субстратом для многих видов рода *Gomphonema* Agardh, *Cymbella* и *Encyonema* Kütz., встречались лишь отдельные экземпляры диатомей этих родов. Таксономический спектр состоял из 60 таксонов, в т. ч. представителей *Eunotia* Ehrerb., *Epithemia* Kütz., *Surirella* Turp., *Cumatopleura* Smith, *Diploneis* Ehrerb.

В целом, таксономический состав весенне-летнего микрофитобентоса в 2016–2017 гг. сходен с таковым 2015 г., а комплекс массовых видов дополнен эндемиком *H. baicalensis*. Отличительной чертой является доминирование *F. vaucheriae* на всех глубинах разреза, тогда как в 2015 г. массовое его развитие наблюдалось преимущественно на глубине 6–8 м.

Численность микрофитобентоса. На рис. 1 приведена гистограмма распределения по глубинам значений общей численности микрофитобентоса, доминирующих видов, субдоминирующего комплекса и планктонного *Ulnaria acus*. В весенний сезон максимальное значение

общей численности микрофитобентоса $9,52 \times 10^9$ кл/м² в 100 раз превышало максимальное значение 2015 г. Минимальное значение общей численности на разрезе $0,46 \times 10^9$ кл/м² превышало показатель 2015 г. почти в 50 раз.

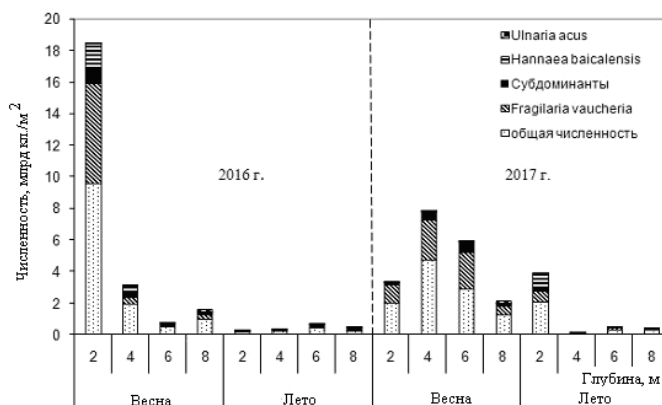


Рис. 1. Общая численность микрофитобентоса, доминирующих и субдоминирующих видов, а также планктонного представителя *Ulnaria acus* на разной глубине в весенний и летний периоды 2016–2017 гг. на разрезе «У озера» в Лиственничном заливе

На долю доминирующего вида *F. vaucheriae* в среднем приходилось более 50% общей численности микрофитобентоса на разрезе. Максимально высокий показатель развития этого таксона отмечен на глубине 0–2 м – $6,4 \times 10^9$ кл/м², что на порядок превышало максимальный уровень ($0,58 \times 10^9$ кл/м²) развития лентовидных колоний вида в 2011 г. – период «вспышки» роста зеленых нитчатых водорослей в заливе (Kravtsova et al., 2014). В весенний сезон 2016–2017 гг. плотность клеток осевшего из толщи воды планктонного *Synedra acus* составляла $0,2 \times 10^9$ кл/м² (14% общей численности), что также намного больше (в 57 раз), чем в 2015 г. ($3,5 \times 10^6$ кл/м²). Возможно, увеличение вегетации бентосных и планктонных видов связано с более высокой температурой воды в заливе (6,6 °С и 3,5 °С в 2015 г.) либо с повышением уровня биогенов.

В летний сезон значения общей численности микрофитобентоса на всех глубинах разреза были ниже по сравнению с весенними, но соответствовали уровню максимального летнего значения в 2015 г. При этом в 2017 г. на глубине 2 м увеличилась численность микрофитобентоса – $2,04 \times 10^9$ кл/м²; это значение оказалось максимальным за последние 20 лет (Flower et al., 2004), основную долю составляли *H. baicalensis* и *F. vaucheriae* (44 и 34% соответственно). Длительное время, предшествующее явлениям эвтрофикации в заливе, оба таксона сосуществовали на этой глубине: доля *F. vaucheriae* не превышала 5%, тогда как доля *H. baicalensis* варьировала в диапазоне 20–90% (Flower et al., 2004).

