

**ГИДРОГЕОЛОГИЯ**  
**(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

---

---

**ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ ОБЛИК ПЛАСТОВЫХ ВОД  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЙМАША<sup>1</sup>**

*Ларичев Виталий Владимирович*, кандидат геолого-минералогических наук, докторант, Кубанский государственный университет, Российская Федерация, 350049, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: geoskubsu@mail.ru

*Попков Василий Иванович*, профессор, доктор геолого-минералогических наук, академик РАЕН, Кубанский государственный университет, Российская Федерация, 350049, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: geoskubsu@mail.ru

*Попков Иван Васильевич*, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Кубанский государственный университет, Российская Федерация, 350049, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: iv-popkov@mail.ru

Приведены результаты исследований макро- и микрокомпонентного состава пластовых вод месторождения Оймаша. Рассматриваются особенности распространения и условия формирования металлоносных рассолов в нижних структурных этажах месторождения и некоторых других структур Южного Мангышлака. Обосновывается их глубинный генезис. Показано, что поступление металлоносных рассолов и опреснённых вод в осадочный чехол платформы является составной частью единого и непрерывного процесса дегазации Земли. Выявленные промышленные скопления редких элементов могут служить объектами, перспективными на гидроминеральное сырье.

**Ключевые слова:** подземные воды, гидрохимия, металлоносные рассолы, глубинная дегазация, гидроминеральные ресурсы

**HYDROCHEMICAL APPEARANCE OF RESERVOIR WATERS  
OF THE OYMASHA FIELD**

*Larichev Vitaly V.*, Ph. D. in Geology and Mineralogy, Ph. D. student, Kuban State University, 149 Stavropolskaya St., Krasnodar, 350049, Russian Federation, e-mail: geoskubsu@mail.ru

*Popkov Vasily I.*, D. Sc. in Geology and Mineralogy, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Kuban State University, 149 Stavropolskaya St., Krasnodar, 350049, Russian Federation, e-mail: geoskubsu@mail.ru

*Popkov Ivan V.*, Ph. D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Kuban State University, 149 Stavropolskaya St., Krasnodar, 350049, Russian Federation, e-mail: iv-popkov@mail.ru

The results of studies of the macro- and micro-component composition of reservoir waters of the Oymasha field are presented. Features of distribution and conditions of formation of metal-bearing brines in the lower structural floors of the Deposit and some other structures of the southern Mangyshlak are considered. Their deep Genesis is substantiated. It is shown that the flow of metal-bearing brines and desalinated water into the sedimentary cover of the platform is an integral part of a single and continuous process of degassing the Earth. Identified industrial clusters of rare elements can serve as objects promising for hydromineral raw materials.

**Keywords:** underground water, hydrochemistry, metal-bearing brines, deep degassing, hydromineral resources

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 19-05-00165-а; РФФИ и Администрации Краснодарского края, проект 19-45-230005 р\_а. (This work was supported by the /Russian Foundation for Basic Research, project 19-05-00165-а; RFBR and Administration of Krasnodar Territory, project 19-45-230005 r\_a.)

Одной из приоритетных задач освоения природных ресурсов является их комплексное использование и вовлечение в производственную сферу новых источников минерального сырья. В их число входят попутные (сточные) воды месторождений нефти и газа, содержащие, как правило, в повышенных количествах промышленно ценные компоненты и их соединения. В настоящей работе рассмотрены гидрохимические особенности месторождения Оймаша (Южный Мангышлак), пластовые воды которого характеризуются повышенными концентрациями щелочноземельных металлов, а также стронция, йода, брома и других компонентов, причём по ряду из них отмечается значительное (порой на порядок и выше) превышение пороговых промышленных концентраций.

Месторождение Оймаша расположено в пределах Песчаномыско-Ракушечной зоны сводовых поднятий Южно-Мангышлакского прогиба, в разрезе доюрского комплекса которого было выявлено 20 локальных объектов (рис. 1).

