

ВЛИЯНИЕ ТЕКТОГЕНЕЗА И ГАЛОГЕНЕЗА НА ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАССОЛОВ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ (СЕВЕРО-КАСПИЙСКИЙ АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН)

В настоящей работе рассмотрены основные закономерности формирования и размещения рассолов Прикаспийской синеклизы. Проанализированы палеогеографические условия соленакопления на территории впадины и проявлена роль тектогенеза и галогенеза в формировании рассолов. Дана характеристика основных геохимических и генетических типов подземных вод и рассолов, рассмотрен их генезис. Приведен химический состав рассолов и рассмотрена возможность комплексного использования их в бальнеологических целях или как гидроминеральное сырье.

Ключевые слова: подземная гидросфера, Северо-Каспийский артезианский бассейн, пермский соляной галогенез, рассолы, относительно водоупорная сульфатно-галогенная толща, химический состав и минерализация, основные геохимические и генетические типы, поликомпонентное гидроминеральное и бальнеологическое сырье.

Прикаспийский седиментационный бассейн является классической областью распространения пермской галогенной формации, с которой связаны рассолы различных геохимических типов. Изучение этих вод в качестве комплексного минерального сырья приобретает большое значение и в связи с рассольным рудообразованием в области древнего галогенеза.

Выяснение закономерностей формирования рассолов Прикаспийской синеклизы является одной из фундаментальных проблем современной гидрогеологии и генетической гидрогеохимии. 99% подземной гидросферы Прикаспия представлено рассолами.

Изучение геологических и геофизических материалов указывает на древнее заложение Прикаспийской впадины. В докембрийское (протерозойское) время и в начале палеозойской эры, регион, в пределах которого располагается сейчас солянокупольная область Прикаспийской впадины, представлял собой единое целое с основной, ныне поднятой частью Русской плиты [1], [2].

Для изучения влияния тектогенеза и галогенеза на геохимические особенности рассолов Прикаспийской впадины были использованы следующие методы:

1) Анализ фондовых и литературных источников.

2) Для определения химического состава подземных вод выполнялся сокращенный химический анализ подземных вод, отбор проб проводился в процессе пластоиспытания разведочных скважин на нефть в целях подробной характеристики состава рассолов.

3) Систематизация подземных вод по химическому составу произведена на базе классификации Алекина-Посохова. В соответствии с ней выделено два типа вод (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.

4) Для характеристики химического состава подземных вод в работе также используется формула Курлова, представляющая собой псевдодробь, в числителе которой в убывающем порядке указывается процентное содержание анионов, а в знаменателе – катионов. Слева перечисляются микрокомпоненты, а также показана минерализация воды (г/л). Справа от дроби записываются величины кислотного-щелочного потенциала и температура воды.

Наиболее ранние тектонические движения проявились, вероятно, в конце архейской эры и в протерозойское время. В это время в ослабленной зоне, соответствующей положению Центрально-Прикаспийского рифта, внедрился астенолит. Над горячим астенолитом происходило растрескивание литосферы и образование грабена по системе поперечных и продольных сбросов. По мере внедрения диапиров развивался активный рифтогенез, сопровождаемый формированием в поверхности фундамента зон дифференцированных опусканий, заполняемых эффузивно-осадочными рифтогенными комплексами. Перераспределение масс в нижней части и в верхней мантии обусловило необратимое из-

менение гипсометрического положения поверхности Мохо и Конрада. А зародившиеся рифты на протяжении последующей геологической истории неоднократно активизировались.

I этап ($R_3-V_1 - D_3ps-kn$) В рифейское время, рассматриваемая территория Волгоградского сектора Прикаспийской впадины соответствует дельте – проливу Пачелмского авлакогена, где происходило накопление мощной толщи осадков нижнего девона.

Последние данные глубокого бурения, в совокупности с результатами геофизических исследований в пределах российского сегмента Прикаспийской впадины, в целом, свидетельствуют о том, что на месте современной впадины в ранне- и среднедевонское время продолжала существовать система грабенов, которые заполнялась преимущественно терригенными осадками.

