

УДК 556.314

О РОЛИ ПЕРМСКОГО ЭВАПОРИТОВОГО ПАЛЕОБАССЕЙНА В ФОРМИРОВАНИИ РАССОЛОВ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

*Носарева С.П., **Попов В.Г.

*Институт геологии Уфимского научного центра РАН, Уфа

**Южно-Российский государственный технический университет
(Новочеркасский политехнический институт)

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

В результате анализа литолого-фациальных и гидрохимических особенностей палеозойского осадконакопления на юго-восточном склоне Восточно-Европейской платформы и Предуральском прогибе установлено, что главная роль в формировании различных геохимических типов подземных рассолов принадлежит процессам галогенеза в раннепермском эвапоритовом палеобассейне и последующим процессам плотностной конвекции солеродной рапы в подстилающую терригенно-карбонатную толщу палеозоя и протерозоя.

Южное Предуралье, в геотектоническом отношении отвечающее юго-восточному склону Восточно-Европейской платформы и южной части Предуральского краевого прогиба, является классической областью распространения нижнепермской галогенной формации, мощность которой достигает 500 м и более. Основным типом подземных вод глубокозалегающих нефтегазоносных комплексов региона являются хлоридные рассолы, генетически связанные с галогенными породами. Они образуют выдержанную в пространстве гидрогеохимическую зону, приуроченную к палеозойским и позднепротерозойским терригенно-карбонатным отложениям мощностью от 1-3 до 7-10 км.

В геохимическом отношении хлоридные рассолы представлены тремя основными типами: 1) магниевыми, натриево-магниевыми (минерализация $M=380$ - 475 г/дм 3) меж- и внутрисолевыми, являющимися захороненной маточной рапой нижнепермского эвапоритового бассейна; 2) натриевыми ($M=36$ - 320 г/дм 3) над- и подсолевыми, имеющими инфильтрационно-диффузационное происхождение и 3) кальциевыми и натриево-кальциевыми подсолевыми ($M=200$ - 330 г/дм 3), образовавшихся в результате седиментогенно-эпигенетических процессов [5].

Нижнепермская толща представлены типично лагунно-морским парагенезисом хемогенных пород (известняк, доломит, гипс, галит, сильвинит, карналлит, бишофит). Поэтому для выяснения палеогидрохимических условий этой эпохи можно использовать результаты экспериментальных работ по испарительному концентрированию морской воды [3]. В ходе его происходит последовательное осаждение солей: кальцита CaCO_3 при достижении минерализации раствора 15-36 г/дм 3 , доломита $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ – 72-85, гипса $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – 135-150, галита NaCl – 320, сильвина KCl – 430 г/дм 3 , карналлита $\text{KCl} \times \text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 470 и бишофита $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 510 г/дм 3 .

Плотность раствора ρ по мере его концентрирования растет от 1,025 г/см 3 для нормальной морской воды до 1,131, 1,227, 1,290, 1,318 и 1,367 г/см 3 в начале садки соответственно гипса, галита, сильвинита, карналлита и бишофита. Одновременно происходит метаморфизация состава морской воды: из хлоридной натриевой (в начальные стадии галогенеза) она превращается в хлоридную магниево-натриевую и натриево-магниевую (на стадии садки галита) и магниевую (в завершающие стадии галогенеза). Процесс испарительного сгущения рассолов сопровождается накоплением в маточной рапе

галофильных элементов (брома, калия, бора и др.) и редких щелочных металлов (лития, рубидия и цезия).

Дораннепермская история геологического развития Южного Предуралья характеризовалась широким развитием седиментогенеза в морских бассейнах с нормальной соленостью, с которыми связаны мощные толщи карбонатных пород, занимающие до 90% палеозойского разреза. Инфильтрационные этапы развития, соответствующие континентальным перерывам, по сравнению с седиментационными этапами играли резко подчиненную роль, причем глубина проникновения инфильтрационных вод не превышала первых сотен метров. В целом палеогидрогеологическая обстановка на протяжении позднего

протерозоя, раннего и среднего палеозоя была благоприятна для накопления и захоронения в породах нормальных морских и слабо рассольных вод, испытавших некоторое смешение с пресными метеогенными водами.

