

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД И САПРОПЕЛЯ ОЗЕРА ДУХОВОЕ (БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН)

Г. А. Леонова, В. А. Бобров, А. А. Богуш, С. К. Кривоногов

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск

leonova@uiggm.nsc.ru

Небольшое по размерам и неглубокое оз. Духовое расположено на восточном побережье Байкальской впадины (координаты: 53° 18' с. ш., 108° 53' в. д.). Экологические условия, характеризующие современное состояние озера (мелководность, отсутствие стратификации воды по кислороду и температуре), благоприятны для массового развития микроскопического фитопланктона, который является основным биопродуцентом органического вещества формирующегося в озере сапропеля.

В фитопланктоне оз. Духовое разнообразно представлены зеленые водоросли (*Chlorophyta* — 16 видов), сине-зеленые (*Cyanophyta* — 9 видов) и диатомовые (*Bacillariophyta* — 8 видов). Доминирующий комплекс представлен видами *Synedra berolinensis* Lemm., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simonsen, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Brebisson, *Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronberg, *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh (табл. 1).

Подобный комплекс фитопланктона (сине-зеленые и зеленые водоросли) формировал, вероятно, в мелководных палеобассейнах геологического прошлого древние водно-осадочные углеродистые породы — черные сланцы [2, 3].

На настоящий момент времени проведено геохимическое опробование 1-го лота (180 см) 7-метрового керна сапропеля оз. Духовое, пробуренного

в центральной части озера с понтона в июле 2008 г. Кроме того, выполнено датирование возраста верхних 15-ти см керна по ²¹⁰Pb и ¹³⁷Cs (Бобров В. А.). Сделаны количественные оценки скоростей осадконакопления в озере, сухой массы сапропеля, органической и минеральной его фракции с учетом плотности, влажности и зольности (табл. 2). В сравнении с оз. Очки продуктивность биомассы в оз. Духовое в 2.5 раза выше, что согласуется с мощностью поднятых кернов сапропеля — 7 м в оз. Духовое и 3.3 м — в оз. Очки [1].

Изучен микроэлементный состав 180-см керна сапропеля оз. Духовое по 44 образцам: опробование верхних 10 см проводилось с шагом 1 см, ниже до 180 см керна — с шагом 5 см (30 образцов).

Обогащенность микроэлементами фитопланктона, верхних (0—7 см) и нижних (148—180 см) горизонтов сапропеля микроэлементами относительно кларков глинистых сланцев [4] хорошо иллюстрирует график (рис. 1). Фитопланктон обогащен фосфором (биогеогенный элемент) и халькофильными («летучими») элементами — Zn, Cd, Sn, Sb, Hg, Pb, Cu, характеризующими загрязненность современной атмосферы. Биогеохимический барьер фитопланктона на границе «атмосфера/водная поверхность» фиксирует эти элементы, выпадающие в составе атмосферного аэрозоля. Сапро-

Таблица 1

Относительный вклад доминирующих видов (%) в общую биомассу фитопланктона оз. Духовое в июле 2008 г.

Фитопланктон	Долевое участие (%) в пробе
<i>Synedra berolinensis</i> Lemm.	23.5
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen	17.5
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Brebisson	16.5
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronberg	11.7
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh.	6.5
<i>Planktolyngbya contorta</i> (Lemm.) An. et Kom.	4.53
<i>Scenedesmus denticulatus</i> var. <i>disciformis</i> Hortob.	3.90
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>elongatus</i> G.M.Smith	3.05
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	2.80
<i>Merismopedia hyalina</i> (Ehrenberg) Kützing	1.64
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	1.48
<i>Synedra acus</i> Kützing	1.25

Примечание. Видовой состав фитопланктона и долевое (%) участие в пробах определен к. б. н. Е. Г. Сорокиной (ЛИН СО РАН).

Таблица 2

Оценки скоростей осадконакопления в оз. Духовое (в XX веке)

Временной интервал	Скорость накопления			
	Сапропеля, см/год	Сухой массы сапропеля, г/м ² /год	Органического в-ва, мг/см ² /год	Минерального в-ва, мг/см ² /год
1950—2008	0.2	0.018	12	6
1900—1950	0.1	0.009	6	3
1950—2008	0.14	0.013	9	4

Элементный состав планктона и сапропеля (г/т, % сухой массы) оз. Духовое
и глинистых сланцев по [4]

