

**СЕКЦИЯ 7. ГИДРОГЕОХИМИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ ЗЕМЛИ.
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ.**

Таблица 1

Содержание кремния в подземных водах основных гидрогеологических провинций зоны гипергенеза

| Показатель | Подземные воды провинций выщелачивания [9] | | | | Подземные воды континентального засоления [9] | Подземные воды водосбора озера Имандра |
|--------------------------------------|--|-------------------------|--------------------|-----------------------|---|--|
| | тропическо го климата | многолетней мерзлоты | горных областей | умеренного климата | | |
| Si, мг/дм ³ | 9,8 | 4,0 | 7,1 | 6,2 | 14,6 | 5,96 |
| Si/∑катионов | 0,26 | 0,14 | 0,10 | 0,07 | 0,04 | 0,31 |
| Минерализация, мг/дм ³ | 161 | 121 | 270 | 337 | 1322 | 88 |

Согласно [10], подземные воды находятся в состоянии насыщения окислами и гидроокислами железа и алюминия: гиббситом, гематитом, гетитом, диаспором, бемитом. Рассматриваемые воды не насыщены оксидами кремния (халцедон, кристобалит, кварц), происходит растворение этих минералов, чем можно объяснить накопление кремния в воде и его высокие концентрации.

Таблица 2

Соотношение катионов в подземных водах водосбора озера Имандра (Кольский полуостров)

| № | Родник | Минерализация, мг/дм ³ | Si, мг/дм ³ | Si/Ca | Si/Mg | Si/Na | Si/K | Si/∑катионов |
|------|----------------|-----------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|------|--------------|
| S-16 | «Болотный» | 61,8 | 8,37 | 1,1 | 1,9 | 2,2 | 6,2 | 0,49 |
| S-17 | «Горный» | 30,5 | 3,70 | 0,7 | 3,5 | 2,3 | 14,1 | 0,44 |
| S-18 | «Дорожный» | 37,3 | 4,52 | 0,9 | 2,2 | 1,6 | 7,3 | 0,43 |
| S-19 | «Кислая Губа» | 67 | 4,97 | 0,5 | 1,8 | 1,4 | 2,4 | 0,26 |
| S-20 | «Молодежный» | 115 | 4,10 | 0,2 | 3,1 | 0,6 | 3,5 | 0,13 |
| S-21 | «Поддорожный» | 201 | 6,23 | 0,2 | 1,5 | 0,4 | 3,1 | 0,10 |
| S-22 | «Прихобинский» | 111 | 6,22 | 0,5 | 2,9 | 0,6 | 1,2 | 0,20 |
| S-23 | «Спортивный» | 82,2 | 9,58 | 0,9 | 1,9 | 2,9 | 8,9 | 0,46 |

Таким образом, ультрапресные подземные воды района озера Имандра (Кольский полуостров) – это воды зоны интенсивного водообмена, имеющие малое время взаимодействия с горной породой. Это определяет нахождение этих вод на начальной стадии взаимодействия в системе «вода-порода». Они насыщены оксидами и гидроксидами алюминия и железа. Особенностью рассматриваемых вод является то, что кремний составляет существенную долю от суммы основных катионов – от 10 до почти 50%, что исключительно для вод столь низкой минерализации.

