



УДК 581.526.323:581.5

## Роль фитобентоса в прибрежно-дельтовых водоёмах оз. Байкал

Н. Е. Вотякова

*Байкальский музей ИИЦ СО РАН, Иркутская область, пос. Листвянка  
E-mail: [bmc@isc.irk.ru](mailto:bmc@isc.irk.ru)*

**Аннотация.** Изучался фитобентос (микрофитобентос и водорослевые обрастания) прибрежно-дельтовых водоёмов оз. Байкал в дельтах рек Верхней Ангары, Кичеры, Холодной, Тыи, Баргузина, Селенги; в Верхне-Ангарском соре, прибрежных водоёмах Южного Байкала и в озёрах в долине р. Баргузин. Исследованы эколого-систематический состав, ценологические характеристики, биомасса, продуктивность донных водорослей, их роль в экосистеме водоёмов и сапробность вод.

**Ключевые слова:** Байкал, прибрежные водоёмы, фитобентос, микрофитобентос, обрастания, систематика, география водорослей, ценоз, сукцессии, численность, биомасса, продукция, деструкция органического вещества.

### *Введение*

Донные сообщества водорослей как функциональные элементы экосистем разнотипных пресноводных водоёмов привлекают в настоящее время всё большее внимание исследователей [4; 9–11; 13; 15–18; 21–24]. Это обусловлено значительным видовым разнообразием донных видов и их заметной ролью в продуцировании органического вещества водоёмов, а также очевидной перспективностью использования видов микрофитобентоса и перифитона для оценки сапробности вод.

### *Материалы и методы*

Настоящая работа является результатом обобщения многолетних (1973–1988 гг.) исследований фитобентоса в дельтовых и эстуарных участках крупных притоков оз. Байкал: Тыи, Кичеры, Холодной, Верхней Ангары, Селенги; мелководьях Северного Байкала и Баргузинского залива; водоемах верхнего, среднего и нижнего течения р. Баргузин, прибрежных водоёмов Южного Байкала. Исследовались микрофитобентос различных грунтов и обрастания на высших водных растениях и крупных объектах с грунтов, проведены эксперименты по заселению субстратов на стеклах обрастаний. Использовались общепринятые гидробиологические [7; 8] и авторские методики [5]. Данные исследований в перспективе могут использоваться в качестве фоновых для оценки экологического состояния прибрежно-дельтовых

водоёмов оз. Байкал и степени антропогенного влияния на воды озера.

### *Результаты и обсуждение*

Флора водорослей изученных водоёмов насчитывает 944 таксона, относящихся к 7 отделам, из них: Cyanophyta – 76 видов (8 %); Chrysophyta – 15 (1,6 %); Bacillariophyta – 573 (60,7 %); Xanthophyta – 4 (0,4 %); Pyrgophyta – 21 (2,2 %); Euglenophyta – 46 (4,9 %); Chlorophyta – 209 (22,2 %). В водоемах северных районов Байкала встречены 779 (82,5 %) видов водорослей, в водоёмах бассейна р. Баргузин – 493 (52,2 %), в водоёмах дельты р. Селенги – 425 (45,0 %). Во всех исследованных водоёмах насчитываются 211 (22,5 %) общих таксонов. Флора представлена в большинстве донными видами, встречаются также типичные планктеры, довольно значительная часть видов является типичными обрастателями. 43 вида встречены как в планктоне, так и в обрастаниях и бентосе, т. е. имеют широкий спектр обитания.

По отношению к солёности и pH воды известны литературные характеристики 536 (56,8 %) видов, из них: галофилов – 47 (8,8 %), галофилов – 63 (11,8 %) вида, алкалофилов – 88 (27,3 %), ацидофилов – 95 (29,5 %) видов; индифферентны по отношению к солёности 413 (77 %), к pH – 322 (34,1 %) вида, т. е. большинство видов малоизбирательны к уровню солёности и pH воды.

Характеристики географического распространения известны для 624 (66,1 %) видов, из

них: 304 вида (48,7 %) – космополиты; 66 (10,6 %) – североальпийские; 177 (28,4 %) – бореальные; 54 (8,6 %) – редкие; впервые найдены в Байкале 66 (10,6 %) видов.

Для ряда видов водорослей определена характеристика по шкале сапробности [2; 20; 26; 27]. Донные водоросли являются более надёжными показателями функционирования экосистемы водоёмов, нежели планктонные [4]. Определены характеристики 210 (22 %) видов, из них: альфасапробов – 13 видов (6,25 %), альфа-бетамезосапобов – 28 видов (13,5 %), бетамезосапобов – 88 видов (42,3 %), полисапобов – 1 вид; олиго-бетамезосапобов – 27 видов (13 %); олигосапобов – 34 вида (16,3 %); олиго-ксеносапобов – 12 видов (5,8 %), ксеносапобов – 7 видов (3,4 %). Таким образом, по санитарно-биологическому составу флору можно охарактеризовать, как бетамезосапробную, а прибрежные воды как слабозагрязнённые.

Наиболее многочисленны диатомовые водоросли – 573 (60,7 %) вида, представленные 2 классами, 3 порядками, 9 семействами и 36 родами. В систематическом отношении наиболее разнообразны зелёные водоросли: 5 классов, 11 порядков, 30 семейств и 69 родов (табл. 1).

Альгоценозы или «фитоценозы» водорослей, обрастающих высшие водные растения, рассматриваются нами как один фитоценоз. Группировки водорослей представляют собой альгосинузии или синузиальные группировки в фитоценозах, где эдификаторы – высшие водные растения. Синузиальные группировки – это «структурные части фитоценоза, ограниченные в пространстве (занимающие особую экологическую нишу), отличающиеся одна от другой в морфологическом, флористическом, экологическом и фитоценотическом отношении» [25]. Существуют пространственные и временные (в сезонном аспекте) альгосинузии.

В водоёмах Селенгинской дельты выделены 9 группировок и 61 вариант, причём более сложное ценотическое строение у диатомовых (15 вариантов) и зелёных нитчатых с диатомовыми (12 вариантов). Встречаются монодоминантные и полидоминантные варианты; велико число вариантов дидоминантных; много однотипных вариантов, т. е. образованных одними и теми же доминирующими типами водорослей, но с различным обилием последних.

