

Геохимическая подвижность химических элементов в озерах Гусиноозерской впадины

© С. С. Санжанова, З. И. Хажеева

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия. E-mail: Sanzhanova7@rambler.ru

В работе приведены результаты исследований химического состава воды озер Гусиноозёрской впадины. Проведен анализ миграции химических элементов в системе вода–почва.

Ключевые слова: пресные и сульфатные озера; взаимодействие вода–порода; концентрирование микроэлементов.

Geochemical mobility of chemical elements in the lakes of the Gusinoozerskaya depression

S. S. Sanzhanova, Z. I. Khazheeva

Geological Institute, SB RAS, Ulan-Ude, Russia. E-mail: Sanzhanova7@rambler.ru

The results of investigations of the chemical composition of water of the lakes of the Gusinoozersk depression are presented. The migration of chemical elements in the water-soil system is analyzed.

Keywords: fresh and soda lakes; water–rock interaction; concentration of microelements.

Объектами исследования настоящей работы являются озёра гусино-убукунской группы. Название дано по двум главным водоемам — оз. Гусиное и р. Убукун. Основой для такого объединения послужило расположение их в пределах Гусиноозёрской межгорной тектонической впадины мезозойского возраста, ограниченной на северо-западе Хамбинским, а на юго-востоке Моностойким хребтами. Морфометрические характеристики исследованных озер приведены в табл. 1.

Таблица 1

Морфометрические характеристики исследованных озер Гусиноозерской впадины

Озеро	H , м	Глубина, м	S_0
Белое	525	1-2	0,7
Сульфатное	650	До 2	0,76
Гусиное	549,5	20-25	164
Щучье	651	22-23	4,6

Примечание. H — абсолютные высоты, S_0 — площадь водного зеркала озер, км².

Гусиноозёрская котловина сложена породами различного возраста и генезиса. Изверженные породы представлены преимущественно гранитами (палеозой-мезозойский возраст) и эффузивами триаса и верхнего палеозоя. Среди метаморфических наиболее распространены гнейсы и кварциты докембрийского возраста, среди осадочных — континентальные отложения юрско-мелового возраста, а также рыхлые четвертичные образования [1]. Котловины всех озер заполнены континентальными осадками. В их составе принимают участие различные породы — от крупно-галечных конгломератов и разнотернистых песчаников до алевролитов и углей [2, 3].

Все озера гусино-убукунской группы находятся в идентичных климатических условиях. Резко континентальный климат озерной котловины характеризуется отрицательными показателями среднегодовых температур (-2, -3°C), коротким периодом безморозных дней (95–100), сравнительно небольшими горными осадками (200–300 мм), 50% которых приходится на июль-август и лишь 15% — на холодный период года. Из-за сильных морозов зимой (отрицательная среднемесячная температура воздуха сохраняется в течение 6 мес.) отмечается короткий безледный период, озера промерзают на значительную глубину (до 1,2–1,4 м) [4].

Озера, расположенные в Гусиноозерской впадине, по концентрации солей отличаются широкой вариабельностью — от пресных с количеством 0,31–0,44 г/л до солёных озер с минерализацией 7,1–18,2 г/л. Максимальная концентрация солей отмечена в оз. Сульфатное (табл. 2). Геохимическая среда характеризуется значениями рН от 6,5 до 9,1, воды околонеутральные, слабощелочные и щелочные. Общая жесткость изменяется в широких пределах — от 1,3 до 38,5 мг-экв/дм³. Минимальные значения жесткости 1,3–1,9 характерны для озер Гусиное и Щучье, максимальные — 22–38,5 мг-экв/дм³ для Сульфатное и Белое.

Химический состав воды исследованных озер

Параметры	Ед. изм.	Белое	Сульфатное	Гусиное	Щучье
SO ₄ ²⁻	мг/л	3350	6453.9	32.0	17.8
HCO ₃ ³⁻	-//-	1251	1617.0	183	195
CO ₃ ⁻	-//-	-	210.04	-	-
Cl ⁻	-//-	347	2765.7	13.8	9.93
Na ⁺ +K	-//-	1560	4764.4	34.4	60.9
Ca ²⁺	-//-	16.0	36.07	26.1	13.0
Mg ²⁺	-//-	458	432.35	15.8	7.90
F ⁻	-//-	2.6	5.1	2.1	1.74
SiO ₂	-//-	15.7	2.19	3.0	14.1
NO ₃ ³⁻	-//-	1.6	3.19	10.4	0.9
ПО	-//-	24.0	25.53	3.31	4.31
TDS	г/л	6.98	16.28	0.3	0.3

Концентрации микрокомпонентов варьируют в широких пределах. В воде оз. Гусиное содержание большинства микроэлементов различаются на один-два порядка. Максимальные концентрации в пределах $n \cdot 100$ наблюдаются для Sr, содержания в пределах одного порядка $n \cdot 10$ отмечаются для Li, B, Al, Mo, Ba, в пределах n – $n \cdot 0,1$ мкг/л — для P, V, Fe, Cu, Zn, As, Rb, U, Cr, Mn, Ni, Se, Sb, W, Pb. Остальные проанализированные элементы присутствуют в количествах, не превышающих $n \cdot 0,01$ мкг/л. Аналогичные содержания отмечены в воде оз. Щучье.

