

УДК 550.85:553.632

Литолого-геохимическая характеристика нижнепермских калийных солей северо-западного обрамления Прикаспийской впадины

М. В. СоломонСаратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83*(Статья поступила в редакцию 23.10.2025 г.)*

В работе приведены результаты литолого-геохимических исследований калийных солей нижнепермской соленосной формации в пределах Перелюбской площади (Саратовская область). В изученных разрезах выделено три разновидности сильвинитов, характеризующих разнообразие протекания галогенного процесса и отвечающих: а) нормальной кристаллизации сильвина из рапы при относительно незначительном поступлении терригенного материала (включая ангидрит); б) кристаллизации в условиях высокой степени береговой гидродинамики и значительного поступления терригенного материала, несколько опресненных вод и преобладания сильвина, образовавшегося при замещении карналлита; в) кристаллизации сильвинита и сильвин-карналлитовых пород в условиях повышенных концентраций рапы.

Ключевые слова: *калийные соли, геохимические индикаторы, сильвин, Прикаспийская впадина.*

DOI: 10.17072/psu.geol.25.1.72

Введение

Объектом исследований стали калийно-магниевые соли хлоридной группы погожской ритмопачки иренского горизонта кунгурского яруса нижнепермской системы, вскрытие скважинами в пределах Перелюбской площади, расположенной на северо-восточном обрамлении Прикаспийской впадины. Литолого-стратиграфический разрез района исследований приведен на рис. 1.

По данным химического состава сильвинитов и сильвин-галитовых пород погожской ритмопачки (пласт VI-сл) по керновым пробам (спектрометр EDX-720 Shimadzu, Институт химии СГУ), основными минеральными компонентами пород являются сильвин (5–54 %) и галит (33–91 %), сумма которых в среднем составляет около 92 %. В породах постоянно присутствуют также ангидрит (до 23 %, в среднем 4,4 %) и минералы Н.О. (до 7,1 %, в среднем 1,1 %), в отдельных пробах отмечаются карналлит (до 14 %, в среднем 0,8 %), каинит (до 8,6 %, в среднем 0,7 %) и полигалит (до 10 %, в среднем 0,4 %). Необходимо отметить частое присутствие в сильвинитах примеси карналлита, вследствие чего около 9 % проб содержит более 1 % $MgCl_2$. Однако переходные (карналлит-сильвиновые)

разновидности пород с содержанием $MgCl_2$ более 5 % в составе пласта по пробам не отмечаются.

Методика

Изучение нерастворимого остатка калийных солей (Н.О.) проводилось: 1) в шлифах при петрографическом описании; 2) в навеске под биноклем после экстрагирования из образцов калийных солей (сильвинитов и карналлитов) по методике, изложенной в работе О. П. Гончаренко и др. (2023). Н.О. также изучен рентгенофазовым анализом (РФА) для определения минерального состава на дифрактометре PW-1800 (Philips) (Институт химии СГУ). Анализы проводились для сильвинитов и карналлитовых пород отдельно по фракциям измельчения (зернистая и пелитовая) (табл. 1).

Состав Н.О. сильвинитов

Минеральный состав крупнозернистой фракции нерастворимого остатка проб 1–4 представлен преимущественно ангидритом (91 %), в незначительных количествах определены магнезит (4 %), целестин (1 %), кварц (2 %), глинистые минералы (2 %). В тонкой пелитовой фракции

© Соломон М. В., 2026



Работа лицензирована в соответствии с CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