При сравнении видового состава водорослей обрастаний на различных видах водных растений выяснилось, что в зависимости от различных экологических условий доминирует тот или иной тип водорослей обрастаний, т. е. экологические условия определяют ценотическую характеристику и сроки сезонного развития.

Рассчитан коэффициент флористической общности (КФО) водорослей для различных пар высших водных растений, его значение составляет от 48,89 до 59,60 % (за исключением водорослей на тростнике южном и рдесте пронзённолистом – (24,6 %)). Среднее значение КФО – 50,02 %, что ниже показателя КФО для Кременчугского водохранилища (61,1–74,0 %) [12]. Видовой состав водорослей наиболее разнообразен на тростнике южном – 95 видов (115 внутривидовых таксонов) и на урути – 88 видов (99 таксонов). В оз. Метягинском (район дельты р. Селенги) отмечены более высокие значения КФО для одного вида водных растений в различных местообитаниях (70,8–95,6 %), нежели для двух разных видов растений (44,58–50,50 %).

При сравнении флористического состава видов обрастаний на различных водных растениях в оз. Метягинском КФО доминирующего комплекса варьирует в больших пределах (26,9–70,8 %), нежели показатель для всего видового состава.

Таблица 1  
Систематический состав водорослей из прибрежно-дельтовых водоёмов оз. Байкал

Отдел	Количество					% от общего числа видов
	классов	порядков	семейств	родов	видов	
Cyanophyta	2	5	13	28	76	8,2
Chrysophyta	1	2	3	6	15	1,6
Bacillariophyta	2	3	9	36	573	60,7
Xanthophyta	2	2	2	2	4	0,4
Pyrophyta	2	3	3	6	21	2,2
Euglenophyta	2	2	4	9	46	4,9
Chlorophyta	5	11	30	69	209	22
Всего	16	28	64	156	944	100

Таким образом, выявлен комплекс факторов, обуславливающих фитоценотические отношения: это физико-географические условия района и экологические условия местообитаний и влияние друг на друга организмов, входящих в данный биоценоз. Видовой же состав водорослевых обрастаний в большей мере определяется видом субстрата – высшего водного растения. Межгодовые сукцессии видовой состава водорослей зависят в основном от климатических и гидрологических условий (паводки и низкий уровень).

Весеннее развитие водорослевых обрастаний, как правило, начинается на прошлогодних остатках водных растений с начала мая, сразу после таяния льда. Большое количество водорослей находилось в скоплениях зарослей тростника: здесь обильно развивались *Spirogyra* sp. ster. с диатомеями *Cymbella venticosa*, *C. turgida*, *Rhopalodia gibba*, *Cocconeis placentula*, *Nitzschia dissipata*, *Gomphonema acuminatum*, виды *Epithemia* и др. диатомовые. Прошлогодние стебли тростника южного в довольно большом количестве обрастают зелёными и сине-зелёными водорослями: *Draparnaldia plumosa*, *Rivularia borealis*, *Oedogonium* sp. ster., *Spirogyra* sp. ster. С середины июня появляются молодые побеги водных растений, которые сразу же заселяются водорослями. При летних подъемах уровня (паводках) образуется мощный ило-детритный слой, который препятствует развитию обрастаний. В июне и в июле по видовому разнообразию и по массе доминируют диатомовые водоросли, покрывающие растения грязно-серым или серовато-зелёным налётом, водные и зелёные нитчатки с паутинистым налётом. Вначале обрастают верхние части стеблей и листья, затем налётом покрывается всё растение. К концу июня все водные растения покрыты водорослевыми обрастаниями. В мелководных местообитаниях, где течение замедлено, налёт водорослей обильнее, в это время появляются колонии сине-зелёных водорослей. С начала августа эти колонии заселяют все водные растения. В середине августа во многих водоемах наблюдается массовое развитие сине-зелёных, вплоть до цветения воды (в дельте р. Селенги). При отмирании колоний сине-зелёных (*Gloeotrichia intermedia*, *Gl. pisum*, *Gl. rabenhorstii*, *Gl. natans*, *Phormidium subtruncatum*, *Lyngbia* sp.) буреют, распадаются, либо остаются на растении, покрываясь тонким серовато-зелёным налётом диатомовых (*C. placentula*, *Rhoicosphenia curvata*, *R.*, *Diatoma vulgare* и др.) и сине-зелёных (*Anabaena* sp.,

*L. aerugineo-coerulea* f. *major*, *L. kossinskajae*, *Phormidium* sp.) водорослей. Здесь же появляются и зелёные нитчатки: *Mougeotia* sp. ster., *Stigeoclonium* sp., *Spirogyra* sp. ster., *Zygnema* sp. ster. К середине сентября слизистые колонии сине-зелёных сохраняются лишь на старых подводных частях растений, на молодых побегах их нет вовсе.

В начале октября отмечено большое видовое разнообразие водорослевых обрастаний: колонии сине-зелёных водорослей (*Gl. pisum*, *Gl. kamtshatica*, *Gl. intermedia* и др.), зелёных и диатомовых, много сложных ценозов. Например, на ежеголовнике злаковом можно выделить 3 водорослевых группировки: отмирающие нити *Spirogyra* sp. ster., *Zygnema* sp. ster. связаны с молодыми проростками *Chaetophora* sp. и сидящими на них диатомеями *Synedra* sp., *Gomphonema acuminatum*. Здесь же встречаются колонии видов р. *Gloeotrichia* с обрастающими их нитями *Phormidium* sp., *L. kossinskajae* и кустики *D. plumosa* с *Ankistrodesmus acicularie* var. *stipitatus*. На многих растениях в большом количестве развиваются виды р. *Lyngbia*: *L. aerugineo-coerulea*, *L. aerugineo-coerulea* f. *major*, *L. kossinskajae*, *L. sp.*

Можно отметить сезонную смену доминирующих групп водорослей обрастаний на высших водных растениях в следующем порядке: мелкие (в основном планктонные) диатомовые; диатомовые – обрастатели; диатомовые – зелёные нитчатки; диатомовые – зелёные нитчатки – колонии сине-зелёных водорослей, массовое развитие сине-зелёных в сообществе с диатомовыми и зелёными; зелёные нитчатки – диатомовые – зелёные.

