

Особенности гидрогеохимии подсолевых рассолов Соликамской впадины

Соликамская впадина входит в систему впадин Предуралья передового прогиба. На севере она граничит с Верхнепечорской впадиной, а на юге — с Юрюзань-Сылвинской. Впадина выполнена палеозойскими отложениями, залегающими на дофанерозойском фундаменте. Эвапоритовая ее толща, содержащая калийные и калийно-магнєвые соли, приурочена к иренскому горизонту кунгурского яруса нижней перми. Эта толща служит водупором, разделяя над- и подсолевые водоносные горизонты. Для подсолевых отложений характерно наличие хлоркальциевых рассолов, широкое развитие процессов вторичного минералообразования и особенно доломитизации, наличие проявлений и скоплений углеводородов и следов процесса сульфатредукции с распространением сероводорода в пластовых флюидах.

Состав и условия формирования подсолевых рассолов различных регионов изучали Б.Н. Архангельский, Е.А. Басков, М.Г. Валяшко, Л.К. Гуцало, С.В. Егоров, И.К. Зайцев, А.А. Карцев, Л.Н. Капченко, А.И. Ковальчук, А.М. Никаноров, Е.В. Посохов, Е.В. Пиннекер, Н.И. Толстихин, А.Е. Ходьков, С.Л. Шварцев, А.В. Щербаков и др., а также многие зарубежные исследователи [6]. Различные аспекты гидрогеохимии данного района рассмотрены в работах [1, 4, 7—9], а также Ю.П. Баранова, Г.В. Бельтюкова, А.И. Белоликова, М.Г. Валяшко, А.И. Дзенс-Литовского, Ю.В. Морачевского, В.Г. Попова, П.И. Преображенского, Б.И. Сапегина, А.Н. Силина-Бекчурина, А.Е. Ходькова, Л.А. Шимановского и др.

Сама соляная толща практически безводна. В горных выработках изредка наблюдаются очень незначительные рассолопроявления из глинистых прослоев. С 1931 г. по настоящее время в горных выработках отмечено около 200—300 точек рассолопроявлений с начальными максимальными дебитами до 2—3 л в сутки. С течением времени выделения рассола прекращаются. Эти проявления представляют собой погребенные метаморфизованные маточные рассолы (рапу или седиментационные рассолы).

Соляную толщу подстилают глинисто-ангидритовые отложения. В них, в очень немногих местах (например, скв. 99) вскрыты рассолы, относящиеся к верхней части подсолевого гидрогеологического этажа. Рассолы, вскрытые здесь, напорные (877 м) с дебитом около 0.1 л/с и коэффициентом фильтрации 0.005 м/сутки. Минерализация рассолов до 300 — 320 г/л [3]. При бурении Березниковской опорной скважины из нижнепермских отложений получены воды с минерализацией до 270 — 300 г/л, содержанием сероводорода до 300 мг/л, удельным весом 1.15 — 1.20 и напором порядка 1300 м. Все остальные нижележащие водоносные горизонты объединены как воды докунгурских отложений [3]. После того, как были пробурены многочисленные скважины на нефть ПО «Пермнефть», был получен достаточно большой материал о гидрогеологии отложений карбона и девона.

Подсолевые рассолы располагаются в зоне застойного режима, где водообмен практически отсутствует, и не имеют гидравлической связи с надсолевыми водами и рассолами. Многие исследователи предполагают, что период их формирования или, точнее, поступления в отложения девона, карбона и перми завершился к моменту образования водупорной соляной толщи. При этом общепринято мнение, что процесс галогенеза, как уникальный по своей гидрохимии и гидродинамике, несомненно оказал свое

влияние на подземные воды, а те, в свою очередь, оказывали влияние на процесс осаждения солей в солеродном бассейне. Считается, что только рассолы конечных стадий галогенеза (рапы) не могли участвовать в названном процессе, так как нижняя часть соляной толщи мощностью более 400 м к этому времени стала водоупором. Относительно природы крепких хлоркальциевых рассолов существует несколько точек зрения. Наиболее распространена гипотеза седиментационно-диагенетического формирования таких рассолов. Хлор-кальциевые подсолевые рассолы, по этим представлениям, являются продуктом эволюции (метаморфизма) захороненных рассолов (рапы) бассейна галогенеза. Предполагается, что для Соликамской впадины основную роль в формировании огромных запасов рассолов сыграли процессы галогенеза в кунгурском веке нижней перми [5]. Аналогичные мнения для этого и других регионов высказали и другие исследователи.

