

УДК 550.4:556+550.47

**ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИТОКОВ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ
РЕКИ ОНОН (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)****Цыбекмитова Г.Ц., Куклин А.П.***Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита,
e-mail: gazhit@bk.ru, kap0@mail.ru*

Проведен анализ гидрохимического состояния притоков верхнего течения р. Онон, в местах подверженных добыче россыпного золота. Воды исследованных водотоков маломинерализованные, в основном гидрокарбонатно-кальциевого состава, реакция среды щелочная с pH среды выше 7,0. По ряду водотоков отмечается превышение значений ПДК в водах рыбохозяйственных водоемов по Mn, Zn, As и Pb.

Ключевые слова: гидрохимия, речные воды, макро- и микрокомпоненты**ONON RIVER UPPER CURRENT TRIBUTARIES HYDROCHEMICAL
CONDITION (ZABAYKALSKY KRAY)****Tsybekmitova G.C., Kuklin A.P.***Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of Russian Academy Science,
Chita, e-mail: gazhit@bk.ru, kap0@mail.ru*

Onon river upper current tributaries hydrochemical condition analyses in subjected to alluvial mining areas have been conducted. Investigated watercourses are mineralized. It has mainly bicarbonate-calcium composition, the reaction medium is alkaline with pH above 7.0. On a number of watercourses were exceeded limit values in the waters of fishery reservoirs of Mn, Zn, As and Pb.

Keywords: hydrochemistry, river water, macro- and microelements

Трансграничная река Онон относится к бассейну р. Амур, площадь которого является одной из крупнейших на планете (1,85 млн кв. км). Река Онон протекает по территории северо-востока Монголии и юга Забайкальского края. Истоки реки находятся на восточном склоне хребта Хэнтэй. В верхнем течении (460 км) р. Онон протекает по Хэнтэй-Чикойскому нагорью на территории Монголии. В среднем и нижнем течении низовьях уже на территории России – между Могойтуйским и Борщовочным хребтами. Площадь водосбора 96,2 тыс. км², из которых 64,6 тыс. км² приходится на территорию Забайкальского края. Общая протяженность реки 1032 км [2]. На территории России формируются главные притоки верхнего течения р. Онон (р. Агуца, р. Бальджа, р. Кыра).

В притоках реки Онон распространены россыпи золота и олова, на некоторых проводилась их добыча. Разрабатываются группы золотоносных россыпей Бальджа, Киркун, Тырино-Бырцинская [12]. Долины рек Бальжиканка, Бырца, Тырин на участках отработки месторождений заполнены отвалами горных пород. Биологическая рекультивация не проведена. В связи с отсутствием почвенного слоя в течение длительного времени отвалы не зарастают. Доступные для ветра и воды они могут быть источниками миграции загрязнений в виде растворенных и взвешенных веществ. Стационарные мо-

нитринговые наблюдения на водных объектах района разработки россыпного золота не проводятся.

Цель настоящих исследований – получить данные о физико-химических параметрах вод притоков верхнего течения р. Онон в пределах Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

В виду отсутствия на исследуемых водных объектах режимных стационарных наблюдений, нами в статье анализируются данные по разовым сямкам экспедиционных исследований, проведенных в 2011–2012 гг. на реках: Бальжиканка, Киркун, Букуун, Бырца, Дунда-Хонгорун и Тырин. Отбор проб и определение содержания азота и фосфора проводили общепринятыми в гидрохимии методами [11]. Физико-химические параметры воды (температура и pH воды, содержание O₂, минерализация) измерены в местах отбора проб с помощью прибора «АQWA-метр» (Германия). Макрокомпонентный состав вод определен атомно-адсорбционным, фотометрическим, титриметрическим методами в лабораторно-исследовательском центре по изучению минерального сырья (ОАО «ЛИЦИМС»), аккредитованной Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии № РОСС RU.0001.510387. Микрокомпонентный состав вод проведен в лаборатории Хабаровского инновационно-аналитического центра при Институте тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии (прибор Perkin-Elmer 3030 В). Оценка состояния водоема производилась по отношению к предельно допустимым концентрациям (ПДК) содержания веществ в воде рыбохозяйственных водоемов [8].