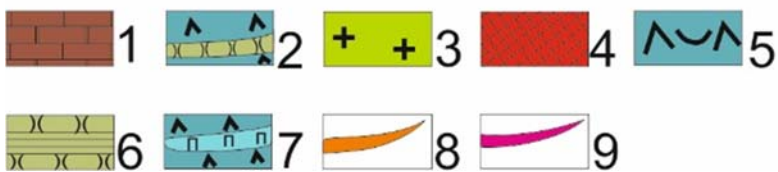
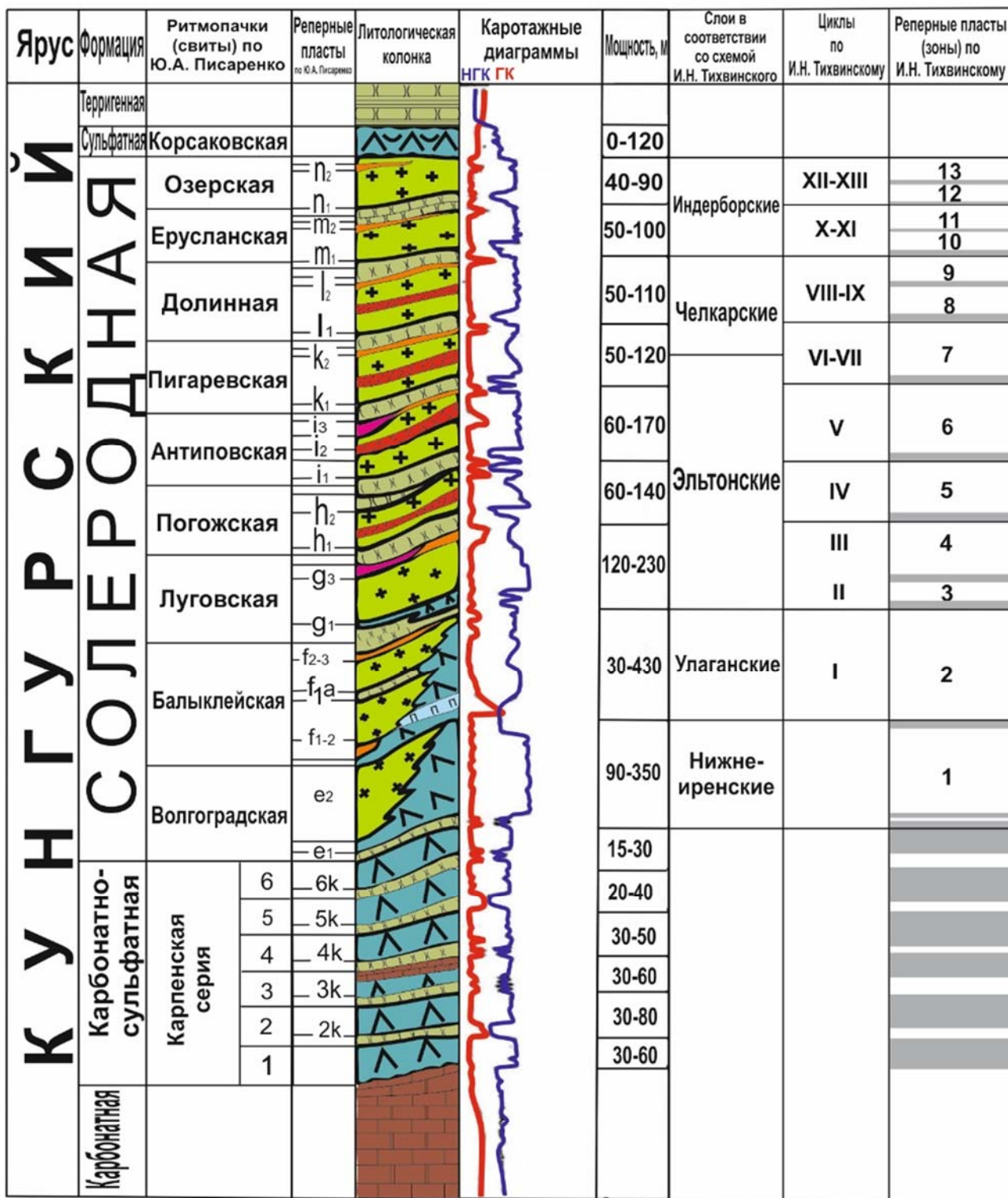


Рис. 1. Типовой стратиграфический разрез нижнепермской галогенной формации северного обрамления Прикаспийской впадины по Ю. А. Писаренко (Goncharenko et al., 2018). Условные обозначения: 1 – известняки; 2 – ангидриты с прослоями терригенных пород; 3 – каменная соль; 4 – сильвиниты и сильвинсодержащие породы; 5 – ангидриты с гипсами; 6 – терригенные породы; 7 – ангидриты с прослоями полигалитов; 8 – калийно-магниевые соли; 9 – магниевые соли (бишофиты)

Таблица 1. Минеральный состав нерастворимого остатка солей

Тип солей	Проба	Фракция	Содержание минерала, % масс.						
			Гипс	Ангидрит	Магнезит	Полигалит	Целестин	Глинистые минералы	Кварц
Сильвиниты	1	крупнозернистая	-	91	4	-	1	2	2
Сильвиниты	2	пелитовая	-	80	12	-	-	3	4
Карналлиты	3	крупнозернистая	10	45	3	41	-	-	1
Карналлиты	4	пелитовая	14	31	26	-	-	13	9
Полигалиты	5	-	79	8	10	-	2	-	-

Н.О. содержание ангидрита составляет 80 %, отмечается относительно высокое содержание магнезита (12 %), незначительные содержания глинистых минералов, кварца, целестина.