Сезонное развитие водорослевых обрастаний зависит, главным образом, от погодных условий. Общая тенденция развития обрастаний такова: появление на водных растениях осажённых планктонных диатомей; развитие самостоятельных группировок обрастаний из диатомовых, большей частью из *R. curvata*, *C. placentula*, *Synedra ulna*; появление (вначале в мелководных местообитаниях) зелёных нитчаток, обильное их развитие; развитие колоний сине-зелёных водорослей, иногда вплоть до цветения воды, постепенное вытеснение ими нитчаток; примерно равное развитие диатомовых, сине-зелёных и зелёных водорослей (в отдельных местообитаниях преобладают зелёные нитчатки); постепенное отмирание водорослей, доминирующих в летнее время, поселение на них других видов, образование многослойных обрастаний.

Всего выделены пять периодов обрастания:

1) начало мая – середина июня. Появление водорослей на молодых водных растениях, заселение их, формирование водорослевых группировок (в основном доминируют диатомовые);

2) середина июня – начало июля, в некоторых местообитаниях середина или конец июля. Развитие зелёных нитчаток, колоний сине-зелёных водорослей;

3) июль – август. Апогей в развитии водорослевых обрастаний, массовое развитие отдельных видов водорослей. Доминируют колонии сине-зелёных или зелёные нитчатки;

4) сентябрь – октябрь. Отмирание колоний сине-зелёных водорослей и зелёных нитчаток, поселение на них диатомей, нередко пышное развитие последних;

5) период до ледостава. В тёплую осень водорослевые обрастания пышно развиты вплоть до замерзания водного зеркала. Зимой озёра и протоки часто промерзают до дна, высшие водные растения вместе с обрастаниями вмерзают в лёд.

Развитие обрастаний очень неравномерно и распределение их в различных местообитаниях гетерогенно. На мелководьях, у берегов озёр, где течение замедлено, наблюдается более пышное и более раннее развитие водорослей, нежели в более глубоких местообитаниях.

В водоёмах и водотоках Северного Прибайкалья выявлены 24 группировки и 250 вариантов водорослей. Из них в микрофитобентосе – 12 группировок (150 вариантов), в обрастаниях – 12 группировок (100 вариантов). Наибольшее число вариантов имели группировки зелёных с диатомовыми (66 видов), диатомовые (87), зелёные – сине-зелёные – диатомовые (22), сине-зелёные – диатомовые (6).

В обрастаниях наибольшее ценотическое разнообразие отмечено для зелёных с диатомовыми (35 %), в микрофитобентосе – у диатомовых – (64 %).

В водоёмах Баргузинской котловины в начале лета преобладали диатомовые с зелёными и сине-зелёными, с середины лета доминировали зелёные, ближе к осени – зелёные и сине-зелёные, всего выявлены 17 группировок и 235 вариантов. Среди водорослей микрофитобентоса выявлены 9 группировок и 135 вариантов: Bacillariophyta, Bacillariophyta – Cyanophyta, Bacillariophyta – Chlorophyta, Chlorophyta – Cyanophyta, Euglenophyta, Euglenophyta – Chlorophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Cyanophyta – Bacillariophyta. В июне в группировках преобладают Bacillariophyta, в июле – августе –

Bacillariophyta, Bacillariophyta – Chlorophyta, Chlorophyta, Euglenophyta – Chlorophyta. В обрастаниях высшей водной растительности выявлены 8 группировок и 100 вариантов: Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanophyta, Chlorophyta – Cyanophyta – Bacillariophyta, Chlorophyta – Bacillariophyta, Bacillariophyta – Cyanophyta, Bacillariophyta, Bacillariophyta – Chlorophyta, Chlorophyta – Bacillariophyta – Cyanophyta, Cyanophyta – Chlorophyta – Bacillariophyta. В июне в группировках преобладали диатомовые в комплексе с зелёными и сине-зелёными, в июле доминирующее положение занимали зелёные, в августе – зелёные и сине-зелёные.

Особенности процессов заселения и сезонная динамика обрастаний в различных водоёмах исследовались на искусственных предметах (стёклах). В результате выявлены следующие закономерности в формировании альгоценозов обрастаний:

1) заселение искусственных субстратов начинается после осаждения детрита, затем появляются мелкие диатомовые: либо осажденные из планктона формы (*Navicula acicularis*, *N. sp.*), либо пионеры обрастания (*C. placentula*, *Epithemia sp.*, *N. rhynchocephala*, *S. ulna*, *Tabellaria fenestrata* var. *intermedia*). Последние либо плотно прикрепляются слизью всей боковой поверхностью клетки (*C. placentula*, *E. sp.*), либо в виде колоний прикрепляются слизью к субстрату (нитчатые колонии *T. fenestrata* var. *intermedia* и пучковидные колонии *S. ulna*). В дальнейшем на субстрате появляются зелёные нитчатки (четвертые сутки), сине-зелёные и протококковые (пятые – десятые сутки) или диатомовые, растёт количество детрита;

2) максимальное видовое разнообразие в различных местообитаниях достигается на восьмые-одиннадцатые сутки, в этот период происходит качественное формирование альгоценоза, затем продолжается рост количества водорослей без особых изменений качественного состава;

3) водорослевые обрастания, развивающиеся на высших водных растениях и на искусственных субстратах, в различных местообитаниях весьма сходны, хотя качественный состав и количественное развитие обрастаний на искусственных субстратах беднее, нежели на первых. Так, если на растениях массово развиваются колонии сине-зелёных водорослей, на искусственных субстратах большее развитие получают нитчатые формы сине-зелёных (виды родов *Anabaena*, *Lyngbia*, *Phormidium*);

4) развитие альгоценоза происходит быстрее у дна, нежели в поверхностных слоях воды, следовательно, обрастания формируются из водорослей, растущих на дне.