Литература

1. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 1: Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие и моделирование/ В.А. Алексеев [и др.]; отв. редактор тома С.Л. Шварцев; ОИГГМ СО РАН [и др.], - Изд-во СО РАН, 2005 – 244 с.
2. Евтюгина З. А., Асминг В. Э. Особенности формирования состава инфильтрационных вод в условиях аэротехногенного загрязнения // Вестник МГТУ: труды Мурманского государственного технического университета. - 2013. - Т. 16, № 1. - С. 73-80
3. Ershov V.V., Lukina N.V., Orlova M.A., Zukert N.V. Dynamics of snowmelt water composition in conifer forests exposed to airborne industrial pollution // Russian Journal of Ecology. – 2016. – V. 47. – № 1. – P. 46-52.
4. Даувальтер В.А., Даувальтер М.В., Салтан Н.В., Семенов Е.Н. Химический состав поверхностных вод в зоне влияния комбината «Североникель» // Геохимия. – 2009. – № 6. – С. 628-646.
5. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод Мурманской области в условиях функционирования горнорудных и металлургических производств // Арктика: экология и экономика. – 2015. – № 4 (20). – С. 4-13.
6. Геологическая карта Кольского региона, Апатиты, 2001.
7. Ананьев В.Н. Родники Мурманской области: справочник. — Мурманск: Книжное изд-во, 2010. – 88 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР, Том 1 Кольский полуостров / под ред. Ю. А. Елксина, В. В. Куприянова. — Л.: Гидрометеиздат, 1970.
9. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
10. Воробьева Д.А. Исследование насыщенности ультрапресных вод района озера Имандра (Кольский полуостров) вторичными минералами // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студ., аспирантов и молодых ученых. - Томск, 2017. – Т. 1 – С. 528-530

**ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА УГЛЕКИСЛЫХ
РОДНИКОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ**

Е.А. Ворожейкина

Научный руководитель доцент Гусева Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Углекислые минеральные воды – природные воды, имеющие различный ионный состав, минерализацию и температуру и содержащие не менее 500 мг/л свободной двуокиси углерода (CO₂), согласно [2].

Восточное Забайкалье является одним из лидеров в России по распространению углекислых минеральных вод. Большая часть территории Восточного Забайкалья, исключая его север, относится к Даурской гидроминеральной области. По разным оценкам в ней насчитывается около 300 источников углекислых вод. Впервые характеристику курорта Дарасун, свойств минеральной воды дал В.Я. Кокосов в статье «Дарасунские минеральные воды и грязи» (1895). Лечебное действие минеральных вод изучалось учеными Б.И. Кузник, И. Д. Боечко, В.А. Козлов, Б. А.Зайко. Первыми европейскими исследователями минеральных вод территории Забайкальского края, согласно [6], стали в XVIII в. такие путешественники, как Гмелин, Георги, Паллас. В сводке И. А. Багашева «Минеральные источники Забайкалья» [1] приведены сведения, собранные за период в 150 лет. М. А. Усов, проводя исследования на территории Хэнтэй-Даурского поднятия, связанные с поисками золота, детально описал некоторые минеральные источники. В 1931 и 1932 гг. вышли в свет работы Ю. П. Деньгина [3], в которых приведены материалы обследований источников в верховьях рек Чикой, Онон и Ингода. М. П. Михайлов и Н. И. Толстихин в работе [5] на этой же территории выделили «небольшой» (в сравнении с окружающей обширной провинцией холодных углекислых вод) район распространения акратотерм (маломинерализованных термальных вод с преобладанием азота в газовом состав. Современным исследователем углекислых родников Забайкальского края является Л.В.Замана [4].

В связи с продолжением изучения родников Забайкальского края, была поставлена *цель*- исследовать химический состав углекислых вод, особенности их распространения, выявить влияние CO₂ на основные параметры водной среды.

Гидрогеохимическое исследование родников углекислых минеральных вод Забайкальского края нами было проведено в августе 2018 года. В ходе исследования всего было опробовано 9 родников на общий химический, микрокомпонентный, газовый, изотопный состав и на различные формы серы. Наряду с пробами воды были отобраны образцы водовмещающих пород. В полевых условиях были определены температуры воды, pH, Eh, CO₂. Исследуемые углекислые воды (рис.1) расположены в Читинской области, близ г.Чита. Родники располагаются преимущественно вдоль крупных тектонических нарушений, имеющих северо-восточное направление. Нарушения в основном приурочены к бортовым частям тектонических впадин. Родники разгружаются в пределах гранитных пород палеозойского возраста.



Рис.1 Карта-схема расположения углекислых вод Забайкальского края. Родники: 1-Олентуйский, 2-Зубковщинский, 3-Адриановский(1), 4- Адриановский(2), 5- Зымка-Аршан, 6-Урульгуйский, 7-Кужуртайский, 8-Маккавеевский, 9- Молоковка.

