

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАССОЛОВ МЕЗОЗОЙСКОГО ВОЗРАСТА НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассмотрены основные закономерности формирования и размещения надсолевых хлоридных рассолов мезозойского возраста Прикаспийской впадины и юго-восточного склона Воронежской антеклизы. Исследован химический состав рассолов. Проанализированы результаты ионно-солевого состава рассолов их минерализации и содержание биологически активных компонентов. Представлена характеристика основных геохимических и генетических типов рассолов, рассмотрен их генезис. Выявлена вертикальная зональность изменения минерализации, метаморфизации и ионносолевого состава рассолов с глубиной. Обоснована возможность комплексного использования хлоридных рассолов как гидроминеральных и бальнеологических ресурсов.

Ключевые слова: Прикаспийская впадина, химический состав и минерализация, хлоридные рассолы, основные геохимические и генетические типы: надсолевые инфильтрогенные и седиментогенные рассолы.

Высокоминерализованные хлоридные натриевые и кальциево-натриевые рассолы имеют общепланетарное распространение. Образуют нижнюю зону подземной гидросферы, имеют переменную мощность в разрезе и прерывисты в плане. Рассолы мезозойского возраста встречаются во многих районах России, стран СНГ и мира: в Виллойской синеклизе, на вале Карпинского, Днепровско-Донецком, Терско-Кумском, Причерноморском, Прикубанском, Каракумском, Верхнеамударинском, Западно-Сибирском артезианского бассейна. Рассолы Прикаспийской впадины и юго, юго-восточного склона Воронежской антеклизы являются доминирующими, составляя основную массу подземной гидросферы [1]. Выяснение закономерностей распространения и формирования имеет глобальное значение и является одной из фундаментальных проблем современной гидрогеологии и генетической гидрогеохимии в изучении подземной гидросферы. Подземные воды изучались и обсуждались длительное время в трудах отечественных ученых (В.А. Сулина, М.Г. Валяшко, Н.И. Толстихина, И.К. Зайцева, Е.А. Баскова, Л.Н. Капченко, Е.В. Посохова, С.Р. Крайнова, В.Г. Попова и др.), но многие проблемы рассолов не выяснены и служат предметом дискуссий.

Материалы и методы

Для изучения хлоридных рассолов были использованы следующие методы:

1) Анализ фондовых и литературных источников, выполнены химические анализы.

2) Для определения химического состава подземных вод был проведен сокращенный химический анализ который производился в целях изучения глубоких водоносных горизонтов при бурении на нефть и газ при пластоиспытании и получения характеристики состава рассолов.

3) Систематизация подземных вод по химическому составу произведена на базе классификации Алекина-Посохова. В соответствии с ней выделено два типа рассолов (IIIa – хлормагниевый, IIIб – хлоркальциевый). Наименование водам дается по преобладающим анионам и катионам. Преобладающими считаются ионы, содержащиеся в количестве 20% и более при условии, что сумма анионов и катионов равна 100% в отдельности. Использовались генетические коэффициенты r_{Na}/r_{Cl} , Cl/Br [2], [3].

4) Для характеристики химического состава подземных вод в использовалась формула Курлова, представляющая собой псевдодробь, в числителе которой в убывающем порядке указывается процентное содержание анионов, а в знаменателе – катионов.

Результаты обсуждения

Хлоридные рассолы мезозойского возраста распространены в Прикаспийской впадины и в прибортовой зоне сочленения с Воронежской антеклизой. В вертикальном разрезе Прикаспийской впадины мезозойские рассолы занимают верхнюю зону надсолевой части гидрогеодинамической системы, которая предпо-

ложительно состоит из зон затрудненного и весьма затрудненного водообмена [1].

Основным объектом практического значения и изучения, являются хлоридные инфильтрогенные и седиментогенные рассолы (Cl-Na).

Рассмотрим надсолевые рассолы представленные основными геохимическими и генетическими типами: хлоридными натриевыми и натриево-кальциевыми (кальциево-натриевыми) инфильтрогенными и седиментогенными рассолами (Таблица 1).