Величина суммарного содержания CaSO_4 и Н.О. в солях в основном определяется содержанием ангидрита (рис. 2). Это подтверждается минералого-петрографическими исследованиями с количественными подсчетами минеральных компонентов.

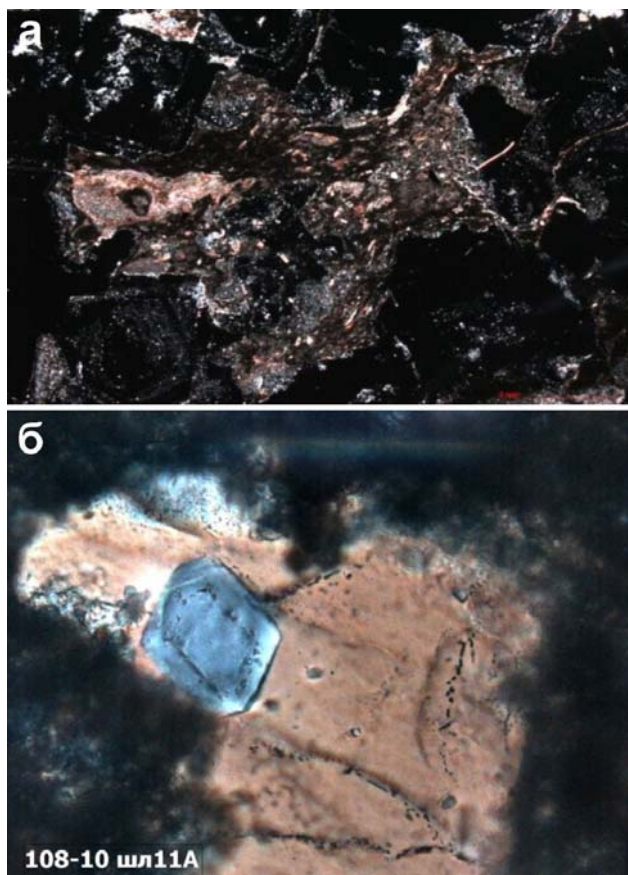


Рис. 2. Распределение ангидрита в сильвиновой породе, шлиф с анализатором (а), и кристалл целестина в сильвин-карналлитовой породе, шлиф с анализатором (б). Глубина 811,5 м

Состав Н.О. карналлитовых пород

Крупнозернистая фракция нерастворимого остатка проб 3,4 представлена сульфатными минералами: полигалитом (41 %), ангидритом (45 %) и гипсом (10 %), в незначительных количествах присутствуют магнезит (3 %), кварц (1 %). Пелитовая фракция по минеральному составу (магнезит (26 %), глинистые минералы (13 %), кварц (9 %), гипс (14 %), сульфоборит, полевой шпат, амфиболы) принципиально отличается от зернистой фракции. По химическому составу крупнозернистая и пелитовая фракции нерастворимого остатка также существенно различаются, что обусловлено их различным минеральным составом.

Условия формирования калийных солей погожской ритмопачки

По результатам геохимических и минералого-петрографических исследований солей Перелюбской площади (Московский и др., 2014; Московский и др., 2018; Соломон и др., 2019; Соломон, Гончаренко, 2022) можно сделать выводы об условиях формирования выявленной залежи калийных солей погожской ритмопачки. Для обоснования некоторых положений использования количественные оценки ионного и солевого состава (табл. 2) и соотношения компонентов ионного состава (табл. 3).

В погожском цикле отложение калийно-магниевого солей (КМС) началось уже на ранней стадии (слой VI-3) и продолжалось с различной интенсивностью почти до самого его завершения. В слое VI-3 калийно-магниевого минерализация представлена включениями карналлита, кизерита и каинита в ангидрит-галитовой породе. Раннее начало осаждения КМС и их состав обусловлены, очевидно, сохранением в солеродном бассейне рапы, накопленной в предшествующих циклах.

