

УДК 552.53;553.632+551.247

КАЛИЙНЫЕ И КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫЕ СОЛИ ПОГОЖСКОЙ РИТМОПАЧКИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО ВНЕШНЕГО БОРТОВОГО ОБРАМЛЕНИЯ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ: ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

М.В. СОЛОМОН, О.П. ГОНЧАРЕНКО, Г.А. МОСКОВСКИЙ

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского
 83, Астраханская ул., Саратов 410012, Россия
 email: solomonmv@list.ru*

Приведены сведения о возможной промышленной калиеносности галогенных отложений погожской ритмопачки в пределах западной части на севере Прикаспийской впадины. Показано, что детальные литологические и геохимические исследования, с построением карт мощностей позволяют выделять наиболее перспективные интервалы разреза с калийной минерализацией, учитывать направление выклинивания продуктивных интервалов и, как следствие, выбирать первоочередность участков для поисковых работ. Калийная минерализация хлоридного типа представлена карналлитами и сильвинитами. Последние являются основным источником калийной руды. Сульфатные соли — каинит и кизерит, выделены только в пределах северо-западной части впадины. Установлено, что сильвинитовый пласт сформировался в результате поступления в акваторию бассейна с рапой карналлит-бишофитовой стадии растворов меньшей концентрации (на уровне галитовой стадии). Выявлено, что сильвин калиеносных интервалов разреза погожской ритмопачки является продуктом разложения карналлита.

К л ю ч е в ы е с л о в а: Прикаспийская впадина; калийные соли; сильвиниты; карналлиты; галогенная седиментация.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-1-51-59

POTASH AND POTASSIUM-MAGNESIUM SALT OF POGOJSKOE RHYTHMIC MEMBER OF THE WESTERN PART OF THE NORTHERN OUTER SIDE OF THE BOARDER OF THE CASPIAN DEPRESSION: LITHOLOGICAL FEATURES AND FORMATION CONDITIONS

M.V. SOLOMON, O.P. GONCHARENKO, G.A. MOSCOWSKY

*Saratov State University
 83, Astrakhanskaya str.; Saratov 410012, Russia
 email: solomonmv@list.ru*

The data has been given on the possible commercial potassium content of halogen sediments from the Pogozhskaya rhythmic member within the Western part of the North Caspian depression. It has been shown that the detailed lithological and geochemical studies, with the construction of the thickness maps, allow allocating in the section the most promising intervals with the potassium mineralization, as well as the taking into account the direction of nipping of the productive intervals and, as a consequence, choosing the priority of the sites for prospecting. Chloride type of potassium mineralization is represented by carnallites and sylvinites. The latter are the main source of the potassium ore. Sulfate salt — kainite and kieserite - are allocated only within the North-Western part of the basin. It has been found that the sylvinite layer was formed as a result of entering of the solutions with lower concentration (at the level of the halite stage) to the water basin with the strong brine of carnallite-bischofite stage. It has been revealed that the sylvite from the potash intervals of the section of the pogozhskaya rhythmic member is a product of the decomposition of carnallite.

К е у о р д s: Caspian sea depression; potash salt; sylvinite; carnallite; halogen sedimentation.

Исследование калиеносности галогенных отложений погожской ритмопачки (иренский горизонт кунгурского яруса нижней перми) западной части на севере Прикаспийской впадины было начато в

1988 г. — пробурена скважина Краснокутская 1-К [9, 11]. В разрезе, в кровельной части ритмопачки, отмечено присутствие горизонта сильвинитов, а также выделена продуктивная галогенная калие-