Хлоридные натриевые седиментационные и сульфидно-углекисло-метаново-азотные инфильтрогенные рассолы выщелачивания каменных солей установлены вблизи примыкания водоносных горизонтов к соляным куполам, с минерализацией 37–320,0 г/дм³ обедненным Br (0,03–0,3 г/дм³). Плотность рассолов 1,04–1,102 г/см³.

Хлоридные натриевые, йодо-бромные азотно-метановые рассолы встречены на глубинах 587–3050 м, с минерализацией 43,15–261,76 г/дм³, обедненным Br (46–286 мг/дм³). Плотность рассолов 1,01–1,196 г/см³.

Хлоридные натриево-кальциевые и кальциево-натриевые, йодо-бромные азотно-метановые рассолы установлены в карбонатно-терригенных отложениях мезозоя на глубинах 587–2640 м, с минерализацией 101–179 г/дм³, обедненным Br (70–410 мг/дм³). Плотность рассолов 1,065–1,123 г/см³.

Содержание хлоридов кальция в мезозойских рассолах 2–16%-экв.

Выявлены весьма слабые рассолы с минерализацией 37,0–62,83 г/дм³, 83,91–343,8 г/дм³ от слабых до весьма крепких рассолов в условиях весьма затрудненного водообмена. Для них характерны восстановительная геохимическая обстановка (Eh –100–260) при pH=4–7,8; T=17–100°С и степень метаморфизации в основном низкая (rNa/rCl=0,77–0,92 реже высокая rNa/rCl=0,54; Cl/Br 223–532 реже 3435) при содержании J 1–16,3 мг/л, Br 10–410 мг/дм³. Рассолы хорошо выраженного хлоркальциевого типа (rNa/rCl 0,4–0,7) встречаются редко. В реальных литолого-гидрогеохимических условиях седиментационного бассейна Прикаспийской впадины обменно-адсорбционные процессы обеспечивают формирование лишь слабых (до 50 г/дм³) или слабометаморфизованных рассолов хлоркальциевого типа. Такие рассолы, не свойствен-

ны глубоким комплексам Нижнего Поволжья минерализация до 330 г/дм³, CaCl₂ до 30% и более).

В процессе геологического круговорота седиментогенные растворы вовлекаются в сложный процесс литогенетического преобразования осадочных пород, которые с момента захоронения этих растворов выступают основным источником растворенных веществ. Формирование вод седиментационного цикла определяется захоронением морских вод, степенью их метаморфизации и литолого-минералогическим составом водовмещающих пород.

В надсолевом этаже в мезозойских морских терригенных и карбонатных толщах вне зон влияния соляных куполов и выше межкупольных депрессий содержатся седиментогенные хлоридные натриевые воды и рассолы с минерализацией до 40 г/дм³ реже до 100 г/дм³.

Весьма слабые рассолы (36–73,5 г/дм³) установлены на Паромной, Светлоярской и Сарпинско-Тингутинской, Чапурниковской площадях в альб-сеноманских, байосских, ветлужских отложениях триаса, юры и мела на глубинах от 578 м до 1086 м.

Слабые рассолы (73,5–155 г/дм³) установлены на Паромной, Гмелинской, Восточно-Камышинской и Октябрьской площадях в туронконьякских, байосских, баскунчакских, ветлужских отложениях мела, юры и триаса на глубинах от 587 до 2640 м.

Крепкие рассолы (155–332 г/дм³) выведены на Паромной, Шунгайской, Приозерной площадях в отложениях нижнего мела и триаса в интервале глубин от 1452 до 3050 м.