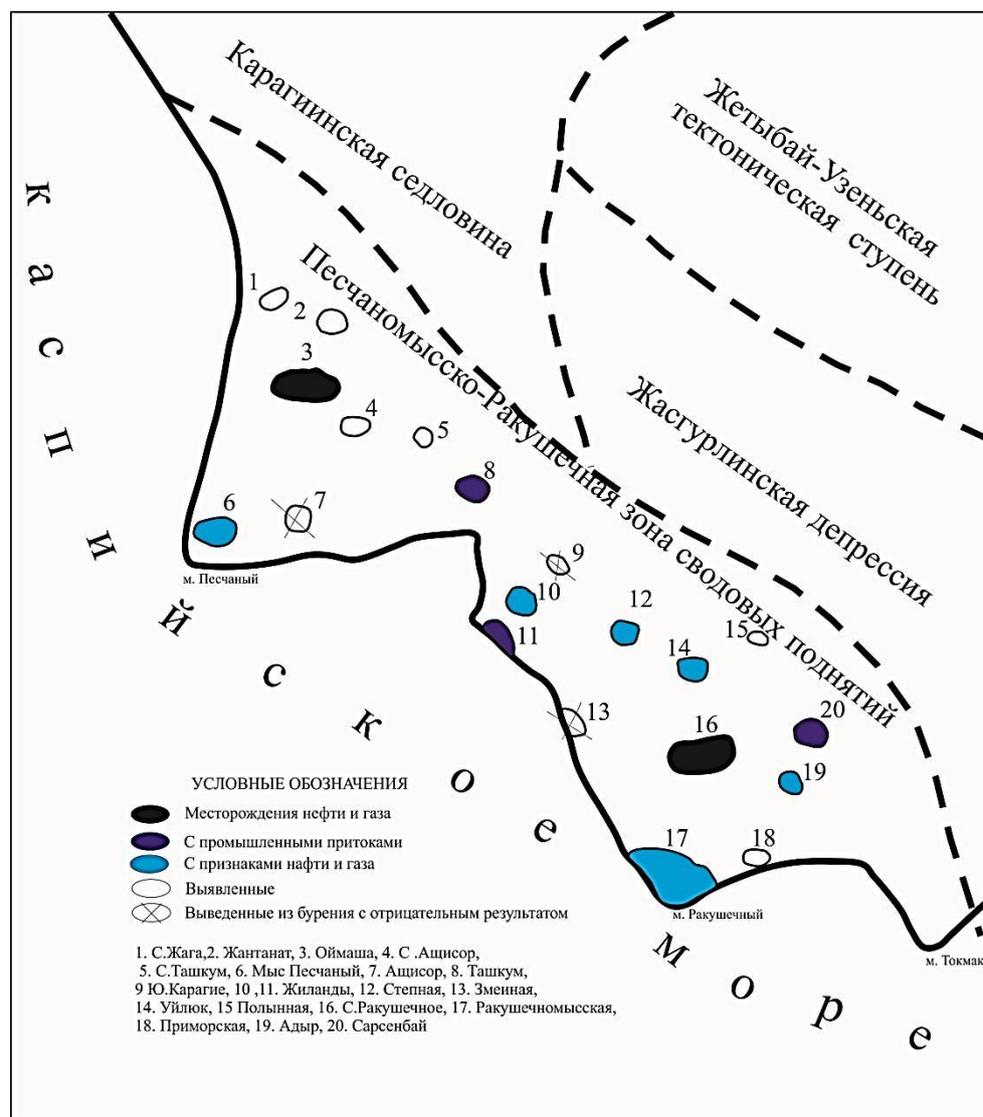


Рис. 1. Южный Мангышлак. Обзорная схема

Оймашинская структура взбросо-сдвигом северо-восточного простирания разделена на два самостоятельных поднятия, смещённых относительно друг друга. Размеры её по кровле карбонатного пласта А среднетриасовых отложений составляют  $12 \times 8$  км при амплитуде более 100 м. В разрезе месторождения принимают юрско-неогеновые отложения платформенного чехла, перекрывающие триасовый комплекс. Последний залегает с разрывом на дислоцированных метаморфических толщах палеозойского фундамента, прорванных гранитной интрузией каменноугольного возраста [7; 8]. Интрузивное гранитное тело вскрыто на глубину до 709 м (скв. 18). Граниты местами порфириодитные, мелко-, средне- и крупнозернистые с содержанием до 40 % кварца, полевых шпатов – 30 %, плагиоклаза – 25–30 % и биотита – 1–5 %. В отличие от метаморфических сланцев, граниты обладают более значительными ёмкостными и фильтрационными свойствами [9].

Согласно общепринятым схемам гидрогеологической зональности [1], в разрезе осадочного чехла и отложений фундамента разбуренных месторождений и структур Песчаномысско-Ракушечной зоны сводовых поднятий могут быть выделены два гидрогеологических этажа: верхний, где получили развитие инфильтрационные водонапорные системы, и нижний, преимущественного развития седиментационных и литогенных вод [3].