Таблица 2. Характеристика ионного состава погожской ритмопачки

Слой	Мощность, м	Na, %	K, %	Mg, %	CaSO ₄ , %	Ca, %	Cl, %	SO ₄ , %	Br, %
Морская вода, г/кг		10,764	0,388	1,297	1,386	0,408	19,353	2,701	0,0659
Погожская ритмопачка									
VI(6)	4,36	24,42	15,76	0,29	4,13	1,22	52,23	3,63	0,034
VI(5)	15,14	8,21	10,48	6,47	3,86	1,14	39,28	5,11	0,175
VI(4)	32,46	35,00	1,00	1,20	4,46	1,31	53,97	3,15	0,012
VI(3)	13,20	21,00	2,80	2,70	4,48	4,48	38,42	16,23	0,019
VI(2)	41,05	37,40	0,10	0,10	4,00	1,18	57,67	2,82	0,020
VI(1)	6,46	0,00	0,00	0,00	95,00	27,97	0,00	67,03	0,000
Сумма	112,67	-	-	-	-	-	-	-	-
Среднее		28,22	2,67	1,58	9,39	3,14	48,36	8,51	0,050

Таблица 3. Соотношения компонентов ионного состава погожской ритмопачки

Соотношения	K/Na	Mg/Na	K/Mg	Ca/Na	Ca/SO ₄	Mg/Cl	SO ₄ /Cl	Br/Cl*1000
Морская вода	0,036	0,120	0,299	0,038	0,151	0,067	0,140	3,405
Погожская ритмопачка	0,095	0,056	1,691	0,111	0,369	0,033	0,176	1,033

По каротажу почти во всех скважинах достаточно четко прослеживается нижняя граница слоя VI-3, а также симметричное распределение в нем содержания калийных минералов. Фактором, определяющим индивидуализацию слоя в разрезе ритмопачки, являлась, вероятно, временная изоляция бассейна. Высокое содержание ангидрита указывает также на относительное повышение роли континентального стока.

Слой имеет региональное распространение, и его аналоги прослеживаются на большей части территории Северного Прикаспия как репер h₁1 (Деревягин и др., 1981; Диаров и др., 1977).

Слой VI-4 сложен преимущественно каменной солью с неравномерно распределенной примесью карналлита в виде включений, гнезд и линз. Причиной обогащения верхней части слоя калийно-магниевыми минералами является, по-видимому, погружение концентрированной рапы из вышележащего карналлитового слоя (Диаров, 1977). Механизм формирования пород слоев VI-3 и VI-4 представляется следующим образом. При испарении верхнего слоя воды на дне водоема образуется ангидрит-галитовый осадок, пропитанный более концентрированной придонной рапой. В процессе диагенеза в осадке кристаллизуются карналлит и (в слое VI-3) сульфаты магния. Следующий слой – VI-5 – сложен преимущественно карналлитовыми породами. Массовая садка калийно-магниевых солей может быть обусловлена только прекращением поступления

морских вод, в результате чего доля галита в отложениях быстро сокращается.

Таким образом, подошва слоя близко соответствует моменту изоляции солеродного бассейна и переходу к прогрессивной фазе галогенного цикла. На данной стадии соленакопления при прогрессивном сгущении рапы образуется пачка пород, содержащая в среднем 65 % карналлита, 20 % галита, 4 % ангидрита, а также в количествах не более 2 % сильвин, сульфаты магния, бишофит. Наиболее распространенным (в 80 % изученных скважин) элементом неоднородности является интервал сульфатно-хлоридных солей, приуроченный к средней или верхней части слоя и содержащий в среднем 43 % карналлита, 17 % галита, 25 % сульфатов магния (по данным петрографических исследований – кизерит, каинит, полигалит), 6 % ангидрита, 3 % сильвина. Образование этих пород обусловлено, по-видимому, изменением состава рапы в процессе отложения карналлита, а именно повышением относительного содержания сульфат-иона.

Реже элементами неоднородности слоя VI-5 являются интервалы карналлит-галитовых и сильвин-карналлитовых пород, приуроченных к средней и нижней частям слоя. Прослой карналлит-галитовых пород, содержащих около 70 % галита, отмечаются в скважинах 107, 110, 113. Сильвин-карналлитовые породы, содержащие до 30 % сильвина, отмечаются только в скважинах

(301, 302, 311). В скважине 301 непосредственно над сильвин-карналлитовой породой залегает карналлит-галитовая порода. Образование карналлит-галитовых и сильвин-карналлитовых пород обусловлено, по-видимому, локальными изменениями состава и температуры придонной рапы, связанными с гидродинамическими процессами, интенсивность которых возрастала на севере площади с приближением к береговой линии. В соответствии с общей последовательностью минералообразования прогрессивная фаза галогенеза в условиях изоляции солеродного бассейна должна завершаться осаждением бишофитовых пород (Валяшко, 1962), однако на Перелюбской площади этого не произошло. Бишофит в карналлитовых породах присутствует, но в небольших количествах – в среднем по слою 0,9 %, в отдельных пробах до 23 %.

