

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ И ГЕНЕЗИСА РАССОЛОВ ХЛОРКАЛЬЦИЕВОГО ТИПА ПРИКАСПИЙСКОГО МЕГАБАССЕЙНА

При разработки и добычи углеводородов на нефтегазовых месторождениях попутно извлекаются хлоридные рассолы, которые утилизируются, закачивая их в подземные коллекторы для поддержания пластового давления. Рассолы являются источником бальнеологии и комплексного гидроминерального сырья, используемого в народном хозяйстве для извлечения ценных микрокомпонентов: йода брома, бора, калия, магния, рубидия, цезия, стронция, германия, лития, поваренной технической соли.

В районах с солянокупольной тектоникой Cl-Ca-рассолы встречаются в надсолевой и подсолевой толще осадочного чехла.

Выявлены Cl-Ca рассолы в водоносных комплексах надсолевой толщи. Мезозойские (меловые, юрские, триасовые) и верхнепермские отложения имеют мощность до 6–7 км, а мощность подсолевых отложений палеозойских (нижнепермских, каменноугольных, девонских отложений) достигает 13–15 км. Рассолы обладают минерализацией до 310 г/дм³ и более. Содержание Вг варьирует от 46 до 1039 мг/л. Концентрация I достигает 80, Sr–1200, Li –35, Rb–20, Cs–1 мг/л. Газовый состав – N₂-CH₄. Рассолы хорошо выраженного типа (IIIб по Е.В. Посохову), занимают самые глубокие части в осадочном чехле Прикаспийского мегабассейна.

В надсолевой толще в глубоких частях межкупольных депрессиях на глубинах от 2119 до 4400 и возможно глубже на Упрямовской и Паромненской площадях установлены хлоридные кальциево-натриевые (натриево-кальциевые) крепкие рассолы хорошо выраженного типа (IIIб по Е.В. Посохову) с содержанием Вг 410–1038,9 мг/дм³. На глубинах от 590–3050 м выведены и установлены хлоридные натриевые рассолы (от слабых до крепких) слабого хлоркальциевого типа с минерализацией 101–262 г/дм³ и более, метаморфизованы (rNa/rCl=0,80±0,89, CaCl₂ до 7÷11 %экв). Содержание Вг варьирует от 46 до 201 мг/л. Концентрация I достигает 1,0–16 мг/дм³. В подсолевых отложениях от артинских по девонские встречены хлоридные натриевые рассолы (от слабых до крепких) слабого хлоркальциевого типа с минерализацией 105–310 г/дм³. Содержание Вг варьирует от 133 до 719 мг/л и более. Концентрация I достигает 80 мг/дм³.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Прикаспийский мегабассейн, химический состав, минерализация, хлоридные рассолы, генезис, метаморфизация, йод, бром.

Введение

Наиболее крепкие и метаморфизованные хлоркальциевые рассолы распространены только в бассейнах с соленосными, особенно калиеносными, формациями: Прикаспийская впадина (P1), Ангаро-Ленский бассейн (€1); Предуральский прогиб (P1); Припятская впадина (D3).

В Западной Европе – это также бассейны Цехштейна (Германия, Польша).

В бассейнах с эвапоритовыми формациями мощность зоны рассолов определяется положением соленосной толщи в разрезе осадочного чехла и его мощностью.

Нахождение сульфатно-галогенных отложений, как показателя существования соленосного палеоводоема, в верхней и средней частях разреза чехла бассейнов (Прикаспийский, Волго-Уральский и др.) способствует засолению подземных вод и формированию мощной зоны рассолов не только в отложениях, непосредственно контактирующих с соленосными породами, но и в нижезалегающих, в результате

перемещения рассолов вниз как более тяжелых относительно подстилающих менее минерализованных вод (Валяшко, 1965; Поливанова, 1982; Попов, 2000).

Рассолы, образующиеся за счет перетекания высокоминерализованных растворов из вышележащих комплексов солеродных бассейнов, являются седиментационно-эпигенетическими. Они всегда моложе вмещающих пород.

В гидрогеологических структурах, выполненных преимущественно терригенными, иногда угленосными формациями морских, слабо опресненных или осолоненных бассейнов минерализация вод обычно не превышает 30–40 г/дм³:

Западная Сибирь (J-K) – 15–25 (редко до 50–80 г/дм³) По составу воды хлоридные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые.