Литолого-фациальные и гидрохимические условия осадконакопления претерпели кардинальные изменения в ранней перми, особенно в кунгурском веке, когда, унаследованный от каменноугольного периода, морской бассейн, к западу от формирующегося Урала разделился на две части – более глубоководную предуральскую и мелководную, покрывающую всю остальную платформенную область.

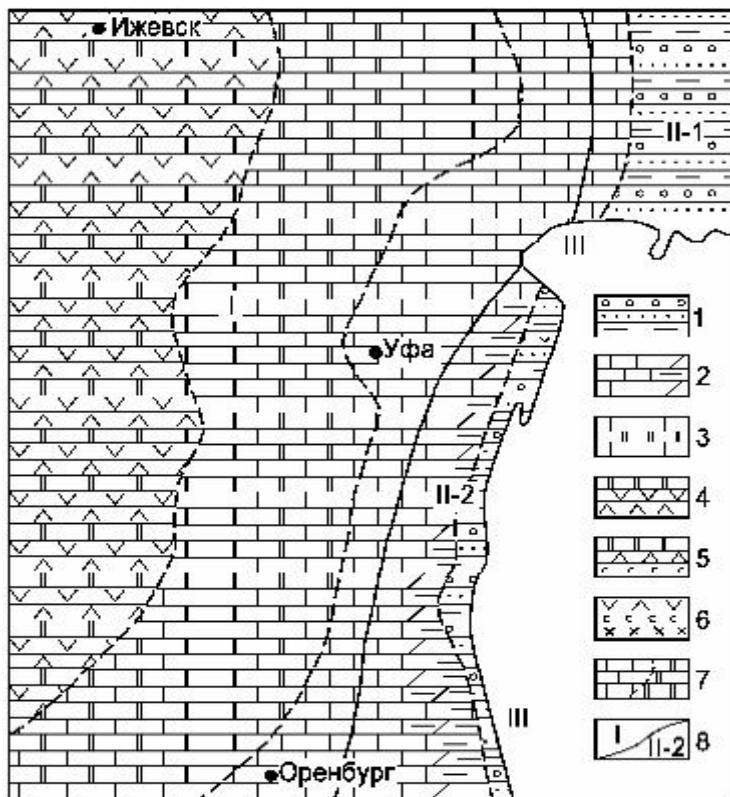


Рис.1. Литолого-гидрохимическая схема асельско-артинского эвапоритового бассейна (составила С.П.Носарева с использованием материалов [4,9]).

Литолого-гидрохимические зоны (в скобках в числителе – M , г/дм³, в знаменателе – ρ , г/см³): 1 – солоноватоводная молассовая (1-36/1,0-1,02), 2 – нормальной морской солености известняковая (36/1,02), 3 – слабо рассольная известняково-доломитовая (36-140/1,02-1,13), 4 – рассольная доломитово-гипсово-ангидритовая (140-320/1,13-1,23), 5 – рассольная доломитово-ангидритово-галитовая (320-470/1,23-1,29), 6 – рассольная ангидритово-галитово-карналлитовая (470-510/1,29-1,36); границы: 7 – литолого-гидрохимических зон, 8 – тектонических элементов: I – Восточно-Европейская платформа, II – Предуральский прогиб (II-1 – Юрзано-Айская впадина, II-2 – Бельская впадина), III – горноскладчатый Урал.