Исследуемые родники по кислотнo-щелочным свойствам являются кислыми и слабокислыми, значения pH изменяются от 4,95 до 6,63 (табл.). Температура углекислых вод изменяется не значительно от 5 до 6.2 °С, лишь в Урульгуйском роднике, температура подземной воды достигает 10,7 °С. Что касается окислительно-восстановительного потенциала, его значения варьирует от 62 до 224 мВ. Сильно разнятся значения минерализации в углекислых водах. Наиболее солёные воды наблюдаются в родниках Маккавеевский и Зымка-Аршан, минерализация достигает 2300 мг/л. А минимальное значение солёности обнаружено в роднике Урульгинский – 181 мг/л. Среди анионов доминирующим является гидрокарбонат-ион, SO₄²⁻ и Cl⁻ не превышают 40 и 1,5 мг/л соответственно. Среди катионов преобладают Ca²⁺ и Mg²⁺, однако в некоторых случаях – ион натрия. При этом концентрации K⁺ всегда остаются низкими и не превышают 8 мг/л.

Таблица

Химический состав углекислых минеральных вод Забайкальского края

| № пробы | Название объекта | T, °C | pH | Eh, мВ | M* | CO ₂ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | SiO ₂ | F ⁻ |
|-----------|------------------|-------|------|--------|------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|
| УВ-18-4 | Олентуйский | 5.0 | 6.63 | 116 | 1268 | 2245 | 960 | 9.1 | 1.5 | 140.8 | 67.9 | 73.1 | 5.0 | 24.2 | 0.27 |
| УВ-18-5 | Зубковщинский | 5.4 | 6.38 | 105 | 857 | 2258 | 635 | 15.7 | 1.3 | 113.6 | 39.1 | 36.0 | 2.8 | 34.1 | 0.58 |
| УВ-18-6 | Адриановский | 6.2 | 5.53 | 93 | 716 | 1390 | 519 | 23.4 | 2.0 | 71.1 | 35.5 | 52.4 | 4.0 | 28.1 | 0.40 |
| УВ-18-6/2 | Адриановский | 5.0 | 5.64 | 132 | 682 | 1699 | 500 | 21.2 | 2.1 | 63.2 | 35.1 | 50.0 | 4.8 | 26.1 | 0.49 |
| УВ-18-7 | Зымка-Аршан | 5.6 | 5.88 | 76 | 2153 | 2318 | 1631 | 24.8 | 0.9 | 290.4 | 96.8 | 97.5 | 2.5 | 41.4 | 0.11 |
| УВ-18-8 | Урульгуйский | 10.7 | 4.95 | 192 | 181 | 1499 | 128 | 9.5 | 1.4 | 23.8 | 5.5 | 8.5 | 1.2 | 22.7 | 0.53 |
| УВ-18-9 | Кужуртайский | 5.9 | 5.60 | 224 | 764 | 1279 | 529 | 40.8 | 3.0 | 96.1 | 33.8 | 51.7 | 7.2 | 33.0 | 0.38 |
| УВ-18-10 | Маккавеевский | 5.2 | 6.17 | 62 | 2277 | 2672 | 1790 | 4.3 | 1.2 | 238.6 | 151.0 | 69.9 | 4.9 | 51.2 | 0.07 |
| УВ-18-11 | Молоковка | - | 6.20 | - | 1178 | 2403 | 918 | 11.5 | 1.5 | 108.0 | 89.0 | 40.6 | 3.3 | 53.1 | 0.83 |

*M – минерализация, мг/л

При анализе полученных данных, выявлен ряд особенностей Урульгинского родника. Для него характерная небольшая минерализация, более высокая температура, невысокие значения pH. Данная особенность, предположительно, может быть связана с породами, в пределах которых происходит разгрузка родника. Как упоминалось ранее, исследуемые воды разгружаются в пределах гранитных пород палеозойского возраста, за исключением Урульгинского родника, выход которого приурочен в осадочным неогеновым отложениям. Также, в ходе полевого опробования, было изучено место разгрузки исследуемого источника. Разгрузка Урульгинского родника происходит в р.Урульга в теплое время года. Периодические поднятия уровня воды в реке, ведут к заливу родника. В связи с чем, низкую минерализацию воды в роднике также можно объяснить перемешиванием родниковой и речной воды.

