

УДК 582.26(571.151)

Е.Ю. Митрофанова

E.Yu. Mitrofanova

## ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ В ОБРАСТАНИЯХ НА ПОГРУЖЕННОМ МАКРОФИТЕ В ЛИТОРАЛИ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА (АЛТАЙ, РОССИЯ)

### EPHRYTIC DIATOMS ON SUBMERGED MACROPHYTES IN THE LITTORAL ZONE OF LAKE TELETSKOYE (ALTAI, RUSSIA)

Приведены результаты электронно-микроскопического изучения состава диатомовых водорослей эпифитона на погруженном макрофите рдесте пронзеннолистном в литорали двух крупных заливов Телецкого озера. Выявлено 40 видов, из которых только 20 % встречается в обоих заливах. Установлено, что на состав и разнообразие диатомей в большей степени оказывает влияние гидродинамический фактор.

В водных экосистемах диатомовые водоросли заселяют все возможные поверхности, куда могут прикрепиться слизистыми тяжами, трубками или просто сидеть неподвижно. Избирательности по поводу субстратов у диатомей обычно не выявляют, только в редких случаях отмечают приуроченность отдельных видов диатомовых водорослей к определенным видам макрофитов. Водоросли поселяются на горизонтально или почти горизонтально расположенных частях растений, где для них создаются наиболее благоприятные условия по освещенности. На состав и обилие водорослей в обрастаниях может существенно влиять структура поверхности макрофита, к которой прикрепляются водоросли-эпифиты (Messyasz, Kuczyńska-Kippen, 2006). Но наиболее важным для развития диатомовых водорослей на субстратах признают гидродинамические условия, в которых они развиваются, а не сами субстраты (Георгиев, 2010).

Объектом настоящего исследования послужили диатомовые водоросли в обрастаниях на листьях рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.), собранного в Телецком озере, глубоком водоеме (максимальная глубина 323,3 м), расположенном в горах Алтая на юге Западной Сибири (51°31'45"N и 87°42'53"E) (Selegei et al., 2001). Экземпляры рдеста для исследования диатомей-обрастателей были отобраны в двух крупных заливах, которые расположены по восточному берегу озера на расстоянии примерно 50 км друг от друга: Кыгинский залив в южной оконечности озера (длина 2 км, площадь 3,1 км<sup>2</sup>), Камгинский – на стыке широтной и меридиональной частей (длина 6 км, площадь 6,5 км<sup>2</sup>) (Селегей В.В., Селегей Т.С., 1978). Гидрофизические и гидрохимические условия при отборе образцов рдеста 9 и 13 августа 2004 г. (Кыгинский и Камгинский заливы, соответственно) отличались незначительно. Температура воды была 14,4 и 19,6 °С, содержание растворенного кислорода в воде составляло 10,1 и 13,6 мг/л, рН – 8,0 и 9,4, электропроводность – 101 и 111 мкС/см. По содержанию основных биогенных элементов в воде двух заливов озера (август 2012 г.) существенных различий между собой и средними значениями показателей в этот же период отбора для всего озера и только для поверхностного слоя тоже не выявлено. Только легко окисляемого органического вещества (БПК<sub>5</sub>) в Кыгинском заливе было в 3 раза больше, чем в Камгинском. Но и эти величины входили в пределы, установленные для рыбохозяйственных водоемов – не более 2 мг/л. Изучение диатомей проводили на СЭМ Hitachi S-3400 N. Сравнение состава диатомовых водорослей на рдесте сделано с помощью мер включения (Андреев, 1980).

В результате на листьях рдеста в двух заливах Телецкого озера выявлено 40 видов диатомовых водорослей, 11 неопределенных до вида и один неопределенный до рода таксон. По географическому распространению большинство выявленных таксонов являются космополитами (16, или 61,5 % от числа таксонов с известными характеристиками), шесть относятся к группе бореальных и три – к арктоальпийским таксонам. Космополитичный характер присущ и для альгофлоры Телецкого озера в целом. Так, в фитопланктоне озера космополиты составляют 53,8 % от числа таксонов с известными экологическими характеристиками. По отношению к рН среди обнаруженных таксонов преобладают алкалифилы (43,3 % от числа таксонов с известными характеристиками), т.е. предпочитающие щелочную среду обитания, менее многочисленны алкалибионты, которые развиваются только в щелочной среде, и нейтрофилы (по 6), а также ацидофилы, предпочитающие кислую среду (5 таксонов). Для Телецкого озера характерна слабощелочная среда, что и способствует развитию именно алкалифилов, алкалибионтов и индифферентных к рН видов (в сумме 25 так-

сонов). Незначительная доля ацидофилов в составе эпифитона может свидетельствовать о заболоченности водосборного бассейна притоков Телецкого озера, рек Камга и Кыга.