В Северо-Каспийском артезианском бассейне водоносность подсолевых рассолов выщепленных отложений на территории Волгоградской области не изучена, опробование водоносных горизонтов и комплексов в отложениях рифея, венда и среднего и верхнего девона не проводилось из-за больших глубин залегания (до 20 км и более), что не позволило изучить их бурением. Данные сейсморазведки МОГТ не позволяют получить отраженные волны от фундамента и границ, расположенного вблизи фундамента в центральной части Прикаспийской впадины, в связи с сейсмогеологическими характеристиками данной поверхности, и с экранированием целевых отражений сложно построенной соленосной толщи. Данные по химическому составу и минерализации в пределах российского сегмента Прикаспийской впадины отсутствуют. При опробовании на правом берегу р. Волги (Октябрьская, Клетско-Почтовская, Кленовская, Ново-Коробковская, и др.) эйфельских карбонатных отложений (морсовских и мосоловских известняков) при пластоиспытании получен слабый приток хлоридных кальциево-натриевых рассолов с минерализацией 152–270 г/дм³. Рассолы с высокой степенью метаморфизации rNa/rCl 0,38–0,62, $CaCl_2$ 24–38%. Содержание J в рассолах составляет 2,5–12,69 мг/дм³, Br 423–1053 мг/дм³, Cl/Br 118–187. При опробовании средне-верхнедевонских терригенных отложений (воробьевских, ардаатовских, пашийских, кыновских песчаников, алевролитов) на Терсинской, Арчединской и др. площадях при

пластоиспытании получен слабый приток I хлоридных кальциево-натриевых рассолов с минерализацией 36–223 г/дм³. Коэффициент $rNa/rCl - 0,55-0,77$, $Cl/Br - 125-366$. Концентрация йода в рассолах достигает 0,52–42,1 мг/дм³, брома 392–1242 мг/дм³.

Большой интерес вызывают неизученные подсолевые рассолы Центрально-Прикаспийского рифта.

II этап ($D_3sr - P_1kg$) Среднефранской фазе седиментации предшествовал значительный перерыв. В пределах палеовыступов нижнефранские (возможно, также средне – нижнедевонские) отложения были подвержены денудации. Начиная со среднефранского времени Прикаспийская впадина развивалась по типу эпиконтинентального бассейна, испытывала устойчивое погружение – вплоть до настоящего времени. Средне-позднефранскому периоду соответствует максимум трансгрессии с накоплением в погруженных областях депрессионных карбонатно-глинистых фаций и образованием в бортовой зоне карбонатных клиноформ с рифовыми постройками [3], [4].

Последующему осадконакоплению фаменских отложений предшествовал крупный региональный перерыв, отмечаемый по всей бортовой зоне Прикаспийской впадины. В подошве этих отложений также часто отмечаются крупные стратиграфические несогласия. С фаменского времени палеогеографическая обстановка резко меняется: образуются обширные мелководные плато, где в течение времени (до отложений башкирского яруса) возникают предпосылки для накопления органогенных известняков. В палео-прогибах, унаследовано развивающихся со среднедевонского времени, в условиях некомпенсированного осадконакопления фаменско-турнейские отложения представлены депрессионными карбонатно-глинистыми осадками, характеризующимися сокращенными значениями толщин.

С конца верхнего девона западная часть Прикаспийской впадины развивалась как глубоководный бассейн некомпенсированного прогибания. Некоторая компенсация этого бассейна терригенным материалом произошла в последующий период накопления малиновско-тульских отложений. Мощность этого нижнекаменноугольного терригенного комплекса на некоторых участках бортовой зоны вначале возрастает от 60 метров во внешней части, до 500–600 метров вблизи уступа, а затем резко сокращается у его подножья.

Раздувы мощности преимущественно терригенной толщи повсюду приурочены к крутому склону, образованному поверхностью нижележащих верхнедевонско-турнейских отложений.

Можно представить, что количество поступившего во впадину с её обрамления терригенного материала было ограниченным. Он распределялся в виде узкой полосы только вдоль склона уступа, нивелируя его наиболее крутые участки. В последующий период накопления осадков окско-серпуховского-нижнебашкирского возраста развитие впадины вновь характеризуется некомпенсированным прогибанием. Мощность комплекса вкрест бортовой зоны повсеместно сокращается, а его поверхность образует в палеорельефе новый седиментационный уступ.

Крупномасштабные события происходили в бортовой зоне впадины в позднебашкирское время, когда она по бортовому тектоническому шву опустилась на 400 м, а в предассельское время стала воздыматься, в результате чего, последующей трансгрессией моря здесь были размыты верхнекаменноугольные и часть среднекаменноугольных отложений.