В верхнем этаже (I на рис. 2), охватывающем мел-неогеновый стратиграфический интервал, отмечается постепенное увеличение с глубиной минерализации и содержания большинства микро- и макрокомпонентов, что наглядно иллюстрируется на рисунке 2. При переходе к нижнему этажу эта тенденция сохраняется, однако достигнув в разрезе юрских водоносных горизонтов и комплексов значений минерализации 140–160 г/л, дальнейшего роста минерализации не происходит, а в макрокомпонентном составе резко уменьшается концентрация гидрокарбонат- и сульфат-ионов (II на рис. 2).

На границе перехода к доюрскому комплексу в одних скважинах в отложениях триаса и палеозоя отмечается резкое снижение минерализации пластовых вод (на рис. 2 – кривая *a*), в других – такая закономерность не отмечена (кривая *b*, III). На фоне снижения минерализации пластовых вод доюрском разрезе отмечено снижение содержания и ряда компонентов, таких как бром, йод, бор, стронций, а в ряде случаев – рубидия и лития. В то же время возрастают абсолютные и относительные концентрации гидрокарбонат-иона и цезия. Близкие результаты получены и по соседним площадям (Жиланды, Ташкум, Сарсенбай, Северо-Ракушечное) [4].

В скважинах, вскрывших высокоминерализованные воды, установлены высокие концентрации щелочных (калий) и щелочноземельных металлов (литий, рубидий, цезий), а также стронция. В маломинерализованных водах отмечаются повышенные концентрации йода. Причём, если резкое возрастание концентраций щелочноземельных металлов отмечается в водах гранитного тела (скв. 12, 25, 16), то высокие содержания йода характерны для вод вулканогенно-карбонатного комплекса среднего триаса (скв. 24), а редкоземельных – и в водах фундамента, и в водах триаса.

В целом же гидрохимический облик пластовых вод месторождения Оймаша довольно разнообразен. Как уже отмечалось выше, воды юрских продуктивных отложений как на самом месторождении, так и в пределах всего Песчаномысско-Ракушечного свода представляют собой высокоминерализованные хлоркальциевые рассолы со средней минерализацией 140–160 г/л, при отношении  $\text{гNa/гCl}$  0,76–0,72 и уникальном однородном составе, установленном во всех точках опробования [3]. Как правило, отмечаются высокие концентрации специфических компонентов: аммония – 47–159 мг/л; нефтяных кислот – до 6,0 мг/л; промышленных концентраций калия – до 1 500 мг/л, брома – 350–560 мг/л, йода – до 15 мг/л и др. Газосодержание вод (преимущественно метан и его гомологи) достигает 1 700 и даже 2 489  $\text{см}^3/\text{л}$ .

В триасовых и палеозойских метаморфических отложениях вскрыты как хлоркальциевые рассолы, минерализация которых достигает 122 г/л (скв. 13), так и мало-минерализованные с минерализацией 10,1 г/л (скв. 26), воды гидрокарбонатно-натриевого типа. Как и в юрских хлоркальциевых рассолах, в высокоминерализованных водах триаса отмечается крайне низкое, вплоть до полного отсутствия, содержание сульфатов, а отличительной их особенностью является высокая величина натрий-хлорного коэффициента, достигающая 0,98, и низкая концентрация ионов кальция и магния.

