



Серия «Науки о Земле»  
2009. Т. 2, № 2. С. 65–71

Онлайн-доступ к журналу:  
<http://isu.ru/izvestia>

---

---

ИЗВЕСТИЯ  
*Иркутского  
государственного  
университета*

---

---

УДК 579.68

## **Деструкция органического вещества в прибрежной зоне залива Посольский Сор оз. Байкал**

В. П. Гаранкина (G\_val\_82@mail.ru),  
О. П. Дагурова (dagur-ol@mail.ru)

**Аннотация.** В статье приводятся данные по деструкции органического вещества и численности бактерий-деструкторов в воде и осадках мелководного залива Посольский Сор оз. Байкал. Наибольшая величина деструкции, а также продукции, была отмечена в осенний период. В осадках деструкция в основном протекала в аэробных условиях.

**Ключевые слова:** численность микроорганизмов, аэробная деструкция, анаэробная деструкция, продукция, залив Посольский Сор, оз. Байкал.

### **Введение**

Одним из существенных компонентов биоты оз. Байкал, самого глубокого пресного озера, являются микроорганизмы. Они играют важную роль в формировании химического состава воды и осадков, а также в процессах самоочищения. Мелководные заливы отличаются своеобразием экологических условий по сравнению с участками открытого Байкала, что может предполагать особенности структуры и функционирования микробного звена. В мелководных заливах оз. Байкал распространение и активность микроорганизмов изучены слабо. В условиях антропогенного воздействия на водные экосистемы представляет интерес изучение деятельности микроорганизмов в прибрежных мелководных осадках оз. Байкал.

Объектом исследования явились вода и осадки побережья мелководного залива Посольский Сор, расположенного южнее дельты р. Селенга. Площадь залива составляет 35,6 м<sup>2</sup>. Наибольшая глубина – 5 м, преобладающая – до 3 м [1]. По величине первичной продукции, образуемой фитопланктоном, как в середине лета, так и за год, Посольский Сор относят к мезотрофному типу водоемов [2]. Постоянный приток воды, взвесей, органических и неорганических веществ в залив осуществляют такие реки, как Большая Речка, Абрамиха, Большая Култушная и Толбазиха.

Целью исследования было подсчитать численность микроорганизмов в воде и осадках, оценить процессы продукции и деструкции органического вещества в прибрежной зоне залива и сравнить с побережьем открытого Байкала.

## Методы исследования

Отбор проб производился осенью 2008 г. и летом 2009 г. Осенью пробы отбирались в двух точках: первая – у уреза воды, вторая – 2 м от берега, глубина 0,5 м. Осадки у уреза воды представлены мелкозернистым песком, в двух метрах от берега – заиленным песком. Летом отбор проб был дополнен третьей точкой – 2 м от берега, глубина 1,5 м.

Температуру воды измеряли сенсорным электротермометром Prima (Португалия), pH – портативным pH-метром (Португалия), минерализацию – кондуктометром TDS-4 (Сингапур). Определение количества углерода гидрокарбонатов осуществляли прямым титрованием. Измерение растворенного в воде кислорода проводили по методу Винклера [3].

Скорость процессов продукции и деструкции в воде определяли по методу Винберга, скорость аэробной и анаэробной деструкции в осадках – после инкубации в стеклянной колонке [3].

Общую численность микроорганизмов (ОЧМ) подсчитывали на мембранных фильтрах методом Разумова [4]. Для определения ОЧМ в осадках готовили исходную болтушку грунта. Суспензию гомогенизировали на установке УЗДН 2 мин при частоте 22 кГц для отделения адсорбированных на частицах ила бактерий. Для подсчета ОЧМ в воде – фильтровали 20 мл пробы воды на фильтровальной установке. Использовали нитроцеллюлозные фильтры «Владисарт» с размером пор 0,22 мкм, окрашенные 5 % раствором эритрозина. Подсчет бактерий проводили под микроскопом «Axio-star Plus» (ZEISS, Германия) при увеличении 1,25x10x100.

Количество сапрофитных бактерий учитывали на среде РПА:10 глубинным посевом, целлюлозоразлагающих бактерий – на среде Пфеннига. В качестве субстрата для целлюлозоразлагающих бактерий использовали стерильную полоску фильтровальной бумаги, по разложению которой судили о наличии роста бактерий [3].