Весьма слабые рассолы установлены при пластоиспытании нефтяной скважины. №460 на Чапурниковской площади. С глубины 903–913 м из ветлужских отложений нижнего триаса опробованы притоки слабометаморфизованных (rNa/rCl=0,8), седиментогенных хлоридных натриевых рассолов Cl-Ca типа IIIб по Е.В. Посохову В.А. Сулину. Формула химического состава рассолов из 460-Чапурниковской скважины:

$$Br 0,077 M 37,1 \frac{Cl 100}{Na 80 Mg 10 Ca 10} pH 7,2$$

При погружении триасовых пород в Прикаспийскую впадину слабые рассолы переходят в крепкие рассолы и приобретают хорошо выраженный хлоркальциевый тип (rNa/rCl=0,54).

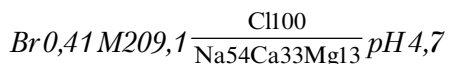
Таблица 1. Геохимическая характеристика подземных рассолов мезозойского возраста АБ

№ пробы	Место взятия пробы; глубина, м	Водомещающая порода	Минерализация мг/л	Ингредиенты, мг/л; %-экв					pH-Т° Уд.вес H ₂ ВО ₃	Индекс воды по О.А. Алекину [2]			
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺			Na ⁺ +K ⁺		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Северо-Каспийский артезианский бассейн (Прикаспийская впадина)													
1	Скв. 13- Паромная 1076-1086	I ₂ bj	71741,9	43931,3 1237,5	742,8 15,47	85,4 1,4	3261,5 162,75	1555, 127,88	22166,0963, 7	- 1,047	1,52 113	Cl ₉₉ SO ₄ ₁ (Na+K) 77Ca13Mg10	Na Cl III6
2	Скв. 7- Паромная, 1221-1234	T ₁ bs	137638,3	88352,4 2488,8	547,3 11,4	103,7 1,7	8016 400	4084,1 335,86	40618,92 1766,04	- 1,098	нет	Cl100 (Na+K) 71Ca16Mg13	Na Cl III6
3	Скв. 7- Паромная 1470-1480	T ₁	179150	112712 3175	29,22 0,61	24,4 0,4	12696,5 633,56	5371,68 441,75	48316,1 2100,7	≤4 1,123	5,84 407	Cl100 (Na+K) 66Ca20Mg13	CaNa Cl III6
4	Скв. 10- Паромненская 2119-2134	T ₁ bs	209036	131793,7 3712,5	511,5 10,65	6,1 0,1	24849,6 1240	5877,6 483,3	45597,7 2000	4,7	2,3 410	Cl100 (Na+K) 54Ca33Mg13	CaNa Cl III6
5	Скв. 4-Светлогорская, 730-740	K ₂ s	62833,27	38208,2 1076,26	792,55 16,51	128,1 2,1	1955,1 97,56	1333,59 109,67	20415,7 887,6	7,4-21 1,04	1,01 78,9	Cl ₉₈ SO ₄ ₂ (Na+K) 81Mg10 Ca9	Na Cl III6
6	Скв. 460- Чапурниковская, 903-913	T ₁ vt	37112,1	32393,7 912,5	119,99 2,5	170,19 2,99	1878,75 93,75	1078,84 88,72	1470,6 735,32	7,2 -	- 77,26 17,41	Cl100 (Na+K) 80Mg10Ca10	Na Cl III6
7	Скв. 5038-Гмелинская, 587-593	K ₂ t	107993,2	64911,75 1828,5	513,96 10,71	109,8 1,8	4509 225	1368 112,5	36580,7 1503,5	7 1,065	2,28 124,25	Cl ₉₉ SO ₄ ₁ (Na+K) 82Ca12 Mg6	Na Cl III6
8	Скв. 31-Шунгайская, район оз.Боткуль 3043-3050	T	261760,5	160080 4514,4	507,8 10,57	48,8 0,8	611,4 304,96	2317,7 190,6	92694,8 4030,2	5,5 1,196	16,3 46,6	Cl100 (Na+K) 89Ca7 Mg4	Na Cl III6