Результаты исследований и их обсуждение

Для исследованных горных и предгорных рек с питанием за счет атмосферных осадков характерны высокая скорость течения и быстрая смена вод. Поэтому воды рассматриваемых водных объектов слабоминерализованные. По общей минерализации можно разделить на водотоки с минерализацией до 0,08 г/л (реки Букукун, Киркун), с минерализацией от 0,08 до 0,25 г/л (реки Бальжиканка, Тырин, Бырца), и с минерализацией более 0,25 г/л (р. Дунда-Хонгорун). Жесткость воды карбонатная, за исключением вод р. Дунда-Хонгорун, подверженных воздействию карьерных вод рудника «Любовь». Для пресноводных рыб благоприятна мягкая и среднежесткая вода [3]. Слишком мягкая вода нежелательна для рыб из-за недостатка в ней солей кальция, магния и других элементов. Термический

режим водотоков зависит от климатических факторов, глубины и скорости течения реки. Средняя температура исследованных водотоков в июне месяце варьирует от 3,0°C до 22,0°C, а в октябре – от 1,7°C до 13,2°C. Небольшие температурные различия в водах водотоков связаны с горным характером их течения, в питании которых большую долю составляют атмосферные осадки (табл. 1).

В гидрохимическом составе вод преобладают ионы HCO_3^- и Ca^{2+} . Отличается река Дунда-Хонгорун по гидрохимической характеристике от других водотоков (сульфатно-кальциевая). Повышенное содержание сульфат-ионов и кальция обусловлено окислением сульфидных минералов в отвалах, которые в сухую погоду ветром разносятся по водосборному бассейну. В результате дождей происходит смыв с водосборной площади сульфатов в речную систему и происходит смена типа воды (табл. 2).

Таблица 1

Физико-химические параметры исследованных водотоков в 2011–2012 гг.

Водоток		Срок сбора проб	t, °C	pH	V, м/с	Жесткость, мг-экв/дм ³	M, г/л
Бальжиканка	верхнее	06.2011	3,2	7,76	0,3	0,80	0,08
		10.2011	1,7	7,44	0,5	0,80	0,08
		06.2012	3,0	7,38	0,3	1,25	0,05
	среднее	06.2011	3,1	7,34	0,1	1,20	0,12
		10.2011	5,7	7,60	0,1	1,30	0,12
		06.2012	13,5	7,71	0–0,5	0,90	0,09
	нижнее	06.2011	11,5	7,99	0–0,4	1,20	0,11
		10.2011	7,3	7,61	0–0,4	1,20	0,11
		06.2012	12,5	7,77	0–0,3	0,80	0,08
Киркун	среднее	06.2011	17,9	7,09	0–0,5	0,55	0,06
		10.2011	5,6	7,02	0–0,4	0,50	0,05
		06.2012	18,2	7,28	0–0,4	0,40	0,04
Букукун	среднее	06.2011	12,1	7,09	0–0,4	0,50	0,06
		10.2011	3,26	6,82	0–0,4	0,50	0,06
		06.2012	11,8	7,28	0–0,4	0,40	0,05
Бырца	нижнее	06.2011	18,9	8,43	0,2	1,45	0,17
		10.2011	7,0	7,87	0	2,20	0,23
		06.2012	18,5	7,90	0,2	1,80	0,21
Дунда-Хонгорун	карьер	06.2011	23,0	8,15	0	9,00	0,73
		10.2011	8,2	7,77	0	9,50	0,72
		06.2012	22,0	7,75	0	8,85	0,69
	ниже рудника Любовь	06.2011	18,2	7,90	0,1	8,65	0,69
		10.2011	13,2	8,09	0,1	8,70	0,67
		06.2012	20,7	8,07	0,1	8,45	0,66
Тырин	7 км выше с. Хапчаранга	06.2011	10,0	7,78	0–0,3	1,20	0,12
		10.2011	6,2	7,70	0–0,3	1,30	0,12
		06.2012	9,2	7,49	0–0,4	0,85	0,09
	1 км ниже с. Хапче-ранга	06.2011	19,8	7,98	0–0,2	1,45	0,14
		10.2011	11,9	7,92	0–0,3	1,30	0,12
		06.2012	19,2	4,77	0–0,4	1,00	0,10

Таблица 2

Гидрохимическая характеристика водотоков (2011–2012 гг.) (мг/л)