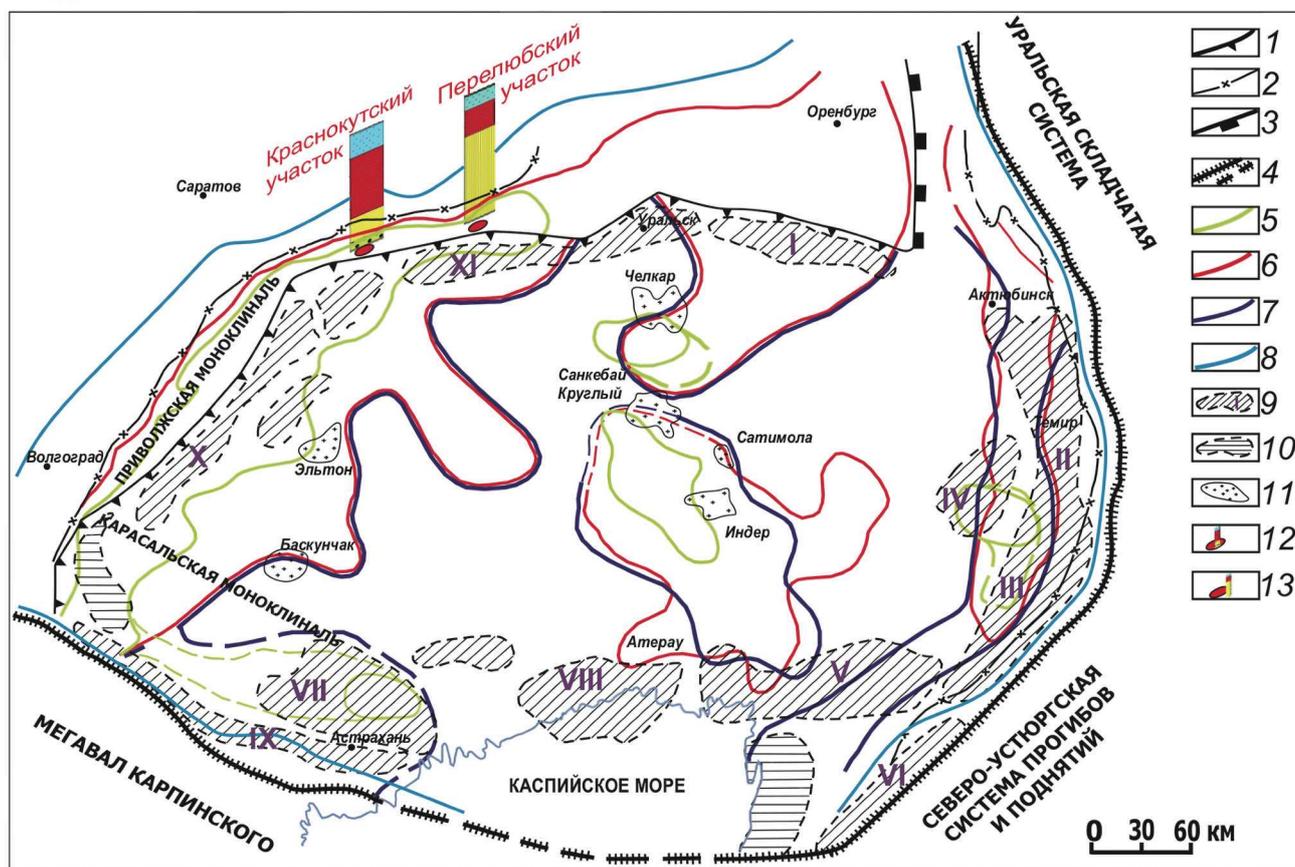


Рис. 1. Карта-схема фактического материала: 1 – граница бортового уступа; 2 – граница соляных отложений; 3 – западная граница Предуральского краевого прогиба; 4 – глубинные нарушения, разделяющие границы распространения солевых отложений; 5 – контуры зон биофитосодержащих пород; 6 – контуры зон карналлитосодержащих пород; 7 – контуры зон сильвинитосодержащих пород; 8 – контур распространения каменной соли; 9 – своды, мегавалы: I – Карагаганаско-Кобландинский, II – Имбекский, III – Тамдыкольский, IV – Кзылджарский, V – Биикжалский, VI – Южно-Эмбенский, VII – Северо-Каспийский, VIII – Астраханский, IX – Карабулакско-Беркульский, X – Ахтубинско-Палласовский, XI – Алтагинско-Деркульский; 10 – зоны поднятия; 11 – солянокупольные структуры, 12 – Краснокутский участок, 13 – Перелобский участок

носная зона. Анализ геологической информации по калиености галогенных отложений северо-западной части бортовой зоны впадины позволил предположить наличие продуктивной зоны и в северо-восточной части Прикаспия. Так, в 2014–2016 гг. на Перелобском участке (западном и восточном) в результате бурения скважин и опробования перспективных горизонтов подтверждена промышленная калиеность галогенных отложений погожской ритмопачки [8]. Карта-схема фактического материала приведена на рис. 1.

Условия и закономерности галогенного процесса в эвапоритовых бассейнах детально рассмотрены в работах М.Г. Валяшко [1, 2], В.И. Копнина [4, 5], А.М. Кудряшова [6], Г.А. Московского, О.П. Гончаренко [7]. Согласно классическим представлениям садка карналлита должна следовать после сильвина. В разрезах западной части Прикаспийской впадины «первичный» сильвин, возникший в результате седиментации, образует тонкие сильвинитосодержащие прослои (иногда до 15 см), не имеющие практической значимости. Модели формирования сильвина (термофильная, криофиль-

ная, за счёт процесса его высаливания из рапы карналлитовой стадии стущения; за счёт замещения им карналлита [8]) позволяют решать не только генетические задачи, но и выделять перспективные участки для добычи калийных пород, с указанием в разрезе наиболее качественных разностей.

Цель исследований – выявить условия формирования галогенных пород, слагающих продуктивную толщу. Задача – провести комплексные литологические исследования кернового материала калийных и калийно-магниевого пород погожской ритмопачки северо-восточной части внешней бортовой зоны (Перелобский участок) и сопоставить их с имеющимися данными северо-западной части (Краснокутский участок).

Материалы и методы

В основу работы положено исследование кернового материала, отобранного из перспективных интервалов галогенного разреза, выделяемых по данным промысловой и разведочной геофизики в

Перелобских скважинах и скважине Краснокутской 1-К. Всего проанализировано 145 образцов. Были изготовлены аншлифы, шлифы, и крупно-размерные шлифы для дальнейшего их сканирования, выявления структурных взаимоотношений галогенных минералов при помощи поляризационного микроскопа Axioskop 40, фирмы Carl Zeiss. Крупноразмерные шлифы необходимы по следующим причинам: в галогенном разрезе присутствуют интервалы частой смены литологических разновидностей галоидов. Толщина отдельных слоев в таких случаях может не превышать 10–15 мм. Для отражения реальной картины смены условий галогенной седиментации желательнее рассматривать препарат, захватывающий по возможности большее число ритмов.

Для выявления условий формирования минералов соляных толщ использовался рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) на микроэлементы — Вг, Сl (60 образцов) при помощи энергодисперсионного рентгеновского флуоресцентного спектрометра EDX-720, фирмы SHIMADZU (анализ про-

водился в институте химии Саратовского государственного университета). Результаты РФА приведены в табл. 1.

Фактический материал

Состав калиеносного интервала галогенного разреза поожской ритмопачки в пределах Краснокутского участка. Ритмопачка в интервале 1037,5–1041 м представлена каменной солью бессульфатной. Каменная соль сменяется сильвинитом красновато-бурым, крупнокристаллическим с прослойками серого сульфатного и глинистого материала (глубина 1041–1041,5 м) — рис. 2, А, и сильвинитом бело-серым (глубина 1041,5–1044,6 м). Сильвин в породе (рис. 2, А) вторичный (апокарналлитовый), что подтверждается неравномерной зернистостью и сгустками красящего гематитового вещества, обычно остающегося после разложения железосодержащего карналлита. В шлифах отмечаются сложные по форме кристаллы сильвина (рис. 2, Б), обрамлённые каёмками гидроксидов железа. Наличие реликтовых блоков мутно-белого

Таблица 1

Содержание Вг, Сl и значения Вг-Сl коэффициента по данным РФА в образцах Перелобского участка