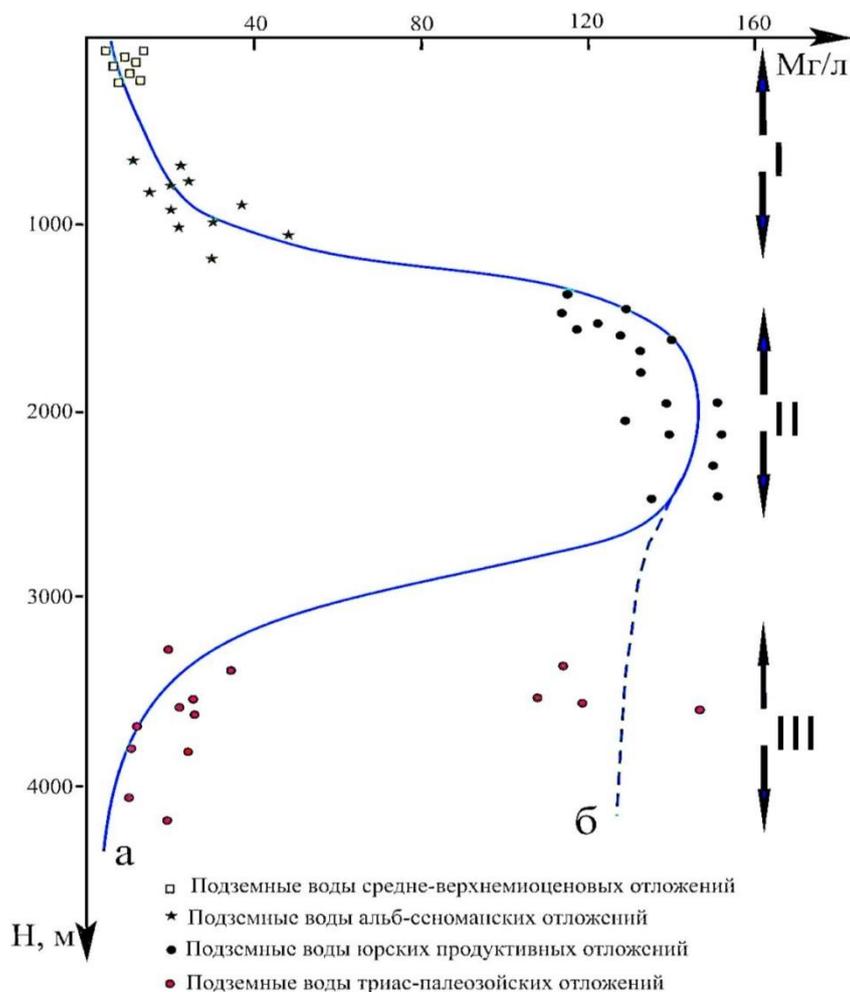


Рис. 2. Месторождение Оймаша. Изменение минерализации подземных вод с глубиной

Высокие значения натрий-хлорного коэффициента ( $r_{Na/Cl} = 0,87-0,89$ ) свойственны и для вод гранитного массива, характеризующихся хлоркальциевым типом и высокими значениями минерализации, достигающими 104–173 г/л. Не исключено, что воды гранитного интрузива при наличии тектонически ослабленных зон могут оказывать влияние на гидрохимический облик вод триаса и палеозоя. Во всяком случае, такие высокие натрий-хлорные отношения свидетельствуют не в пользу седиментационного генезиса вод интрузии, рассолов триаса и палеозоя.

Залежь в гранитном теле разрабатывалась скважинами 12, 16 и 25, эксплуатационные дебиты которых составляли 60–350 м<sup>3</sup>/сут. Скважина 12 работала в фонтанном режиме довольно продолжительное время, несмотря на то, что обводненность

продукции достигла 60 %. Это позволяет говорить о значительных запасах пластовой энергии. При достигнутой обводнённости продукции среднесуточная добыча попутных вод по этим скважинам составляет около 250 м<sup>3</sup>/сут. Максимальные концентрации микроэлементов установлены в сточных водах скважины 12 (литий – 700 мг/л, рубидий – 42,8 мг/л, цезий – 36 мг/л). Скважина 30 ввиду низкой продуктивности не была введена в эксплуатацию, но здесь уместно отметить, что содержание лития в её глубинных пробах составляет 129–560 мг/л, серебра – 336 мкг/л.

В сборном коллекторе ЦДНГ-1 концентрации микроэлементов несколько ниже за счёт разбавления водами скважин 16 и 25, а также скважины 20, разрабатывающей залежь вулканогенно-карбонатного комплекса среднего триаса, и составляют (мг/л): калия – 2810, лития – 337, рубидия – 18, цезия – 23, а стронция – 1 400. Однако и в этом случае только за одни сутки на поверхность выносятся 700 кг калия, 84 кг лития, 4 кг рубидия, 5,7 кг цезия и 350 кг стронция. Кроме того, сюда следует добавить почти 100 кг брома, 15 кг бора, а также 0,3 кг германия.

Формирование таких металлоносных вод невозможно объяснить с позиций инфильтрационного или седиментационного генезиса пластовых вод. Так, если концентрация калия в 3,9 г/л и возможна при «сгущении» морской воды до стадии садки галита, то содержание лития при этом не должно превышать 2 мг/л. Однако, как свидетельствует фактический материал, следов садки галита ни на Песчаномыско-Ракушечном своде, ни на Южном Мангышлаке в целом, не обнаружено [3; 10]. Причём даже на бишофитовой стадии «сгущения» морских вод содержание лития не превысит 30 мг/л.

Соотношение отдельных компонентов, таких как литий, рубидий и цезий, составляет, как правило, 100 : 6 : 7, что также не находит объяснения с точки зрения процессов седиментационного выщелачивания, и не коррелирует ни с минерализацией вод, ни с температурой, а цезий и литий не контролируются равновесием системы «вода – минерал».

