

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАКЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО УЗЛА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Олеся Евгеньевна Лепокурова

Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией гидрогеохимии и геоэкологии, тел. (382)249-21-63, e-mail: LepokurovaOY@ipgg.sbras.ru

Ирина Сергеевна Иванова

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, 163000, Россия, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 23, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории пресноводных и морских экосистем, тел. (913)888-69-69, e-mail: IvanovaIS_1986@mail.ru

В статье приведены результаты изучения химического состава, в том числе микрокомпонентного, подземных вод района Бакчарского железорудного узла, а также результаты расчета равновесий в системе вода-порода. Показана вертикальная изменчивость данных параметров в зависимости от положения рудной залежи.

Ключевые слова: железо, подземные воды, система вода – порода – руда, Бакчарское месторождение, Западная Сибирь.

GEOCHEMICAL FEATURES OF GROUND WATERS OF THE BAKCHAR IRON ORE DEPOSIT (TOMSK REGION)

Olesya E. Lepokurova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Tomsk branch, 634055, Russia, Tomsk, Akademicheskyy Prospect 4, Ph. D., Head of the Laboratory of hydrogeochemistry and geoecology, tel. (383)363-80-36, e-mail: LepokurovaOY@ipgg.sbras.ru

Irina S. Ivanova

Institute of Ecological Problems of the North UB RAS, 163000, Russia, Arkhangelsk, Nab. Severnoi Dviny 23, Ph. D., Researcher of the Laboratory of freshwater and marine ecosystems, tel. (913)888-69-69, e-mail: IvanovaIS_1986@mail.ru

In article results the study of the chemical composition, including trace elements, of ground waters of area of the Bakchar iron ore deposit, as well as the results of calculation of equilibria in the water-rock system. Showed a vertical variability of these parameters depending on the position of the ore deposit.

Key words: iron, ground waters, system water-rock-ore, Bakchar deposit, Western Siberia.

В Западной Сибири сформирован крупнейший железорудный бассейн осадочных руд, представленный пластовыми телами в различных мел-палеогеновых отложениях на глубинах 150-200 м и глубже. Самое крупнейшее проявление железной руды в России и мире – Бакчарское, расположенное в 200 км к северо-западу от г. Томска. Разведанные запасы железной руды оцениваются

в 28,7 млрд. тонн. Прогнозные запасы руды оцениваются в 110 млрд. т., что в 2 раза превышает известные запасы в стране. Поскольку авторы на протяжении нескольких лет занимаются проблемой формирования железосодержащих вод в регионе [1-3], наибольший интерес вызывает условия формирования подземных вод в районе данного рудопроявления. Целью работы было изучение связи рудопроявления и состава подземных вод.

Объектом исследований являются подземные воды, циркулирующие в основном выше рудной залежи до глубин 200 м, и лишь по одной скважине можем оценить состав подземных вод ниже рудной залежи (380 м). К сожалению, подземные воды непосредственно рудоносных горизонтов не изучены. Всего на территории было отобрано и проанализировано 29 проб подземных вод из 23 скважин (рис. 1).