Номер п/п	Номер скважины	Номер образца	Глубина, м	Описание пород	Содержание		Вг×10 ³ /Сl
					Вг	Сl	
1	101	101/1	687,45	Сильвинит молочно-белый, крупнокристаллический с линзовидными прослойками ангидрита	0,166	59,47	2,79
2	101	101/2	687,95	Сильвинит загрязненный ангидритом	0,187	60,47	3,09
3	101	101/3	686,61	Сильвин-Галитовая порода	0,178	56,68	3,14
4	101	101/4	689,08	Сильвинит, загрязненный ангидритом	0,183	60,54	3,02
5	101	101/5	690,41	Сильвинит, загрязненный глинисто-ангидритовым материалом	0,163	54,55	2,99
6	101	101/6	691,59	Сильвинит мелкозернистый красный	0,167	59,35	2,81
7	107	107/79	813,35	Сильвинит молочно-белый, с прожилками ангидрита	0,174	55,47	3,13
8	107	107/81	814,00	Сильвинит молочно-белый, с прожилками ангидрита	0,177	60,02	2,95
9	107	107/95 си	833,53	Карналлит красновато-светло-серый	0,312	50,05	6,23
10	107	107/96 си	835,63	Карналлит красновато-светло-серый	0,298	50,12	5,90
11	107	107/97 си	836,73	Галит-карналлитовая порода	0,267	50,48	5,29
12	107	107/87	817,05	Сильвинит молочно-белый, красный	0,171	59,80	2,86
13	109	109/9си	768,49	Сильвинит белый, розовато-оранжево-серый	0,136	62,16	2,19
14	109	109/10си	768,84	Сильвинит белый, оранжевый	0,176	61,91	2,84
15	109	109/11си	769,24	Сильвинит белый, розовато-оранжево-серый, разнозернистый	0,182	63,02	2,89
16	109	109/12си	770,22	Сильвинит серый, оранжево-серый, разнозернистый	0,183	64,05	2,86
17	109	109/14си	771,72	Галит-карналлитовая порода	0,363	49,82	7,29
18	203	203/3си	803,36	Сильвинит светло-серый	0,266	61,50	4,34
19	203	203/7си	1017,73	Сильвинит красновато-коричнево-серый, разнозернистый	0,121	64,60	1,87
20	203	203/8си	1018,11	Сильвинит красновато-коричнево-серый, разнозернистый	0,205	59,50	3,44
21	203	203/9си	1018,17	Сильвинит красновато-коричнево-серый, разнозернистый	0,261	57,50	4,54
22	203	203/10си	1019,75	Сильвинит красновато-коричнево-серый, разнозернистый	0,249	55,40	4,49
23	203	203/14си	1028,64	Карналлит мясо-красный, разнозернистый	0,273	33,01	8,27
24	203	203/15си	1030,92	Карналлит светло-серый, разнозернистый	0,173	28,0	6,07

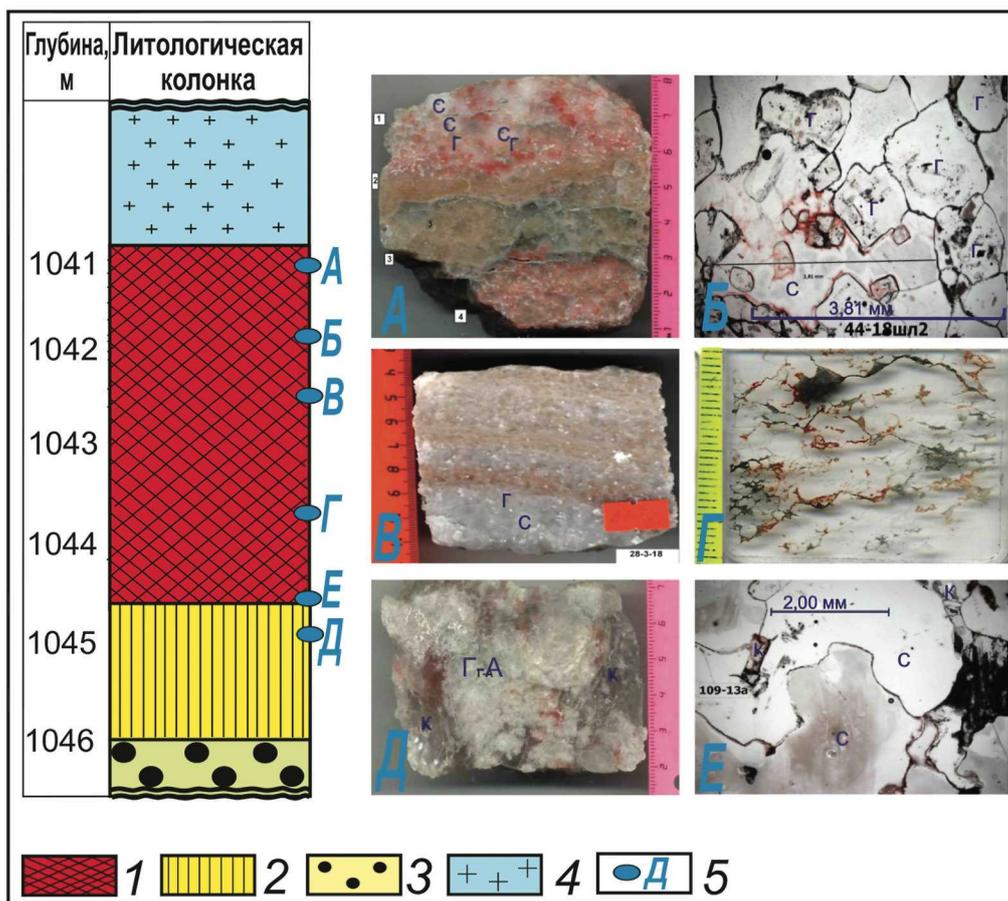


Рис. 2. Особенности минерального состава пород, слагающих продуктивный горизонт в пределах Краснокутского участка: *A* – ритмично-слоистый сильвинит, сканированный аншлиф; *B* – сложный по морфологии кристалл сильвина (без анализатора); *B* – переход от крупнокристаллического к среднекристаллическому сильвиниту (снизу вверх), сканированный аншлиф; *Г* – сильвинит неравномерно-зернистый со слойками пелита и каёмками гидроксидов железа, сканированный шлиф; *Д* – галит-карналлитовая порода, сканированный аншлиф; *E* – вкрапленник карналлита в зоне инкорпорационных контактов кристаллов сильвина и мелкого кристалла галита; обозначение минералов (*A–E*): *с* – сильвин, *г* – галит, *к* – карналлит, *г-а* – галит-ангидритовый участок породы; *1* – сильвиниты, *2* – карналлиты, *3* – бишофиты, *4* – каменная соль, *5* – привязка образца к глубине отбора