В водоёмах дельты р. Селенги биомасса водорослевых обрастаний, рассчитанная на 1 г субстрата высшего водного растения, составляет от 0,62 до 1,44 г, т. е. единица массы высшего растения обрастает примерно сравнимой массой водорослей. Годовая продукция водорослевых обрастаний в дельте р. Селенги составляет 76 % от годовой продукции высших водных растений [6; 14], что гораздо больше годовой продукции в водоёмах европейской части России [1; 3; 19].

Сравнивая интенсивность продукционных процессов на естественных (высших водных растениях) и искусственных субстратах, необходимо отметить, что эти показатели выше для первых: средний показатель продукции на 100 см<sup>2</sup> площади субстрата для стекла равен 0,91 мгО<sub>2</sub>, тогда как для водных растений – 74,3 мгО<sub>2</sub>. При этом величины Р/В коэффициента (0,048 и 0,04 соответственно) свидетельствуют о несколько более высокой скорости продуцирования органического вещества на искусственных субстратах.

Изучался также ход заселения микроскопическими водорослями различных типов грунтов. Водоросли микрофитобентоса находятся на самой поверхности грунта, особи, способные к движению, перемещаются по его частицам, прикрепляясь к ненадёжному субстрату. Нитчатки и колониальные формы прикрепляются к наиболее крупным частицам грунта, при

трениии друг о друга они срываются с субстрата. На участках, подверженных постоянному волновому воздействию, устойчивые конгломераты грунта и водорослей не развиваются. Эпифиты, смывающиеся из обрастаний, могут образовывать псевдосообщества с привнесёнными временными доминантами. Совокупность таких факторов, как подвижки грунта, температура придонных слоев воды и освещённость, способствуют развитию в сорах характерных зон с различной структурой микрофитобентоса, размеры которых могут меняться с изменением глубины, проникающей солнечной радиации и ветровых воздействий.

В таблице 2 представлены показатели биомассы обрастаний на стёклах, помещённых в различных местообитаниях водоемов Верхне-Ангарского сора.

В таблицах 3, 4 приводятся средние показатели хода продукционного процесса водорослей на стёклах обрастаний.

Установлена определенная закономерность – чем больше проточность водоема, тем большее значение приобретают в обрастаниях диатомовые водоросли. В реках с высокой скоростью течения диатомовые в полном смысле царствуют, в реках с меньшей проточностью доля диатомовых в биомассе снижается до 50 %. В малопроточных водоемах изучавшихся дельт и соров биомасса диатомовых составляет не более 30 %. По биомассе здесь преобладают зелёные нитчатые водоросли, до 7 % составляют сине-зелёные. В микрофитобентосе диатомовых водорослей до 60 %, зеленых – до 30–40 % (по числу видов – до 17 %).

Таблица 2

Биомасса водорослевых обрастаний на искусственных субстратах в различных местообитаниях водоемов Верхне-Ангарского сора (мг сырого веса/100 см<sup>2</sup> стекла) (данные 1979 г.)

Дата	Горизонт	I	II	III	IV
20–31.07.	1	1,22	8,20	4,25	4,29
	2	1,90	5,72	4,10	5,08
14.08.	1	11,93	9,11	5,08	7,33
	2	15,38	5,05	4,87	7,25
27.08.	1	14,97	10,01	7,43	3,47
	2	14,31	3,10	6,83	6,09
10.09.	1	7,85	7,42	4,26	8,68
	2	6,75	6,39	5,00	6,84
22.09.	1	7,43	5,63	4,05	1,50
	2	6,65	5,19	2,93	1,59
30.09.	1	4,02	4,51	1,87	6,00
	2	4,19	4,10	1,49	6,32

Примечания: здесь и в табл. 3, 4: I – площадка с *Potamogeton perfoliatus*; II – площадка без растений; III – площадка с зарослями *Potamogeton perfoliatus*, *Persicaria amphibia*, *Myriophyllum* sp.; IV – площадка с зарослями *Persicaria amphibia*. 1 – у поверхности воды; 2 – у дна

Таблица 3

Средние показатели суточной продукции водорослевых обрастаний (А) на искусственных субстратах на различных площадках в водоемах Верхне-Ангарского сора ( $\text{мгO}_2$ )

Площадка	Горизонт	А, на 1 г сырого веса водорослей	А, на 100 $\text{см}^2$ поверхности субстрата	Р/В
I	1	66,08	1,33	0,039
	2	66,25	1,37	0,035
	Среднее	66,16	1,35	0,037
II	1	102,90	1,03	0,061
	2	99,90	0,71	0,059
	Среднее	101,40	0,87	0,060
III	1	71,25	0,80	0,074
	2	70,00	0,75	0,053
	Среднее	70,70	0,78	0,127
IV	1	63,40	0,81	0,060
	2	68,08	0,87	0,036
	Среднее	65,75	0,84	0,096
Среднее по горизонтам	1	68,2(23)	0,98(23)	0,050
	2	70,3(24)	0,84(24)	0,046
Среднее по площадкам		70,72(47)	0,91(47)	0,048

Примечание: в скобках указано число измерений

Таблица 4

Средние показатели продукционного процесса обрастаний в Верхне-Ангарском соре

Площадка	Июль		Август		Сентябрь	
	Р/В	А/В	Р/В	А/В	Р/В	А/В
I	0,030	0,066	0,530	0,063	0,028	0,070
II	0,102	0,170	0,050	0,065	0,029	0,069
III	0,104	0,074	0,043	0,066	0,025	0,073
IV	0,049	0,079	0,038	0,066	0,026	0,053

В таблицах 5, 6 представлены численность и биомасса обрастаний высших водных растений и микрофитобентоса на различных грунтах в водоемах Верхне-Ангарского сора.