Водоток	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
1	2	3	4	5
Бальжи-канка	2,2 ± 0,04	0,6 ± 0,012	14,9 ± 3,16	2,6 ± 0,09
Киркун	1,7 ± 0,04	0,8 ± 0,02	7,7 ± 0,28	1,2 ± 0,12
Букукун	2,3 ± 0,66	0,8 ± 0,01	6,0 ± 0,01	2,0 ± 0,10
Бырца	14,9 ± 0,08	2,5 ± 0,02	24,0 ± 1,07	7,5 ± 0,19
Дунда-Хонгорун	18,7 ± 0,48	1,9 ± 0,07	134,9 ± 0,51	25,8 ± 0,63
Тырин	3,9 ± 0,09	1,1 ± 0,03	18,4 ± 0,47	3,7 ± 0,23
ПДК рыбохоз.	120,0	50,0	180,0	40,0

Окончание табл. 2

Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Тип воды
6	7	8	9
0,8 ± 0,12	7,2 ± 1,84	58,3 ± 7,13	Гидрокарбонатно-кальциевый
0,7 ± 0,02	4,3 ± 0,14	30,5 ± 0,91	Гидрокарбонатно-кальциевый
0,7 ± 0,01	4,7 ± 0,37	34,6 ± 0,52	Гидрокарбонатно-кальциевый
2,3 ± 0,05	15,7 ± 0,48	133,2 ± 3,08	Гидрокарбонатно-кальциевый
8,2 ± 0,36	362,5 ± 6,64	136,2 ± 4,80	Сульфатно-кальциевый
0,9 ± 0,02	14,7 ± 0,57	69,6 ± 1,35	Гидрокарбонатно-кальциевый
300,0	100,0	15,0*	

Примечание. * – ПДК для питьевой воды.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в водотоках территории исследования в июне 2011–2012 гг. (мкг/л)

Водоток	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
1	2	3	4	5	6	7
Бальжиканка	4,2 ± 0,05	7,5 ± 0,18	151,2 ± 9,42	0,11 ± 0,001	3,10 ± 0,110	3,8 ± 0,06
Киркун	1,2 ± 0,37	5,8 ± 0,19	100,5 ± 2,09	0,09 ± 0,006	1,26 ± 0,199	3,4 ± 0,32
Букукун	2,4 ± 0,32	6,1 ± 0,42	198,5 ± 17,77	0,14 ± 0,011	2,32 ± 0,223	3,5 ± 0,13
Бырца	2,2 ± 0,34	119,5 ± 1,91	633,2 ± 5,96	0,36 ± 0,003	2,09 ± 0,224	4,0 ± 0,21
Дунда-Хонгорун	2,2 ± 0,29	110,8 ± 17,65	611,0 ± 78,88	0,48 ± 0,044	2,80 ± 0,208	6,7 ± 0,53
Тырин	2,8 ± 0,40	42,6 ± 5,89	491,0 ± 60,87	0,28 ± 0,024	3,19 ± 0,307	7,8 ± 0,94
ПДК питьевых (ГН 2.1.5.1315-03)	50	100	300	100	20	100
ПДК рыбохоз.	20	10	100	10	10	1

Окончание табл. 3

Zn	As	Sr	Mo	Cd	Sn	Sb	Pb
8	9	10	11	12	13	14	15
6,2 ± 0,05	0,38 ± 0,002	133,1 ± 6,27	0,76 ± 0,014	0,05 ± 0,003	0,12 ± 0,012	0,19 ± 0,007	0,77 ± 0,011
8,8 ± 0,63	0,61 ± 0,019	43,6 ± 0,79	0,38 ± 0,004	0,14 ± 0,023	н.п.о.	0,16 ± 0,006	0,55 ± 0,082
7,8 ± 0,52	2,90 ± 0,035	32,2 ± 0,24	0,67 ± 0,012	0,33 ± 0,053	0,10 ± 0,001	0,18 ± 0,001	1,01 ± 0,128
6,6 ± 0,05	5,10 ± 0,135	248,1 ± 9,53	1,47 ± 0,105	0,02 ± 0,001	0,04 ± 0,004	0,18 ± 0,005	0,57 ± 0,021
9,8 ± 0,67	65,48 ± 11,843	1204,7 ± 125,42	2,03 ± 0,107	0,15 ± 0,027	–	0,89 ± 0,111	1,12 ± 0,102
49,1 ± 7,65	5,76 ± 0,620	137,4 ± 9,44	0,44 ± 0,017	0,32 ± 0,049	0,18 ± 0,009	0,21 ± 0,009	14,32 ± 0,511
1000	10	7000	250	1	–	5	10
10	50	400	1	5	112	–	6

Примечание. «–» нет данных; «н.п.о.» – ниже предела обнаружения метода.