Скорость разложения белка и целлюлозы изучали аппликационным методом с помощью белкового субстрата желатина фотобумаги, целлюлозы – используя фильтровальную бумагу [5].

## Результаты

Мелководность обуславливает хорошее освещение, прогрев воды и донных осадков. Температура воды при отборе в осенний период была 13 °С, летом – 24 °С. Среднее значение минерализации воды составляло 60 мг/дм<sup>3</sup>. Значения pH воды варьировали от 7,8 до 8,4. Содержание гидрокарбонатов не превышало 48,8 мг/дм<sup>3</sup>, кислород в воде варьировал от 5,4 до 10 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание органического углерода в заиленных песках составило 0,21–0,27 %. Значительную роль играет аллохтонный растительный материал и прибрежные водоросли. В осадках Селенгинского мелководья содержание углерода органического составляет 0,5–1,5 % [6]. Содержание органического углерода составляет, по литературным данным,

0,05–0,06 % сухого вещества в Боярске, 0,06–0,12 % сухого вещества в заливе Посольский Сор [7].

Общая численность бактерий в воде залива составляет 1 млн кл/мл, в осадках численность больше на два порядка (табл. 1).

По сравнению с участками открытого Байкала в осадках залива численность бактерий повышена.

Наличие большого числа бактерий-деструкторов – сапрофитов характерно для прибрежной зоны, они являются индикаторами поступления легкоокисляемого органического вещества в водоемы [8]. Максимум численности сапрофитов в сентябре наблюдался на глубине 0,5 м в придонной воде и составлял 230 тыс. кл/мл. В осадках количество сапрофитов было такого же порядка, как и в воде ( $10^5$ ), что на порядок больше по сравнению с фоновым участком. В осадках залива, отобранных в июле, количество бактерий на станции 2 в два раза превышало их количество на станции 3. Весной численность сапрофитных бактерий в пробе песка со льдом составила 200 тыс. кл/мл. Количество сапрофитных бактерий в осадках залива составило 0,1 % от общей численности микроорганизмов, в воде Посольского Сора доля сапрофитных бактерий была высока – около 10 % от общей численности. На фоновом участке содержание сапрофитных бактерий в осадках составляло около 1 %. Большая доля сапрофитных бактерий в воде залива связана с высокой скоростью разложения легкоокисляемого органического вещества, которое не успевает захорониться в осадках, и в большей степени используется водными микроорганизмами.

Численность целлюлозоразлагающих бактерий была низкой (до 10 кл/мл). Их развитие, возможно, подавляется большим количеством сапрофитов и преобладанием легкоразлагаемых субстратов. Численность аэробных групп целлюлолитиков была изучена в осадках Южного Байкала на глубине 1–2 м и составляла для илов 0–1000 кл/мл, для песка 0–475 кл/мл [6]. Высокие количества сапрофитных и низкие – целлюлозоразлагающих микроорганизмов указывают на преобладание легкоусвояемой части органического вещества.

Таблица 1

Численность бактерий в воде и осадках станции 3 залива Посольский Сор оз. Байкал (кл/мл грунта) в осенний период

Проба, горизонт	pH	t, °C	Тип воды и осадков	ОЧМ, кл/мл	Сапрофиты, кл/мл	Целлюлолитики, кл/мл
Вода						
0 м	8,0	12,7	мутная	$1,1 \times 10^6$	$1,6 \times 10^5$	до 10
0,5 м	7,9	13,1	мутная	$1,3 \times 10^6$	$2,3 \times 10^5$	до 10
Осадки						
0 м	7,0	14,2	песок, цветение	$5,5 \times 10^8$	$1,9 \times 10^5$	до 10
0,5 м	7,0	14,8	среднезернистый песок	$4,3 \times 10^8$	$2 \times 10^5$	до 10
Боярск, открытый Байкал (осадки)						
0,1 м	7,4	13	мелкозернистый песок	$6 \times 10^6$	$7 \times 10^4$	до 10
0,1 м	7,4	13	крупнозернистый песок	$4,1 \times 10^6$	$5,7 \times 10^4$	До 10

Сравнительные данные суточного разложения белка и целлюлозы станции 3 в летний период представлены в табл. 2.