Аномальные концентрации йода, установленные в скважине 24 (инт. 3 531–3 553 м), достигающие значения 148 мг/л, долгое время оставались в тени. Однако близкие содержания йода были установлены также в водах вулканогенно-карбонатного комплекса триаса на месторождении Тасбулат. Здесь в скважине 16 из интервала 2 990–3 060 м получен «переливающий» приток пластовых вод с дебитом 14 м<sup>3</sup>/сут., по трём пробам содержание йода изменялось в пределах от 138,7 до 207,3 мг/л. В скважине 19 из интервала 3 114–3 152 м были отобраны три пробы: одна – с забоя и две – с уровня. В первом случае содержание йода составило 64,3 мг/л, а во втором – получены весьма близкие результаты – 12,7 и 13,5 мг/л.

При глубинном отборе пробы из интервала 3 250–3 270 м содержание йода составило 97,3 мг/л. Даже если предположить ошибку 50 % в определениях, то трудно объяснимые расхождения в значениях составляют более 70 мг/л. Все анализы по рассмотренным выше восьми пробам выполнены в течение одного месяца, на одном растворе гипохлорита и одним аналитиком, что исключает системную ошибку, поскольку разброс результатов составлял 12,7–207 мг/л (табл.). Всё это позволяет нам заключить, что воды вулканогенно-карбонатного комплекса триаса месторождений Оймаша и Тасбулат характеризуются высокими концентрациями йода.

Таблица

Микрокомпонентный состав попутных (сточных) вод месторождения Оймаша

Микроэлементы, мг/л					
К	Li	Rb	Cs	Sr	J
<i>Юра</i>					
500–1 875	2,0–12,0	1,01–11,47	0,03–0,7	378–3 600	4–17
<i>Триас</i>					
250–1 125	10–56	0,5–5,4	0,3–11,3	260–1 420	130–140
<i>PZ (граниты)</i>					
2 810–3 900	337–700	1,8–42,8	17,5–36,0	125–2 300	1,0–8,0

Исходя из отмеченных выше особенностей гидрохимической зональности, наблюдаемое распределение в разрезе микроэлементов можно интерпретировать следующим образом. В верхней части разреза месторождения (мел – юра) возрастание минерализации пластовых вод происходит параллельно увеличению глубин залегания коллекторов и, соответственно, пластовых давлений и температур – факторов, способствующих увеличению агрессивности водных растворов и их выщелачивающей способности. Ниже по разрезу (триас) увеличение содержаний лития, рубидия, цезия и стронция во многих случаях происходит независимо от глубины, минерализации и т. д.

При этом, несмотря на то, что аномально высокие концентрации редких металлов сопряжены с гранитными интрузивами, нет оснований утверждать, что последние являются источником этих элементов в пластовых водах, поскольку в самих гранитах содержание рубидия, цезия, лития, стронция не превышает их значений для вышележащих коллекторов и водоупоров [4]. В связи с этим, если зависимость концентраций редких щелочных металлов и стронция от глубины залегания и минерализации пластовых вод в ряде случаев можно объяснить возрастанием степени метаморфизации водных растворов по мере увеличения пластовых давлений и температур, сопровождающемся интенсификацией выщелачивания микроэлементов из пород, то исчезновение такой зависимости указывает на появление иных источников Li, Rb, Cs и Sr. В противном случае резкое повышение концентраций этих металлов сопровождалось бы аналогичным возрастанием содержаний в пластовых водах бора и других компонентов, а концентрация рубидия в растворе при температуре 300 °С должна быть близкой к концентрации лития.

Как уже отмечалось выше, максимальные концентрации лития, рубидия, цезия и стронция в водах приурочены к гранитоидной интрузии. Тем не менее, объяснять резкое увеличение содержаний этих металлов в водах их выщелачиванием из минералов гранитов было бы нелогично, поскольку батолит характеризуются достаточно мощной корой выветривания [9]. Физическое и химическое выветривание минералов, в том числе и литийсодержащих (сподумена, лепидолита и т. д.), имело место свыше 200 млн лет назад и вероятность сохранения реликтовых растворов выщелачивания *in situ* практически равна нулю. Кроме того, по данным К. А. Кудрявцевой, А. Б. Роннова (1979) и других исследователей, содержание лития в гранитах палеозойского возраста составляет 25–40 мг/кг, а в продуктах выветривания практически не отличаются от исходных концентраций в материнских породах. Почти не выносятся литий из пород и при диагенетических преобразованиях [2].

Отметим, что высокие содержания лития на месторождении Оймаша установлены не только в водах гранитной интрузии, но и в водах триаса (скв. 13 и 22). Так, в скважине 22 в интервале 3 483–3 506 м концентрация лития составила 156 мг/л, а рубидия и цезия – 8,5 и 6,0 мг/л соответственно. В скважине 13 из интервалов 3 503–3 517 и 3 171–3 185 м получены переливающие притоки воды с содержанием лития 56 и 10 мг/л.