Известны бассейны, чехол которых сложен слабосоленоватоводными и пресноводными терригенными осадками кайнозоя и мезозоя (Дальний Восток, Забайкалье).

В них минерализация вод на глубине до 2,0–2,2 км не превышает 3–5 г/дм³.

Материалы и методы

Для изучения хлоркальциевых рассолов Прикаспийского мегабассейна были использованы следующие методы:

1) Анализ фондовых и литературных источников.

2) Для определения химического состава подземных вод был проведен сокращенный химический анализ с определением йода, брома, ортоборной кислоты который производился в целях изучения глубоких водоносных горизонтов при бурении на нефть и газ при пластоиспытании и получения характеристики состава флюидов.

Результаты обсуждения

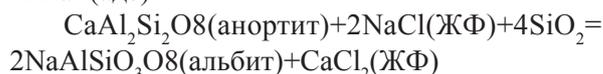
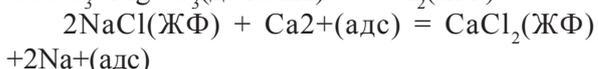
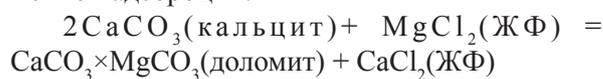
В районах с солянокупольной тектоникой Cl-Ca-рассолы встречаются в надсолевой и подсолевой толще осадочного чехла. Рассолы хорошо выраженного типа (Шб по Е.В. Посохову), занимают самые глубокие части в осадочном чехле Прикаспийского мегабассейна. Мезозойские (меловые, юрские, триасовые) с Cl-Ca рассолами имеют мощность до 6–7 км в надсолевом комплексе, а мощность подсолевых отложений палеозойских (нижнепермских, каменноугольных, девонских отложений) достигает 13–15 км. Рассолы обладают минерализацией до 310 г/дм³ и более и метаморфизованы ($r_{Na}/r_{Cl}=0,54\div 0,88$, $CaCl_2$ до 8÷56 %экв). Они имеют низкую сульфатность ($r_{SO_4}\times 100/r_{Cl}=0,03\div 0,7$) и кислую и околонейтральную реакцию среды ($pH=4,0\div 7,7$). Содержание Br варьирует от 46 до 1039 мг/л и более (Cl/Br от 180 до 960). Концентрация I достигает 80, Sr–1200, Li –35, Rb–20, Cs–1 мг/л [1]. Газовый состав – N₂-CH₄.

По вопросу происхождения Cl-Ca-рассолов, как известно, существует ряд альтернативных гипотез – эндогенная (ювенильная), инфильтрогенная (метеогенная) и седиментогенная (таласогенная), которые привлекались для объяснения генезиса указанных рассолов в соседнем Волго-Камском артезианском бассейне.

Установлено [1], что для Прикаспийской впадины наиболее полно удовлетворяет седиментогенная (литогенетическая) концепция, связывающая образование хлоркальциевых рассолов с геохимической эволюцией вод осадочных бассейнов минувших геологических эпох в ходе галогенеза и последующих процессов

метаморфизации хлормagneйевой солеродной рапы на стадиях диагенеза и катагенеза в подсолевой толще.

Главная роль в формировании подсолевых рассолов принадлежит Восточно-Европейскому эвапоритовому бассейну [8], а в формировании Cl-Ca-рассолов – процессы концентрационной (плотностной) конвекции тяжелой ($\rho=1,23\div 1,37$ г/см³) Cl-Mg-солеродной рапы пермских эвапоритовых бассейнов в среду более легких ($\rho=1,03\div 1,13$ г/см³) Cl-Na-вод. В ходе нисходящей миграции Cl-Mg-рассолов через терригенно-карбонатные породы палеозоя происходила их метаморфизация в прямом направлении (с образованием CaCl₂), в основном, в результате процессов метасоматической доломитизации известняков, альбитизации и обменной адсорбции:



Обменная адсорбция может существенно воздействовать только на слабые рассолы (до 50–100 г/л). Следовательно, Cl-Ca-рассолы являются вторичными по отношению к вмещающим их каменноугольным и девонским породам. Как правило, они имеют возраст ранней перми (200–250 млн. лет), т. е. являются седиментогенно-эпигенетическими. Наиболее интересные представители рассолов вышеперечисленных типов представлены в таблице 1.

Первопричиной образования седиментогенных рассолов является испарительное концентрирование морской воды в поверхностных условиях под влиянием галогенеза.