Оценка активности целлюлозоразлагающих бактерий в пресных водоемах выявляет их важную роль в процессе деструкции органического вещества [9]. Из таблицы следует, что активное разложение целлюлозы наблюдалось на 21-е и 30-е сутки, разложение белка происходило относительно равномерно в течение месяца. Белок является одним из постоянных компонентов органического вещества донных осадков. Белок, как и целлюлоза, поступает в осадки при разложении растительных, животных и микробных клеток из водной толщи, а также с терригенными и речными сносами. Скорость разложения белка превышает разложение целлюлозы.

Наибольшие показатели продукции выявлены в прибрежье – месте концентрации остатков наземной растительности. Так, в июле на станции 3 этот показатель был равен  $0,011 \text{ мг С/дм}^3$  в сутки, на станции 1 –  $0,008 \text{ мг С/дм}^3$  в сутки, и был одинаков на изученных горизонтах водной толщи. Следует отметить, что продукция доминировала над деструкцией в поверхностных горизонтах, до глубины 1 м. Наибольшая величина продукции и деструкции была отмечена в осенний период. Летом же эти параметры характеризовались меньшими значениями. В придонной воде значения деструкции увеличиваются. В уресе воды продукция и деструкция протекают с одинаковой скоростью. На фоновой станции величины этих процессов были сопоставимы с таковыми в Посольском Соре (табл. 3).

В осадках Посольского Сора деструкция в основном протекает в аэробных условиях. Напротив, в глубоководных осадках оз. Байкал величины анаэробной деструкции оз. Байкал на порядок превышают значения аэробной деструкции [10]. Так, на станции 3 аэробная деструкция достигает больших значений и в осенний, и в летний периоды и составляет  $60,0\text{--}63,4 \text{ мг С/м}^2$  в сутки. Анаэробная деструкция в песках составила  $10,5 \text{ мг С/м}^2$  в сутки,  $28,5 \text{ мг С/м}^2$  в сутки в заиленных песках. Летом значения анаэробной деструкции выше, чем осенью (табл. 4).

Таблица 2

Разложение белка и целлюлозы в осадках залива Посольский Сор оз. Байкал, %

Время (сутки)	Белок, суточное разложение, %	Целлюлоза, суточное разложение, %
1	1,04	0,14
7	1,33	0,35
14	1,49	0,85
21	1,23	1,44
30	1,84	1,15
Среднее значение	$1,39 \pm 0,22$	$0,79 \pm 0,54$

Таблица 3

Продукция и деструкция в воде залива Посольский Сор в сравнении с фоновым участком оз. Байкал

Станция, глубина воды	Дата отбора	Продукция в воде, мг С/дм <sup>3</sup> в сутки	Деструкция в воде, мг С/дм <sup>3</sup> в сутки
Станция 1 (глубина 1,5 м)			
0 м	июль	0,008	0,002
	сентябрь	0,166	0,029
0,5 м	июль	0,008	0,006
	сентябрь	0,058	0,151
1 м	июль	0	0,033
1,5 м	июль	0,008	0,020
Станция 2 (глубина 0,5 м)			
0 м	июль	0,011	0,035
Станция 3 (глубина 0,1 м)			
0 м	июль	0,011	0,011
Боярск			
0,1 м	июль	0,004	0,020
	сентябрь	0,024	0,016

Таблица 4

Скорость деструкции органического вещества в осадках залива Посольский Сор оз. Байкал

Станция, глубина воды	Дата отбора	t, °С	С <sub>орг</sub> , % сух. в.	Аэробная деструкция в осадках, мг С/м <sup>2</sup> в сутки	Анаэробная деструкция в осадках, мг С/м <sup>2</sup> в сутки
Ст. 2	сентябрь	13	0,21	43,2	28,5
Ст. 3, урез воды	сентябрь	13	0,27	63,4	10,5
Ст. 3, урез воды	июль	24	0,27	60,0	48,0

В мелководном заливе Провал оз. Байкал деструкция в осадках характеризовалась такими же величинами: аэробная деструкция – до 51,8 мг С/м<sup>2</sup> в сутки, анаэробная деструкция – до 49,2 мг С/м<sup>2</sup> в сутки. Полученные данные свидетельствуют о наличии как аэробных, так и анаэробных процессов деструкции в осадках мелководных заливов оз. Байкал, что определяется условиями окружающей среды.