На соседних площадях (Жиланды, Степная, Адыр и Северо-Ракушечное) из продуктивных отложений среднего триаса также получены притоки пластовых вод с высокими концентрациями лития. В скважинах Жиланды 2 и Жиланды 7 из интервалов 3 620–3 630 и 3 940–3 965 м в отобранных пробах пластовых вод содержание лития 170 и 32,5 мг/л соответственно. На Адыре (скв. 32, инт. 4 041–4 068 м), по данным глубинной пробы (глубина отбора 3 900 м), содержание лития в пластовых водах 125 мг/л, а цезия – 11,5 мг/л. В попутных водах Северо-Ракушечного месторождения (эксплуатационные скважины 122 и 219) концентрация лития составляет 117,5–196,0 мг/л, а в разведочной скважине Степной 1 (пласт Т<sub>2</sub>Б) – 26,8 мг/л.

Относительно высокие концентрации лития в пластовых водах триаса установлены и в пределах Жетыбай-Узеньской тектонической ступени. Так, в скважине 40 месторождения Южный Жетыбай содержание лития в интервале 4 009–4 054 м

составляет 83 мг/л, и это при минерализации всего 17,1 г/л, а на Северо-Западном Жетыбае (скв. 10–15) – 16 мг/л.

Статистическая обработка результатов опробования показала, что содержание лития увеличивается при увеличении глубины опробования: скважины Оймаша 13, 30; Жиланды 2, 7 и др. Помимо лития с глубиной также возрастают концентрации меди от 0,3 до 1,1 мг/л, титана – 0,52–3,36 мг/л, марганца – 1,55–5,60 мг/л. Нарастание концентраций ряда элементов с глубиной отмечается и по данным анализов золы нефтей. На глубинах 3 750 и 3 850 м процентное содержание ванадия и марганца увеличивается на порядок: от  $10^{-6}$ – $10^{-5}$  до  $10^{-5}$ – $10^{-4}$  %, а также кальция и бария от  $10^{-4}$ – $10^{-3}$  до  $10^{-3}$ – $10^{-2}$  %.

Повышенные концентрации редких металлов, в том числе лития и рубидия в приконтурных водах месторождений, установлены и в пределах Восточного Предкавказья [4; 6], например на структурах Мартовская, Эбелекская, Байджан и др., где также обнаружены позднепалеозойские гранитоидные интрузии.

В течение поздней перми и раннего и среднего триаса в регионе отмечена активизация вулканической деятельности, следствием которой явилось появление в разрезах осадочных толщ триаса туфогенного материала и эффузивов преимущественно кислого состава. Примечательно, что в низах триасового разреза Оймаша описаны лавы и туфолавы кислого состава. Реже встречаются кварцевые долериты, диабазовые и андезито-базальтовые порфириды, отмечаемые в кернах разведочных скважин [6]. При этом вулканическая деятельность сопровождалась активным течением и гидротермальных процессов.

Не исключено, что внедрение гранитных расплавов, вулканическая и последующая гидротермальная деятельность в период формирования триасовых и юрско-кайнозойских толщ осуществлялась по длительно живущим разрывам, служившим каналами миграции глубинных флюидов магматогенно-метаморфического генезиса, что находит косвенное подтверждение и в наличии секущих триасовых отложения жил, выполненных кварцем и гидроокислами железа. По этим разломам снизу поступали продукты дегидратации пород со значительного интервала глубин порядка 20–25 км, обогащённых редкими щелочными металлами, стронцием и, возможно, бором и другими микрокомпонентами, в сравнительно узком интервале температур – 600–650 °С [6]. Ещё одним фактом, подтверждающим возможность течения данного процесса, является характер поведения редких щелочей в современных растворах, в которых отношения Rb / Cs, K / Rb имеют весьма близкие значения для хода развития пегмативного процесса как завершающей стадии магматической кристаллизации, когда появляется остаточный расплав, обогащённый летучими компонентами [2; 4].

Учитывая, что вулканическая деятельность в пределах данных регионов завершилась в конце триаса [6], следует предположить, что максимальная интенсивность гидротермальной активности была приурочена к доюрскому времени. Очевидно, в это же время сформировались и КГА, хотя процесс поступления рудоносных флюидов мог продолжаться и позднее, но в резко ослабленных масштабах.