Условия осадконакопления в ассельском, сакмарском и артинском веках носили близкий характер. Для них свойственно четыре основных типа литолого-фациальных и гидрохимических обстановок, носящих зональный характер. Они прослеживаются в виде субмеридиональных полос уральского простирания (рис. 1). В западной части территории в условиях мелководного шельфа с высокой соленостью ($M=140-320$ г/дм 3 , $\rho=1,13-1,23$ г/см 3) развита доломитово-сульфатная фация, в центральной – нормальная морская и слабо рассольная ($M = 36-140$ г/дм 3 , $\rho=1,02-1,13$ г/см 3) известняково-доломитовая.

К востоку они последовательно сменяются карбонатными шельфовыми и рифогенными осадками, а затем глинисто-карбонатными глубоководными (депрессионными) породами морского бассейна с нормальной соленостью ($M=36$ г/дм 3 , $\rho=1,02$ г/см 3). На крайнем востоке, в Юрюзано-Айской и Бельской впадинах Предуральского прогиба отлагались пресноводные и солоноватоводные молассовые осадки ($M<36$ г/дм 3 , $\rho=1,0-1,02$ г/см 3).

Судя по литолого-фациальному облику пород состав вод эвапоритового бассейна на ассельско-артинской стадии его развития был преимущественно хлоридным натриевым.

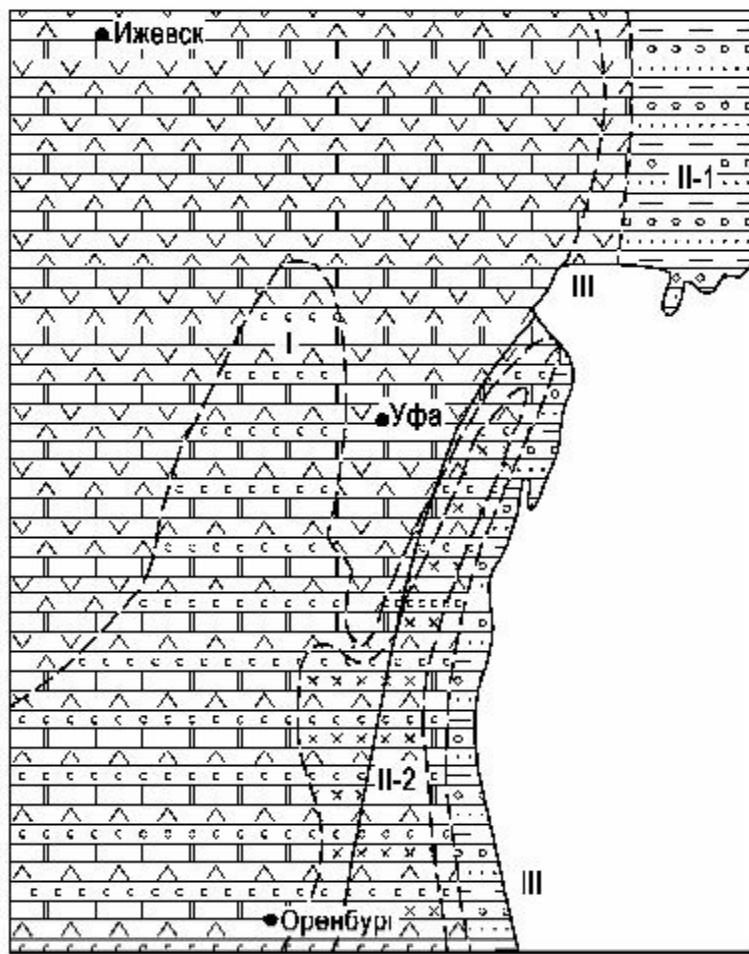


Рис.2. Литолого-гидрохимическая схема кунгурского эвапоритового бассейна (составила С.П.Носарева с использованием материалов [4,9]).

Усл. обозначения см. на рис. 1.