Водоём	оз. Духовое							
	Элемент	Фито- планктон	Горизонты сапропеля, см					
			0-7	7-17	19-46	50-100	104-144	148-180
Na, %	0.38	0.21	0.20	0.21	0.26	0.22	0.25	0.96
Mg, %	0.23	0.26	0.25	0.25	0.27	0.24	0.28	1.5
Al, %	0.28	1.77	1.80	1.82	2.07	1.74	1.48	8
K, %	0.64	0.36	0.31	0.28	0.29	0.26	0.32	2.6
Ca, %	0.88	0.86	0.81	0.57	0.68	0.59	0.99	1.6
Se	0.021	5.4	5.7	5.0	4.0	4.0	4.0	13.0
Ti, %	0.011	0.12	0.11	0.09	0.1	0.09	0.11	0.46
Cr, г/т	7.0	32	33	27	26	23	24	90
Mn, %	0.026	0.038	0.052	0.037	0.026	0.028	0.032	0.083
Fe, %	0.57	2.70	3.45	3.19	2.85	2.22	2.24	4.72
Co, г/т	0.05	11	10	9	9	7	9	19
Ni, г/т	4.8	34	34	33	31	27	30	68
Cu, г/т	11	32	32	23	20	16	16	45
Zn, г/т	112	78	58	57	68	70	80	95
As, г/т	1.1	4	4	5	5	5	4	13
Br, г/т	—	80	88	103	96	89	60	20
Rb, г/т	6.4	34	33	33	33	30	31	140
Sr, г/т	155	110	112	120	118	107	112	300
Y, г/т	1.3	14	16	15	15	11	8	26
Zr, г/т	0.1	52	56	59	77	44	44	160
Nb, г/т	0.29	2.4	2.6	2.6	2.6	2.1	2.0	11
Mo, г/т	1.56	2.1	2.6	2.5	2.8	2.8	2.8	2.6
Cd, г/т	0.3	0.37	0.17	0.09	0.08	0.10	0.13	0.3
Sn, г/т	4.3	1.0	0.7	1.0	0.9	1.1	0.52	6
Sb, г/т	0.46	3.3	3.6	1.8	1.9	1.4	1.6	1.5
Cs, г/т	0.21	1.4	1.7	1.8	1.7	3.2	1.5	5
Ba, г/т	54	202	215	237	239	205	172	580
La, г/т	2.24	15	16	18	18	13	9	32
Ce, г/т	4.97	32	35	38	37	25	17	70
Pr, г/т	0.53	4	4	4	4	3	2	8
Nd, г/т	1.76	13	14	15	14	10	7	31
Sm, г/т	0.30	2.38	2.55	2.62	2.52	1.76	1.38	5.7
Eu, г/т	0.066	0.51	0.56	0.57	0.55	0.39	0.31	1.2
Gd, г/т	0.33	2.51	2.55	2.51	2.43	1.67	1.39	5.2
Tb, г/т	0.045	0.35	0.38	0.40	0.38	0.26	0.19	0.85
Dy, г/т	0.24	1.89	1.98	2.15	2.04	1.45	1.08	4
Ho, г/т	0.047	0.39	0.41	0.44	0.41	0.29	0.21	1.04
Er, г/т	0.14	1.16	1.26	1.29	1.23	0.85	0.64	3.4
Tm, г/т	0.021	0.19	0.19	0.20	0.19	0.14	0.11	0.5
Yb, г/т	0.13	1.20	1.29	1.31	1.26	0.88	0.69	3.1
Lu, г/т	0.02	0.18	0.19	0.20	0.19	0.13	0.10	0.48
Hf, г/т	0.05	0.55	0.66	1.58	1.95	0.71	0.47	4.6
Hg, г/т	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.01
Pb, г/т	5.9	13.8	—	22.2	21.9	16.4	9.7	3.7
Th, г/т	0.54	3.78	—	7.1	6.09	4.2	2.38	12
U, г/т	2.5	14.8	—	22.2	21.9	16.4	9.7	3.7