Таким образом, проведённые исследования показали, что поступление металлоносных (интрателлурических) флюидов в верхние горизонты земной коры является составной частью длительного процесса дегазации более глубоких её горизонтов. На переходном этапе тектонического развития молодой платформы доминировали постмагматические процессы и синхронная вулканизму гидротермальная деятельность, обусловившие обогащение пластовых вод рядом редких элементов. Установление платформенного режима привело к снижению проницаемости земной коры, что отразилось и на составе подземных вод.

В результате в пределах ряда структур отмечены контрастные гидрохимические аномалии (КГА), характеризующиеся резким (до двух порядков) возрастанием содержания рубидия, цезия, стронция, а в некоторых случаях и йода, независимо от изменения минерализации и микрокомпонентного состава пластовых вод [4; 5].

Наиболее ярко выраженные КГА отмечены в зонах прорыва фундамента гранитными интрузивами. В вышележащих юрских и меловых коллекторах аномалии подобного рода не обнаружены. Несмотря на то, что аномально высокие концентрации редких металлов зачастую пространственно совпадают с гранитными интрузивами, утверждать, что последние являются источником этих элементов в пластовых водах, нет оснований.

Во-первых, в самих гранитах содержание рубидия, цезия, лития, стронция не превышает их значений для вышележащих коллекторов и водоупоров. Например, для Восточно-Предкавказского артезианского бассейна концентрация стронция в породах составляет (мг/кг): аргиллиты – 200–600, песчаники – 250–1 750, известняки – 300–4000, туфы – 500–1 000, граниты – 150–250 [4].

Во-вторых, рассматриваемые интрузивы характеризуются наличием коры выветривания и, таким образом, вероятность сохранения реликтовых растворов выщелачивания, обогащённых редкими металлами, практически равна нулю, так как выщелачивание имело место свыше 200 млн лет назад.

В-третьих, содержание редких щелочных металлов в продуктах выветривания гранитоидов не отличается от исходных концентраций в материнских породах, то есть граниты нельзя рассматривать в качестве источника, например, лития в пластовых водах глубоких горизонтов. Кроме того, минерализация вод зон КГА ни в одном случае не превышает 160–180 г/л, что свидетельствует о том, что эти рассолы не прошли стадию садки галита. Следовательно, аномальные концентрации редких щелочных металлов в них нельзя объяснить многократным выпариванием исходного раствора в поверхностных или пластовых условиях.

Итак, можно говорить о том, что формирование КГА не связано с изменением химического состава пластовых вод в процессе катагенетических преобразований. В рассматриваемом случае в природе КГА следует предположить её глубинную (ювенильную или метаморфогенную) составляющую. Увеличение концентраций цезия и рубидия на порядок и два в водах отложений триаса и палеозоя по сравнению с пластовыми рассолами аналогичного химического состава и равной (или большей) минерализации свидетельствует только о наличии источника этих металлов вне области формирования химического состава подземных вод, так как в противном случае наблюдалась бы связь между изменениями содержания микрокомпонентов с минерализацией и макрокомпонентами этих вод. В зонах же КГА никаких связей между этими величинами не установлено [4].

Изложенное выше свидетельствует о том, что попутные воды месторождения Оймаша могут представлять практический интерес. По сравнению с традиционными видами сырья подземные промышленные воды обладают таким преимуществом, как минимальные затраты на их освоение и возможность отбирать одной скважиной огромные объёмы поликомпонентных водных растворов с большой площади. При этом добыча их может осуществляться попутно с разработкой основного полезного ископаемого, а затраты на строительство скважин в таких случаях относятся к основному производству.

#### Список литературы

1. Капченко, Л. Н. Гидрохимические закономерности размещения зон нефтегазоаккумуляции в пределах молодых платформ / Л. Н. Капченко, И. А. Лагунова // Геология нефти и газа. – 1981. – № 2. – С. 42–47.
2. Креницкий, А. А. Геохимия щелочных металлов в процессе регионального метаморфизма / А. А. Креницкий, Л. К. Самодуров // Геохимия. – 1979. – № 10. – С. 1146–1148.
3. Ларичев, В. В. Гидрогеология доюрских отложений Южного Мангышлака / В. В. Ларичев, В. И. Попков. – Ставрополь : СевКавГТУ, 2003. – 144 с.
4. Медведев, С. А. Генезис вод глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов молодой платформы юга СССР / С. А. Медведев, В. И. Попков // Советская геология. – 1986. – № 6. – С. 118–125.

