ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРЯЧИНСКОГО ИСТОЧНИКА НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Н.А. Ангахаева

Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия, ms.angakhaeva@mail.ru

Озеро Байкал является крупнейшим хранилищем пресной воды на планете. Однако последние несколько лет в некоторых районах прибрежных зоны озера наблюдается массовое развитие водорослей. Эта проблема вызвана рядом причин как антропогенным воздействием: развитие инфраструктуры туризма у берега Байкала, вследствие чего увеличивается поступление биогенных соединений фосфора и азота в воды озера. Также изменения климата в последние десятилетия вносят свои особенности в развитие состояния воды у берегов Байкала.

На химический состав прибрежных вод оз. Байкал могут оказывать влияние термальные воды разгружающегося непосредственно у берега озера. В данной работе мы рассмотрим влияния разгрузки гидротермальных вод Горячинского ручья, впадающего в залив Байкала между мысами Тонкий и Большие Камни. Ручей берет свое начало из пруда образованного вследствие разгрузки азотно-термального источника Горячинский. Длина ручья составляет 1,8 км, расход ручья составляет 21,6 л/с. Горячинские азотные гидротермы бальнеологического курорта Горячинск Прибайкальского района Республики Бурятия, находятся на юго-восточном побережье озера Байкал, в 140 км севернее г. Улан-Удэ [2]. Район исследования и схема отбора проб воды представлены на рис 1. Расстояние отбора проб воды составлял от берега: первый ряд -1м, второй -3м, третий - 5м.

Рис. 1. Карта-схема расположения места отбора проб Горячинского ручья: 1-ручей Горячинский, 2 – песок, 3 – шифр пробы (1) – дата отбора 2018 года, (2) – ледовый период 2019, (3) – летний период 2019

Полевые исследования проводились в 2018–2020 гг. в ледовый и безледный сезоны года. На месте отбора проб воды с помощью GPS-навигатора определялись географические координаты. Температуру воды t и водородный показатель pH измеряли на глубине 1,5 м. Воду для анализа макрокомпонентного состава помещали в пластиковые бутылки. Для определения микроэлементов водой заполняли полипропиленовые контейнеры (15 мл), предварительно обработанные в лаборатории азотной кислотой 0,1N. На месте отбора проб образцы воды для отделения взвешенных веществ были профильтрованы через фильтры с размером пор 0,45 мкм и подкислены дважды перегнанной азотной кислотой 0,1N до $pH=1-2$. Анализ макрокомпонентного состава воды выполнен в сертифицированной лаборатории Гидрогеологии и геоэкологии Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ) по стандартным методикам для пресных и соленых вод. Катионы (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) определяли методами атомной абсорбции, F^- , SiO_2^- колориметрическим, HCO_3^- , CO_3^{2-} и Cl^- – титриметрическим, SO_4^{2-} – турбидиметрическим мето-

дами. Анализ содержания микроэлементов проводился в Лаборатории водной микробиологии Лимнологического института СО РАН (г. Иркутск) методом индуктивно связанной плазмы на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500 ce.

Химический состав микроэлементов в прибрежных водах озера Байкал представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1 - Макрокомпонентный состав в прибрежных водах озера Байкал (мг/л)