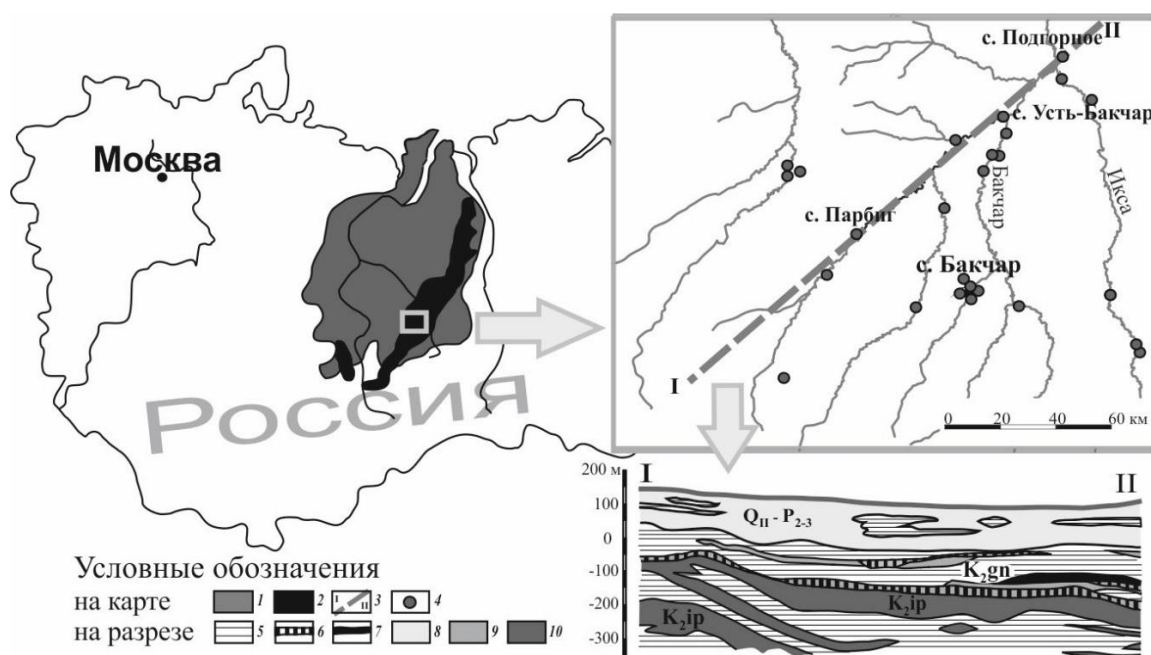


Рис. 1. Схема расположения и схематичный геолого-гидрогеохимический разрез Бакчарского железорудного узла (составлен на основе [4]):

1 – границы Западно-Сибирского артезианского бассейна; 2 – Западно-Сибирский бассейн оолитовых железных руд; 3 – линия геологического разреза; 4 – опробованные скважины; 5 – глинистые практически неводоносные породы; 6 – песчаники ожелезненные ($Fe = 20 - 30 \%$); 7 – железные руды ($Fe = 30-45 \%$); (8-10) – площади распространения вод с минерализацией (в г/л) различного ионно-солевого состава: 8 – до 0,7 (HCO_3-Ca и $HCO_3-Ca-Mg$ pH 6,8-7,8); 9 – 0,6-1,2 (HCO_3-Ca и HCO_3-Na pH 6,8-8,6); 10 – $> 2,5$ ($Cl-HCO_3^-Na$ и $Cl-Na$ pH > 8)

Гидрогеологический разрез региона характеризуется сильно обводненными отложениями (рис. 1). Рудные горизонты также относятся к водоносным, хотя перемежаются с горизонтами глауконит-лептохлоритовых глинистых руд, весьма слабо водопроницаемых, и с глинами морского происхождения. Первые от поверхности три водоносных горизонта – песчаные отложения четвертичного и палеогенного возраста ($Q_{II}-P_{2-3}$). Четвертый водоносный горизонт приурочен к отложениям ганькинской свиты ($K_2 gn$), образован обводненными пес-

ками мощностью до 25-30 м. Данный водоносный горизонт не имеет разделяющего водоупора и переходит непосредственно в железорудную толщу. В основании гидрогеологического разреза, под рудной толщей, залегает пятый водоносный горизонт, приуроченный к отложениям песков нижней части ипатовской свиты (K_{2ip}). Воды всех горизонтов напорные, что говорит о наличии отдаленной, но, вероятно, единой области питания.

Подземные воды четвертичных и палеогеновых отложений являются пресными (минерализация от 0,4 до 0,7 г/л, в среднем 620 мг/л), нейтральными и слабощелочными (рН 6,8-7,8), гидрокарбонатными кальциевыми и кальциево-магниевыми. Воды содержат повышенные и высокие концентрации ионов Fe – до 10 мг/л, в среднем 4,5 мг/л, однако не самые высокие в регионе (до 40 мг/л). Также в повышенных концентрациях относительно среднего для зоны гипергенеза [5] содержится Mn (до 0,5 мг/л), Si (до 14 мг/л), органические вещества (Сорг до 5,5 мг/л), из микрокомпонентов – As (до 9,6 мкг/л), P (до 0,7 мг/л), Sr (до 0,9 мг/л), Ba (до 0,2 мг/л) [6]. При этом данные содержания являются фоновыми для подземных вод юга Западной Сибири.