Кунгурский век ознаменовался дальнейшим подъемом платформы и, как следствие, обмелением морского эвапоритового палеобассейна, даже в пределах Предуральского краевого прогиба. Это вызвало значительные изменения условий осадкоакопления в обстановке господствующего в то время аридного климата. Соответственно большие изменения претерпели и гидрохимические условия (рис.2). Наиболее широкое распространение получила доломитово-гипсово-ангидритовая фация, занимающая около 50% исследуемой территории. На юго-востоке, в Бельской впадине Предуральского прогиба, в лагунной части эвапоритового бассейна развита галитово-сильви-нитово-карналлитовая фация, соответствующая весьма крепким рассолам хлоридного магниевого состава ($M=470-510 \text{ г}/\text{дм}^3$, $\rho=1,29-1,36 \text{ г}/\text{см}^3$). Между этими двумя литолого-фациальными (и гидрохимическими) зонами находится промежуточная по минерализации и плотности солеродных рассолов доломитово-ангидритово-галитовая фация ($M=320-470 \text{ г}/\text{дм}^3$, $\rho=1,23-1,29 \text{ г}/\text{см}^3$).

В расположенных к северу Соликамской депрессии и к югу - Прикаспийской впадине, благодаря глубокому сгущению рапы до эвтонической стадии ($M=510-550 \text{ г}/\text{дм}^3$, $\rho=1,36-1,38 \text{ г}/\text{см}^3$), произошла садка не только галита, сильвинита и карналита, но и бишофита.

Результаты литологогидрохимических исследований свидетельствуют, что в позднем палеозое в Предуралье существовала гравитационно неустойчивая гидродинамическая система, поверхностная часть которой была представлена эвапоритовым бассейном с высококонцентрированной (M до $400 \text{ г}/\text{дм}^3$ и более) тяжелой (плотность ρ до $1,3-1,4 \text{ г}/\text{см}^3$) хлоридной магниевой маточной рапой, а подземная – карбонатными, в меньшей степени терригенными породами карбона, девона, венда и рифея, насыщенными менее минерализованными ($M=30-150 \text{ г}/\text{дм}^3$), а следовательно, более легкими ($\rho=1,02-1,13 \text{ г}/\text{см}^3$) водами.

Обогащенные магнием, бромом и другими галофильтальными элементами и щелочными металлами крепкие рассолы ран-

непермского солеродного бассейна путем плотностной (концентрационной) конвекции перемещались в нижележащие комплексы палеозоя еще до начала формирования соленосной толщи. В дальнейшем накопление солей сопровождалось их уплотнением, уменьшением пористости (от 50 до 5% и менее) и, как следствие, отжимом межкристальной хлормагниевой маточной рапы, которая также гравитационно погружалась в глубокие части осадочного бассейна. Наиболее интенсивно этот процесс протекал на глубине менее 1000 м, когда соли теряли до 80% объема содержащейся в них маточной рапы [8].

Как показали расчеты, базирующиеся на фильтрационных параметрах пород палеозоя и вертикальных градиентах плотностной конвекции, даже при минимальном значении скорости конвекции, равном 5 см/год, подсолевая палеозойская толща мощностью 4000 м будет заполнена пермскими рассолами за 80 тыс. лет. Эта величина хорошо согласуется с продолжительностью накопления соленосных толщ (временем существования эвапоритовых бассейнов), которая оценивается в десяти-ки-первые сотни тысяч лет [10].

Как видно, процесс плотностной конвекции реализуется в довольно узком интервале геологического времени и завершается при исчезновении положительного градиента плотности раствора. В конечном итоге жидкая фаза пермского галогенеза заняла гравитационно устойчивое положение в подсолевых толщах Предуралья.

Важно хотя бы ориентировочно оценить количество маточной рапы раннепермского солеродного бассейна. По данным [1], основанным на опытных данных, объем солеродных рассолов превосходит объем выделившихся солей от 1,9 раз при галитовой стадии галогенеза до 185 раз – при гипсовой. Расчеты самого общего характера показали, что только в кунгурском веке общий объем маточной рапы эвапоритового бассейна измерялся сотнями тысяч-миллионами кубических километров [2]. Очевидно, что даже небольшой части этого количества (десятков тысяч кубических километров) вполне достаточно для

заполнения порово-трещинных коллекторов палеозоя и протерозоя.