По М.Г. Валяшко (1962), «галогенез – процесс формирования на поверхности Земли в открытых бассейнах путем постепенного сгущения испарением высококонцентрированных рассолов, выпадения из них в осадок и образование отложений разнообразных солей».

Это определение означает, что при глубоком развитии процесса («жестком» галогенезе) одновременно образуются соляные осадки и крепкие рассолы, представляющие собой соответственно твердую и жидкую фазы галогенеза.

Проведенные исследования позволили сделать следующие **выводы**:

1. В надсолевой толще в глубоких частях межкупольных депрессиях на глубинах от 2119 до 4400 и возможно глубже на Упрямовской и Паромненской площадях установлены хлоридные кальциево-натриевые (натриево-кальциевые) крепкие рассолы хорошо выраженного типа (IIIб по Е.В. Посохову) с минерализа-

цией 209–293 г/дм³ и более и метаморфизованы (rNa/rCl=0,54÷0,56, CaCl₂ до 33÷56 % экв). Они имеют кислую и околонейтальную реакцию среды (pH=4,0÷5,2). Содержание Br варьирует от 410 до 1039 мг/л и более (Cl/Br <320).

Концентрация I достигает 2,3 мг/дм³.

2. На глубинах от 590–3050 м встречены хлоридные натриевые рассолы (от слабых до крепких) слабого хлоркальциевого типа с ми-

Таблица 1. Химический состав рассолов хлоркальциевого типа Прикаспийской впадины

| № пп | № Водопункта Глубина залегания (м), Возраст. | Формула химического состава | rNa rCl | Cl Br | Br, J, HЗВОЗ мг/л |
|--|--|---|------------|----------|-------------------------|
| Хлоридный натриевый тип, (надсолевые рассолы) Na Cl IIIб | | | | | |
| 1 | Скв. 1-Упрямовская, 4416,5–4424 P ₂ t | 293 $\frac{Cl1100}{Ca56Na29Mg15}$ pH 5.2 | 0.56 | 180 | Br-1038,96 |
| 2 | Скв 10-Паромненская 2119–2134, T ₁ bs | 209 $\frac{Cl1100}{Na54Ca33Mg13}$ pH 4 | 0,54 | 321 | J-2,3 Br-410 |
| 3 | Скв. 31-Шунгайская, район оз. Боткуль 3043–3050, T | 261.8 $\frac{Cl1100}{Na89Ca7Mg4}$ pH 5.5 | 0.89- | 3435 | J-16 Br-46,6 |
| 4 | Скв. 3– Паромная 1195-1199, J ₂ bj | 152,2 $\frac{Cl199SO_4I}{Na80Ca10Mg10}$ pH 6,8 | 0,81 | 460 | J-1,02 Br-201,44 |
| 5 | Скв. 16– Касаткинская, (Калмыкия) 1798–1836, J ₂ bj | 175,3 $\frac{Cl199SO_4I}{Na80Ca10Mg10}$ pH5,7 | 0.88 | 625 | J-4,31 Br-171,5 |
| 6 | Скв.5038-Гмелинская, 587–593, K ₂ t | 108 $\frac{Cl199SO_4I}{Na82Ca12Mg6}$ pH7,0 | 0,83 | 522 | J-2.28 Br-124.25 |
| 7 | Скв.5077-Волжская, 1510–1580, P ₂ kz | 101.2 $\frac{Cl196SO_4I}{Na77Ca15Mg8}$ pH7,7 | 0.80 | 350 | J-2.79 Br-170.37 |
| Хлоридный кальциево-натриевый тип, (подсолевые рассолы) Na Cl IIIб | | | | | |
| 8 | Скв. 2-Ерусланская, 2585–2597 C ₂ b | 198 $\frac{Cl1100}{Na80Ca15Mg5}$ pH 5.6 | 0.8 | 370 | J-5.2 Br-367 |
| 9 | Скв. 2-Ерусланская, 1875–1905, C ₃ gl | 217,2 $\frac{Cl1100}{Na83Ca12Mg5}$ pH 7.0 | 0,83 | 500 | J-3.49 Br-266 |
| 10 | Скв 22-Ершовская 2057–2067, C ₂ vg верейский | 105 $\frac{Cl199SO_4I}{Na75Ca19Mg6}$ pH7,1 | 0,75 | 357 | J-9,13 Br-185 |
| 11 | Скв. 5-Карасальская, 3773–3789, P ₁ ag | 310 $\frac{Cl199SO_4I}{Na75Ca18Mg7}$ pH7,0 | 0,75 | 263 | J-80 Br-719 |
| 12 | Скв 24-Ершовская 2205–2470, C ₁ ok-s | 181.6 $\frac{Cl199SO_4I}{Na63Ca10Mg27Ca10}$ pH6.9 | 0.64 | 906 | Br-133 |
| 13 | Скв 22-Ершовская 3102–3114, D ₂ cj (черноярский) | 176.05 $\frac{Cl1100}{Na63Ca30Mg7}$ pH4.6 | 0.63 | 203 | J-17.48 Br-537.9 |