Сравнение продуктивности микрофитобентоса на различного типа грунтах показало, что наиболее продуктивны илы ( $A = 20,7 \text{ мгO}_2$  на  $100 \text{ см}^2$  субстрата), менее продуктивны каменистые грунты ( $A = 16,9 \text{ мгO}_2$ ), наиболее бедными являются смеси песка с илом ( $A = 8,9 \text{ мгO}_2$ ). Средние показатели продукционно-деструкционных процессов обрастаний более чем в три раза

превышают аналогичные показатели для микрофитобентоса. Так, средние показатели продукции обрастаний –  $74,3 \text{ мгO}_2$  на  $100 \text{ см}^2$  поверхности водного растения, деструкции –  $31,02 \text{ мгO}_2$ , а продукции и деструкции микрофитобентоса соответственно –  $20,9$  и  $8,24 \text{ мгO}_2$ . Таким образом, тело водного растения гораздо более благоприятный субстрат для развития водорослей обрастаний по сравнению с грунтом. Показатели продукции и деструкции обрастания зависят как от вида водного растения – субстрата, так и от типа водоема.

Таблица 5

Средняя биомасса водорослей обрастаний высших водных растений в водоемах Верхне-Ангарского сора ( $\text{мг}/100 \text{ см}^2$ )

Месяц	1982 г.	1983 г.
Июнь	42,90	30,99
Июль	924,18	400,90
Август	3435,00	1084,40
Среднее	1467,36	505,43

Таблица 6

Численность (N, млн кл/100 см<sup>2</sup>) и биомасса (B, мг/100 см<sup>2</sup>) микрофитобентоса на различных грунтах водоемов Верхне-Ангарского сора

Тип грунта	Месяц	1982 г.		1983 г.	
		N	B	N	B
илистый	Июнь	55,0	117,5	56	118
	Июль	122,0	38,7	294	471
	Август	855,0	2985,0	938	1051
песчано- или- стый	Июнь	58,0	121,5	59	122
	Июль	236,0	851,5	301	1607
	Август	701,0	1168,0	911	1398
песчаный	Июнь	21,3	18,1	22	19
	Июль	97,7	957,0	100	157
	Август	205,8	1450,0	270	1900
каменистый	Июнь	19,5	23,1	20	24
	Июль	115,8	120,0	172	147
	Август	501,0	631,0	621	1071

На рисунках 1, 2 в качестве примера приведены показатели удельной продукции водорослей обрастаний и микрофитобентоса в водоемах Северного Прибайкалья.

Среднее значение P/B коэффициента для обрастаний составляет 0,04; для микрофитобентоса – 0,03, т. е. скорость возобновления органического вещества выше в обрастаниях. На 1 м<sup>2</sup> дна средняя продукция для микрофитобентоса илистых грунтов составляет 2 065 мгО<sub>2</sub>, для каменистых – 1 692, для песчано-илистых грунтов – 892 мгО<sub>2</sub>. Время оборачиваемости биомассы, таким образом, для обрастаний равно в среднем 25 суткам, а для микрофитобентоса – 33 суткам.

За вегетационный период, в среднем равный для Северного Байкала 120 дням, обрастания могут возобновиться 5 раз, а микрофитобентос – 3,6 – 4 раза.

Проведены экологические эксперименты по изучению развития обрастаний и учету фотосинтетической активности планктонных видов и видов обрастаний. В микрофитобентосе при доле биомассы планктонных видов до 5 % их доля в валовой продукции не превышает 0,35 %, в обрастаниях при доле в биомассе 14,7 % их доля в продукции составляет 0,5 %. По данным этих показателей сообщество водорослевых обрастаний биологически более активно, нежели сообщество донных водорослей.

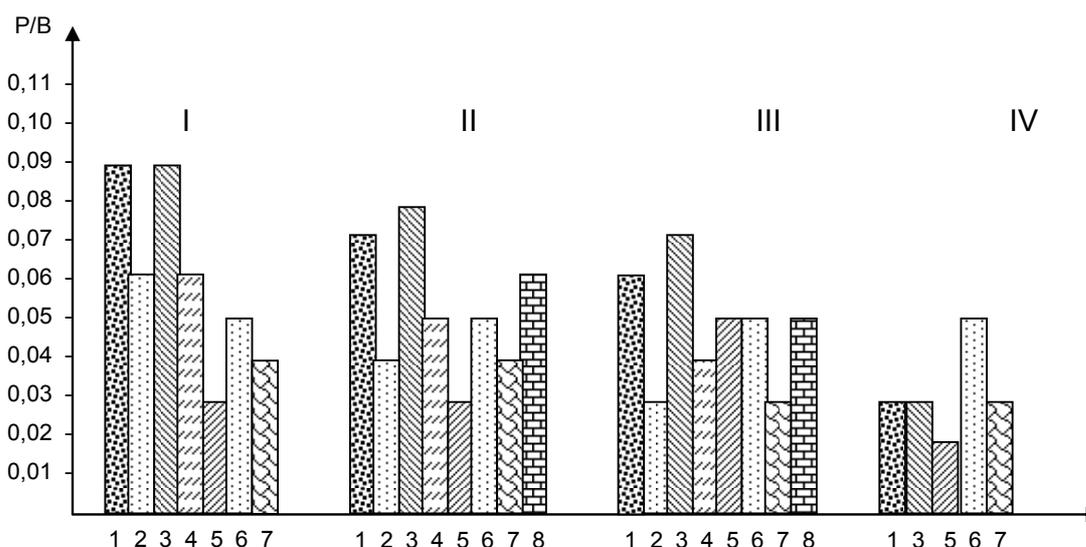


Рис. 1. Удельная продукция водорослей обрастаний в водоемах Северного Прибайкалья, 1981–1983 гг.