цвета и бесцветные каёмки вокруг них, указывают на формирование сильвина в две стадии. Выщелачивание карналлитовой породы привело к формированию апокарналлитового сильвина, однако через породу прошла еще и инфильтрация рассола, которая привела к перекристаллизации краевых частей зерен с перераспределением газовых включений по площади образца.

На рис. 2, *B* отмечается переход от крупнокристаллического к среднекристаллическому сильвиниту и распределение рассеянной и сконцентрированной в виде тонких слойков примеси ангидрита. Иногда присутствуют каёмки гидроксидов железа (рис. 2, *Г*).

Интервал 1044,6–1046 м представлен карналлитовыми и галит-карналлитовыми породами (рис. 2, *Д*). Последние фиксируют начало стадии поступления растворов меньшей концентрации, так как они залегают над бишофитовым пластом, отражающим максимум сгущения рапы. В карналлитовой поро-

де встречаются интервалы с существенной примесью пелита. В шлифах отмечены кристаллы карналлита, ассоциирующие со сгустками пелитового материала. С ним же часто связана коррозия кристаллов сильвина (рис. 2, *E*). Вблизи контакта сильвина с карналлитом видны признаки процесса замещения (?) галита высаливания карналлитом [7, 8]. В интервале 1046,0–1059,0 м залегают бишофитовая порода крупнокристаллическая, массивная, с редкими нитевидными невыдержанными слойками ангидрита.

Величина бром-хлорного коэффициента в галогенных интервалах следующая: от 0,8 до 1,5 в карналлит-галитовом слое и от 4,9 до 8,2 в карналлитовом, что отвечает середине и концу карналлитовой стадии. Перед садкой бишофита бром-хлорный коэффициент составлял 9,39. По разрезу бишофитового слоя это отношение возрастало до 10–15,9. Последние значения соответствуют средним стадиям садки бишофита [3]. Кристаллизация

бишофита прерывается поступлением рассолов, отвечающих стадии садки карналлита, что вызывало образование слоя карналлита, для которого значение бром-хлорного коэффициента уменьшается к кровле до 1,43, вследствие поступления в акваторию с рапой карналлит-бишофитовой стадии растворов с меньшей концентрацией ионов (на уровне галитовой стадии). С одной стороны, это приводило к массовому осаждению галита высаливания, а с другой — одновременному росту содержаний калия в рапе карналлитовой стадии сгущения, определившего далее высаливание и хлорида калия [7].

Состав калиеносного интервала галогенного разреза погожской ритмопачки в пределах Перелюбского участка. Максимальная мощность сильвинитового пласта (6,7 м) отмечена в скважине 101 (Западно-Перелюбский участок). Полноценного бишофитового горизонта, характерного для погожской ритмопачки в разрезе скв. Краснокутская 1К, в новых разрезах не встречено. Однако карналлитовые породы, подстилающие сильвиниты, имеют признаки граничных условий карналлитовой и бишофитовой стадий галогенеза: а) реакционные каёмки с

системой крайне мелких кристаллов каинита, бишофита, реже кизерита, приуроченные к границам кристаллов, б) вкрапленники бишофита, в) высокие значения бром-хлорного коэффициента (7,98—8,27), соответствующие стадиям сгущения до стадии карналлита и даже начальной стадии бишофита.

Вскрытые новыми скважинами калиеносные породы сложены сильвинитами, сильвин-галитовыми породами с примесью карналлита и галитом высаливания.

Рассмотрим особенности минерального состава пород, слагающих продуктивную толщу Западно-Перелюбского участка. В скв. 107 в интервале 813—817 м горизонт представлен сильвинитами от молочно-белых до красновато-бурых (рис. 3, А, В, Д). В шлифах отмечаются агрегаты из нескольких гипидиоморфных кристаллов галита с реликтовой перистостью и клиновидными ступками пелитового материала (рис. 3, Б), который захвачен и внутри кристаллов. Наличие широких прозрачных каёмок указывает на перекристаллизацию краевых частей зёрен и возможное образование минералов сульфатного (?) типа (каинита, кизерита). Сильвин