Причиной незавершенности галогенного процесса могло быть восстановление связи бассейна с океаном и, как следствие, разбавление рапы большими объемами морской воды, но тогда оказалось бы невозможным и образование сильвинитового пласта выше по разрезу (Деревягин и др., 1981). Возможно, перелюбская часть солеродного бассейна находилась в зоне с несколько более высокими гипсометрическими отметками дна по сравнению с окружающими областями акватории. При понижении уровня поверхности воды оставшиеся рассолы постепенно покидали приподнятую зону и стекали в понижения рельефа, в результате чего она была полностью осушена еще до перехода состава рапы к бишофитовой стадии сгущения. Наиболее поздние рассолы при общем понижении уровня рапы стекали, возможно, на запад (Краснокутская площадь) (Диаров, 1977).

Следующий слой – VI-6 – сложен преимущественно сильвинитами и содержит в среднем 30 % сильвина, 62 % галита, 4 % ангидрита, а также в количествах не более 2 % – карналлит, полигалит, каинит.

Первопричиной образования сильвинитового слоя является, несомненно, постепенное восстановление связи солеродного бассейна с океаном, т.е. переход к регрессивной фазе погожского цикла. Поступление (вначале в небольших объемах) морской воды на осушенное дно неизбежно привело к растворению верхней части карналлитовой залежи (Деревягин и др., 1981).

Растворение карналлита происходило на фоне испарительного процесса при малой глубине бассейна и, как следствие, активной волноприбойной гидродинамики, вызывающей постоянное перемешивание воды. В этих условиях процесс растворения карналлита может быть

остановлен после накопления первого достаточно выдержанного слоя. С физико-химической точки зрения такой слой должен иметь галитовый состав, но почти во всех изученных скважинах непосредственно над карналлитами залегают сильвиниты. Возможно, это объясняется невозможностью сохранения медленно формирующегося галитового осадка в условиях активной гидродинамики, тогда как сильвиниты могут осаждаться достаточно быстро, например, при кратковременном охлаждении рапы (Деревягин и др., 1981).

Количество растворенного карналлита должно обеспечивать как минимум резервы калия, необходимые для накопления сильвинитового пласта. Минимальная средняя мощность растворенной части карналлитового слоя оценивается величиной порядка 6–7 м. После завершения растворения карналлитовых пород начинается процесс формирования сильвинитового пласта, который прерывается, по-видимому, в результате значительного повышения уровня океана и перехода к следующему (антиповскому) циклу соленакопления. Поскольку выше сильвинитов в разрезе практически отсутствуют соли карналлитовой и бишофитовой стадий сгущения (карналлитсодержащие породы отмечаются только в скважине 304), можно полагать, что большая часть рассолов, образовавшихся при растворении карналлитов слоя VI-5, сохранилась в бассейне и перешла в следующий цикл. Сравнение соотношений ионов в отложениях погожской ритмопачки и в морской воде (табл. 3) позволяет сделать следующие выводы:

1. Отношение K/Na по ритмопачке почти в 3 раза выше, чем в морской воде. Это свидетельствует, очевидно, о том, что в погожском цикле были осаждены резервы калия, накопленные в нескольких циклах соленакопления;

2. Отношение Mg/Na по ритмопачке в 2 раза ниже, чем в морской воде. Это обусловлено, видимо, стоком высокомагнезиальных рассолов конечных стадий сгущения в окружающие части солеродного бассейна при понижении уровня рапы. На это же указывает средний бромхлорный коэффициент по ритмопачке, который более чем в 3 раза ниже, чем в морской воде;

3. Отношение Ca/Na по ритмопачке в 3 раза выше, чем в морской воде. Это свидетельствует, видимо, о большой роли континентальных источников кальция при формировании соленосных отложений. В то же время отношение SO_4/Cl по ритмопачке превышает такое отношение в морской воде незначительно, что указывает на континентальный привнос кальция преимущественно в карбонатной форме.