В более крупном Камгинском заливе разнообразие диатомей на листьях рдеста было выше – 27 (36 с неопределенными образцами) видов, чем в Кыгинском – 22 (25) вид. Общими для двух мест обитания оказались только восемь видов, или 20 % от общего состава: *Achnantheidium minutissimum* (Kütz.) Czarneski, *Amphora inariensis* Krammer, *Cocconeis placentula* Ehr. var. *placentula*, *Cyclotella delicatula* Genkal, *Encyonema minutum* (Hilse) Mann., *E. cf. ventricosum* (Kütz.) Grun., *Gomphonema acuminatum* Ehr. и *Stephanocostis chanthaicus* Genkal et Kuzmina. Большинство этих видов являются бентосными формами и обрастателями, лишь *C. delicatula* и *S. chanthaicus* типичные планктеры. Только в Камгинском заливе были встречены виды рр. *Eunotia*, *Pseudostaurosira*, *Punctastriata*, *Staurosira* и *Staurosirella*, большинство видов р. *Nitzschia*, кроме *N. cf. microcephala* Grun., а также *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz. Для Кыгинского залива характерны *Achnantheidium cf. linearoides* (L.-Bert.) L.-Bert., *Hannaea arcus* (Ehr.) Patrick, *Rhizosolenia eriensis* H.L. Smith, большинство видов р. *Navicula*, кроме *N. cf. radiosa* Kütz. Сравнение состава диатомовых водорослей на рдесте пронзеннолистном в двух заливах Телецкого озера с помощью мер включения показало, что диатомей Кыгинского залива на 56 % входят в состав диатомоценозов Камгинского, в то время как диатомовые Камгинского представлены в составе таковых Кыгинского всего на 36 %. Таким образом, состав водорослей в Камгинском заливе является, как более разнообразным, так и более оригинальным, на что, вероятно, влияет общее направление водного стока в озере (с юга на север), большая площадь залива, что обеспечивает и большее биотопическое разнообразие, а также более разнородный состав зарослей макрофитов.

По биотопической приуроченности наиболее многочисленными и разнообразными водорослями на поверхности листьев рдеста были бентосные виды и обрастатели, а среди них *A. minutissimum* и *C. placentula* var. *placentula*. Первый из них относится к так называемым «пионерным видам», заселяющим подводные субстраты быстрее других видов водорослей (Winter, Duthie, 2000). *C. placentula* var. *placentula* при плотном прилегании к субстрату лучше других водорослей удерживается в обрастаниях рдеста, как и на любых других субстратах (Sultana et al., 2004). По размерным характеристикам на листьях рдеста в основном встречались мелкоклеточные диатомей, или организмы со средними размерами. Крупные клетки почти не отмечены, только раз встретилась *Nitzschia cf. recta* Hantzsch, размеры панциря которой могут достигать 80 и более мкм в длину при ширине всего в несколько мкм.

Известно, что рдест пронзеннолистный в Телецком озере входит в число наиболее распространенных видов макрофитов (Зарубина, Ковешникова, 2006а), на многих участках ему принадлежит ведущая роль в зарастании литорали. В Кыгинском заливе заросли состоят преимущественно из этого вида и располагаются вдоль северо-восточного берега в виде узкой полосы (шириной около 10 м и длиной около 250 м) (Зарубина, Ковешникова, 2006б). В Камгинском заливе заросли макрофитов у северо-западного берега занимают обширные мелководные участки в районе устья р. Камги. Они более разнообразные по составу, где кроме сообществ рдеста пронзеннолистного встречаются сообщества рдеста злакового и болотницы болотной (Телецкое озеро, 2012). Кроме того, заросли рдеста в Камгинском заливе менее плотные в отличие от таковых в Кыгинском заливе (Зарубина, Ковешникова, 2006б). Рдесты распространяются на глубину длины стебля – два и более метра. Отобранные образцы листьев рдестов из средней части растения (примерно с глубины 1 м) имели особенно благоприятные условия по освещенности, так как сильная инсоляция и возможное обсушение у поверхности и затенение у дна могут ингибировать развитие водорослей эпифитона.

Исследователи эпифитона, отмечают, что главнейшими факторами, определяющими развитие водорослей-обрастателей, являются динамика водных масс, морфометрия озерной котловины и наличие субстратов, пригодных для заселения (Рычкова, 2002; Тарашук и др., 2012). Кыгинский (на юге озера) и Камгинский (на севере) заливы имеют некоторые отличия по гидрологическим условиям. Первый выделяется практически отсутствием сильного ветрового волнения. Он на 2/3 своей площади (и заросли макрофитов в том числе) находится в ветро-волновой тени. В Камгинском заливе преобладают ветра восточного направления, дующие по долине р. Камги (Селегей В.В., Селегей Т.С., 1978). Но большая длина Камгинского залива создает в нем более благоприятные условия для развития макрофитов и водорослей-обрастателей на них.