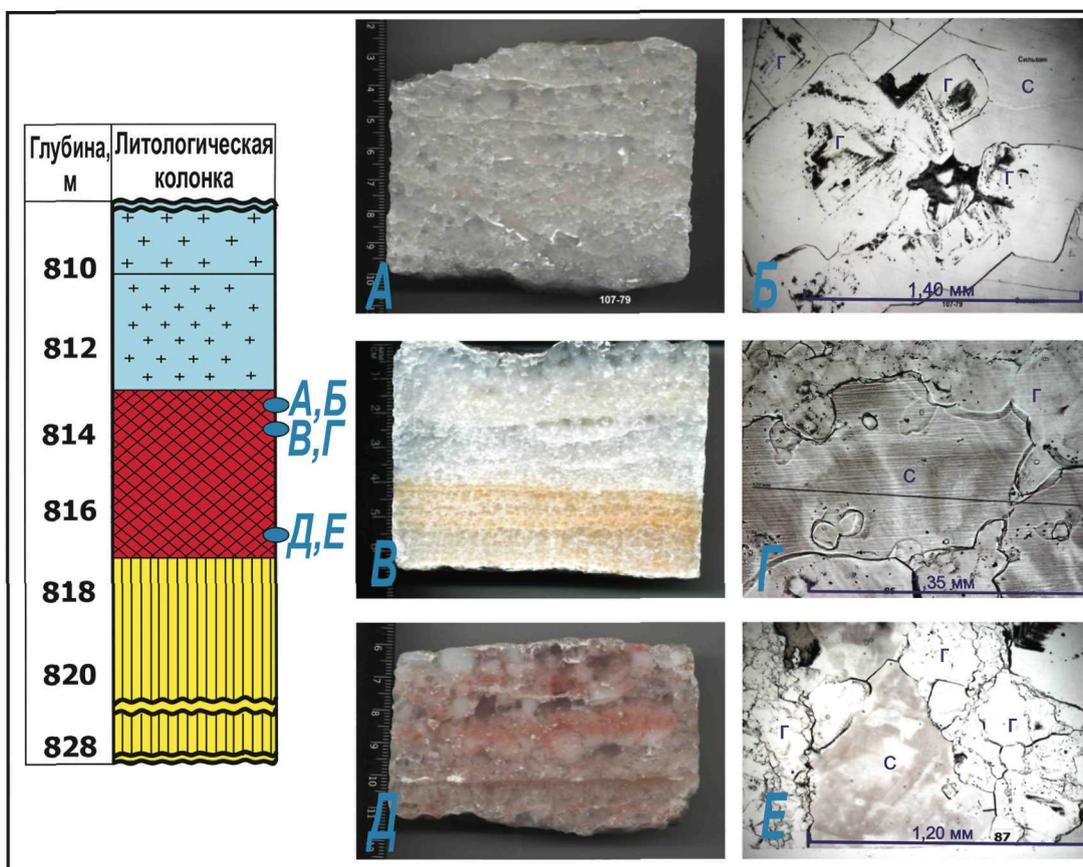


Рис. 3. Особенности минерального состава пород, слагающих продуктивный горизонт в пределах Западно-Перелюбского участка: А — молочно-белый сильвинит, сканированный аншлиф; Б — агрегат из нескольких гипидиоморфных кристаллов галита высаливания, без анализатора; В — желтовато-синий ритмично-слоистый сильвинит, сканированный аншлиф; Г — вытянутый кристалл сильвина, шлиф, без анализатора; Д — красновато-бурый сильвинит, сканированный аншлиф; Е — кристалл сильвина с неоднородным распределением микроскопических газовых пузырьков, шлиф, без анализатора; обозначение минералов (Б, Г, Е): с — сильвин, г — галит; усл. обознач. к литологической колонке см. рис. 2

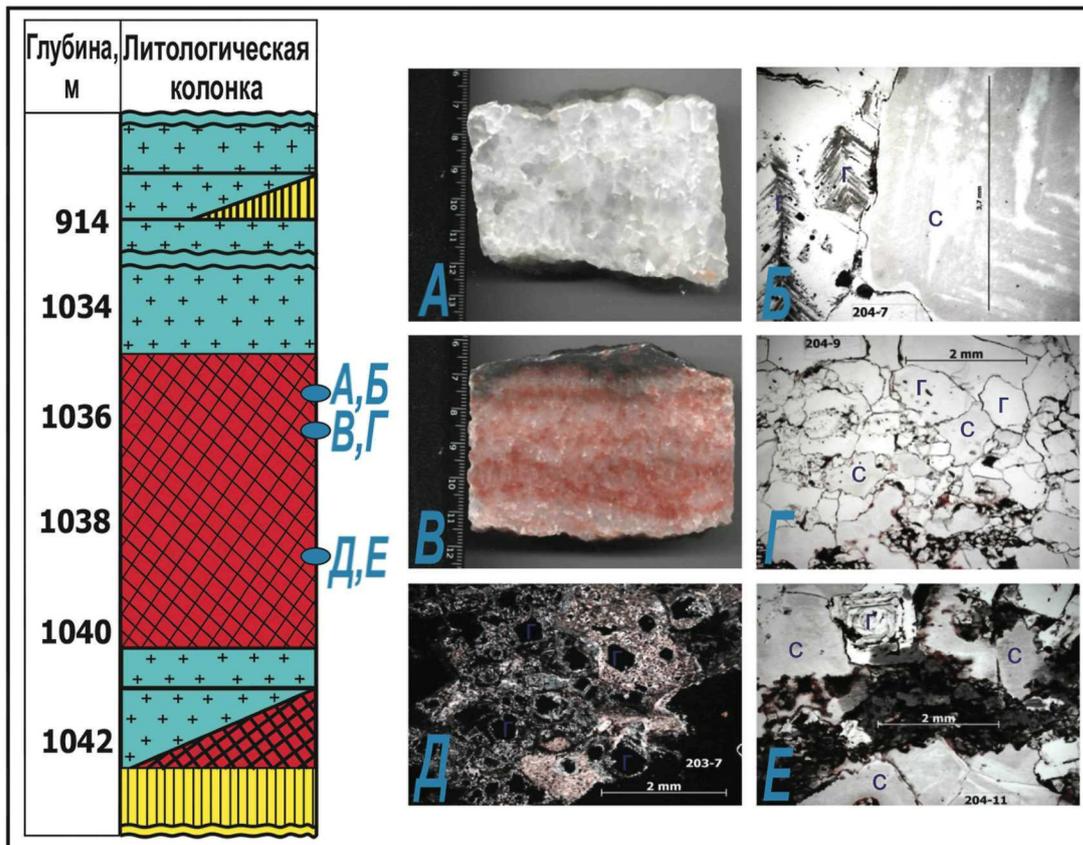


Рис. 4. Особенности минерального состава пород, слагающих продуктивный горизонт в пределах Восточно-Перелюбского участка: *A* – молочно-белый сильвинит, сканированный аншлиф; *B* – «перистый» галит (слева), зональный кристалл сильвина (справа), шлиф, без анализатора; *B* – красновато-бурый сильвинит, сканированный аншлиф; *Г* – корродированные мелкие кристаллы сильвина в зоне распространения пелитового материала, шлиф, без анализатора; *Д* – «очковая» микротекстура сильвинита (в центре очков – кристаллы галита высаливания), шлиф, с анализатором; *Е* – коррозия кристаллов сильвина на контакте с пелитом и с галитом высаливания, шлиф, без анализатора; обозначение минералов (*Б, Г, Д, Е*): *с* – сильвин, *г* – галит; усл. обознач. к литологической колонке см. рис. 2