В воде оз. Сульфатное и Белое содержания микроэлементов различаются на 4–5 порядков. Максимальные значения в пределах $n \cdot 1000$ – $n \cdot 100$ мкг/л характерны для Sr, Li, B, P, содержания Fe, Ba составляют десятки мкг/л. В отличие от других озер, в оз. Сульфатное содержания As, Mo, Sb, U возрастают до $n \cdot 10$ мкг/л. Содержания в пределах n – $n \cdot 0,1$ мкг/л характерны для Ti, V, Cr, Co, Se, Rb, Y, Zr, Sn, Sb, Hf, W, Pb, Th, La, Ce, Pr, Nd. Содержания остальных проанализированных элементов не превышают $n \cdot 0,01$ мкг/л.

В целом, содержания большинства проанализированных микроэлементов обнаруживают тенденцию к увеличению концентрации с ростом общего количества растворённых солей. Наиболее четкая корреляция между минерализацией и концентрацией элемента в воде озер характерна для Li, B, Ti, V, As, Rb, Sr, Zr, Sb, Pb, U, La, Ce, Pr, Nd с коэффициентом корреляции 0,72–0,86. Окислительные условия и щелочная среда способствуют их миграции в водной среде солёных озер. Элементы, на миграцию которых влияют процессы гидролиза, соосаждения и сорбции в данной геохимической обстановке Al, Mn, Ni, Cu, Ga, Cd, наоборот, уменьшают концентрацию с ростом минерализации воды.

Сопоставление концентраций микроэлементов в воде оз. Сульфатное и Гусиное обнаруживает существенное обогащение микроэлементами воды оз. Сульфатное. Наибольшая степень концентрирования в воде оз. Сульфатное характерна для элементов Zr, Ti, Li, Hf, Nb. Существенное повышение концентрации перечисленных литогенных элементов, характерных региональному геологическому строению, связано с выветриванием горных пород и концентрируются в водном растворе на стадии взаимодействия как естественного этапа эволюции системы вода-горная порода [5].

Для оценки интенсивности миграции был рассчитан коэффициент геохимической подвижности по [6]: $K_n = m_x \cdot 100 / a \cdot n$, где m_x — содержание элемента в воде (г/л), a — сумма минеральных веществ, растворенных в воде (г/л), n — содержание элемента в почве (%) [7].

Из приведенных данных видно, что в изученных озерах больше всех тенденцию к накоплению в воде имеет натрий, причём с ростом минерализации его подвижность увеличивается. В пресных озерах по результатам расчета процессы перераспределения больше способствуют концентрированию в воде Ca, Sr, B, Mn, Zn, Cu, Al, Zr. Вместе с тем, экспериментальные данные показывают, что концентрации Li, B, Sr в воде сульфатных озёр на один-два порядка больше, чем в пресных озерах. Полученные коэффициенты геохимической подвижности соответствуют литературным данным по перераспределению Al, Mn, Zn, Cu в системе вода-донные отложения озер.

Таблица 3

Коэффициент геохимической подвижности химических элементов в озерах Гусиноозерской впадины

Элемент	Белое	Сульфатное	Гусиное	Щучье
Na	42.17	59.49	38.77	36.721
K	0.29	0.35	0.97	0.67
Mg	10.34	4.05	8.33	7.283
Ca	0.15	0.16	8.00	6.461
Sr	2.47	0.74	10.34	7.12
P	0.0005	0.031	0.0213	0.018
Ti	8.78E-05	7.5E-05	5.8E-05	5.2E-05
Zr	0.0011	0.0015	0.0002	0.0002
Li	3.10	3.07	3.55	3.31
B	7.26	3.93	23.65	20.42
Mn	2.5E-05	8.6E-06	0.0037	0.0017
Al	1.10E-05	4.8E-06	0.0007	0.0006
Fe	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
Zn	0.0049	0.0020	0.36	0.28
Cu	0.036	0.0028	0.71	0.68

Литература

1. Колдышева Р. Я. Многолетнемерзлые породы // Гидрогеология СССР. Т. XXII. Бурятская АССР. М.: Недра, 1970. С. 67.
2. Очиров Ц. О. Геология Гусино-Иволгинской части Бурятии. Улан-Удэ, 1964. 156 с.
3. Лунина О. В., Гладков А. С. Разломно-блоковое строение и напряженное состояние земной коры Гусиноозерской впадины и прилегающей территории (Западное Забайкалье) // Геотектоника. 2009. № 1. С.78.
4. Мельничук Н. Л. Физико-географические условия // Гидрология СССР. Т. XXII. Бурятская АССР. М.: Недра, 1970. С. 18.
5. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: Т.2.: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза / С. Л. Шварцев [и др.]. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 389 с.
6. Шварцев С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра, 1998. 366 с.
7. Справочник по геохимии / Под ред. Г. В. Войткевич [и др.]. М.: Недра, 1990. 480 с.

Санжанова Сэсэг Сергеевна, кандидат технических наук, младший научный сотрудник Геологического института СО РАН, г. Улан-Удэ.