В Баргузинском заливе оз. Байкал значения аэробной и анаэробной деструкции сильно варьировали и зависели от типа осадка, достигая 111 мг С/м<sup>2</sup> в сутки, и 263,1 мг С/м<sup>2</sup> в сутки соответственно [7], что на порядок больше определенных нами значений.

## Выводы

Численность бактерий в мелководном заливе Посольский Сор оз. Байкал выше, чем в фоновом участке открытого Байкала. Выявлена высокая

численность сапрофитных бактерий в осадках, и особенно в воде, что характеризует преобладание легкоокисляемого органического вещества на изученных станциях.

В воде величины продукции и деструкции были соизмеримы, наибольшие значения были отмечены в осенний период. Величины этих процессов были сопоставимы с измеренными в прибрежье фоновой станции. В осадках деструкция в основном протекала в аэробных условиях. Полученные данные позволяют говорить о том, что процессы продукции и деструкции в прибрежье залива Посольский Сор сбалансированы и связаны с условиями окружающей среды.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 08-04-98018 p\_сибирь\_a, интеграционным грантом № 17. 9 «Комплексные исследования на оз. Байкал» и грантом «Фонд содействия сохранению оз. Байкал».*

#### Список литературы

1. Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала / Н. А. Флоренсов. – Новосибирск : Наука, 1977. – 312 с.
2. Винберг Г. Г. Первичная продукция водоемов / Г. Г. Винберг. – Минск, 1960. – 329 с.
3. Кузнецов С. И. Методы изучения водных микроорганизмов / С. И. Кузнецов, Г. А. Дубинина. – М. : Наука, 1989. – 288 с.
4. Разумов А. С. Методы микробиологических исследований воды / А. С. Разумов. – М. : ВОДГЕО, 1947. – 148 с.
5. Гельцер Ю. Г. Показатели биологической активности в почвенных исследованиях // Почвоведение. – 1990. – № 9. – С. 47–60.
6. Намсараев Б. Б. Микробиологические процессы круговорота углерода в донных осадках озера Байкал / Б. Б. Намсараев, Т. И. Земская. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000. – 160 с.
7. Дагурова О. П. Влияние микроорганизмов мелководных осадков озера Байкал на качество воды / О. П. Дагурова, Л. П. Козырева, Б. Б. Намсараев // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия : материалы междунар. науч. конф. (Томск, 3–7 сент. 2000). – Томск, 2000. – С 508–511.
8. Горленко М. В. Экология водных микроорганизмов / М. В. Горленко, Г. А. Дубинина, С. И. Кузнецов. – М. : Наука, 1977. – 289 с.
9. Намсараев Б. Б. Геохимическая деятельность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в донных отложениях водоемов // Успехи микробиологии. – 1992. – Вып. 25. – С. 143–162.
10. Штевнева А. И. Скорость бактериальных процессов в донных отложениях озера Байкал / А. И. Штевнева, Н. Д. Судакова // Микробиология. – 1986. – Т. 55. – № 5. – С. 839–845.

## **Destruction in Water and in Sediments of the Shallow-water Posolsky Sor Bay of Lake Baikal**

V. P. Garankina, O. P. Dagurova

**Annotation.** In article the data on organic matter destruction and number of bacteria-destructors in water and sediments in a shallow-water Posolsky Sor Bay of Lake Baikal is presented. The great values of destruction and production have been noted during the autumn period. In sediments destruction basically proceeded in aerobic conditions.

**Key words:** number of bacteria, aerobic destruction, anaerobic destruction, production, the shallow-water Posolsky Sor Bay, the Lake Baikal.

*Гаранкина Валентина Петровна  
Институт общей и экспериментальной  
биологии СО РАН  
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6  
аспирант  
тел.: (301-2) 43-49-02*

*Дагурова Ольга Павловна  
кандидат биологических наук  
Институт общей и экспериментальной  
биологии СО РАН  
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6  
старший научный сотрудник  
тел.: (301-2) 43-49-02*