представлен вытянутыми кристаллами, чередующимися с мелкими агрегатами галита (рис. 3, *Г*). Также встречаются кристаллы сильвина с «теневой структурой» — неоднородным распределением микроскопических газовых пузырьков, из-за чего в одних частях кристаллы серый, в других — белый (рис. 3, *Е*). Сильвин с такой структурой вероятнее всего является продуктом разложения карналлита. При объяснении условий образования красного сильвина ещё Е.Э. Разумовская [10] предполагала, что оно связано с разложением карналлита.

Рассмотрим особенности минерального состава пород, слагающих продуктивную толщу Восточно-Перелюбского участка. В скв. 204 в интервале 1035–1040 м встречаются сильвиниты молочно-белые (рис. 4, *A*) и буровато-красные (рис. 4, *B*). В шлифах отмечен перистый галит с зонами роста, зафиксированных вакуолями включений рапы и пелитом. Галит граничит с крупным кристаллом молочно-белого сильвина со следами зональности (рис. 4, *Б*). Выделены послейно ориентированные интервалы, обогащенные пелитом, в которых сильвин корродирован. Сильвин фиксируется каёмка-

ми гидроксидов железа (рис. 4, *Г*). Для разрезов Восточно-Перелюбского участка также характерна «очковая» микротекстура сильвинита в интервале значительных скоплений пелит-ангидритового материала (рис. 4, *Д*). В центре «очков» — кристаллы галита высаливания, обрастающие ангидритом. Для данных разрезов (продуктивных интервалов) также как и на Западно-Перелюбском участке, в шлифах отмечаются «теневая структура» сильвина и его коррозия на контакте с пелитом и с галитом высаливания, захватившим существенное количество пелита (рис. 4, *Е*).

Обсуждение результатов

Таким образом, значения бром-хлорного коэффициента и данные литологических исследований позволяют предполагать, что сильвиниты продуктивного интервала Перелюбских участков формировались при периодическом подтоке менее сгущённой рапы (что подтверждается массовым присутствием галита высаливания в калиеносных породах), приводящей к образованию апокарналли-

Мощности слоя 1, 2 и 3, выделенных в калиеносном интервале Перелюбского участка

Номер слоя	Номер скважины									
	101	103	107	108	109	207	204	203	208	211
	Мощность, м									
1	4,00	2,30	3,00	0,60	0,00	2,40	1,50	0,00	1,80	2,80
2	2,50	0,25	1,00	0,50	2,80	0,50	2,60	2,50	1,00	0,15
3	0,20	3,25	—	2,50	0,20–0,50		1,30	1,50		

тового сальвина, или замещению карналлита сальвином на стадии диагенеза [1, 8].

Речь идёт в таком случае о двух основных моделях образования сальвина:

а) термофильной модели с наличием галоклина и, возможно, термоклина [1, 7, 8];

б) модели образования сальвина как продукта разложения карналлита.

В случае реализации первой модели сальвинит кристаллизуется из порового раствора в галитовой матрице. При этом образуется наиболее чистые разновидности сальвинитов, содержащие минимальное количество примесей (в виде пелитового материала и продуктов вторичного минералообразования). Такие сальвиниты установлены в кровельной части калиеносного интервала погожской ритмопачки (например, в скв. 211 Восточно-Перелюбского участка).

Сальвиниты, образовавшиеся по второй модели, связаны преимущественно с интервалами переотложения галогенного осадка за счёт внутренней гидродинамики солеродного бассейна и при поступлении существенного количества пелитового материала. В этом случае концентрация порового раствора понижалась за счёт воды, отжимаемой из пелита и, соответственно, шло выщелачивание ранее образовавшегося карналлита и формирование продукта выщелачивания — сальвина. Сальвин, в свою очередь, отличается повышенными значениями бром-хлорного коэффициента 5,9–6,2, что соответствует стадии кристаллизации карналлита, согласно результатам М.Г. Валяшко [2]. Однако за счёт пелитового материала и поступающей менее сгущенной рапы в системе росло количество не только калия, но и сульфата, а соответственно кристаллизовались существенные количества кизерита и каинита.

Литологические исследования кернового материала на Западно- и Восточно-Перелюбском участках позволили условно выделить три слоя (сверху вниз) в продуктивном пласте.

Первый слой представлен сальвинитами и сальвин-галитовыми породами с прослоями, сложенными галитом.

Второй — сальвинитами с существенным содержанием пелит-ангидритового материала, представляющих горизонты переотложения калийных и калиеносных пород в относительно малоглубинных участках солеродного бассейна [9].

Третий — сальвинитами, залегающими ниже горизонта переотложения с постепенно падающим содержанием примеси пелитового материала, существенным ростом вторичных наложенных процессов, отражающих высокую концентрацию рапы и заметный рост её сульфатности.

Полученные результаты приведены в табл. 2.

Анализ данных в табл. 2, позволяет отметить следующее.

А. Максимальные толщины наиболее чистых от нерастворимых остатков сальвинитов, где можно предполагать непосредственную кристаллизацию сальвина из рапы, а не формирование сальвина как продукта разложения карналлита, следует ожидать в участках снижения роли пелитового материала (больших глубин слоя рапы и при двухслойном её характере). Типичным примером является разрез скв. 211.