Интенсивное заполнение северной и западной частей впадины терригенными осадками произошло в позднебашкирско-верейское время. На всех разрезах пересечениях бортовой зоны фиксируется аномальное увеличение мощности этих отложений в сторону впадины от первых сотен метров до 1000–1200 метров. Терригенные осадки полностью засыпали склон карбонатного уступа, ограничивающего бассейн в предшествующий период осадконакопления, в результате чего их поверхность моноклиально, без видимого изменения угла наклона, погружается во впадину. Мощности этих отложений в направлении центральной части бассейна не уменьшаются. Это свидетельствует о весьма значительном объёме сноса материала. Мощность надверейского (докунгурского) комплекса в бортовой зоне вновь резко уменьшается, она сокращается в направлении впадины более чем в 10 раз (от 1000–1600 до 100–150 метров). Это обусловлено подъёмом территории.

В докунгурском рельефе сформировался морфологический (нижнепермский) уступ, высота которого на отдельных участках достигала 1200–1600 м. Начальная глубина пермского бассейна у подножья уступа достигала 1000–1500 метров и очевидно, увеличивалась к внутренним

районам впадины до 4000–4500 м. В кунгурское и последующее пермско-триасовое время, впервые за длительную историю глубоководная впадина была полностью заполнена осадками [4]. Герцинский этап развития характеризуется компенсацией бассейна мощными соленосными отложениями кунгурского и казанского ярусов, причём, в прогибание, кроме Прикаспийской впадины, была вовлечена вся юго-восточная часть Восточно-Европейской платформы. Образовались отложения верхней красноцветной молассы верхней перми и триаса. Начало проявления галотектогенеза приходится на конец позднепермского времени. В этот период на поверхности земли обнажаются и полностью размываются отложения верхней перми в сводах соляных ядер формирующихся куполов. Увеличенные мощности (до 4–5 км) указанных отложений сохраняются в отдельных депрессиях (Царынской) центральной части Сарпинского мегапрогиба.

Рассолы подсолевого комплекса. В Северо-Каспийском артезианском бассейне подзона хлоридных натриево-кальциевых и кальциево-натриевых, йодо-бромных азотно-метановых рассолов опробована и установлена в карбонатно-терригенных отложениях визейского, башкирского, московского и гжельского ярусов нижнего, среднего и верхнего карбона и нижней перми на глубинах 890–4952 м, с минерализацией 128–265 г/дм³ см таблицу 1. Ниже 5000 м водоносные комплексы не опробованы и не изучены. Она характеризуется условиями весьма затрудненного водообмена и квазистационарного режима. Для подзоны характерны восстановительная геохимическая обстановка (Eh – 100 – 260) реакция среды кислая при pH = < 4–6,9; T = 17–100 °C и высокая степень метаморфизации (rNa/rCl = 0,66–0,83; Cl/Br 198–500) при содержании J 3–18 мг/дм³. Br 178–721 мг/дм³. Хлоркальциевые подсолевые рассолы (тип ПБ), это «жидкие руды», обогащены целым рядом галофильных элементов и редких щелочных металлов. Они могут быть использованы комплексно как гидроминеральное сырьё и в бальнеологических целях. Они являются близкими аналогами бальнеологических – бромных, йодных и борных вод Вологодского, Московского рассольного и Усть-Качкинского типов.

Подзона хлоридных натриевых сульфидно-углекисло-метаново-азотных инфильтрогенных рассолов выщелачивания каменных солей с ми-

нерализацией 36–128–249 г/дм³ связана с сульфатизированными и битуминозными породами каменноугольного и нижнепермского возраста. Под мощной толщей солей в условиях весьма затрудненного водообмена и квазистационарного режима перенос вещества возможен только по молекулярно-диффузионному механизму, такие воды могут быть названы рассолами диффузионного выщелачивания, которые генетически моложе связанных с ними солей. Верхний предел минерализации инфильтрогенных рассолов ограничен пределом растворения галита – 330 г/дм³. Геохимически воды подзоны отвечают умеренно и резко восстановительной обстановке с величиной Eh от –100 до –430; pH 5,4–7 T=10–35°C. Рассолам свойственна низкая метаморфизация (гNa/гCl обычно 0,85–1,0), обедненность Br (0,05–0,4 г/дм³), Cl/Br (600–1500), I (1–10 мг/дм³). Слабые йодо-бромные рассолы этой зоны с минерализацией до 100–150 г/дм³ могут быть использованы в бальнеологических целях.

Аналоги их представлены – водами лечебное действие которых определяется величиной минерализации и ионно-солевым составом – Усольским и – бромными, йодными и борными водами – Вологодского типа.