5. Попков, В. И. Металлоносные рассолы и опресненные воды глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов / В. И. Попков, В. В. Ларичев, С. А. Медведев // Георесурсы. – 2012. – № 5 (47). – С. 32–36.
6. Попков, В. И. Эволюция тектонической проницаемости земной коры Мангышлака и Восточного Предкавказья / С. А. Медведев, В. И. Попков // Доклады АН СССР. – 1986. – Т. 290, № 3. – С. 690–693.
7. Попков, В. И. Состав и постдиагенетические преобразования отложений нижнего структурного яруса палеозоя запада Туранской плиты / В. И. Попков, И. В. Попков // Геология, география и глобальная энергия. – 2019. – № 4 (75). – С. 67–77.
8. Попков, В. И. К строению фундамента Мангышлака / В. И. Попков, О. В. Япаскерт // Доклады АН СССР. – 1982. – Т. 262, № 2. – С. 423–425.
9. Попков, В. И. Возраст пород фундамента Южного Мангышлака / В. И. Попков, О. В. Япаскерт, А. А. Демидов // Известия АН СССР. Серия Геологическая. – 1989. – № 10. – С. 125–128.
10. Семашев, Р. Г. Гидрогеологические особенности нефтегазоносных триасовых отложений Южного Мангышлака / Р. Г. Семашев // Геология нефти и газа. – 1979. – № 12. – С. 29–35.

#### References

1. Kapchenko, L. N. Lagunova, I. A. Gidrokhimicheskie zakonomernosti razmeshcheniya zon neftegazonakopleniya v predelakh molodykh platform [Hydrochemical regularities of placement of oil and gas accumulation zones within young platforms]. *Geologiya nefiti i gaza* [Geology of oil and gas], 1981, no. 2, pp. 42–47.
2. Kremenickiy, A. A., Samodurov, L. yK. Geokhimiya shchelochnykh metallov v protsesse regionalnogo metamorfizma [Geochemistry of alkali metals in the process of regional metamorphism]. *Geokhimiya* [Geochemistry], 1979, no.10, pp. 1146–1148.
3. Larichev, V. V., Popkov, V. I. *Gidrogeologiya doyrskikh otlozheniy Yuzhnogo Mangyshlaka* [Hydrogeology of pre-Jurassic deposits of southern Mangyshlak]. Stavropol, Publ. house SevKavGTU, 2003, p. 144
4. Medvedev, S. A., Popkov, V. I. Genezis vod glubokikh gorizontov neftegazonosnykh basseynov molodoy platformy yuga SSSR [Genesis of waters of deep horizons of oil and gas bearing basins of the young platform of the South of the USSR]. *Sovetskaya geologiya* [Soviet Geology], 1986, no. 6, pp. 118–125.
5. Popkov, V. I., Larichev, V. V., Medvedev, S. A. Metallonosnye rassoly i opresnennye vody glubokikh gorizontov neftegazonosnykh basseynov [Metal-bearing brines and desalinated waters of deep horizons of oil and gas basins]. *Georesursy* [Geo resources], 2012, no. 5 (47), pp. 32–36.
6. Popkov, V. I., Medvedev, S. A. Evolyutsiya tektonicheskoy pronitsaemosti zemnoy kory Mangyshlaka i Vostochnogo Predkavkazya [Evolution of tectonic permeability of the earth's crust in Mangyshlak and Eastern Caucasus]. *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], 1986, vol. 290, no. 3, pp. 690–693.
7. Popkov, V. I., Popkov, I. V. Sostav i postdiageneticheskie preobrazovaniya otlozheniy nizhnego strukturnogo yarusa paleozoya zapada Turanskoy plity [Composition and postdiagenetic transformations of sediments of the lower structural layer of the Paleozoic West of the Turan plate]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2019, no. 4 (75), pp. 67–77.
8. Popkov, V. I., Yapaskurt, O. V. K stroeniyu fundamenta Mangyshlaka [To the structure of the Mangyshlak Foundation]. *Doklady AN SSSR* [Reports of USSR Academy of Sciences], 1982, vol. 262, no. 2, pp. 423–425.
9. Popkov, V. I., Yapaskurt, O. V., Demidov, A. A. Vozrast porod fundamenta Yuzhnogo Mangyshlaka [Age of Foundation rocks of southern Mangyshlak]. *Izvestiya AN SSSR Seriya "Geologiya"* [Izvestia of USSR Academy of Sciences. Series "Geology"], 1989, no. 10, pp. 125–128.
10. Semashev, R. G. Gidrogeologicheskie osobennosti neftegazonosnykh triasovykh otlozheniy Yuzhnogo Mangyshlaka [Hydrogeological features of oil and gas bearing Triassic deposits of southern Mangyshlak]. *Geologiya nefiti i gaza* [Geology of oil and gas], 1979, no. 12, pp. 29–35.