Б. Значительные толщины сальвинитов, имеющих преимущественно вторичный характер по карналлитам, обязаны содержанию пелитового материала в перекрывающих их горизонтах (скв. 103, 108, 203).

В. Для первого и второго типа сальвинитов существенным является присутствие галита высаливания, осаждение которого обеспечивает рост содержания ионов калия в рапе [7].

Общая картина изменения мощности слоя 1 сальвинитового пласта, мало затронутого процессами внутрибассейнового перемещения и заноса терригенного материала приведена на рис. 5, А, В. Суммарные мощности калиеносного горизонта приведены на рис. 5, Б, Г.

Таким образом, на Западно-Перелюбском участке намечается тенденция роста суммарной мощности калиеносного горизонта погожской ритмопачки в северо-западном направлении, но в этом же направлении растёт содержания пелит-ангидритовой примеси, что связано, по нашему мнению, с приближением границы солеродного бассейна (рис. 5, Б). В южном направлении при сокращении мощности сальвинитового горизонта, роль чистых сальвинитов существенно возрастает (рис. 5, А). На Восточно-Перелюбском участке незначительное увеличение мощности слоя 1 чистых сальвинитов наблюдается в северном направлении (рис. 5, В). При этом суммарная мощность калиеносного горизонта увеличивается в юго-восточном направлении (рис. 5, Г).

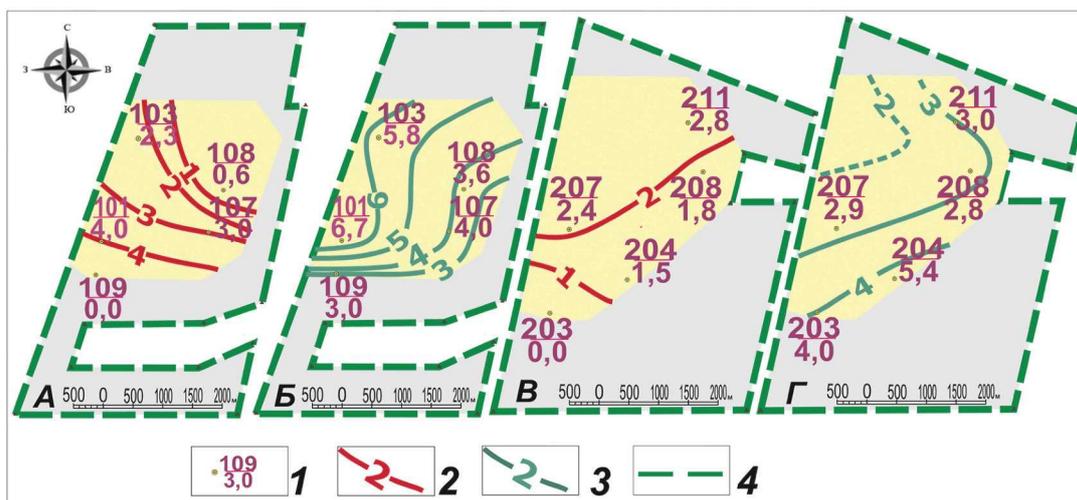


Рис. 5. Карты мощностей сylvинитового пласта погожской ритмопачки Западно-Перелобского (А, Б) и Восточно-Перелобского (В, Г) участков: А, В – мощности слоя 1; Б, Г – суммарные мощности; 1 – положение скважины, её номер (над чертой), мощность (под чертой); 2 – изопахиты слоя 1; 3 – суммарные изопахиты слоя 1, 2 и 3; 4 – контуры границ Перелобских участков

Заключение

В результате проведённых исследований необходимо отметить следующее.

Теоретическими положениями для выявления условий формирования сylvинитов, залегающих выше бишофит-карналлитовых пород погожской ритмопачки послужили представления И.К. Жеребцова и С.А. Свидзинского [3, 11] для разреза в скв. Краснокутской 1-К: сylvинитовый пласт сформировался в результате поступления в аквагорию бассейна с рапой карналлит-бишофитовой стадии растворов меньшей концентрации (на уровне галитовой стадии), что приводило к разложе-

нию карналлита и формированию апокарналлитового сylvина. При этом степень сгущения растворов не снижалась ниже стадии кристаллизации сylvина, что приводило к высаливанию сylvина [7]. Значения бром-хлорного коэффициента (5,9–6,2), доказывают, что сylvиниты являются продуктом вторичной переработки карналлитовых пород.

Наличие парагенезисов с каинитом и кизеритом в северо-восточной части внешней бортовой зоны впадины указывает на повышенное содержание сульфатной составляющей в рапе по сравнению с северо-западной частью, где наличие данных парагенезисов в разрезе не установлено.