Меж и внутрисолевые рассолы подзона хлоридных магниевых рассолов представлена меж- и внутри солевыми рассолами на территории Прикаспийской синеклизы в карбонатно-соленосных отложениях нижней перми на Светлоярской, Комсомольской, Тингутинской, Ново-Николаевской, Лободинской площадях см таблицу 2. Зона реликтовых внутрисолевых и межсолевых хлоридных магниевых рассолов заключена в зону рассолов хлоридного натриевого состава – надсолевых инфильтрогенных и подсолевых диффузионного выщелачивания. Рассолы вскрыты на глубине 0,9–3,9 км, с минерализацией 170–460 г/дм³ содержат J 1–35 мг/дм³, Br до 12,3 г/дм³, H₃BO₃–5,5 г/дм³. Имеют высокую степень метаморфизации гNa/гCl=0,08–0,16; Cl/Br=55–205. Среда рассолов кислая pH=<4,0–6,9. По генезису рассолы талласогенные и сингенетичные вмещающим породам кунгурского возраста. Эти рассолы являются слабоизмененной маточной рапой, соответствующей завершающей стадии пермского галогенеза. В связи с линзовидным залеганием коллекторов запасы хлор-магниевых рассолов невелики. Рассолы такого типа не используются в бальнеологических це-

лях в России, но представляют огромный интерес. Они содержат большое количество магния, брома и ортоборной кислоты. Им также свойственна обогащенность редкими и рассеянными элементами Sr, Li, Rb, Cs. Они также могут быть использованы комплексно как гидроминеральное сырье и в бальнеологических целях.

III этап (P₂uf-Q_{IV}) На раннетриасовое время отложения самого верхнего отдела надсолевой толщи представляли собой пенеплезированную поверхность. Граница размыва находит повсеместное отражение на геофизических сейсмических материалах в виде углового несогласия между пермскими и перекрывающими их отложениями. В результате последующего опускания территории западной части Прикаспийской впадины происходило интенсивное осадконакопление триасовых отложений. Региональная выдержанность мощности и литологии и чередование карбонатных и терригенных осадков является проявлением циклических, незначительных по амплитуде знакопеременных вертикальных движений, приводящих к регрессивным и трансгрессивным колебаниям моря. Неявно проявляющиеся угловые несогласия внутри триаса, совпадающие, в основном, с границами отделов, характеризуют относительно стабильный динамический режим, при котором происходил весьма незначительный рост соляных куполов.

Наибольшей структурной перестройке исследуемая территория подвергалась на границе триаса и юры. Именно в это время произошла активизация соляного тектогенеза, что привело к образованию крупных триасовых мульд в результате оттока из них соли в окружающие купола. При этом «просадка» триасовых отложений в мульдах сопровождалась весьма значительным ростом амплитуды соляных куполов. Это предопределило расчленение надсолевого комплекса на отдельные в гидрохимическом и гидродинамическом отношении блоки. Последующий размыв полностью сnivelировал поверхность современной территории Прикаспия. В результате эрозии местами было срезано до 1–1,5 км триасовых отложений.

Вплоть до конца палеогенового времени происходит постепенная передислокация соли из сформировавшихся мульд в купола. Процесс сопровождается незначительными колебаниями уровня моря и перерывами в осадконакоп-

лении и формированием палеогеновых мульд к центру синеклизы.

В преднеогеновое время происходит новая активизация соляного тектогенеза, сопровождающаяся ускоренным ростом уже сформированных куполов. Она часто сопровождается прорывом соляных масс юрско-палеогеновых отложений и сопутствующим ему осложнением дизъюнктивными нарушениями. Нарушения формируют блоковый характер строения надсолевой части разреза. Именно в это время происходит окончательное формирование современных солянокупольных структур в мезозойской толще. Подъем территории в конце палеогена вновь приводит к пенеппенизации сформированных положительных форм. Сnivelированный рельеф перекрывается покровными неоген-четвертичными отложениями, имеющими на большей части Прикаспия региональный наклон в сторону центра впадины.

Инверсионные движения солянокупольных областей Прикаспийской впадины фиксируются по резким стратиграфическим несогласиям и поверхностям размыва, главные из которых приходились на среднетриасовую эпоху, поздневолжское, позднесеноманское, средне и позднемиоценовое, ранне- и среднеплиоценовое времена.

Формирование Прикаспийской впадины, как области сплошного развития соляных куполов, завершилось в альпийский этап тектогенеза, в период между концом палеогена и верхним плиоценом. В это время впадина оформилась в современных границах и положение её северо-западного ограничения соответствует нижнепермскому уступу. Именно он определил положение окраинной цепочки куполов и формирование, связанной с ней системы региональных сбросов, как границы распространения соляного тектогенеза. Который сыграл огромную роль в формировании основных геохимических и генетических типов хлоридных рассолов.