В целом, за период наблюдений в Лиственничном заливе отмечено увеличение общей численности донных диатомей, особенно в весенний период. Рост количественных показателей микрофитобентоса напрямую связан с повышением содержания биогенных элементов при эвтрофикации водных экосистем (Баринаова и др., 2006).

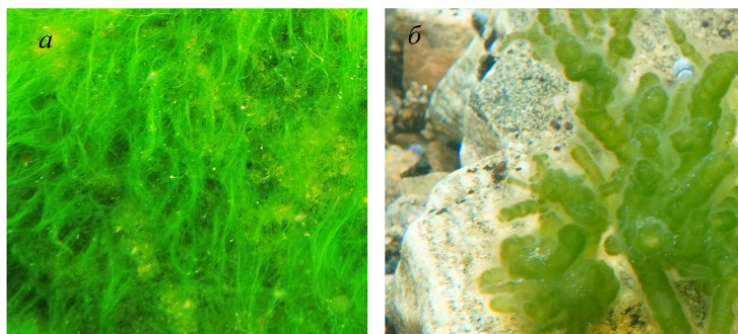


Рис. 2. Состояние бентосных альгоценозов на станциях оз. Байкал: *а* – массовое развитие нитчатых зеленых водорослей с доминированием рода *Spirogyra* в Лиственничном заливе; *б* – зеленые водоросли рода *Draparnaldioides* на станции у мыса Улан-Нур

Состояние бентосных альгоценозов сравнивали на разных станциях западного берега (рис. 2): в Лиственничном заливе, у пос. Б. Коты (Южный Байкал) и у мыса Улан-Нур (Средний Байкал). Территория пос. Б. Коты и прилегающая акватория, также как и пос. Листвянка, и Лиственничный залив, подвержены рекреационной нагрузке, но в значительно меньшей степени и только в летнее время. Станция у м. Улан-Нур расположена на значительном удалении от населенных пунктов и объектов хозяйственной деятельности. На обеих станциях (пос. Б. Коты и м. Улан-Нур) сохранена исторически сформированная вертикальная зональность распределения донной растительности и специфически связанный с ней комплекс диатомовых водорослей; его таксономическое разнообразие, доминирующий состав и количественные показатели соответствуют данным многолетних наблюдений (Помазкина, Родионова, 2004; Помазкина и др., 2008).

Заключение

Наблюдавшиеся весной и летом 2016–2017 гг. в Лиственничном заливе озера Байкал доминирование эвтрофного вида *Fragilaria vaucheriae* на глубине до 8 м, увеличение численности микрофитобентоса до ранее не регистрируемых высоких значений, массовое развитие широко распространенных, в основном мезотрофных видов диатомовых водорослей, свидетельствуют о сохранении повышенного уровня трофности вод и дальнейшем развитии эвтрофикации в заливе. Замещение доминирующих видов, которое свидетельствует о смене

сообществ донных диатомовых водорослей, является частью экологических изменений, происходящих в прибрежной зоне оз. Байкал.

Работа выполнена в рамках проекта 0345-2016-0001 ФАНО России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. *Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды*. Тель-Авив: Pil. Stud., 2006. 439 с.
- Кожов М.М. Сезонные и годовые изменения в планктоне озера Байкал. *Тр. Всесоюз. гидр. общ-ва*. 1955. 6: 133–157.
- Кравцова Л.С., Ижболдина Л.А., Ханаев И.В., Помазкина Г.В., Домышева В.М., Сакирко О.С., Грачев М.А. Нарушение вертикальной зональности зеленых водорослей в прибрежной части залива Лиственничный озера Байкал. *Докл. РАН*. 2012. 447: 227–229.
- Мейер К.И. Введение во флору водорослей оз. Байкал. *Бюл. МОИП*. 1930. 39(3–4): 1–399.
- Помазкина Г.В., Родионова Е.В. Бентосные *Bacillariophyta* в Южном Байкале (Россия). *Альгология*. 2004. 14(1): 62–72.
- Помазкина Г.В., Родионова Е.В., Мушникова О.М. Микрофитобентос Южного Байкала. *Альгология*. 2008. 18(2): 160–172.
- Помазкина Г.В., Родионова Е.В., Щербакова Т.А., Ханаев И.В. Изменения микрофитобентоса в Лиственничном заливе оз. Байкал (Россия). *Альгология*. 2017. 27(1): 64–72. <https://doi.org/10.15407/alg27.01.064>
- Flower R.J., Pomazkina G.V., Rodionova E.V., Williams D.M. *Local and meso-scale diversity patterns of benthic diatoms in Lake Baikal*: Seven. Int. Diatom Symp. (Ottawa, Canada, 2002). Bristol: Biopress Limit., 2004. Pp. 69–92.
- Kravtsova L.S., Izhboldina L.A., Khanaev I.V., Pomazkina G.V., Rodionova E.V., Domyшева V.M., Sakirko M.V., Tomberg I.V., Kostornova T.Ya., Kravchenko O.S., Kupchinsky A.B. Nearshore benthic blooms of filamentous green algae in Lake Baikal. *Great Lakes Res.* 2014. 40: 441–448.