Таблица

Химический состав подземных вод территории Бакcharского железорудного узла

Компонент	Ед. изм.	выше рудной залежи				ниже	
		$Q_{II\text{тб}} - P_{3\text{лб}}, P_{3\text{нмб}}$ $P_{2-3\text{jur}}$		K_{2gn}		K_{2ip}	
		Пределы содержаний	Среднее	Пределы содержания	Среднее	Пределы содержания	
Глубина	м	20-160	94	130-210	160	380	
Eh	мВ	(-17)-193	69	-150-(-14)	-63	-109-(-100)	
рН	–	6,8-7,8	7,3	6,9-8,6	7,5	8-8,1	
Минерализация	мг/л	410-740	621	594-1168	870	2427-2652	
HCO_3^-		305-549	455	359-817	580	359-402	
SO_4^{2-}		0,1-3,2	1,3	0,1-11,3	4,2	0,1	
Cl^-		0,6-35,5	4,5	1,7-138	52	1189-1267	
Ca^{2+}		82-126	103	2-138	89	46	
Mg^{2+}		8-32	20	1-40	23	21-25	
Na^+		6-31	17	43-225	107	800-900	
K^+		0,7-1,7	1,2	1,0-2,7	1,0	6,0-7,8	
$\text{Fe}_{\text{общ}}$		0,2-9,8	4,5	0,3-10,3	3,7	0,4-0,5	
Fe^{2+}		0,1-9,3	3,5	0,2-9,8	3,3	0,4-0,5	
Si^{4+}		8,1-16,0	11,6	4,0-15,0	9,6	5,5-7,5	
Mn^{2+}		0,13-0,49	0,28	0,10-0,65	0,29	0,04	
Сорг		мг/л	2,1-5,4	3,9	1,0-5,3	3,5	3,4
P			0,51-0,67*	–	0,61 *	–	0,68*
Ba		0,19-0,22*	–	0,28*	–	0,20*	
Sr		0,83-0,94*	–	1,03*	–	1,32*	
As	Мкг/л	4,0-9,6*	–	0,8*	–	23,9*	
B		114-139*	–	108*	–	2331*	
Количество анализов	шт.	18 (2*)		9 (1*)		2 (1*)	

В меловых отложениях ганьковской свиты воды уже с более повышенной минерализацией (0,6-1,2 г/л) и щелочностью (рН 6,8-8,6). Наблюдается смена состава от гидрокарбонатных кальциевых до гидрокарбонатных натриевых (содовых). Появляется в повышенных содержаниях ион хлора (до 138 мг/л), иногда встречается сульфат-ион (до 11 мг/л). Концентрации Fe в водах немного уменьшаются до 3,7 мг/л, как и Si и Сорг. Содержания марганца и других микрокомпонентов остаются на том же уровне.

Ниже рудной залежи в отложениях ипатовской свиты по данным двух проб, отобранных в разные года из одной скважины, воды еще более минерализованы (2,5 г/л), щелочные, по составу уже хлоридные натриевые. Значительно уменьшается в водах HCO_3^- , Ca^{2+} , Fe (до 0,5 мг/л), Mn (до 0,04 мг/л), Si (до 5–7 мг/л). Из микрокомпонентов значительно увеличивается концентрация As и В (в 20 раз).

Таким образом, при просачивании вод через песчаные горизонты с глубиной увеличивается щелочность (за счет $(\text{OH})^-$, образующейся при гидролизе алюмосиликатов, так как H^+ уходит в глины) и минерализация (за счет сначала HCO_3^- и Ca^{2+} , затем Cl^- и Na^+). При этом ниже рудной залежи в водах резко уменьшаются концентрации Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Si (рис. 2), что может указывать на их выпадение из вод во вторичные отложения.

Проведенные термодинамические расчеты равновесий в системе вода-порода с помощью программного комплекса HydroGeo [7] подтвердили предположение. Данный ПК базируется на методе констант равновесий. В систему вводятся результаты химического анализа воды, включая