Рассолы надсолевого комплекса Подзона хлоридных натриевых и кальциево-натриевых, йодо-бромных азотно-метановых рассолов в Северо-Каспийском артезианском бассейне установлены при опробовании в карбонатно-терригенных отложениях верхней перми и во всех отделах мезозоя на глубинах 1076–3043 м и кайнозоя см. таблицу 3.

Подзона хлоридных натриевых сульфидно-углекисло-метаново-азотных рассолов с минера-

лизацией 37–261,8 г/дм³ связана с сульфатизированными и битуминозными породами верхнепермского, карбонатно-терригенного триасового, юрского и мелового возраста. Геохимически она отвечает умеренно и резко восстановительной обстановке с величиной Eh от –100 до –430; рН 5,5–7,8; Т=10–26°С. Им свойственна низкая метаморфизация (rNa/rCl обычно 0,7–0,86–0,93), обедненность Br (0,03±0,3 г/дм³), I (1±16 мг/дм³), Cl/Br (258–388–2200). Эти воды связаны с выщелачиванием солей вблизи примыкания водоносных горизонтов к соляным куполам. Вдоль бортовой части синеклизы р. Волги хлоридные натриевые рассолы установлены в терригенно-карбонатных отложениях триаса и верхней перми, с минерализацией 50–100 г/дм³. Кровля рассолов располагается на глубинах 900–1200 м.

Наиболее широко инфильтрогенные рассолы развиты в надсолевых толщах мезозоя. При неглубоком залегании на куполах, растворение солей и перенос вещества происходит в результате вынужденной конвекции (фильтрации). С глубиной уменьшается скорость движения подземных вод, возрастает роль молекулярного диффузионного массопереноса. Они являются близкими аналогами бальнеологических вод Усольского, Красноусольского Вологодского, Московского рассольного, и Усть-Качкинского типов [5].

Подзона хлоридных натриево-кальциевых и кальциево-натриевых, йодо-бромных азотно-метановых рассолов установлена в карбонатно-терригенных отложениях мезозоя на глубинах 1470–2119 м, с минерализацией 83,9–179,1–292,0 г/дм³. Она характеризуется условиями весьма затрудненного водообмена. Для зоны характерны восстановительная геохимическая обстановка (Eh –100–260) при рН=4–6,9; Т=17–100°С и высокая степень метаморфизации (rNa/rCl=0,29–0,75; Cl/Br 180–321) при содержании J 2–5,8 мг/л, Br 124–527 мг/дм³. Рассолы можно использовать как поликомпонентное, бальнеологическое и гидроминеральное сырье. Рассолы этого типа являются аналогами бальнеологических вод: Московского рассольного, Усть-Качкинского, Вологодского типов.

На Аралсорской площади (территория Казахстана) Прикаспийской синеклизы из аптских карбонатно-терригенных отложений нижнего мела выведены хлоридные натриево-магниевые рассолы с глубины 2,09 км, с минерализацией 343,8 г/дм³ (табл.3.), имеют низкую

Таблица 1. Подсолевые рассолы

№ пробы	Место взятия пробы; глубина, м	Водяная порода	Минерализация мг/л	Ингредиенты, мг/л; %-экв						РН-Г° Уд.вес	J Br H ₃ BO ₃	Тип минеральной воды по классификации В.В. Иванова, Г.А. Невраева Формула химического состава	Индекс воды по О.А. Алекину
				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 синеклиза)													
1	Скв. 279-Ново-Никольская, 44952-4953	P ₁	128800.7	74550 2100	3097.8 64.54	1561.6 25.6	2404.8 120	486.4 40	46693 2030.14	7.1 1.085	17.51 178.6	Вологодский C ₁ 96SO ₄ 2HCO ₃ 1 (Na+K)93Ca5Mg2	Na Cl III6
2	Скв. 581-Луговая Пролейка, 2770-2813	P ₁ s-ar	279981.4	170400 4800	1917.2 39.9	195.2 3.2	6012 300	3404.8 280	98052.2 4263.1	6.1-23 1.186	3.3 303	Московский рассольный. C ₁ 99SO ₄ 1 (Na+K)88Ca6Mg6	CaNa Cl III6
3	Скв. 2-Николаевская, 3947-3955	C ₁ tl	229153.4	142710 4020	235.38 4.9	109.8 1.8	21442.8 1070	3756.4 308.92	60898.9 2647.8	4 1.152	13.58 721.6	Усть-Качкинский C ₁ 100 (Na+K)66 Ca27 Mg7	CaNa Cl III6
4	Скв. 2-Ерусланская, 1875-1905	C ₃ gl	217231	133029 3751	822 17.12	48.8	9266 462	2068 170	71997 3129	7 1.147	3.49 266	Московский рассольный. C ₁ 100 (Na+K)83 Ca12Mg5	CaNa Cl III6
5	Скв. 2-Николаевская, 3208-3195	C ₂ v	231807.5	143934.7 4054.5	474.9 9.89	195.2 3.2	18286.5 912.5	3985.8 329.4	64990.4 2825.7	5.3 1.15	8.76 643.87	Усть-Качкинский C ₁ 100 (Na+K)70 Ca22 Mg8	CaNa Cl III6
6	Скв. 579-Луговая Пролейка, 2942-3025	P ₁ s-ar	249283.8	152593.2 4298.4	1240.26 25.84	225.7 3.7	9418.8 470	3283.2 270	82522.6 3567.9	6.2-31 1.162	4.3 427.6	Нет аналога C ₁ 99 SO ₄ 1 (Na+K)83 Ca11 Mg6	Na Cl III6