Условные обозначения: I – *Myriophyllum spicatum*; II – *Potamogeton perfoliatus*; III – *Sparganium gramineum*; IV – *Nymphoides peltata*. 1 – р. Кичера; 2 – р. Верх. Ангара; 3 – Верхне-Ангарский сор; 4 – оз. Кичерское; 5 – оз. Туркукит; 6 – оз. Филимоновские; 7 – мелкие озера; 8 – оз. Сикили

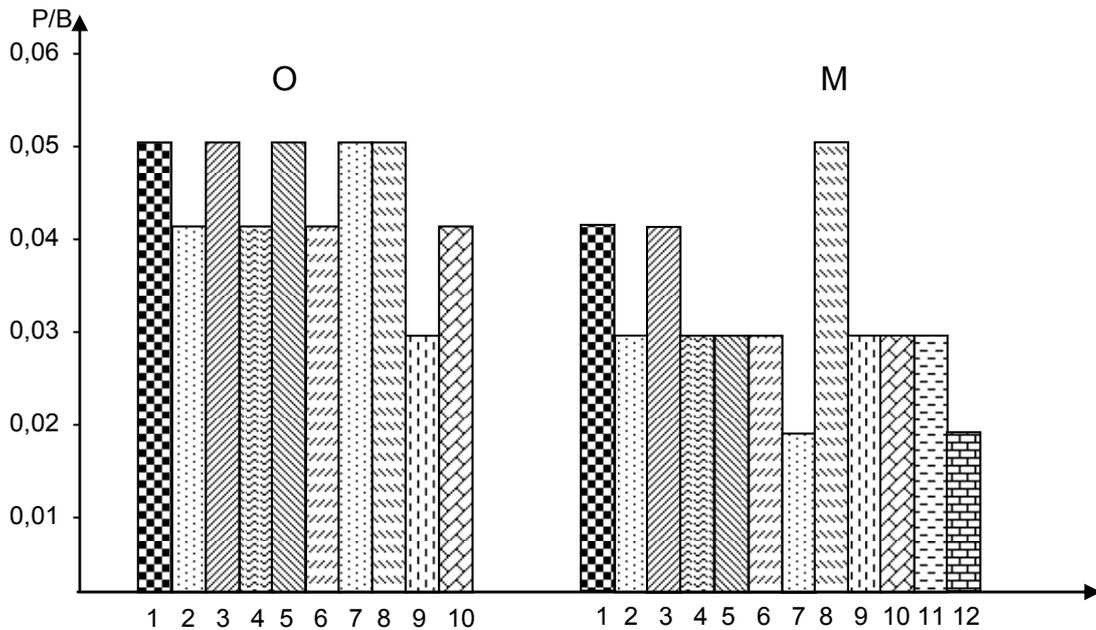


Рис. 2. Удельная продукция обрастаний и микрофитобентоса в водоемах Северного Прибайкалья. Условные обозначения: О – обрастания; М – микрофитобентос. 1 – р. Кичера; 2 – р. Верх. Ангара; 3 – Верхне-ангарский сор; 4 – оз. Кичерское; 5 – оз. Сикили; 6 – оз. Туркутит; 7 – оз. Блудное; 8 – оз. Филимоновские; 9 – мелкие озера; 10 – средние значения; 11 – р. Тья; 12 – р. Холодная

Эти сообщества являются звеньями взаимозаменяемой цепи в целостной экосистеме реки. При преобладающем развитии донных водорослей на определенном участке реки показатели планктонных водорослей обычно низки и общая валовая продукция участка определяется преимущественно продуцированием донных водорослей на дне и в обрастаниях, фотосинтетическая активность же донных видов в планктоне реки незначительна.

На участках реки, где физико-географические условия определяют преимущественное развитие планктона, продукция в этом случае обеспечивается планктонными водорослями, доля донных же и в планктоне и на дне значительно меньше. Таким образом, условия среды определяют преобладание тех или иных экологических групп первичных продуцентов в водотоке.

В водоемах Баргузинской котловины средняя валовая продукция микрофитобентоса равна  $161 \text{ мг}/100 \text{ см}^2$ , эффективная –  $110,3 \text{ мг}\text{O}_2$ , деструкция –  $51,2 \text{ мг}\text{O}_2$ . Средняя валовая продукция обрастаний составляет  $482,8 \text{ мг}\text{O}_2/100 \text{ см}^2$  субстрата, эффективная –  $306,3 \text{ мг}\text{O}_2$ , деструкция –  $192,4 \text{ мг}\text{O}_2$ . Коэффициент P/B для обрастаний равен 0,03, для микрофитобентоса – 0,02.

Биомасса донных водорослей в водоемах Баргузинской котловины возрастает от верхнего участка к нижнему – от  $113 \text{ мг}/100 \text{ см}^2$  до  $327 \text{ мг}$ .

На рис. 3 и 4 даны сравнительные продукционно-деструкционные показатели обрастаний и микрофитобентоса для водоемов Баргузинской котловины и Северного Прибайкалья.

Валовая первичная продукция фитобентоса довольно изменчива – от 0 до  $108 \text{ мг}\text{O}_2/100 \text{ см}^2$  поверхности субстрата и более, коэффициент P/B варьирует от 0,01 до 0,2. Время обращения биомассы обрастаний составляет от 5 до 25 суток, для микрофитобентоса этот показатель больше. Средние показатели интенсивности продукционно-деструкционных процессов водорослевых обрастаний более чем в три раза превышают эти же показатели микрофитобентоса. Так, продукция обрастаний в среднем составляет  $74,3 \text{ мг}/100 \text{ см}^2$ , деструкция –  $31 \text{ мг}/100 \text{ см}^2$ , для микрофитобентоса же –  $20,9$  и  $8,2 \text{ мг}/100 \text{ см}^2$  соответственно. В водоемах с высокими скоростями течения наиболее продуктивны твердые субстраты.

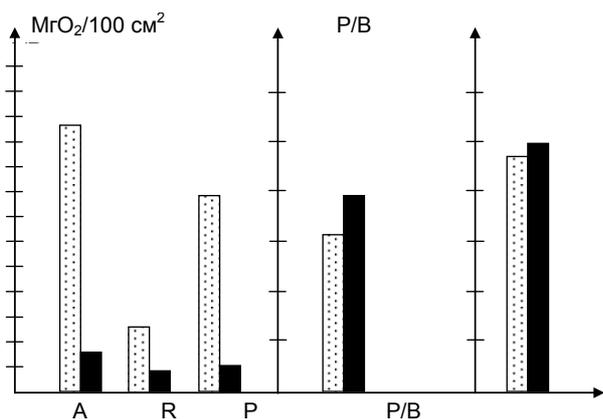


Рис. 3. Продукционно-деструкционные показатели водорослей обрастаний в водоемах Баргузинской котловины и Северного Прибайкалья.

