

ПРАВИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

ФГУ «Алтайский государственный природный заповедник»

ГОУ ВПО «Горно-Алтайский государственный университет»

Петровская Академия наук и искусств • Отделение Республики Алтай

АФ ЦСБС СО РАН «Горно-Алтайский ботанический сад»

О СОСТОЯНИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ СЕТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РЕСПУБЛИКЕ АЛТАЙ

Материалы международной научно-практической
конференции, посвященной 75-летию юбилею
Алтайского заповедника

Горно-Алтайск
2008

АЛЬГОЦЕНОЗЫ ЛИТОРАЛИ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА

Ким Г.В.

Институт Водных и экологических проблем
СО РАН, г. Барнаул

Альгоценозы литорали Телецкого озера представлены в основном водорослями, развивающимися на преобладающем в озере каменистом субстрате. Для характеристики фитоперифитона, вегетирующего на камнях, применимы понятия фитообрастания каменистого субстрата, эпилитический фитоперифитон, фитоэпилитон, литофильный фитоперифитон. Фитоэпилитон интенсивно развивается в течение года вдоль всей береговой линии, две трети которой представлены скальными, валунно-каменными грубообломочными материалами, а оставшаяся часть - конусы выноса крупных притоков — песком, гравием, гранитными валунами. Пробы фитоэпилитона были отобраны в 1998-2003 гг. с камней на глубине 0,5 и 1,5 м на участках литорали Телецкого озера в районе впадения притоков, отличающихся по гидрологическим характеристикам, а также в Камгинском, Кыгинском заливах и у п. Артыбаш (рис. 1). С одной стороны, исследованные альгоценозы развиваются в экстремальных условиях, так как урезовая зона литорали озер, песчаные мелководья, каменистая литораль отнесены к «экстремальным» для растений участкам (цит. по: Куклин, 2002). Экстремальными видами воздействия на альгоценозы литорали Телецкого озера являются волноприбойная деятельность и постоянное колебание уровня воды. Как правило, сообщества после воздействия разрушающего фактора находятся на ранних стадиях сукцессии, имеют низкую биомассу, но более высокое видовое разнообразие по сравнению с климаксовыми сообществами (Олвм. 1986). С другой стороны, изучаемые участки литорали расположены в местах впадения притоков и при переходе от волной экосистемы к наземной. граница между которыми постоянно меняет свое положение в результате колебания уровня воды. Учитывая микроскопический размер водорослей (мкм) и превышающий его на несколько порядков размер пограничной (экотональной) зоны (метры), в пределах

которой они развиваются, можно утверждать, что сообщества микроводорослей уже исключительно по принципу масштабности находятся внутри экотональной зоны и, соответственно, являются экотональными сообществами. Экотональные сообщества в отличие от сообществ, подвергающихся частому разрушению, должны обладать высокой плотностью населения и/или биомассой, интенсивностью функционирования и высоким видовым разнообразием. В результате переплетения противоположных тенденций структурно-функциональная организация фитоэпилитона экотональной зоны Телецкого озера в нестабильных условиях имеет ряд особенностей, выявление которых было целью данной работы.

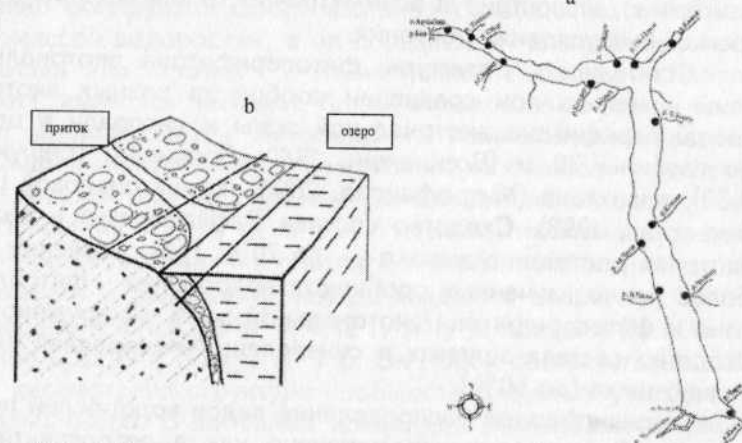


Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб фитоэпилитона на Телецком озере (а) и схематическая зона в мелководной части литорали в районе впадения притока в озеро (б). Примечание: пунктирной линией обозначены пределы колебания уровня воды озера.