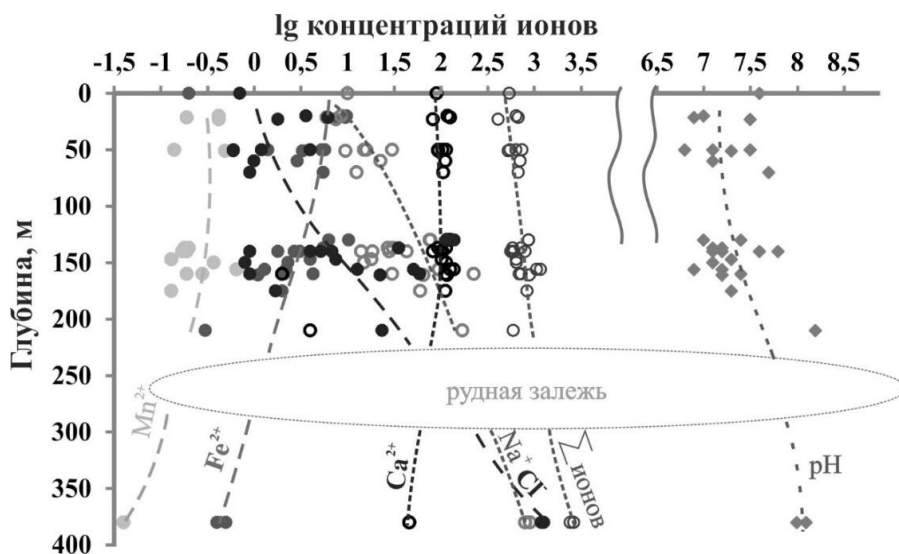


Рис. 2. Изменения с глубиной некоторых компонентов водного раствора

концентрации органических веществ, а также температура, Eh и рН раствора. Детально исследования приведены в работах [3].

Подземные воды верхних отложений (четвертичных и палеогеновых) наиболее недонасыщены относительно исходных алюмосиликатных минералов (ПШ, пироксены, эпидот, роговые обманки и т. д.) благодаря низким значениям общей минерализации и рН. Следовательно, в этих условиях данные минералы неустойчивы и активно растворяются, выступая источником Ca, Mg, Na, Fe, K, Si, Al и других элементов. Часть элементов сразу уходит из раствора во вторичные отложения: окислы и гидроокислы (Fe, Mn и Al), глины (каолинит

и различные монтмориллониты, кроме калиевых), карбонаты (родохрозит, кальцит, сидерит, доломит), которые в этих условиях не растворяются, а образуются, что мы и наблюдаем (см. выше).

Воды меловых отложений более щелочные и минерализованы, но все еще крайне недонасыщены относительно эндогенных минералов. Однако еще более насыщены к вторичным алюмосиликатам (появляется иллит, Fe-сепиолит, дафнит, Mg-хлорит) и карбонатам (появляется магнезит). Иначе говоря, формируется тот набор вторичных минералов, который мы и наблюдаем на месторождении во вмещающих, в том числе и рудных, отложениях.

В соответствии с развиваемой С.Л. Шварцевым [8] концепцией такие осадочные месторождения формируются не на дне морского бассейна [9], а непосредственно в пласте под действием инфильтрационных вод в условиях определенного водообмена и геологически длительного взаимодействия воды с песками, сформировавшимися на морском дне. Пока имеющиеся гидрогеохимические данные хорошо укладываются в такую концепцию, но требуется более детальное изучение.

Авторы благодарят за научные консультации д.г.-м.н., профессора Шварцева Степана Львовича.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №16-05-00155_а, №16-05-0002-мол_а и №16-35-50103-мол_нр.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванова И.С., Лепокурова О.Е., Покровский О.С., Шварцев С.Л. Железосодержащие подземные воды верхней гидродинамической зоны центральной части Западно-Сибирского артезианского бассейна // Водные ресурсы. - 2014. - Т. 41. - № 2. - С. 164-179.
2. Лепокурова О.Е., Иванова И.С. Геохимия подземных вод района Бакчарского железорудного месторождения (Томская область) // Вестник Томского государственного университета. - 2011. - № 353. - С. 212-216.
3. Лепокурова О.Е., Иванова И.С. Равновесия подземных вод района Бакчарского железорудного месторождения (Томская область) с минералами вмещающих пород // Материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». - Владивосток: Изд-во Дальнаука. - С. 106-109.
4. Николаева И.В. Бакчарское месторождение оолитовых железных руд. - Новосибирск: Наука, 1967. - 130 с.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. - М.: Недра, 1998. - 366 с.
6. Иванова И.С., Лепокурова О.Е. Особенности микроэлементного состава подземных вод территории Бакчарского железорудного узла (Томская область) // Вестник Томского государственного университета. - 2015. - № 398. - С. 224-232.
7. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия Томского политехнического университета. - 2002. - Т. 305. - № 6. - С. 348-365.
8. Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А. и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т. 2. Система вода-порода в зоне гипергенеза. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. - 389 с.
9. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. II. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - 575 с.

© О. Е. Лепокурова, И. С. Иванова, 2016