нерализацией 101–262 г/дм³ и более и метаморфизованы ($rNa/rCl=0,80\div 0,89$, $CaCl_2$ до $7\div 11$ % экв). Они имеют кислую и околонейтральную реакцию среды ($pH=5,5\div 7,7$). Содержание Br варьирует от 46 до 201 мг/л и более ($Cl/Br < 650$).

Концентрация I достигает 1,0–16 мг/дм³.

3. В подсолевых отложениях от артинских по девонские выведены хлоридные натриевые рассолы (от слабых до крепких) слабого хлоркальциевого типа с минерализацией 105–310 г/дм³, слабометаморфизованные ($rNa/rCl=0,64\div 0,83$, $CaCl_2$ до $10\div 19$ % экв).

Они имеют кислую и около нейтральную реакцию среды ($pH=5,6\div 7,1$). Содержание Br варьирует от 133 до 719 мг/дм³ и более ($Cl/Br < 650$).

Концентрация I достигает 3,0–80 мг/дм³.

4. В скважине 22-Ершовской из черноморских отложений эйфельского яруса девона с глубины 3100 м выведены и установлены крепкие хлоридные кальциево-натриевые рассолы

хорошо выраженного хлоркальциевого типа ПШб с минерализацией 176 г/дм³, ($rNa/rCl=0,63$, $CaCl_2=30$ % экв, $pH=4,6$), ($Cl/Br=203$). Содержание Br – 537,9 мг/л, I–17,5 мг/дм³.

5. В надсолевой толще генезис хлоркальциевых рассолов связан с процессами седиментации. В ходе геологического круговорота седиментогенные растворы вовлекаются в сложный процесс литогенетического преобразования осадочных пород, которые с момента захоронения этих растворов выступают основным источником растворенных веществ.

По мере опускания дна бассейнов, захваченные осадками морские воды опускались на все большую глубину и постепенно изолировались.

Исходные морские воды подвергались метаморфизации на стадии диагенеза а затем катагенеза по мере погружения, при этом изменялась не только подземные воды, но и минералогический состав пород.

25.03.2015

Список литературы:

1. Мязина Н.Г. Закономерности формирования и распространения минеральных вод в гидрогеологических структурах Волгоградской области [монография];– Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2008. -212 с.
2. Мязина Н.Г. Гидрогеохимические особенности рассолов подсолевого комплекса Прикаспийской синеклизы // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань. 2012. №4 (47), С. 24-27.
3. Мязина Н.Г. Гидрогеохимические особенности рассолов Прикаспийской синеклизы. //Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых. Под ред. Шварцева С.Л. Томск Изд-во НТЛ, 2012, 496с. С463-466.
4. Мязина Н.Г. Гидрогеохимические особенности рассолов надсолевого комплекса Прикаспийской синеклизы // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань. 2013. №4 (51), С. 96-100
5. Мязина Н.Г., Пономарева П.А. Перспектива использования рассолов для извлечения иода на ОНГКМ // Вестник ОГУ. Оренбург. 2013. № 9 (155). С. 111-114.
6. Мязина Н.Г. Влияние тектогенеза и галогенеза на геохимические особенности рассолов Прикаспийской синеклизы (Северо-Каспийский артезианский бассейн) // Вестник ОГУ. Оренбург. 2014. № 1 (155). С. 136-145.
7. Мязина Н.Г. Внутри и межсолевые рассолы кунгурских отложений Прикаспийской синеклизы // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань. 2014. № 2, С. 57-65
8. Попов В.Г. Гидрогеохимия и гидрогеодинамика Предуралья. М.: Наука, 1985. 278 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

460018. г. Оренбург, пр-т Победы 13, к. 3207, тел.: 37-25-43