В фитоэпилитоне литорали Телецкого озера до глубины 1,5 м выявлено 444 вида водорослей из 9 отделов. Основу списка составляют диатомовые (42% видового состава), синезеленые (30%) и зеленые (20%) водоросли. Из диатомовых наиболее разнообразно представлены семейства *Naviculaceae* (36 видов), *Cymbellaceae*, *Nitzschiaceae* (по 30 видов), *Fragilariaceae* (29 видов) и рода *Nitzschia* (29 видов),

Navicula (25), *Cymbella* (24 вида). Среди синезеленых водорослей более богаты видами семейства *Oscillatoriaceae* (44 видов), *Gloeocapsaceae* (13), *Synechococcaceae* (11) и рода *Oscillatoria* (20), *Gloeocapsa* (13), *Lyngbya* (11 видов). Видовое богатство зеленых водорослей формируют представители двух семейств - *Scenedesmeaceae* (21 вид), *Ulotrichaceae* (10) и род *Scenedesmus* (13 видов). Следует отметить, что в составе ведущих семейств и родов высокое ранговое положение помимо диатомовых водорослей занимают синезеленые и зеленые водоросли. Одно- и двухвидовые семейства и рода составляют 46,8 и 76,6% общего числа семейств, и родов соответственно, иллюстрируя асимметричность альгофлоры в экстремальных условиях обитания.

Особенность структуры фитоперифитона экотональной зоны отмечена при сравнении сообществ разных экотопов озера: перифитона экотональной зоны и литорали в целом до глубины 30 м (Воронихин, 1940; Порецкий, Шешукова, 1953), планктона (Митрофанова, 2000) и танатоценозов (Скабичевская, 1998). Сходство состава Bacillariophyta в разных экотопах достаточно высоко — до 70%. При сравнении наиболее полно изученных сообществ водорослей - фитопланктона и фитоперифитона экотональной зоны обнаружено, что сходство состава зеленых и синезеленых водорослей значительно ниже (до 50%).

Неравномерное распределение видов водорослей по акватории Телецкого озера отмечено как в ретроспективных материалах, так и в современных исследованиях. Наибольшее сходство состава на разных участках характерно для диатомовых водорослей. Более того, некоторые виды диатомей сформировали стабильные доминирующие комплексы, по всей акватории. В 1928-1931 годах в числе таковых отмечены *S. vaucheriae* var. *capitellata* Grun., *C. cistula* (Hemp.) Grun., *C. ventricosa* Kütz. и *A. minutissima* Kütz. (Порецкий, Шешукова; 1953), в исследуемый период — *S. vaucheriae* var. *capitellata*, *S. pulchella* var. *pulchella* (Ralfs) Kütz. et var. *lacerate* Hust., *C. cistula*, *C. ventricosa*, *D. hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grun. и *G. olivaceum* (Lyngb.) Kütz.. Синезеленые и зе-

ленные водоросли вносили существенное разнообразие в структуру фитозепилитона.

Величина биомассы водорослей по акватории озера подвержена значительным колебаниям. Так, в июле 1998 г. практически при одновременном отборе проб биомасса обрастаний на глубине 0,5 м варьировала от 0,08 до 8,55 г/м². Гетерогенность количественных показателей вдоль береговой линии и их резкие колебания во времени связаны с непредсказуемостью и разной степенью воздействия экстремальных факторов. Даже при одновременном отборе проб на разных участках озера мы можем застать альгоценозы в разном состоянии. На одном притоке и озере в месте его впадения можно обнаружить сформированное сообщество с большой биомассой водорослей, а на соседнем — альгоценозы после паволка или шторма - с очень низкой биомассой. Притоки озера, имея, как правило, более высокое содержание биогенов органического и минерального происхождения, а также привнося альгологический материал, оказывают благоприятное воздействие на развитие фитозепилитона литорали после их впадения. Так, в июле 2002 г. было отмечено, что сообщества после впадения притоков отличаются большим разнообразием и биомассой, чем до впадения: например, 28 и 15 таксонов и 424,62 г/м² и 4,42 г/м² у р. Кокши и 25 и 15 таксонов и 62,19 и 3,76 г/м² у р. Ок-Порок соответственно. Выше рассмотрена структура сообществ открытых участков литорали озера. В затишных зонах, где влияние волноприбойной деятельности не так сильно, характер водорослевых обрастаний меняется — обильного развития достигают зеленые водоросли из рода *Ulothrix*: *U. aequalis* Kütz., *U. moniliformis* Kütz., *U. tenuissima* Kütz., *U. subtilissima* Rabenh., *U. variabilis* Kütz., *Spirogyra* sp.