Соли кальция и магния регулируют буферные свойства воды, связывают многие токсические вещества (тяжелые металлы), переводят их в нерастворимые осадки, а также положительно влияют на резистентность организма гидробионтов к некоторым болезням [6; 7].

Миграция большинства металлов в водах исследованных рек, по сравнению с сильноокислыми водами, ограничена, так как они осаждаются в форме нерастворимых гидроксидов, карбонатов и других соединений [1; 10]. Геохимическую миграцию тяжелых металлов могут определять и сульфиды, содержащиеся в качестве сопутствующих минералов в рудах. При взаимодействии с водой сульфиды способствуют формированию кислой среды. Нейтрализуют сульфиды карбонаты, которые, растворяясь, повышают значение рН до щелочных, тем самым ведут к снижению миграции тяжелых металлов. Другим фактором малой миграционной активности может служить кварцевое оруденение, при котором не происходит образования кислых вод [9].

Содержание микрокомпонентов в водотоках и водоемах исследуемой территории представлено в табл. 3. В целом, концентрации токсичных тяжелых металлов в исследованных водотоках низкие, что определяется нейтральными значениями рН, ограничивающими миграцию химических элементов вследствие образования слаборастворимых гидроксидов. Как указывается в работе [4], при разработке месторождений полезных ископаемых района исследований, концентрации металлов в дренажном стоке, вследствие щелочного геохимического барьера, будут существенно ниже, чем на месторождениях с кислыми водами. Повышенными могут быть концентрации мышьяка в силу миграции его в нейтральных средах преимущественно в виде арсената.

По Си и Fe во всех водотоках обнаружены повышенные концентрации по его рыбохозяйственному значению. Хотя в природных пресных водах концентрация меди колеблется от 2 до 30 мкг/мл. Медь относится к числу активных микроэлементов, участвующих в процессе фотосинтеза и влияющих на усвоение азота растениями [5].

В отношении загрязнения водной среды особо опасны отвалы и хвосты обогащения руд, сток с которых поступает в речную сеть, при этом даже при кратковременном контакте с ними выпадающих атмосферных осадков происходит переход метал-

лов в воду в аномальных концентрациях. В водотоках, дренирующих аллювиальные россыпи, в которых миграция химических элементов прошла на этапе формирования месторождения, содержание загрязнителей находится на уровне фона. Ультрапресные воды верхних участков хребтов обладают большой растворяющей способностью [10].

Заключение

Исследованные водотоки маломинерализованные, в основном гидрокарбонатно-кальциевого состава, реакция среды щелочная. рН среды выше 7,0 что ограничивает миграцию химических элементов и обогащение вод солями тяжелых металлов. Тем не менее, по железу и меди во всех водотоках, а по марганцу, цинку, мышьяку и свинцу – по отдельным водотокам отмечаются увеличения рыбохозяйственной ПДК.

Благодарности. Проведение работ финансировано по гранту РФФИ № 11-05-98034-р_сибирь_а.

Список литературы

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 444 с.
2. Атлас Забайкалья (Бурятский АССР и Читинская область). – М. – Иркутск: ГУГК, 1967. – 176 с.
3. Воробьев В. И. Биогеохимия и рыбоводство. – Саратов: ЛИТЕРА, 1993. – С. 312.
4. Замана Л.В., Вахнина И.Л. Техногенные ландшафты Любавинского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Труды III Всероссийского симпозиума с международным участием и IX Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана, 2010. – 168 с.
5. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 239 с.
6. Никаноров А.М. Гидрохимия. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 352 с.
7. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие для вузов, средних школ и колледжей. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Фаир-Пресс, 2005. – 736 с.
8. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектах рыбохозяйственного значения: Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/> (дата обращения: 11.03.15).
9. Отчет о научно-исследовательской работе по региональному проекту РФФИ № 11-05-98034-р_сибирь_а «Макрофитные водоросли как источники загрязнения тяжелыми металлами вод и гидробионтов» (фонды ИПРЭК СО РАН, 2012). – 120 с.
10. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М.: Астрель. – 1999. – 768 с.
11. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Гидрометеоиздат, 1977. – 540 с.
12. Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: Учебное пособие. Часть I. Книга 3. Благородные металлы. – Чита: Поиск, 2008. – С. 51.