Условные обозначения для рис. 3 и 4: – Баргузинская котловина, – Северный Байкал

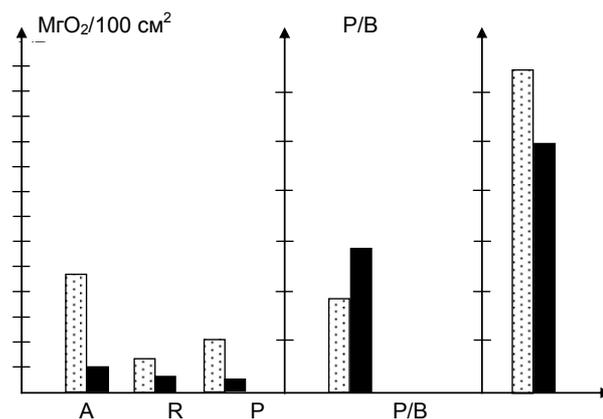


Рис. 4. Продукционно-деструкционные показатели микрофитобентоса в водоемах Баргузинской котловины и Северного Прибайкалья.

В таблицах 7 и 8 представлено разнообразие значений показателей интенсивности продукционно-деструкционных процессов микро-

фитобентоса и водорослевых обрастаний по ряду конкретных водоёмов Северного Байкала и Баргузинской котловины.

Таблица 7

Средние показатели интенсивности продукционно-деструкционных процессов микрофитобентоса в водоемах Баргузинской котловины (в  $\text{MgO}_2/100 \text{ cm}^2$  в сутки)

Водоемы	A	R	P	A/R	P/B
р. Баргузин (приустьевый участок)	200	50	150	4,00	0,03
р. Бол. Гусиха (приустьевый участок)	90	29	61	3,10	0,04
р. Шанталык (приустьевый участок)	190	64	126	2,97	0,02
оз. Духовое	116	41	75	2,83	0,02
оз. Полянское	230	60	170	3,83	0,02
оз. Шанталык	140	60	80	2,33	0,01
среднее	161(42)	50,7(42)	110,3(42)	3,18(42)	0,23(42)

Примечание: в скобках указано число измерений

Таблица 8

Средние показатели интенсивности продукционно-деструкционных процессов обрастаний в различных водоемах Северного Байкала (в  $\text{MgO}_2/100 \text{ cm}^2$  в сутки)

Водоем	A	R	P	A/R	P/B
р. Кичера	71,15	27,56	43,59	2,58	0,047
р. Верх. Ангара	49,02	19,90	29,30	2,47	0,044
Верхне-Ангарский сор	77,80	36,78	41,02	2,12	0,051
оз. Кичерское	72,02	28,13	43,89	2,56	0,038
оз. Сикили	74,61	33,44	41,17	2,23	0,055
оз. Туркукит	66,19	29,51	36,68	2,24	0,035
оз. Блудное	95,15	40,78	54,37	2,33	0,053
оз. Филимоновские	99,56	37,85	61,71	2,63	0,052
мелкие озера	99,76	32,54	67,22	3,07	0,034
среднее	74,32(9)	31,03(9)	43,29(9)	2,48(9)	0,040(9)

Примечание: в скобках указано число измерений

### Заключение

Водорослевые обрастания в стоячих дельтовых водоемах оз. Байкал имеют настолько высокую биомассу, что в благоприятные годы их доля практически достигает показателей биомассы высших водных растений (от 76 до 97 % биомассы высших растений). Живой субстрат является более благоприятным для поселения и развития обрастаний, видовая же принадлежность водного растения как субстрата имеет менее большее значение, чем комплекс условий места обитания. Среди различных видов водных растений наиболее обильно обрастают виды мягкой водной растительности (уруть, ежеголовник, лютик водный), в меньшей степени обрастают растения с плавающими на воде листьями (болотноцветник, кубышка).

Благоприятные условия в дельтовых водоемах, высокая фотосинтетическая активность и скорость возобновления органического вещества, значительная биомасса определяют значительную роль донных водорослей как во внутренних процессах круговорота вещества и энергии, так и в притоке органического вещества из прибрежно-соровой части дельт в оз. Байкал. В дельтовых водоемах, которые являются не только своеобразным биофильтром, но и местом нагула и нереста ценных промысловых рыб, необходимо учитывать вероятность всплеск развития водной растительности («цветение воды»), вызываемых большим поступлением биогенов на следующий год после экстремальных паводков. Так, в дельте р. Селенги наблюдалось массовое развитие сине-зеленых водорослей, приводившее к цветению воды во многих мелководных водоемах дельты на следующий год после паводка.