В ходе анализа полученных результатов, наблюдается некоторая зависимость между соленостью углекислых вод и величиной pH, а именно при увеличении значений минерализации наблюдается рост pH (рис. 2а). Такая зависимость является типичной для природных вод (Шварцев, 1998). Что касается Eh, наблюдается обратная зависимость, т.е. с ростом минерализации значение окислительно-восстановительного потенциала уменьшается (Рис. 2б).

Следует отметить, что концентрации свободного CO₂ в углекислых водах весьма высоки и изменяются от 1300 до 2700 мг/л. Кроме этого выявлено достаточно высокое содержание SiO₂, концентрация изменяется от 22,7 до 53,1 мг/л.

Соленость углекислых вод складывается из основного иона - HCO₃⁻ и катиона - Ca²⁺. Кроме этого, к одним из основных факторов, определяющих соленость вод является CO_{2(св.)}, с увеличением концентраций которого происходит и рост минерализации (рис.3), гидрокарбонат-иона и кальция. При росте значений свободной двуокиси углерода наблюдается уменьшение показателей окислительно-восстановительного потенциала. Согласно классификацией Щукарева С.А. по химическому составу воды углекислых родников Забайкальского края относятся к гидрокарбонатному магниево-кальциевому типу, в единичных случаях к HCO₃-Ca и HCO₃-Na-Mg-Ca.



Рис. 2 Зависимость pH (а) и Eh (б) углекислых вод от их минерализации.

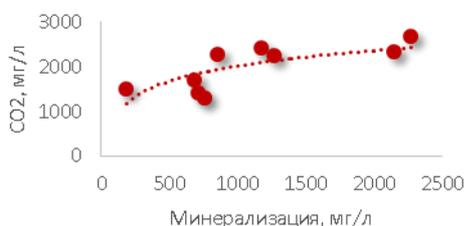


Рис.3 Соотношение минерализации к концентрации CO₂ в углекислых водах Забайкальского края

Из вышеизложенного следует, что углекислые воды родников Забайкальского края являются холодными, как ультрапресными, так и слабосоленоватыми, имеют высокие концентрации углекислоты и повышенные концентрации SiO₂. Родник Урульгинский отличается в большей степени по химическим показателям от других исследуемых родников, в связи с условиями формирования и распространения. Также выявлены зависимости между основными параметрами водной среды и концентрацией CO₂ в исследуемых углекислых подземных водах.

Работа проводилась в рамках гранта РФФ № 17-17-01158.

Литература

1. Багашев И. А. Минеральные источники Забайкалья: Приложение к Запискам Читинского отделения Приамурского отдела Российского географического общества. — М.: изд. М. Д. Бутина, 1905. — 159 с
2. ГОСТ 13273-88 Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые.
3. Денъгин Ю. П. Минеральные источники Центрального Забайкалья (верховья рек Чикой, Онон, Ингода): Труды Всесоюз. геол.-развед. объединения. — М.; Л.: Госгеолтехиздат, 1932. — Вып. 184. — 43 с.
4. Замана Л. В. Физико-химические характеристики азотных термальных источников бассейна р. Кыра (Юго-Восточное Забайкалье) / Л. В. Замана, Ш. А. Аскарлов // Ученые записки ЗабГГПУ им. Н. Г. Чернышевского. — 2011. — № 1. — С. 173–178.
5. Михайлов М. П., Толстихин Н. И. Минеральные источники и грязевые озера Восточной Сибири, их гидрогеология, бальнеохимия и курортологическое значение: Материалы по геологии и полезным ископаемым Восточной Сибири. — Иркутск: Вост.-Сиб. геол. управление, 1946. — Вып. 21. — 91 с
6. Оргильянов А. И. Минеральные воды проектируемой трансграничной особо охраняемой природной территории «Истоки Амура» / А. И. Оргильянов, Е. Э. Малков, Б. И. Писарский // География и природные ресурсы. — 2011. — № 2. — С. 46–54.