Нынешняя миграция рассолов через преимущественно карбонатные отложения палеозоя сопровождалась их метаморфизацией, заключающейся в обмене гидратированного магния и натрия на кальций пород. Как показали литолого-гидрохимические и термодинамические исследования, в исследуемом регионе ведущую роль в формирование подсолевых хлоркальциевые рассолов принадлежит процессам метасоматической доломитизации известняков [6]. Поскольку хлормагниевые рассолы поступили в уже сформировавшиеся карбонатные породы на эпигенетической стадии их эволюции, образовавшиеся в результате процессов метаморфизации хлоркальциевые рассолы являются седиментогенно-эпигенетическими.

Закономерным следствием галогенеза, плотностной конвекции и процессов межфазового взаимодействия в системе «маточный рассол-порода» является селективная аккумуляция микроэлементов в различных геохимических (генетических) типах рассолов [5]. Максимальные концентрации их установлены в меж- и внутрисолевых рассолах хлоридного магниевого состава (в г/дм³): Br (до 17,5), В (до 1,5), K (до 42), Sr (до 3,5), Rb (до 0,1), Li (до 0,05), Cs (до 0,001). В промышленных концентрациях эти элементы содержатся и в продуктах их метаморфизации – рассолах хлоркальциевого типа.

Таким образом, следует констатировать, что главная роль в формировании запасов и химического состава подземных

рассолов Предуралья, играют процессы галогенеза в раннепермском эвaporитовом палеобассейне и плотностной конвекции солеродной маточной рапы в подстилающие терригенно-карбонатные толщи палеозоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Валяшко М.Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. М.: Изд-во МГУ, 1962. 398 с.
2. Жарков М.А., Жаркова Т.М., Мерзляков Г.А. // Геология и геофизика. 1978. № 3. С. 3.
3. Жеребцова И.К., Волкова Н.Н. // Геохимия. 1966. № 7. С. 832.
4. Мерзляков Г.А. Пермские солеродные бассейны Евразии. Новосибирск: Наука, 1979. 142 с.
5. Носарева С.П., Попов В.Г. Гидрохимия в начале XXI века: материалы Международной конф./ ЮРГТУ (НПИ). 2006. С.96.
6. Попов В.Г. // Литология и полез. ископаемые. 2004. № 1. С. 60.
7. Попов В.Г., Носарева С.П., Михайлов В.И. Материалы V1 Международной конф. «Новые идеи в науках о Земле». 2003. Т. 1. С. 251.
8. Сонненфельд П. Рассолы и эвапориты. М.: Мир, 1988. 480 с.
9. Сюндюков А.З. Литология, фации и нефтегазоносность карбонатных отложений Западной Башкирии. М.: Наука, 1975, 174 с.
10. Фивег М.П. // Тр. Всесоюzn. НИИ галургии. 1954. Вып. 29. С. 38.

ABOUT THE ROLE OF PERM EVAPORATE PALEOBASIN IN SOUTHERN CIS-URAL REGION SALT BRINES FORMATION

Nosareva S.P., Popov V.G.

*Ufa Scientific Center, Institute of Geology, Russian Academy of Sciences, Ufa
South Russian Technical University
(Novocherkassk Polytechnic Institute)*

As a result of the analysis lithologic-facial and hydrochemical features Paleozoic sedimentation on a south-east slope of the East-Europe platform and the PreUral deflection it is established, that the leading role in formation of various geochemical types of underground brines belongs to processes of halogenese in Early Permian evaporitic paleobasine and to posterior processes of density convection of halogen brine in spreading into Paleozoic and Proterozoic terrigenous-carbonate thickness.