Шифр пробы	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ³⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	pH	M
дата опробования 25.07.2018										
У-6	156,66	14,03	0,61	1	91,53	267,50	15,25	1,84	7,1	595,8
У-7	72,10	9,02	1,82	0,24	76,27	105,20	8,51	0,79	7,4	295,3
У-8	19,25	7,01	2,43	2,36	73,22	7,24	4,25	0,22	7,7	121,0
ср. значение	82,67	10,02	1,62	1,2	80,34	126,6	9,34	0,95	7,4	337,4
13.07.2019										
ГИ-8	16,23	17,03	3,65	0,04	80,54	3,95	12,76	0,35	7,4	142,8
ГИ-15	25,52	14,83	3,40	0,17	79,32	22,04	12,06	0,2	7,5	160,5
ср. значение	20,9	15,93	3,53	0,105	79,93	13,0	12,4	0,28	7,5	151,7
10.04.2019										
ГР-9	25,37	14,03	3,04	0,12	57,97	35,75	11,35	0,63	7,1	163,2
ГР-12	13,77	12,02	3,04	0	57,97	15,48	5,67	0,31	7,0	116,7
ГР-17	9,43	12,02	2,43	0	57,97	5,28	4,96	0,19	7,3	99,6
ГР-20	9,68	10,02	2,43	0	51,87	4,92	5,32	0,15	7,3	95,3
ср. значение	14,6	12,0	2,7	0,03	56,45	15,4	6,8	0,32	7,2	118,7
(ручей Горячинский)										
ГИ-1	92,86	27,05	1,82	0,09	75,05	143,91	39,71	3,08	7,5	433,1
ГР-1	158,08	28,06	1,82	0,07	64,07	320,70	15,60	2,13	8,5	636,6
ср. значение	125,47	27,6	1,82	0,08	69,6	232,3	27,7	2,6	8,0	534,8

В таблице 1 мы видим, что в Байкале во всех пробах тип воды был гидрокарбонатно-натриевый, лишь вблизи устья ручья Горячинского в 2018 г. вода оказалась сульфатно- гидрокарбонатная натриевая на этом сказался разлив в Байкале его вод, имеющих сульфатно-натриевый состав. Концентрация химических элементов Горячинского ручья в ледовый период 2 раза выше, чем летний период. В отобранных пробах в Байкале pH (7,1–7,7) минерализация варьирует в пределах 595,8–95,3 мг/л.

Особенности макрокомпонентного состава Байкальской воды. По содержанию стронция заметно выделяется вода ручья Горячинского; однако его повышенные концентрации вследствие выщелачивания горных пород свойственны многим термальным и минеральным источникам Байкальского региона, имеющим глубинное происхождение [1]. Содержание стронция в летний период 9 раз больше чем стандарт Байкальской воды, а в ледовый период большей части пробах меньше чем стандарт. Особое значение для прогноза экологической ситуации имеют данные по содержанию солей фосфора в воде, поскольку именно это часто бывает основным лимитирующим фактором для развития планктонной альгофлоры и бентосных макрофитов. Полученные результаты выявляли, что 2018 году содержание фосфора имеет наибольшее содержание 260 мг/л. В летний период повышает содержание фосфора 3 раза, а ледовый период превышает 32 раза стандарт Байкальской воды. Содержание металлов и неметаллов Горячинского ручья выше, чем стандарт Байкальской воды, что можно связать с активной регенерацией фосфора из отмирающего обильного фитопланктона в эвтрофированном Горячинском пруде.

Все значения концентраций тяжелых металлов в прибрежных водах озера Байкал превышают стандарт Байкальской воды. Исключение составляют только мышьяк. Превышение концентрации железа в 20 раз больше чем стандарт Байкальской воды. Также ручей Горячинский превышает все содержание стандарта.

В результате исследования установлено, что несмотря на небольшой расход Горячинского термального ручья, он оказывает влияние на температуру вод, общую минерализацию и микроэлементный состав воды в прибрежной части рассматриваемого залива. В результате этого в этом заливе происходит интенсивное развитие водной растительности. Учитывая длительный засушливый период, господствующий на территории водосбора оз. Байкал, можно предпо-

лагать значимый вклад разгрузки термальных вод в формировании очагов загрязнения поверхностных вод спирогирой.

Таблица 2. Содержание редких металлов, неметаллов в прибрежных водах озера Байкал (мг/л).