Таблица 2. Меж- и внутрисоловые рассолы (P,kg)

№ пробы	Место взятия пробы; глубина, м	Водовмещающая порода	Минерализация мг/л	Ингредиенты, мг/л; %-экв						РН-Г° Уд.вес	J Br H ₃ BO ₃	Тип минеральной воды по классификации В.В. Иванова, Г.А. Невраева	Индекс воды по О.А.Алекину
				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. 4-Светлоярская, 978-981	P,kg	170416.4	104423.2 2941.5	3942.9 82.1	36 1.2	3618.4 180.56	7904.36 650.	50495.58 2195.5	7.8-21 1.111	- 572.7	Московский рассольный C197SO ₄ 3 (Na+K)73Mg21 Ca6	Mg Na Cl IIIб
2	Скв. 7-Светлоярская, 961-1241	P,kg	458182.6	330416.6 9307.5	4838.2 101	2287.5 37.5	нет	109142.3 8946.06	11498.6 499.94	≤4 1.323	- 12320	Нет аналога C197SO ₄ 1 Mg95(Na+K) 5	Mg Cl IIIа
3	Скв. 2-Комсомольская, 1710-1720	P,kg	386982.9	275480 7760	291.34 6.07	отс	16032 800	72960 6000	22219.6 966.07	4.3-24 1.285	1.02 3062.58	Нет аналога C1100 Mg77(Na+K)12 Ca11	Mg Cl IIIб
4	Скв.21-Тингутинская, 890-907	P,kg	343165	230750 6500	765.8 15.95	207.4 3.4	13527 675	40950 3367.6	56965.2 2476.75	5.8-17 1.242	- 1571.76	Нет аналога C1100 Mg52 (Na+K)38 Ca10	Mg Cl IIIб
5	Скв. 101-Демидовская, 3954	P,kg	349552	217260 6120	5601.3 116.7	1860.5 30.5	1603.2 80	21401.6 1760	101825.4 4427.2	5.8- 1.237	35 750.8	Нет аналога C198 SO ₄ 2 (Na+K)71 Mg28 Ca1	Mg Na Cl IIIб
6	Скв. 2-Ново-Николаевская, 1272	P,kg	344405.5	248500 7000	597.5 12.45	1622 26.6	20040 1000	73197.5 6019.5	448.5 19.5	- 1.213	- 3969.36	Нет аналога C1100 Mg85 Ca14(Na+K)1	Mg Cl IIIб

Таблица 3. Надсолёные рассолы (P₂ш-О₄В)