С увеличением глубины уменьшается гидродинамическая нагрузка на фитозепилитон и вероятность осушения при понижении уровня воды. Значения численности и биомассы при этом возрастают. Средняя биомасса на глубине 0,5 и 1,5 м в июле 1998 г. составила 3,21±2,59 и 42,6±37,04 г/м² соответственно. Но с ростом глубины уменьшается видовое разнообразие. Из 218 видов водорослей, выявленных в соответствующий период исследования, на глубине 0,5 м отмечен 151

вид, на глубине 1,5 м - 124 вида. Данную тенденцию увеличения видового разнообразия по направлению к урезу воды формируют синезеленые (49 видов и 31 вид соответственно) и зеленые (19 и 9 видов) водоросли. Видовое разнообразие диатомей с глубиной, напротив, увеличивается (76 и 82 вида).

Полиминерный комплекс, сформированный диатомовыми водорослями (*A. minutissima*, *C. ventricosa*, *S. vaucheria*, *S. pulchella*, *D. vulgare* Bory) остается стабильным от 0,5 до 1,5 м. Состав синезеленых и зеленых водорослей меняется. Ближе к урезу воды более разнообразно представлены водоросли родов *Microcystis* и *Gloeocapsa*, на 1,5-метровой глубине - *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Phormidium* (синезеленые). Из зеленых водорослей основным структурообразующим видом на глубине 0,5 м был *Ulothrix zonata* (Web. et Mohr) Kütz., устойчивый к высокой динамической нагрузке воды. На глубине 0,5 м по сравнению с 1,5-метровой глубиной разнообразнее представлены водоросли родов *Crucigenia*, *Botryosphaera*, *Scenedesmus* (Chlorophyta).

О возрастании неблагоприятных факторов среды по направлению к урезу воды свидетельствует также смена полидоминантных сообществ на монодоминантные. Так, если в экотональной зоне (0,5-1,5 м) доминируют один - два вида, то на глубине от 2-3 до 30 метров сообщества, в частности, диатомовых водорослей полидоминантны. В.С. Порецкий и В.С. Шешукова (1953) приводят до 25 доминирующих видов. Оригинальные данные о структуре сообществ на глубине ниже 1,5 м отсутствуют. Но ретроспективные литературные материалы (Воронихин, 1940; Порецкий, Шешукова, 1953) позволяют восстановить информацию об альгоценозах на глубине до 30 м. Обрастания на глубине свыше 2 метров, по-прежнему, носят диатомовый характер. Постоянное ядро бентосных комплексов составляют три вида: *Synedra vaucheriae* var. *capitellata*, *Cymbella cistula* и *C. ventricosa*. Вместе с тем встречаются отдельные нити или заросли зеленых водорослей *Tetraspora cylindrica* Ag. (1-2 м) и *Aegagropila holsatica* Kütz. (2-30 м).

Преобладающее воздействие гидродинамического фактора на развитие водорослей каменистого субстрата мелко-

водной части литорали озера способствует тому, что альгоценозы постоянно находятся на начальной стадии сукцессии. Это приводит к нивелированию других факторов воздействия и способствует тому, что практически не происходит изменение структуры фитозепилитона экотональной зоны между сезонами. Мало отличается структура сообществ в целом и доминирующего комплекса, в том числе, в разные годы (табл. 1, 2).