При петрографическом изучении пласта выделено три разновидности сильвинитов, характеризующих разнообразие протекания галогенного процесса. Эти разновидности (не обязательно присутствующие в каждом разрезе) отвечают условиям: а) нормальной кристаллизации сильвина из рапы при относительно незначительном поступлении терригенного материала (включая ангидрит); б) кристаллизации при активной береговой гидродинамике и значительном поступлении терригенного материала, несколько опресненных вод и преобладании сильвина, образовавшегося при замещении карналлита; в) кристаллизации сильвинита и сильвинкарналлитовых пород в условиях повышенных концентраций рапы.

Результаты

1. Значения бром-хлорного коэффициента в сильвинитах продуктивного интервала погожской ритмопачки подтверждают представления о формировании сильвина за счет метасоматического замещения карналлита и в результате раннего диагенеза. Так, в интервале 1018,11–1020,35 м (скв. 204) сильвинит отличается повышенными значениями бром-хлорного коэффициента относительно его значений, характерных для седиментационной стадии. В данном интервале $Br^*10^3/Cl = 3,44–4,54$, что соответствует начальной стадии кристаллизации карналлита. Для некоторых образцов (7 (1017,73 м) и 12 (1021,57 м), скв. 204) характерны значения бром-хлорного коэффициента, отвечающие раннедиагенетической стадии их кристаллизации ($Br^*10^3/Cl = 1,87–2,61$). Аналогичные значения установлены и для галита из каменной соли (интервал 961,12–1016,84 м, образцы 5 и 6 соответственно);

2. Все изученные образцы характеризуются значительной загрязненностью пелитом и рассеянными скоплениями ангидрита, которые образуют волнистые, часто дихотомирующие (расщепляющиеся) линзы и слойки. В местах наибольшего содержания пелита и ангидрита порода имеет брекчиевидную и даже «очковую» микротекстуру. Здесь кристаллы сильвина деформированы и корродированы и сопровождаются оранжевыми каемками гидроокислов железа. Галит представлен галитом высаливания (рис. 3).

Зародышевая часть кристаллов галита часто имеет овальную форму, что связано либо с растворением, либо с окатыванием. Формирующиеся далее зоны роста фиксируются присыпками пелита. Загрязнение пелитом и рассеянным ан-

гидритом характерно для всего интервала. Связывать это явление следует с близостью береговой полосы бассейна и перемещением терригенного материала и части сформировавшихся кристаллов за счет прибойных явлений, размыва островных участков и частично – за счет эолового переноса материала (Соломон, Гончаренко, 2022);

3. Анализ строения и состава сильвинитового пласта в скважинах, расположенных в прибрежно-границных зонах погожского бассейна седиментации, показывает, что кристаллизация шла под влиянием поступления терригенного материала и при образовании большей части сильвина по карналлиту.

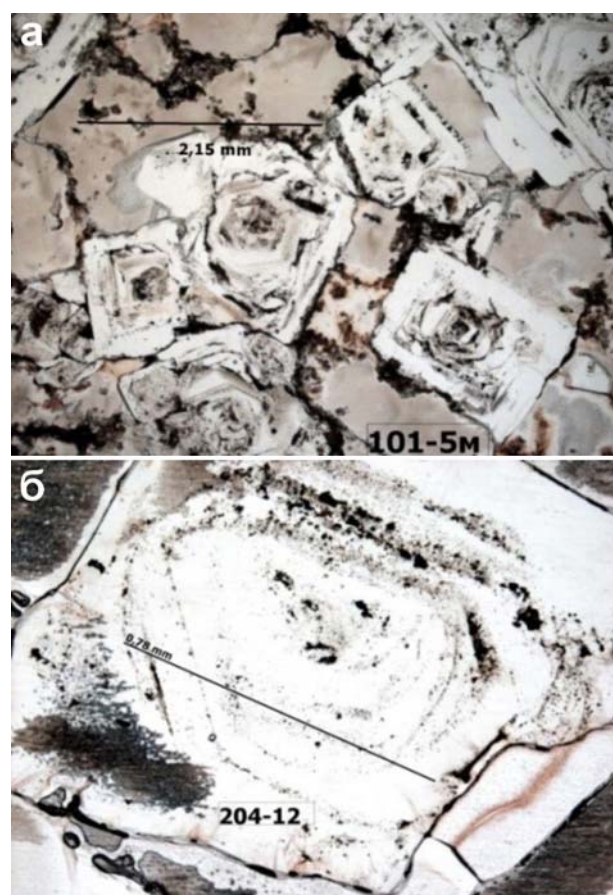


Рис. 3. Регенерационная структура идиоморфных кристаллов галита высаливания, а, б – шлиф, без анализатора. Глубина 1053 м