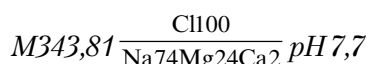
Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9	Скв. 476-Приозерная, 1452-1465	K _{1g-b}	159270	90498.37 2549.25	1355.0 7 28.23	109.8 1.8	3738.46 186.55	1620.3 133.25	51968.0 2259.48	7.26 1.102	3.3 169.85	Cl ₁₉₉ SO ₄ 1 (Na+K) 88 Ca7Mg5	Na Cl IIIб
10	Скв. 3- Паромная 1195-1199	J _{2bj}	152218,7	92743,7 2612,5	2621,7 54,6	109,8 1,8	5410,8 270	3188,6 262,2	49144,1 2136,7	-23° 1,01	1,02 201,44	Cl ₁₉₉ SO ₄ 1 (Na+K)80 Ca10Mg10	Na Cl IIIб
11	Скв. 21- Сарпинско- Тингульская 705-715	T _{1bs}	43158	24406,2 687,5	628,8 13,1	79,3 1,3	2254,5 112,5	874,0 71,9	11914 517,7	- 1,014	- 32	Cl ₁₉₈ SO ₄ 2 (Na+K) 74Ca16Mg10	Na Cl IIIб
12	Скв. P-11 - Красноармейская, 587-593	K _{1-2al-s}	38000	19483 549,5	4608 96	262 4,3	1002 50	1216 100	11463 498	7,8 1,02	-	Cl ₁₈₄ SO ₄ 1,5 HCO ₃ 1 (Na+K) 77 Mg15Ca8	Na Cl IIIa
13	Скв. 25- Аралсорская (Казахстан) 2086-2090	K _{1ap}	343817,6	218320,1 6158,8	167,7 4,49	244 4,0	2132,3 106,4	18372,3 1510,9	104584 4547	7,7- 1,204	-	Cl ₁₁₀₀ (Na+K) 74Mg24 Ca2	MgNa Cl IIIб
Приволжско-Хоперский артезианский бассейн (склон Воронежской антеклизы)													
14	Скв. 31-Восточно- Камышинская	J ₂	104447,8	63900 1800	70,8 1,47	258,2 4,2	5210,4 260	608,0 50	34400,4 1495,67	4,7-18° 1,072	7,11 285,9	Cl ₁₁₀₀ (Na+K) 83Ca14Mg3	Na Cl IIIб
Донецко-Донской артезианский бассейн													
15	Скв. 494- Котельниковская, 575-635	T _{1 vt}	26685,3	11093,7 126,8	6087, 126,8	18,3 0,3	751,5 37,5	152 12,5	8970,46 390	7,8-17° 1,018	- 10	Cl ₁₇₁ SO ₄ 2,9 (Na+K) 89Ca9Mg2	MgCa S Cl IIб
16	Скв. 1-Октябрьская, 2640-2642	T ₁	101479,4	65320 1840	3287,9 68,5	610 10	8216,4 410	729,6 60	33315,5 1448,5	6,2-28° 1,075	- 70	Cl ₁₉₆ SO ₄ 3 HCO ₃ 1 (Na+K) 75Ca22Mg3	CaNa Cl IIIб
17	Скв. 73- Солончаковская (донбасская), 2066-2093	Песок, K _{1g-b}	106117,5	64610 1820	133,3 2,77	518,5 8,5	4884,7 243,7	608 50	35362 1537,5	6,4 1,07	5,08 266	Cl ₁₁₀₀ (Na+K) 84Ca13Mg3	Na Cl IIIб

При пластоиспытании нефтяной скважины №10 на Паромненской площади с глубины 2119-2134 м из баскунчакских отложений нижнего триаса выведены притоки метаморфизованных седиментогенных хлоридных кальциево-натриевых рассолов Cl-Ca типа IIIб по Е.В. Посохову В.А. Сулину. С содержанием Са-33%-экв. Химический состав представлен следующей формулой:



Примером весьма крепких рассолов являются подземные воды на Аралсорской площади тектонически приуроченной к Центрально-Прикаспийскому рифту с оригинальным составом. При пластоиспытании нефтяной скважины №25, на Аралсорской площади в интервале глубин 2086-2090 м из аптских отложений нижнего мела были выведены небольшие притоки слабометаморфизованных ($r_{\text{Na}}/r_{\text{Cl}}=0,74$) седиментогенных хлоридных магниевых-натриевых рассолов слабого Cl-Ca типа IIIб по Е.В. Посохову В.А. Сулину. Химический состав представлен следующей формулой:



Попутные воды всех нефтяных, газовых, нефтегазовых месторождений представляют большую практическую ценность. Рассолы можно использовать как поликомпонентное, бальнеологическое и гидроминеральное сырье [4], [5], [6], [7].