Следует также отметить, что доминантный комплекс сообществ экотональной зоны на протяжении вегетационного периода в 1998 и 2002 гг. был представлен 1-3 видами, подтверждая выявленную ранее монодоминантность сообществ мелководной части литорали озера. Говоря о сезонной или межгодовой динамике структуры эпилитических альгоценозов, следует иметь в виду приуроченность состояния сообществ только к гидрологической фазе реки или озера.

Для фитозепилитона мелководной части литорали Телецкого озера характерно пребывание то под водой, то на воздухе и практически

постоянно под прессом волн. В этих условиях субстрат преимущественно могут колонизировать широко распространенные, пионерные виды водорослей, которые благодаря интенсивному метаболизму, обладают высокими темпами роста и размножения, быстро колонизируют субстрат, обладая при этом рядом селективных преимуществ, позволяющих им приспособляться к меняющимся условиям среды. Как структура исследованных альгоценозов, так и измеренная функциональная активность водорослей подтверждают предположение о том, что экотональная зона, особенно на глубине 0,5 м, обладает высоким продукционным потенциалом. Так, на малой глубине преобладают мелкоклеточные формы водорослей из всех отделов, имеющие больший, по сравнению с крупноклеточными водорослями, продукционный потенциал. Для сообществ характерна высокая эффективность функционирования единицы биомассы и высокая скорость восстановления. Р/В-коэффициент варьировал в пределах 0,0001-0,51 в час, близких к интенсивности функционирования единицы биомассы ультрананопланктона в Байкале (Щур и др., 2004).

Таблица 1

Состав доминирующего комплекса (по численности) в фитозепилитоне в районе впадения р. Кокши на протяжении вегетационного сезона в разные периоды исследования

Год	Май-июнь	Июль-август	сентябрь-октябрь
1998	<i>Achnanthes minutissima</i> Kütz., <i>Synedra vaucheria</i> var. <i>capitellata</i> Grun., <i>S. ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	<i>Ulothrix zonata</i> (Web. et Mohr) Kütz., <i>Gloeocapsa magma</i> (Breb.) Kütz. emend. Hollerb., <i>Synedra pulchella</i> (Ralfs) Kütz.	<i>Ceratoneis arcus</i> (Ehr.) Kütz., <i>A. minutissima</i> , <i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.
2002		<i>U. zonata</i> (среди диатомовых наиболее многочисленны <i>S. pulchella</i> , <i>A. minutissima</i> , <i>Fragilaria bicapitata</i> A. Mayer	<i>Spirogyra</i> sp., <i>U. zonata</i> (среди диатомовых максимальная численность отмечена для <i>A. minutissima</i>)

Таблица 2

Состав доминирующего комплекса (по численности) в фитозепилитоне в районе впадения р. Малые Чили на протяжении вегетационного сезона в разные периоды исследования

Год	Май-июнь	Июль-август	сентябрь-октябрь
1998	<i>A. minutissima</i> Kütz.	<i>Microcystis pulverea</i> (H. Wood) Forti emend. Elenk., <i>Gloeocapsa alpina</i> Ndg. emend. Brand. (среди диатомовых наиболее многочисленны <i>Synedra pulchella</i> (Ralfs) Kütz., <i>A. minutissima</i> , <i>Cymbella ventricosa</i> Kütz., <i>C. arcus</i>)	<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> (Ehr.) Grun., <i>Ceratoneis arcus</i> (Ehr.) Kütz., представители р. <i>Achnanthes</i> (<i>A. minutissima</i>)
2002		<i>C. ventricosa</i> , <i>A. minutissima</i> , <i>Gloeocapsa magma</i> (Breb.) Kütz. emend. Hollerb.	<i>A. minutissima</i> , <i>D. hiemale</i> var. <i>mesodon</i> , <i>C. ventricosa</i>

Выявлена достоверная корреляция между валовой первичной продукцией и численностью клеток размером до 100 мкм³ - $k=0,66$ ($p>0,05$). Интенсивность фотосинтеза в фито-