Выводы

По результатам минералогопетрографического изучения сделаны некоторые общие выводы относительно калийно-магниевых солей верхней части погожской ритмопачки:

1. Сильвиниты, залегающие выше карналлитового горизонта, являются результатом реализации стадии опреснения рапы;

2. В большинстве пересечений принципиальная схема образования сильвинитового пласта практически одинакова;

3. Основная (первая) разновидность сильвина отражает заключительную фазу стадии опреснения, когда в сильвинитах появляются прослойки каменной соли, а сам сильвинит почти не содержит пелита и рассеянного ангидрита, при этом часть сильвина кристаллизовалась непосредственно из рапы, не являясь результатом замещения карналлита;

4. При интерпретации условий формирования калиеносных пород следует учитывать различные типы ритмов, характерных для галогенных пород. Один тип ритмов связан с закономерностями самого галогенного процесса и представлен чередованием ангидрита, каменной соли и сильвинита. Второй тип определяется периодическим поступлением в солеродный бассейн терригенных компонентов (в т.ч., сульфата кальция) (Московский и др., 2014; Московский и др., 2018);

5. В образованиях сильвинитовой, карналлитовой, бишофитовой стадии галогенеза ритмы представлены галитом высаливания и ангидритом высаливания. Поэтому ко времени садки сильвина или карналлита при высокой степени метаморфизации рапы ангидрит часто представлен рассеянной примесью.

Библиографический список

Валяшко М. Г. Закономерности формирования месторождений калийных солей. М.: Изд-во МГУ, 1962. 398 с.

Гончаренко О. П., Соломон М. В. Нерастворимый остаток нижнепермских сильвинитовых пород западного и северо-западного обрамления Прикаспийской впадины // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, Вып. 4. С. 264–271. DOI: 10.18500/1819-7663-2023-23-4-264-271 EDN: UAOFZL

Деревягин В. С., Свидзинский С. А., Седлецкий В. И., Ковальский Ф. И., Макаров А. С., Фе-

дин О. В. Нижнепермская галогенная формация Северного Прикаспия. Ростов-н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 1981. 400 с.

Диаров М. Палеогеографические условия формирования калийных солей Прикаспийской впадины // Проблемы соленакопления. Новосибирск: Наука, 1977. Т. 2. С. 76–78.

Московский Г. А., Свидзинский С. А., Барановская М. А., Гончаренко О. П., Ананьев С. А. Текстурно-структурные особенности и условия образования калийных, калийно-магниевого и магниевого солей. Саратов, 2014. 92 с.

Московский Г. А., Гончаренко О. П., Соломон М. В. Ритмичность строения продуктивной сильвинитовой залежи Гремячинского месторождения (юг приволжской моноклинали) / Литология и полезные ископаемые. 2018. № 2. С. 184–191. DOI: 10.7868/S0024497X18020064 EDN: YWRJDM

Соломон М. В., Гончаренко О. П., Московский Г. А. Калийные и калийно-магниевого соли погожской ритмопачки западной части северного внешнего бортового обрамления Прикаспийской впадины: литологические особенности и условия формирования // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2019. № 1. С. 51–59. DOI: 10.32454/0016-7762-2019-1-51-59 EDN: YYSHZZ

Соломон М. В., Гончаренко О. П. Генетическая интерпретация текстурно-структурного облика нижнепермских сильвинитовых пород Прикаспийской впадины // Литология и полезные ископаемые. 2022. № 1. С. 68–84. DOI: 10.31857/S0024497X22010074 EDN: DPIDLK

Goncharenko O., Pisarenko Y., Solomon M. Refined Data on the Structure of the Kungurian Salt-Bearing Series and on Mineral Composition of Polyhalite Ores from the Sharlyk Field in the Orenburg Region // Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources: Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2017. Kazan: Filodiritto international proceedings, 2018. P. 343–350.