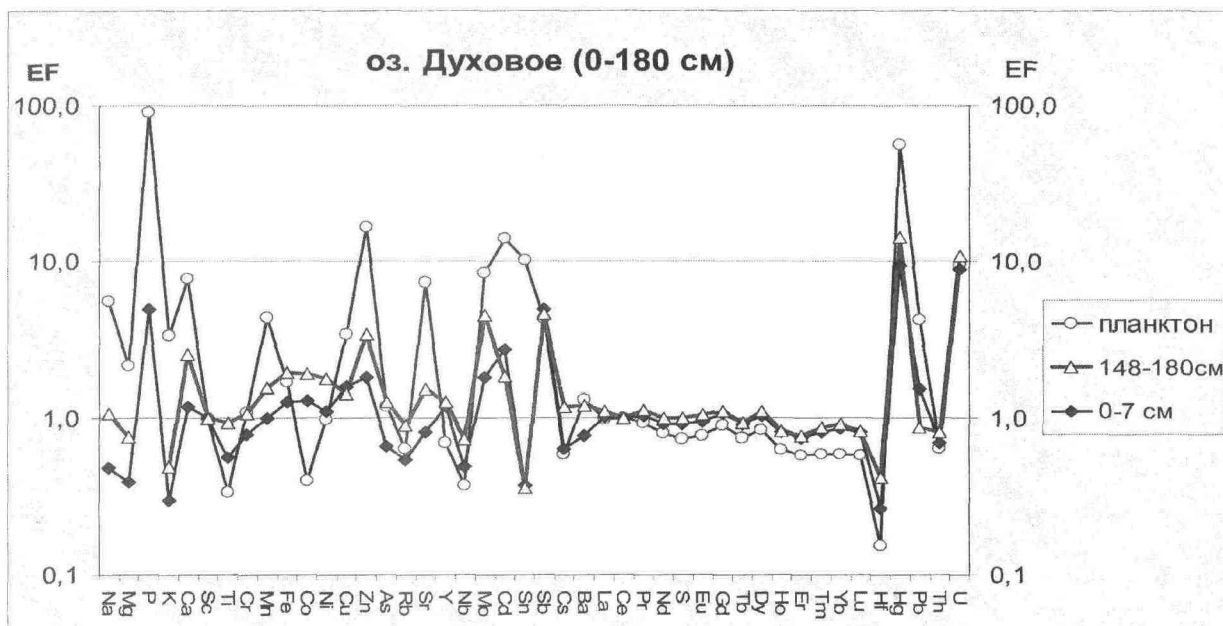


Рис. 1. Коэффициенты обогащения (EF) планктона и сапротеля оз. Духовое химическими элементами относительно кларков глинистых сланцев по [4]. Двойное нормирование проведено по Sc и кларкам глинистых сланцев

Таблица

Микроэлементный состав озерной и поровой вод оз. Духовое

Элемент	Озерная вода, мкг/мл	Поровая вода из слоев сапротеля, мкг/мл		
		2—13 см	93—103 см	153—167 см
Ca	7.2	74	69	93
Na	6.9	20.7	13.3	14.5
Mg	2.1	17.7	15.2	20.4
K	0.83	4.5	3,6	5.9
Zn	0.003	2.2	0.25	0.28
Sr	0.08	0.74	0.576	0.8
Al	0.05	1.5	0.13	0.19
Mn	0.054	0.45	1.7	1.5
Fe	0.29	0.57	0.54	1.4
Ba	0.016	0.1	0.14	0.2
Pb	0.0018	0.12	0.019	0.027
Cr	0.005	0.045	0.0039	0.0064
Cu	0.002	0.032	0.005	0.007
Ni	0.0008	0.236	0.066	0.048
Ga	0.0006	0.0007	0.00007	0.00003
Rb	0.00027	0.0042	0.0029	0.0073
Co	0.0002	0.0052	0.002	0.0023
U	0.00022	0.0022	0.0018	0.00119
Mo	0.00014	0.0006	0.00074	0.00138
Sb	0.00009	0.0010	0.00097	0.00055
Cd	0.00003	0.0067	0.00047	0.00097
Ce	0.000012	0.0130	0.003	0.0022
La	0.000009	0.0056	0.0016	0.0011
Sn	0.00001	0.0000	—	0.00032



Рис. 2. Сравнение элементного состава поверхностных и поровых вод оз. Духовое. (пор. верх — поровые воды их верхних слоев сапропеля, пор. ср — из средних, пор. низ — из нижних)

пель обогащен P, Ca, Rb, Sr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, однако в целом обогащение сапропеля этими элементами невысокое, не превышающее 2–5 кларковых уровней в глинистых сланцах (коэффициенты $EF = 2-5$). Отмечается дефицит относительно кларков для K и Mg ($EF < 1$). Коэффициенты обогащения сапропеля редкоземельными элементами близки к 1.

Исследован химический состав (основные катионы и анионы, pH, Eh, микроэлементы) поровых вод, отжатых из разных интервалов керна сапропеля оз. Духовое. В поровых водах pH изменяется от 5.58 в верхних горизонтах сапропеля (1–13 см) до 6.02 в нижних (167–180 см), Eh изменяется соответственно от +302 до +276. В табл. 4 представлен микроэлементный состав поровых вод.

Как озерная, так и поровая вода по классификации О. А. Алекина (1948) отнесена нами к гидрокарбонатному кальциевому классу вод. Сравнительный анализ элементного состава поверхностных

озерных и поровых вод показывает, что содержание всех элементов (за исключением Ga), в поровых водах выше, чем в поверхностных (рис. 2).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-05-00392.

Литература

1. Бобров В. А., Леонова Г. А., Страховенко В. Д. Формирование микроэлементного состава донного осадка планктоногенной природы в озере Очки (Байкальский биосферный заповедник) // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Материалы XV Геол. съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 263–266.
2. Неручев С. Г. Уран и жизнь в истории Земли. — Л.: Недра, 1982. 208 с.
3. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимия черных сланцев. Л.: Наука, 1988. 272 с.
4. Li Yuan-hui. Distribution patterns of the elements in the ocean: A synthesis // Geochim. Cosmochim. Acta. 1991. V. 55. P. 3223–3240.