Проведенные нами исследования показали, что современный сравнительный анализ гидрогеохимических характеристик внутрисолевых рассолопроявлений и подсолевых рассолов, характеристика эвапоритовых пород разреза и некоторые другие факты допускают возможность пересмотра степени влияния процесса галогенеза на формирование подсолевых рассолов.

Для характеристики подсолевых рассолов нами использовано около 400 анализов по Соликамской впадине и около 1000 анализов по смежным — Юрюзано-Сылвинской и Бельской впадинам, Косьюинско-Чусовской седловине и все доступные данные по внутрисолевым проявлениям (около 280 анализов маточных рассолов, около 1500 анализов закладочных вод и шахтных конденсатов). В процессе обработки фактического материала использовано оригинальное авторское программное обеспечение для персонального компьютера.

Выводы кратко можно сформулировать следующим образом.

1. Подстилающая соли ангидритовая толща к началу садки галита уже была сформировавшимся водоупором и захоронила «подэвапоритовые» флюиды. В пользу этого говорит анализ условий нефтегазоносности отложений каменноугольного и раннепермского времени по всему Предуралью и платформе, где водоупором и покрывкой нефтегазовых залежей служат кунгурские ангидриты за контуром развития солей.

2. В дальнейшем гидродинамической связи рапы бассейна галогенеза с нижележащими захороненными флюидами в центральной части бассейна не было, так как и сульфатная и соляная части галогенной формации залегают единой однородной толщей без каких-либо нарушений сплошности.

3. В подсолевой части разреза была захоронена частично метаморфизованная в подготовительных бассейнах седиментации вода эпиконтинентального морского бассейна. Это можно представить, сравнив гидрогеохимический состав внутрисолевых (1) и подсолевых (2) флюидов (статистически усредненные данные около 2000 анализов), мг/л:

	1	2
Минерализация, г/л	400 - 450	200 - 250
HCO ₃	-	30 - 50
Cl	200 000 - 250 000	100 000 - 150 000
SO ₄	080 - 100	600 - 900
J	0 - 2	15 - 25
Br	10 000 - 15 000	500 - 800
Ca	35 000 - 40 000	10 000 - 15 000
Mg	50 000 - 60 000	3 000 - 5 000
Na	10 000 - 15 000	65 000 - 80 000
K	24 000 - 28 000	500 - 800
pH	5	7
Br · 10 ³ /Cl	30 - 60	3 - 5
SO ₄ · 10 ³ /Cl	0.2 - 0.4	2 - 4
эMg/эCl	0.5 - 0.7	0.15 - 0.25

Подсолевые флюиды существенно хлоридно-натриевые, с присутствием хлористого кальция и низким содержанием магния. Внутрисолевые флюиды существенно хлоридно-магниевые, с хлористым кальцием с большим количеством калия и низким

содержанием натрия. Различны и другие параметры. Например, на порядок различаются бром-хлорный и сульфатно-хлорный коэффициенты, содержание йода. Содержания натрия и магния нельзя использовать как генетические показатели, так как натрий внутри солей израсходован на кристаллизацию галита, а магний в подсолевых рассолах — на доломитизацию вмещающих карбонатов. Наиболее характерные различия, позволяющие предполагать различный генезис рассолов, заключаются в следующем: а) концентрация брома во внутрисолевых рассолах соответствует точке осаждения из рапы хлористого магния, а в подсолевых — намного ниже; б) в бассейне галогенеза стадии садки галита при захоронении рапы, из которой сформировались внутрисолевые рассолы, почти не было жизнедеятельности и, соответственно, в рассолах мало йода, который в морской воде накапливают водоросли, поэтому в подсолевых рассолах — реликтах нормального моря — йода больше; в) значительная концентрация калия характерна для бассейна галогенеза стадии садки галита и карналлита; То же можно сказать и о содержании кальция; г) Застойный режим и направленные процессы в системе вода — порода привели к формированию современных подсолевых рассолов. Эти процессы однотипны для различных эвапоритсодержащих структурно-формационных комплексов (в том числе и без растворимых солей). Количество конечного продукта метаморфизма — хлористого кальция в рассолах зависит и от геологического времени (сравним с формациями цехштейна в Европе и кембрия в Иркутском амфитеатре; этому посвящены работы Е.В. Пинеккера, П. Сонненфельда, М.Г. Валяшко и многих других).