Впервые проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1) Изучен химический состав рассолов мезозойского возраста. В мезозойских рассолах выявлены два основных геохимических и генетических типов: 1) хлоридные натриевые седиментационные ($r_{\text{Na}}/r_{\text{Cl}}=0,71-0,89$), и сульфидно-углекисло-метаново-азотные инфильтрогенные рассолы выщелачивания каменных солей вблизи примыкания водоносных горизонтов к соляным куполам, с минерализацией 37–262,0 г/дм³ обедненным Br (0,03–0,3 г/дм³), при содержании J (1,5–16,3 мг/дм³), ($r_{\text{Na}}/r_{\text{Cl}}=0,9-1,0$); 2) хлоридные натриево-кальциевые (кальциево-натриевые) йодо-бромные азотно-метановые седиментогенные рассолы с минерализацией 101,9–209,0 г/дм³, при содержании J 2–5,8 мг/л, Br 70–410 мг/дм³.

2) Проведена систематизация и типизация рассолов на базе классификации Алекина-Посохова и Н.И. Толстихина. Выявлены весьма слабые, слабые и крепкие рассолы по величине минерализации. Классифицировано два химических типа хлоридных натриевых, кальциево-натриевых рассолов: Cl-Ca IIIб и Cl-Mg типа по Е.В. Посохову В.А. Сулину.

3) Проведена типизация рассолов для использования в качестве источника бальнеологических вод. В классе хлоридных натриевых и кальциево-натриевых минеральных вод они являются аналогами: Усольского, Чартакского, Вологодского, Московского типов. Слабые рассолы с минерализацией ниже 150 г/дм³ могут использоваться для приготовления лечебных бальнеотерапевтических ванн (сероводородных, бромных и др.).

25.04.2014

Список литературы:

1. Гидрогеология СССР. Поволжье и Прикамье. Том XIII / под редакцией Афанасьева Т.П. – М.: Недра, 1970. – 800 с.
2. Алекин, О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеоздат. – 1953. – 296 с.
3. Посохов, Е.В. Общая гидрогеохимия / Е.В. Посохов. – Л.: Недра. – 1975. – 208 с.
4. Мязина, Н.Г. Закономерности формирования и распространения минеральных вод в гидрогеологических структурах Волгоградской области [монография] / Н.Г. Мязина. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2008. – 212 с.
5. Мязина, Н.Г. Гидрогеохимические особенности рассолов Прикаспийской синеклизы / Н.Г. Мязина // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых; под ред. Шварцева С.Л. – Томск Изд-во НТЛ, 2012. – С. 463–466.
6. Мязина, Н.Г. Гидрогеохимические особенности рассолов надсолевого комплекса Прикаспийской синеклизы / Н.Г. Мязина // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань. – 2013. – №4 (51). – С. 96–100.
7. ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые». – М.: Стандартинформ, 2011. – 65 с.

Сведения об авторах:

Мязина Наталья Григорьевна, доцент кафедры геологии геолого-географического факультета Оренбургского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук, e-mail: miazinanatalia@rambler.ru

Кечина Татьяна Михайловна, ассистент кафедры геологии геолого-географического факультета Оренбургского государственного университета

Черных Наталья Викторовна, преподаватель кафедры геологии геолого-географического факультета Оренбургского государственного университета

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 3207, тел. (3532) 372543, e-mail: geologia@mail.osu.ru