### Литература

1. Ассман А. В. Роль водорослевых обрастаний в образовании органического вещества в Глубоком озере / А. В. Ассман // Тр. ВГБО. – 1953. – Т. 5. – С. 138–157.
2. Барина С. С. Атлас водорослей – индикаторов сапробности / С. С. Барина, Л. А. Медведева. – Владивосток : Дальнаука, 1996. – 335 с.
3. Басова С. Л. Состав, распределение и продуктивность перифитона и микрофитобентоса / С. Л. Басова // Биологическая продуктивность озера Красного и условия её формирования. – Л. : Наука, 1976. – С. 104–120.
4. Верещагин Г. Ю. Происхождение и история Байкала, его фауны и флоры / Г. Ю. Верещагин // Тр. Байк. лимнол. станции. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1940. – С. 73–239.
5. Вотякова Н. Е. К методам взятия проб водорослевых обрастаний с высших водных растений / Н. Е. Вотякова // Материалы VI конф. по спорным растениям Средней Азии и Казахстана. – Алма-Ата, 1978. – С. 27–28.
6. Галкина Н. В. Продуктивность травянистой растительности дельты Верхней Ангары / Н. В. Галкина // Растительность речных экосистем Северного Прибайкалья. – Новосибирск : Наука, 1992. – С. 87–115.
7. Жадин В. И. Методика изучения донной фауны водоёмов и экологии донных беспозвоночных / В. И. Жадин // Жизнь пресных вод СССР. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1956. – Т. 4, ч. 1. – С. 279–382.
8. Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования / В. И. Жадин // – М. : Высш. шк., 1960. – 189 с.
9. Жукова А. А. Оценка значимости различных автотрофных компонентов в формировании продуктивности мезотрофного озера : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. А. Жукова. – Минск, 2007. – 22 с.
10. Иванова Е. А. Многолетняя динамика фитобентоса литоральной станции реки Енисей / Е. А. Иванова, Е. С. Кравчук, Н. Н. Сушиц // X Съезд Гидробиол. общ-ва при РАН (28 сент. – 2 окт. 2009 г.). – Владивосток, 2009. – С. 163–164.
11. Карпезо Ю. И. Сапробиологическая характеристика по фитопланктону и микрофитобентосу / Ю. И. Карпезо, О. А. Давыдов // Биоразнообразие и качество среды антропогенно изменённых гидроэкосистем Украины. – Киев : Ин-т гидробиологии РАН Украины, 2005. – С. 238–242.
12. Костикова Л. Е. Изучение перифитона Кременчугского водохранилища / Л. Е. Костикова // Укр. ботан. журн. – 1977. – Т. 34, № 4. – С. 372–378.
13. Макаревич Т. А. Вклад перифитона в суммарную первичную продукцию пресноводных экосистем (обзор) / Т. А. Макаревич // Вестн. Тюмен. ун-та. – 2005. – № 5. – С. 77–86.
14. Масса цветковых растений / Н. В. Галкина [и др.] // Экология растительности дельты реки Селенги. – Новосибирск : СО, 1981. – С. 131–164.
15. Медведева Л. А. Структурная характеристика сообществ водорослей перифитона водотоков бассейна р. Буря. (Хаб. край, Росс. Фед.) / Л. А. Медведева // Гидробиол. журн. – Киев, 2006. – № 6. – С. 22–40.
16. Медведева Л. А. Структурная организация сообществ перифитонных водорослей (на примере рек Дальнего Востока) / Л. А. Медведева // X Съезд Гидробиол. общ-ва при РАН (28 сент. – 2 окт. 2009 г.). – Владивосток, 2009. – С. 264–265.
17. Оксий О. П. Эколого-морфологическая структура микрофитобентоса / О. П. Оксий, О. А. Давыдов, Ю. И. Карпезо // Гидробиол. журн. – Киев, 2008. – № 6. – С. 15–28.
18. Оксий О. П. Оценка экологического состояния водных объектов по фитопланктону и фитобентосу (на примере укр. участка Дуная) /

О. П. Окснюк, О. А. Давыдов, Ю. И. Карпезо // Гидробиол. журн. – Киев, 2009. – № 2. – С. 3–12.

19. Рычкова М. А. Перифитон литоральной зоны Онежского озера / М. А. Рычкова // Литоральная зона Онежского озера. – Л. : Наука, 1975. – С. 123–137.

20. Санитарно-биологическая характеристика некоторых водоемов Приморского края / Л. А. Кухаренко [и др.] // Систематико-флористические исследования споровых растений Дальнего Востока. // Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1984. – С. 117–137.

21. Сысоева Е. А. Структура и динамика сообществ фитоперифитона в озёрах разного трофического статуса : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. А. Сысоева. – Минск, 2008. – 21 с.

22. Тарашук О. С. Эпифитные группировки водорослей рдеста курчавого (*Potamogeton crispus* Z.) на речном участке Каневского водохранилища / О. С. Тарашук // Гидробиол. журн. – Киев, 2006. – Т. 42, № 2. – С. 40–47.

23. Харченко Г. В. Первичная продукция фитоэпифитона в водоёмах г. Киева / Г. В. Харченко, П. Д. Клоченко, О. А. Сосновская // Гидробиол. журн. – Киев, 2008. – № 2. – С. 36–43.

24. Харченко Г. В. Сравнительная характеристика фитоэпифитона водоёмов г. Киева / Г. В. Харченко, Т. Ф. Шевченко, П. Д. Клоченко // Гидробиол. журн. – Киев, 2009. – № 3. – С. 15–23.

25. Шенников А. П. Введение в геоботанику / А. П. Шенников – Л. : ЛГУ, 1964. – 447 с.

26. Saprophilous and eury saprobic diatom taxa to organic water pollution and diatom assemblage index (DALPO) / T. Watanabe [et al.] // Diatom. 1986. – Vol. 2. – P. 23–73.

27. Watanabe T. Numerical water quality monitoring of organic pollution using diatom assemblages / T. Watanabe, K. Asai, A. Houki // Proc. 9th Diatom Symposium, 1986. – Koeltz Scientific Books, Koenigstein – 1988. – P. 123–141.

## Role of phytobenthos in coastal - estuarine waterbodies of Lake Baikal

N. E. Votyakova

Baikal Museum ISC SB RAS, Listvyanka

**Abstract.** Phytobenthos algae (microphytobenthos and settlings) from coastal and estuarine waterbodies of Lake Baikal in deltas of Upper Angara, Kitchera, Kholodnaya, Tyja, Bargusin, Selenga; Upper Angara bay, coastal waterbodies of southern Baikal and lakes near Bargusin riverchannel was studied. Structure, cenologic characters, biomass, productivity and the role of benthic algae in water ecosystems were also considered.

**Key words:** Baikal, coastal and estuarine waterbodies, phytobenthos, microphytobenthos, settling, taxonomy and geography of algae, cenosis, succession, abundance, biomass, production and destruction of organic matter.

Вотьякова Наталья Евгеньевна  
Байкальский музей Иркутского научного центра СО  
РАН  
664520, Иркутская область, пос. Листвянка,  
ул. Академическая, 1  
учёный секретарь  
тел. (3952) 45–31–46  
E-mail: bmc@isc.irk.ru

Votyakova Nataliya Evgyenevna  
Baikal Museum ISC SB RAS  
1 Akademicheskaya St., Listvyanka settl.,  
Irkutsk region, 664520  
scientific secretary  
phone: (3952) 45–31–46  
E-mail: bmc@isc.irk.ru