эпилитоне тем выше, чем больше доля клеток размером до 100 мкм³. Если учесть, что численность синезеленых водорослей составляет в среднем 83 % от общей численности клеток объемом до 100 мкм³, то можно предположить, что с увеличением в альгоценозах численности мелких Суапорфита интенсивность функционирования фитоэпифитона увеличивается. Возможно, это является одной из причин того, что в олиготрофном Телецком озере присутствует экотональная зона, которую по максимальной величине валовой первичной продукции за период 2002-2003 гг. - 1,4 г O₂/м² в сутки по шкале, предложенной С.Е. Сиротским (1998) для оценки трофического статуса водотоков горного типа) можно охарактеризовать как мезотрофную. Кроме того, учитывая методические погрешности при определении первичной продукции фитозепилитона скляночным методом, следует уточнить, что, вероятно, истинное значение валовой первичной продукции фитозепилитона Телецкого озера значительно превосходит полученные значения. В целом же, величина валовой первичной продукции Телецкого озера и его притоков лежит в пределах, отмеченных для других олиготрофных водоемов и горных водотоков.

При понижении уровня воды озера под действие волн попадают условно климаксовые сообщества с «бывшей» глубины. Смывая, волны разрушают их, состав и структура становятся характерными для раннесукцессионных сообществ. Смытые же волнами хлопья водорослей попадают при движении воды в пелагиаль или сносятся вдоль берегов, создавая впечатление цветения озера. Особенно это явление заметно при падении уровня воды. Водоросли, оказавшиеся выше уреза воды, высыхают, оставляя ауксоспоры, споры. Вся береговая линия представляет собой сообщество в законсервированном состоянии. Стоит уровню воды подняться, как в короткие сроки (до 23 суток) альгоценозы восстанавливаются. Зрелости (климаксового состояния) такие альгоценозы практически не достигают, находясь на ранних стадиях сукцессии, т.к. в результате колебания уровня воды и ветроволнового воздействия сообщества водорослей подвергаются постоянному разрушению.

Преобладание на малой глубине мелкоклеточных форм водорослей из всех отделов, обладающих бóльшим, по сравнению с крупноклеточными водорослями, продукционным потенциалом позволяет охарактеризовать эту зону как более продуктивную и подтверждает определяющую роль литорали в формировании первичной продукции озера, а также значимость для этого кратковременных колебаний уровня воды и волноприбойной деятельности. В целом, экотональные альгоценозы озера адаптированы к катастрофическим воздействиям среды обитания. Ущерб заключается в том, что некоторые популяции временно снижают свою численность и биомассу.

Работа выполнена при поддержке Молодежного гранта №121.

Литература

1. Куклин А.П. Экология макрофитных водорослей Восточного Забайкалья: Автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.16.- Улан-Удэ, 2002.- 19 с.
2. Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон Телецкого озера (Горный Алтай, Россия): Автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.18. - Москва, 2000.- 21 с.
3. Одум Ю. Экология. — М.: Мир, 1986.— Т. 2.- 376 с.
4. Воронихин Н.Н. Микрофитобентос Телецкого озера и некоторых притоков // Споровые растения. - М.: Изд-во АН СССР, 1940. — Вып. 4. - С.237-245.
5. Порецкий В.С., Шешукова В.С. Диатомовые Телецкого озера и связанных с ним рек // Диатомовый сборник.- Л.: Изд-во Ленинград. гос. ун-та, 1953.- С. 107-172.
6. Сиротский С.Е. К вопросу о трофической классификации водоемов и водотоков на основании величин первичной продукции и концентрации хлорофилла «а» // Биогеохимические и гидроэкологические исследования на Дальнем Востоке. - Владивосток: ДальНаука, 1998. - С. 77-83.
7. Скабичевская Н.А. Диатомовые водоросли в донных отложениях Телецкого озера // Проблемы реконструкции климата и природной среды Голоцена и Плейстоцена Сибири.- Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии.- 1998.- С. 270-276.

8. Щур Л.А., Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Пожиленкова П.В. Первичная продукция фитопланктона различных размерных фракций / Л.А. Щур, // Общая гидробиология, 2004. — Т.40, №3. — С. 3-15.