Поступила 4 апреля 2018 г.

Подписал в печать С.И. Генкал

REFERENCES

- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. *Biodiversity of algae-environmental indicators*. Tel-Aviv: Pil. Stud., 2006. 439 p.
- Flower R.J., Pomazkina G.V., Rodionova E.V., Williams D.M. *Local and meso-scale diversity patterns of benthic diatoms in Lake Baikal*. In: Seven. Int. Diatom Symp. (Ottawa, Canada, 2002). Bristol: Biopress Limit., 2004. Pp. 69–92.
- Kozhov M.M. *Trudy Vsesoyuz. gidrobiol. obshch.* 1955. 6: 133–157.
- Kravtsova L.S., Izhboldina L.A., Khanaev I.V., Pomazkina G.V., Domyшева V.M., Sakirko O.S., Grachev M.A. *Dokl. RAN*. 2012. 447: 227–229.

- Kravtsova L.S., Izhboldina L.A., Khanaev I.V., Pomazkina G.V., Rodionova E.V., Domysheva V.M., Sakirko M.V., Tomberg I.V., Kostornova T.Ya., Kravchenko O.S., Kupchinsky A.B. *Great Lakes Res.* 2014. 40: 441–448.
- Meyer K.I. *Byull. MOIP.* 1930. 39(3–4): 1–399.
- Pomazkina G.V., Rodionova E.V. *Algologia.* 2004. 14(1). 62–72.
- Pomazkina G.V., Rodionova E.V. Mushnikova O.M. *Algologia.* 2008. 18(2): 160–172. [Rus.]
- Pomazkina G.V., Rodionova E.V., Shcherbakova T.A., Khanaev I.V. *Algologia.* 2017. 27(1). 64–72. <https://doi.org/10.15407/alg27.01.064>

ISSN 0868-854 (Print)

ISSN 2413-5984 (Online). *Algologia.* 2018, 28(4): 477–483

<https://doi.org/10.15407/alg28.04.476>

Pomazkina G.V., Rodionova Ye.V., Khanaev I.V., Sherbakova T.A.

Limnological Institute, Siberian Branch of RAS,
3 Ulan-Batorskaya Str., Irkutsk 664033, Russia

THE STATE OF BENTHIC DIATOM COMMUNITIES IN LISTVENNICHNYI BAY OF LAKE BAIKAL (RUSSIA)

The coastal algalocenosis of the Listvennichnyi Bay of Lake Baikal since 2011 has been undergoing changes because of excess anthropogenic level. We studied species composition and abundance of the bay littoral diatom community in the spring and summer of 2016–2017 along a section located at a depth of 2–8 m. In the studied period, *Fragilaria capucina* (Kütz.) J.B. Petersen dominated the studied area. The abundant development of this taxon (yielding than 50% of the total number of microalgae) and associated species of diatoms in the spring decreased the number of microphytobenthos to extremely high, previously unrecorded values. Inhibition of the development of littoral endemic species was noted; however, the endemic *Hannaea baicalensis* Genkal, Popovskaya et Kulikovskiy dominated at depth of 2 m with numbers comparable with *F. capucina*. It happened firstly at the beginning of ecological degradation of the coastal zone in 2011, when the development of this and other Baikal endemics fell to solitary cells. The subdominant complex of benthic diatoms included frequently occurring, mainly mesosaprobic species. Changes in the dominant complex of diatom communities together with the high abundance of microphytobenthos indicate a steady trend of increasing water trophic level and the further development of eutrophication in the Listvennichnyi Bay.

Key words: *Bacillariophyta*, microphytobenthos, eutrophication, Listvennichnyi Bay, Lake Baikal