Lithological and Geochemical Characteristics of the Lower Permian Potash Salts of the Northwestern Border of the Caspian Basin

M.V. Solomon

Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky,
83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia

Lithological and geochemical studies of potassium salts from the Lower Permian salt-bearing formation within the Perelyubskaya area (Saratov Region) revealed three sylvinite varieties in the studied sections, characterizing the diversity of the halogenic process as follows: a) regular crystallization of sylvite from brine with an insignificant input of terrigenous material (including anhydrite); b) crystallization under conditions of a high degree of coastal hydrodynamics and a significant input of terrigenous material, several desalinated waters, and the predominance of sylvite formed during the replacement of carnallite; c) crystallization of sylvinite and sylvite-carnallite rocks under conditions of elevated brine concentrations.

Key words: *potash salt, geochemical indicators; sylvite; Caspian basin.*

References

- Valyashko M.G.* 1962. Zakonomernosti formirovaniya mestorozhdeniy kaliynykh soley [Regularities in the Formation of Potassium Salt Deposits]. MGU, p. 398. (in Russian)
- Goncharenko O. P., Solomon M. V.* 2023. Nestrastvorimyy ostatok nizhnepermiskikh silvinitovykh porod zapadnogo i severo-zapadnogo obramleniya Prikaspiyskoy vpadiny [Insoluble Residue of Lower Permian Sylvinite Rocks of the Western and Northwestern Framing of the Caspian Basin]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Nauki o Zemle.* 23(4):264–271. (in Russian) doi: 10.18500/1819-7663-2023-23-4-264-271.
- Derevyagin V.S., Svidzinskiy S.A., Sedleczkiy V.I., Kovalskiy F.I., Makarov A.S., Fedin O.V.* 1981. Nizhnepermiskaya galogennaya formatsiya Severnogo Prikaspiya [Lower Permian halogen formation of the Northern Caspian region]. *Rostov-na-Donu*, p. 400. (in Russian)
- Diarov M.* 1977. Paleogeograficheskie usloviya formirovaniya kaliynykh soley Prikaspiyskoy vpadiny [Paleogeographic conditions of potassium salt formation in the Caspian Depression]. *Problemy solenakopleniya. T.2. Novosibirsk*, pp. 76-78. (in Russian)
- Moskovskiy G.A., Svidzinskiy S.A., Baranovskaya M.A., Goncharenko O.P., Ananov S.A.* 2014. Teksturno-strukturnye osobennosti i usloviya obrazovaniya kaliynykh, kaliyno-magnievyykh i magnievyykh soley [Textural and structural features and conditions of formation of potassium, potassium-magnesium, and magnesium salts]. *Saratov*, p. 92. (in Russian)
- Moskovskiy G.A., Goncharenko O.P., Solomon M.V.* 2018. Ritmichnost stroeniya produktivnoy silvinitovoy zalezhi Gremyachinskogo mestorozhdeniya (yug privolzhskoy monoklinali) [Rhythmicity of stability of the sylvinite deposit of the Gremyachinskoye deposit (south of the Volga monocline)]. *Litologiya i poleznye iskopaemye.* 2:184-191. (in Russian) doi: 10.7868/S0024497X18020064.
- Solomon M.V., Goncharenko O.P., Moskovskiy G.A.* 2019. Kaliynye i kaliyno-magnievye soli pogozhskoy ritmopachki zapadnoy chasti severnogo vneshnego bortovogo obramleniya Prikaspiyskoy vpadiny: litologicheskie osobennosti i usloviya formirovaniya [Potassium and Potassium-Magnesium Salts of the Pogozhskaya Rhythm Pack in the Western Part of the Northern Outer Margin of the Caspian Basin: Lithological Features and Formation Conditions]. *Izvestiya vyshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka.* 1:51-59. (in Russian) doi: 10.32454/0016-7762-2019-1-51-59.
- Solomon M.V., Goncharenko O.P.* 2022. Geneticheskaya interpretatsiya teksturno-strukturnogo oblika nizhnepermiskikh silvinitovykh porod Prikaspiyskoy vpadiny [Genetic Interpretation of the Textural and Structural Appearance of the Lower Permian Sylvinite Rocks of the Caspian Basin]. *Litologiya i poleznye iskopaemye.* 1:68–84. (in Russian) doi: 10.31857/S0024497X22010074.
- Goncharenko O., Pisarenko Y., Solomon M.* 2018. Refined Data on the Structure of the Kungurian Salt-Bearing Series and on Mineral Composition of Polyhalite Ores from the Sharlyk Field in the Orenburg Region. *In: Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources. Kazan Golovkinskiy Stratigraphic Meeting, Filodiritto international proceedings*, pp. 343–350.