Следует отметить, что существенная роль в формировании сообществ эпифитона принадлежит и водорослям планктона, которые развиваются в зарослях макрофитов. Между водорослями планктона и эпифитона происходит постоянный взаимообмен. Водоросли планктона при осадении из толщи воды могут задерживаться на листьях макрофитов и пополнять сообщество эпифитов, и, напротив, водоросли-обрастатели при смыве с поверхности субстрата пополняют состав водорослей в толще воды. Ранее проведенные

исследования показали, что сходство эпифитона и фитопланктона в зарослях макрофитов Телецкого озера отмечено на уровне 21–23 % (Митрофанова, 2008). В данном исследовании истинные планктёры на листьях рдеста были как малоразнообразны, так и немногочисленны, так как это их случайное нахождение. В основном были отмечены представители класса центральных диатомовых водорослей, которые развиваются в планктоне озера – виды *C. delicatula* и *S. chanthaicus*. Они относятся к мелкоразмерной фракции планктона Телецкого озера. Малые размеры панциря (3–6 мкм) позволяют клеткам удерживаться на поверхности листьев рдеста, используя его естественные неровности.

Таким образом, в результате исследования диатомовых водорослей эпифитона на листьях рдеста пронзеннолистного в двух крупных заливах Телецкого озера выявлен разнообразный состав диатомовых водорослей – 40 видов. Установлено, что флора диатомей на листьях рдеста в Камгинском заливе богаче и разнообразнее, чем в Кыгинском, на что влияют морфометрические особенности залива и гидродинамический фактор – большая протяженность залива и более сглаженное влияние волно-прибойной деятельности на заросли рдеста, произрастающие в самом конце залива, недалеко от устья впадающей в залив р. Камги. Кыгинский залив в три раза меньше по длине и влияние пелагиали здесь более ощутимо, независимо от того, что заросли макрофитов находятся в ветро-волновой тени.

Автор признателен С.И. Генкалу (ИБВВ РАН) за помощь при определении видов, сотрудникам ИВЭП СО РАН Е.Ю. Зарубиной и М.И. Соколовой за образцы рдеста, собранного в Телецком озере; Е.И. Третьяковой и А.Б. Соколовой за гидрохимические данные.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Андреев В.Л.** Классификационные построения в экологии и систематике. – М.: Наука, 1980. – 142 с.
- Георгиев А.А.** Эпифитные диатомовые водоросли макрофитов пролива Великая Салма: Автореф. дис.... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 2010. – 22 с.
- Зарубина Е.Ю., Ковешникова А.С.** Гидрофильная флора Телецкого озера (конспект флоры) // Флора и растительность Алтая. – Барнаул, 2006а. – Т. 11. – С. 80–85.
- Зарубина Е.Ю., Ковешникова А.С.** Флора и растительность Телецкого озера (Горный Алтай) // Гидробиология, 2005. – Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати». – 2006б. – С. 249–251.
- Митрофанова Е.Ю.** Литоральный фитопланктон глубокого озера (на примере крупных заливов Телецкого озера) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (21–24 октября 2008 г., Барнаул). – Барнаул: Изд-во АГУ, 2008. – С. 195–197.
- Рычкова М.А.** Перифитон литоральной зоны // Ладожское озеро – прошлое, настоящее, будущее. – СПб.: Наука, 2002. – С. 246–250.
- Селегей В.В., Селегей Т.С.** Телецкое озеро. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 142 с.
- Таращук О.С., Шевченко Т.Ф., Ключенко П.Д.** Фитоэпилитон речного участка Каневского водохранилища (Украина) // Альгология, 2012. – Т. 22, № 2. – С. 198–207.
- Телецкое озеро: научно-информационное издание / отв. ред. Е.Ю. Митрофанова, В.В. Кириллов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 28 с.
- Messyas B., Kuczyńska-Kippen N.** Periphytial algae communities: a comparison of *Typha angustifolia* L. and *Chara tomentosa* L. beds in three shallow lakes (West Poland) // Polish J. of Ecology, 2006. – Vol. 54, № 1. – P. 15–27.
- Selegei V., Dehandschutter B., Klerks J., Vysotsky A.** Physical and geological environment of Lake Teletskoye // Annales Sciences Geologiques, 2001. – Vol. 105. – P. 1–310.
- Sultana M., Asaeda T., Manatunge J., Ablimit A.** Colonization and growth of epiphytic algal communities on *Potamogeton perfoliatus* under two different light regimes // New Zealand J. of Marine and Freshwater Research, 2004. – Vol. 38. – P. 585–594.
- Winter J.G., Duthie H.C.** Stream epilithic, epipellic and epiphytic diatoms: habitat fidelity and use in biomonitoring // Aquatic Ecology, 2000. – Vol. 34. – P. 345–353

#### SUMMARY

The results of electron-microscopic study of the epiphytic diatoms composition on submerged macrophytes clasping-leaved pondweed (*Potamogeton perfoliatus*) in the littoral zone of two big bays on Lake Teletskoye are given. In total 40 species were revealed, of which only 20 % were found in both bays. It was defined that the composition and diversity of diatoms are influenced mostly by a hydrodynamic factor.