Изменения в составе захороненной под солями морской воды могут быть связаны как с протеканием реакций Гайдингера и Мариньяка, и с процессом сульфатредукции в пластовых условиях. Последнее обстоятельство, по нашему мнению, объясняет и некоторые колебания содержания гидрокарбоната. Для протекания процесса сульфатредукции необходимо наличие углеводов [2] которые в подсолевых отложениях Соликамской впадины, как уже отмечалось, присутствуют. Присутствует и вещество, появляющееся как результат сульфатредукции, — сероводород. С другой стороны, наличие повышенных содержаний гидрокарбоната в пластовых рассолах может указывать, во-первых, на близость углеводородных залежей и, во-вторых, на то, что это могут быть или сернистые нефти, или сероводородсодержащие газы.

Сравнительный анализ пермских и девонско-каменноугольных рассолов говорит о незначительной дифференциации рассолов по возрастному признаку. Гораздо более значительные различия наблюдаются в зависимости от местоположения скважин в пределах рассматриваемой структуры. Так, например, во фланговых частях Соликамской впадины и в средней части, где выделяется Дуринский наложенный прогиб, существуют условия для восходящей фильтрации рассолов и их смешения с флюидами верхнего гидрогеологического этажа.

В заключение отметим, что взаимоотношения между главными компонентами, наблюдающиеся в подсолевых рассолах Соликамской впадины, свидетельствуют о том, что их формирование мало связано с процессами, происходившими в кунгурском соленом бассейне. Ясно прослеживается характер метаморфизма с появлением в виде конечного продукта хлор-кальциевых рассолов в результате взаимодействия в системе вода — порода. Такое взаимодействие является важнейшим фактором формирования наблюдаемых особенностей гидрогеохимии флюидов, приуроченных к структурно-формационным комплексам, содержащим эвапориты.

Список литературы

1. Бельтюков Г.В. Гидрохимия рассолов Верхнекамского месторождения калийных солей // Литолого-фациальные и геохимические проблемы соленакопления. М., 1985. С. 164—168.
2. Валитов Н.Б., Филиппов С.А. О роли вторичных изменений газомещающих пород при формировании месторождений сероводородсодержащих газов // Сов. геология. 1980. № 11. С. 25—28.
3. Дзенс-Литовский А.И., Шлендова Т.К. Гидрогеологическая изученность Верхнекамского месторождения калийных солей // Гидрогеология соляных месторождений и вопросы подземного выпечивания соляных залежей. Л., 1967. С. 3—10.

4. Максимович Г.А., Бельтюков Г.В. Формирование и миграция конденсационных рассолов в горных выработках калийных рудников // Геология и гидрогеология соляных месторождений. Л, 1972. С. 65—72
5. Попов В.Г. Гидрогеохимия и геогидродинамика Предуралья. М, 1985.
6. Сонненфельд П. Рассолы и эвапориты. М, 1988.
7. Шестов И.Н., Шурубор А.В. Гидрогеологические условия Косьвинско-Чусовской седловины // Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1966. С. 23—25.
8. Шестов И.Н. Гидрогеохимическое районирование сероводородных вод Пермской области // Химическая география и гидрогеохимия. Пермь, 1964. С. 37—41.
9. Шестов И.Н. Гидрогеология и гидрохимия нижнепермского комплекса // Нижнепермские отложения Камского Предуралья. Пермь, 1973. С. 304—326.