№ пробы	Место взятия пробы; глубина, м	Водомещающая порода	Минерализация мг/дм ³	Ингредиенты, мг/л; %-экв						РН-Г° Уд.вес	I Br H ₃ BO ₃ Мг/дм ³	Тип минеральной воды по классификации В.В. Иванова, Г.А. Невраева	Индекс воды по О.А. Алекину
				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 синеклиза)													
1	Скв.13- Паромная 1076-1086	J ₂ bj	71741.9	43931.3 1237.5	742.8 15.47	85.4 1.4	3261.5 162.75	1555. 127.88	22166.096 3	- 1.047	1.52 113	Вологодский Cl99SO ₄ ↓ (Na+K) 77Ca13Mg10	Na Cl Шб6
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	40618.9 1766.04	= 1.098.	нет	Вологодский Cl100 (Na+K) 71Ca16Mg13	Na Cl Шб6
3	Скв.7- Паромная 1470-1480	T ₁	179150	112712 3175	29.22 0.61	24.4 0.4	12696.5 633.56	5371.7 441.75	48316.1 2100.7	<4 1.123	5.84 407	Московский, рассольный Cl100 (Na+K) 66Ca20Mg13	CaNa Cl Шб6
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	=	2.3 410	Усть-Качинский Cl100 (Na+K) 54Ca33Mg13	CaNa Cl Шб6
5	Скв. 458-Чапурниковская 1026-1082	P ₂ t	86216.78	51830 1460	1464.5 30.51	128.1 2.1	2428.84 121.2	1320.45 108.59	29044.86 1262.86	7.1 1.06	0.76 137.77	Вологодский Cl98SO ₄ ↓ (Na+K) 85Ca8Mg7	Na Cl Шб6
6	Скв. 4-Светлоярская, 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	Вологодский Cl98SO ₄ ↓ (Na+K) 81Mg10 Ca9	Na Cl Шб6
7	Скв. 460-Чапурниковская, 1100-1182	P ₂	225573.5	136320 3840	2675.1 55.7	155.65 2.55	2630.9 131.95	3195.6 262.79	80596.3 3504.19	= =	- 170.5 62	Московский, рассольный Cl98SO ₄ ↓ (Na+K) 90Mg7Ca3	Na Cl Шб6
8	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	= =	- 77.26 17.41	Вологодский Cl100 (Na+K) 80Mg10Ca10	Na Cl Шб6
9	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	Вологодский Cl99SO ₄ ↓ (Na+K) 82Ca12 Mg6	Na Cl Шб6
10	Скв.5021-Гмелинская, 1410-1482	P ₂	83990.1	113830.7 3206.5	1420.5 29.59	73.2 1.2	13527 675	4256 350	50882.67 2212.29	7.7-30 1.122	4.69 394.88	Вологодский Cl99SO ₄ ↓ (Na+K) 68 Ca21Mg11	NaCa Cl Шб6
11	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	Московский, рассольный Cl100 (Na+K) 89Ca7 Mg4	Na Cl Шб6

степень метаморфизации $r_{Na}/r_{Cl}=0.82$; среда рассолов $pH=7,0$. По генезису рассолы инфильтрогенные. Рассолы такого типа не используются в бальнеологических целях в России, но представляют огромный интерес.

Возможно, им также свойственна обогащенность редкими и рассеянными элементами Sr, Li, Rb, Cs.

Выводы по результатам гидрогеохимических и гидрогеодинамических исследований следующие. Прикаспийский седиментационный бассейн является одной, из крупнейших геологических структур Восточно-Европейской платформы, характеризующейся большим разнообразием гидрогеохимических и литолого-фациальных условий [6].

Северо-Каспийский артезианский бассейн, занимающий территорию левобережья р. Волги, практически не обеспечен пресными водами. Лишь в краевых ее частях на западе и севере территории в четвертичных и верхних горизонтах плиоценовых отложений содержатся пресные и слабосоленоватые воды с минерализацией до 3 г/дм^3 . Они приурочены к аллювиально-морским хазарско-хвалынским и аллювиальным среднечетвертично-современным отложениям прибрежной зоны р. Волги и Волгоградского водохранилища. На остальной территории бассейна пресные воды встречаются в виде линз и небольших пластовых залежей. Северо-Каспийский артезианский бассейн имеет сложное солянокупольное строение. В надсолевой части осадочного чехла распространена напорная верхняя гидрогеодинамическая система, охватывающая гидрогеологические комплексы затрудненного и подзоны весьма затрудненного водообмена. В пределах Северо-Каспийского бассейна зона интенсивного водообмена практически отсутствует.

Относительно водоупорная сульфатно-галогенная толща кунгурского яруса отделяет верхнюю гидрогеодинамическую систему от нижней. В подсолевой части расположена нижняя подсолевая гидрогеодинамическая система, которая предположительно состоит из подзоны весьма затрудненного водообмена и квазизастойного режима.

В пределах Северо-Каспийского бассейна, являющегося областью распространения нижнепермской галогенной формации, главного события в формировании химического состава подземных вод и рассолов юго-восточной и вос-

точной окраины Восточно-Европейской платформы. Восточно-Европейский эвапоритовый бассейн площадью более 1 млн. км^2 протягивался с С на Ю более чем на 2500 км . Благодаря ему сформировались Печорский, Волго-Уральский и Прикаспийский солеродные бассейны [2].

Огромное значение в формировании гидрогеохимической обстановки имел альпийский тектогенез, заложение очагов скрытой и открытой разгрузки седиментогенных рассолов приурочены к солянокупольным структурам, например, Эльтонский и Баскунчакский купола. Кроме того, интенсивное проявление соляной тектоники предопределило расчленение надсолевого осадочного чехла на отдельные изолированные блоки в гидрогеодинамическом отношении.