Шифр пробы	Li	Rb	Cs	Sr	Ba	B	Br	P	U
дата опробования 25.07.2018									
У-8	33	11,1	3,5	560	28	43	35	260	0,118
У-9	15,3	5,3	1,47	300	20	17,3	20	147	0,42
У-10	4,1	1,32	0,21	143	13,7	<10	10	47	0,62
ср. значение	17,5	5,9	1,7	334,3	20,6	30,2	21,7	151,3	0,4
13.07.2019									
ГИ 8	2,7	0,99	0,121	120	12,8	6,2	11,8	33	0,46
ГИ 15	2	0,67	0,023	108	11,5	5	10,2	32	0,53
ср.значение	2,4	0,83	0,1	114,0	12,2	5,6	11,0	32,5	0,5
10.04.2019									
ГР-20	2,5	0,64	0,057	89	18,3	4,8	9,3	20	0,28
ГР-17	2,5	0,68	0,081	89	13,3	3,2	9,4	9,8	0,31
ГР-12	3,5	1,18	0,174	102	16,9	4,2	10,8	30	0,27
ГР-9	9,7	3,5	0,74	189	16,2	11,1	17,2	49	0,2
ср.значение	4,5	1,5	0,26	117,2	16,1	5,8	11,6	27,2	0,26
ручей Горячинский									
ГИ 1	29	10,8	3,5	550	31	36	41	230	0,067
ГР-1	33	12,2	2,9	540	33	38	40	158	0,1
ср. значение	31	11,5	3,2	545	32	37	40,5	194	0,08
<i>стандарт Байкальской воды</i>	<i>2,1</i>	<i>0,59</i>	<i>0,001</i>	<i>109</i>	<i>10</i>	<i><10</i>	<i>7,4</i>	<i>15,8</i>	<i>0,55</i>

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в прибрежных водах озера Байкал (мг/л)

Шифр пробы	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	As	Mo
дата опробования 25.07.2018									
У-8	0,89	8,4	250	1,14	10,2	16,5	0,15	0,38	3,1
У-9	0,86	10	280	1,66	13,5	18,7	0,26	0,41	2,4
У-10	1,09	10,5	189	1,09	12,7	30	0,23	0,48	1,6
ср.значение	0,95	9,63	239,67	1,30	12,13	21,73	0,21	0,42	2,37
13.07.2019									
ГИ 8	0,31	2,8	74	0,71	2,3	7,7	0,04	0,49	1,36
ГИ 15	0,42	3	101	0,47	2,5	4,7	0,028	0,49	1,32
ср. значение	0,36	2,9	87,5	0,59	2,4	6,2	0,034	0,49	1,34
10.04.2019									
ГР-20	0,63	4,7	95	1,21	4,1	16	0,09	0,17	1,68
ГР-17	0,7	5,5	94	1	4,3	21	0,15	0,2	2,2
ГР-12	0,57	12,6	89	0,98	5,8	39	0,2	0,16	1,79
ГР-9	0,62	13,9	62	0,69	3,2	26	0,13	0,18	3,6
ср. значение	0,63	9,1	85	0,97	4,35	25,5	0,14	0,17	2,31
ручей Горячинский									
ГИ 1	1,43	23	187	1,72	3,4	22	0,11	0,52	4,2
ГР-1	0,8	30	126	0,91	7	50	0,25	0,3	5,4
ср.значение	1,11	26,5	156,5	1,3	5,2	36	0,18	0,41	4,8
<i>стандарт байкальской воды</i>	<i>0,14</i>	<i>0,132</i>	<i>82</i>	<i>0,23</i>	<i>1,43</i>	<i>1,85</i>	<i>0,017</i>	<i>0,41</i>	<i>1,32</i>

Исследования выполнены по гранту РФФИ №18-45-030003\18.

Литература

1. Ломоносов И.С., Кустов Ю.И., Пиннекер Е.В. Минеральные воды Прибайкалья. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1977. 223 с.
2. Месторождение подземных вод горно-складчатых областей на примере Прибайкалья и западного Забайкалья / Под ред. Б.И. Писарский. М.: Наука, 1990. 95 с.