Зона весьма затрудненного водообмена и квазизастойного режима представлена тремя основными геохимическими и генетическими типами: 1) хлоридными натриевыми инфильтрогенными рассолами выщелачивания каменных солей, 2) хлоридными магниевыми (натриево-магниевыми) реликтовыми маточными рассолами пермских палеобассейнов, 3) хлоридными натриево-кальциевыми (кальциево-натриевыми) седиментогенными рассолами. Хлоридные рассолы занимают доминирующее положение в осадочном чехле.

Отличительной особенностью бассейна является наличие хлоридных натриево-кальциевых и кальциево-натриевых рассолов типа (Шб по Е.В. Посохову, В.А. Сулину). Они развиты в различных по возрасту отложениях, начиная с палеозойских, мезозойских и кончая кайнозойскими отложениями. Наиболее крепкие метаморфизованные хлоридные кальциевые рассолы распространены в бассейнах с нижнепермскими соленосными, особенно калиеносными формациями Прикаспийской синеклизы с минерализацией до $510-540 \text{ г/дм}^3$. В нижнем и верхнем этажах бассейна натриевые, кальциево-натриевые и натриево-кальциевые, магниевые хлоридные рассолы инфильтрогенно-седиментогенные и седиментогенные рассолы с минерализацией $37-458,1 \text{ г/дм}^3$, обогащенные Br, J, H_3BO_3 могут использоваться в бальнеологических целях при разбавлении рассолов до 150 г/дм^3 .

Рассолы обогащенные галофильными и биофильными элементами и редкими щелочными металлами перспективны как гидроминеральное сырье для использования в различ-

ных областях и сферах промышленности, медицины и народного хозяйства. В недрах Прикаспия заключены значительные запасы минеральных промышленных вод различного ионно-солевого состава, содержащие кондиционные количества Br, J, K, B, Sr и т. д. Нередко в рассолах промышленно ценные компоненты присутствуют совместно, что позволяет их рассматривать как поликомпонентное гидроминеральное сырье [7]. Попутные воды всех нефтяных, газовых, нефтегазовых месторождений широко распространены, их гидроминеральные и бальнеологические ресурсы огромны. Они представляют большую практичес-

кую ценность. В настоящее время недостаточно внимание уделялось вопросу извлечения ценных компонентов из подземных рассолов. Наиболее экономичный вариант это извлечение ценных компонентов из попутных вод нефтяных месторождений. Необходимо изучить общерегиональную оценку запасов и подходов к технологиям извлечения на примере стран Израиля, Япония, США и др. Основными резервуарами надсолевых, подсолевых и межсолевых промышленных рассолов служат карбонатные и терригенные породы палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Они имеют широкое распространение до глубины 16-24 км.

25.02.2013

Список литературы:

1. Афанасьев Т. П. Подземные воды Среднего Поволжья и Прикамья и их гидрохимическая зональность. М.: изд. АН СССР, 1956. 263 с.
2. Деревягин А.С., Свидзинский С.А. Седлецкий В.И. и др. Нижнепермская галогенная формация Северного Прикаспия. Ростов на Дону: изд-во РГУ, 1981. 397 с.
3. Рихтер Я.А. Очерки региональной геодинамики Прикаспийской впадины и ее обрамления. / Тр. НИИГео СГУ им. Чернышевского. Нов. сер. Т. XIV.-Саратов: Изд-во Научная книга, 2003. 86 с.
4. Бражников О.Г., Михалькова В.Н. Особенности тектоники подсолевых отложений Западного Прикаспия) // Геол. Основы создания Прикаспийского нефтегазодобывающего комплекса. М.: Наука, 1990. С 105-110.
5. ГОСТ 13273-88 Воды минеральные питьевые, лечебные и лечебно-столовые. М.: Из-во стандартов, 1988. 29 с.
6. Мязина Н.Г. Закономерности формирования и распространения минеральных вод в гидрогеологических структурах Волгоградской области [монография]; – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2008. -212 с.
7. Мязина Н.Г. Гидрогеохимические особенности рассолов Прикаспийской синеклизы // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых.-Томск: Изд-во НТЛ, 2012. С.463-466.

Сведения об авторах

Мязина Наталья Григорьевна, доцент кафедры геологии геолого-географического факультета Оренбургского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук, 460018. г. Оренбург, пр. Победы 13, ауд. 3207, тел. (3532) 372543, e-mail: miazinanatalia@rambler.ru