ЛИТЕРАТУРА

1. В а л я ш к о М.Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. М.: Изд-во МГУ, 1962. 72 с.
2. В а л я ш к о М.Г. Бром в соляных отложениях и рассолах как геохимический индикатор при исследовании соляных месторождений // Бром в соляных отложениях и рассолах. М.: Изд-во МГУ, 1976. С 5–9.
3. Жеребцова И.К., Золотарева В.А., Пантелеева О.Д. Геохимические особенности формирования соленосных отложений в северной части Приволжской моноклинали // Физико-химические закономерности осадконакопления в солеродных бассейнах. М.: Наука, 1986. С. 21–34.
4. К о п н и н В. И., М о л о ш т а н о в а Н. Е. К вопросу о минеральном составе сylvинитовых руд Верхнекамского месторождения // Тр. ИГиГ СО АН СССР. 1980. Вып. 439. С. 45–47.
5. К о п н и н В.И. Строение и генезис галитовых аномалий в калиеносных пластах южной части Верхнекамского месторождения калийных солей // Литология и полезные ископаемые. 1995. № 5. С. 500–512.
6. К у д р я ш о в А.И. Верхнекамское месторождение солей. Пермь, 2001. 430 с.
7. М о с к о в с к и й Г.А., Г о н ч а р е н к о О.П., И л ь и н К.К. Высаливание хлоридов натрия и калия на заключительных стадиях галогенеза (на примере Гремячинского месторождения калийных солей в Прикаспийской впадине) // Литология и полезные ископаемые. 2016. № 1. С. 95–107.
8. М о с к о в с к и й Г.А., Г о н ч а р е н к о О.П., Б а й г у з и н а А.З. Особенности состава и условий формирования калийных и калийно-магневых пород погожской ритмопачки в северо-западной и северо-восточной частях бортовой зоны Прикаспия // Известия Саратовского университета. Новая серия. Науки о Земле. 2016. № 3. С. 188–192.
9. П и с а р е н к о Ю.А., Г о н ч а р е н к о О.П., П и с а р е н к о В.Ю., К и р е е н к о О.С., К а р п о в а Т.Г. Палеогеографические и тектонические условия формирования нижнепермской галогенной формации юго-восточной окраины Русской плиты // Известия Саратовского университета. Новая серия. Науки о Земле. 2010. № 2. С. 49–58.
10. Р а з у м о в с к а я Е.Э. Причины и характер красной окраски калиевых соединений Соликамского месторождения // Мат. по общей и прикладной геологии. 1927. Вып. 105. С. 61–74.
11. С в и д з и н с к и й С.А., С е д л е ц к а я Н.М., Д е р е в я г и н В.С. Литологический разрез скважины Краснокутской // Проблемы морского и континентального галогенеза. Новосибирск, 1988. С. 120–127.

REFERENCES

1. Valyashko M.G. *Geokhimicheskiye zakonomernosti formirovaniya mestorozhdeniy kaliynykh soley* [Geochemical regularities of formation of deposits of potassium salts]. Moscow, Moscow state University Publ., 1962, 72 p. (In Russian).
2. Valyashko M.G. Brom v solyanykh otlozheniyakh i rassolakh kak geokhimicheskiy indikator pri issledovanii solyanykh mestorozhdeniy [Bromine in salt deposits and brines as a geochemical indicator in the study of salt deposits]. *Brom v solyanykh otlozheniyakh i rassolakh* — [Bromine in salt deposits and brines], Moscow, 1976, pp. 5–9. (In Russian).
3. Zherebtsova I.K., Zolotareva V.A., Panteleyeva O.D. Geokhimicheskiye osobennosti formirovaniya solenosnykh otlozheniy v severnoy chasti Privolzhskoy monoklinali. [Geochemical features of the formation of saline deposits in the Northern part of the Volga monoclinall]. *Fiziko-khimicheskiye zakonomernosti osadkonakopleniya v solerodnykh basseynakh* — [Geochemical features of the formation of saline deposits in the Northern part of the Volga monoclinall], Moscow, 1986, pp. 21–34. (In Russian).
4. Kopnin V.I., Moloshtanova N.E. K voprosu o mineralnom sostave silvinitovykh rud Verkhnekamskogo mestorozhdeniya. [The question of the mineral composition of the sylvinit ores of the Verkhnekamskoye Deposit]. *Trudy IGiG SÖ AN SSSR* — [Proceedings of the Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the Academy of Sciences], 1980, no 439, pp. 45–47. (In Russian).
5. Kopnin V.I. Stroyeniye i genezis galitovykh anomalii v kaliyenosnykh plastakh yuzhnoy chasti Verkhnekamskogo mestorozhdeniya kaliynykh soley. [Structure and Genesis of halite anomalies in the potassium layers of the southern part of the Verkhnekamskoye potash Deposit]. *Litologiya i poleznyye iskopayemye* — [Lithology and Mineral Resources], 1995, no 5, pp. 500–512. (In Russian).
6. Kudryashov A.I. *Verkhnekamskoye mestorozhdeniye soley* [Verkhnekamskoye Deposit of salts], Perm, 2001, 430 p.
7. Moskovskiy G.A., Goncharenko O.P., Ilin K.K. Vysalivaniye khloridov natriya i kaliya na zaklyuchitelnykh stadiyakh galogeneza (na primere Gremyachinskogo mestorozhdeniya kaliynykh soley v Prikaspiyskoy vpadine). [Desalting of sodium and potassium chlorides at the final stages of halogenesis: evidence from the Gremyachinsk potash deposit in the Caspian basin]. *Litologiya i poleznyye iskopayemye* — [Lithology and Mineral Resources], 2016, no 1, pp. 95–107. (In Russian).
8. Moskovskiy G.A., Goncharenko O.P., Bayguzina A.Z. Osobennosti sostava i usloviy formirovaniya kaliynykh i kaliyno-magniyevykh porod pogozhskoy ritmopachki v severo-zapadnoy i severo-vostochnoy chastyakh bortovoy zony Prikaspiya. [Peculiarities of Compositions and Formation Environments of Potassium and Potassium-Magnesium rocks from the Pogozhskaya rhythmic Member in the northwestern and the northeastern Parts of the Caspian slope Zone]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta* — [News of Saratov University. New series. Earth science], 2016, no 3, pp. 188–192. (In Russian).
9. Pisarenko Yu.A., Goncharenko O.P., Pisarenko V.Yu., Kireyenko O.S., Karpova T.G. Paleogeograficheskiye i tektonicheskiye usloviya formirovaniya nizhnepermiskoy galogennoy formatsii yugo-vostochnoy okrainy Russkoy plity. [Paleogeographic and tectonic Environment in the Lower Permian Halogen Formation from the southeastern Margin of the Russian Plate]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta* — [News of Saratov University. New series. Earth science], 2010, no 2, pp. 49–58. (In Russian).
10. Razumovskaya E.E. Prichiny i harakter krasnoy okraski kalievyyh soedinenij Solikamskogo mestorozhdeniya. [Reasons and character of red colouring of potassium compounds of Solikamsk Deposit]. *Materialy po obshchej i prikladnoj geologii* — [Materials on General and applied Geology], 1927, pp. 61–74. (In Russian).
11. Svidzinskiy S.A., Sedletskaya N.M., Derevyagin V.S. Litologicheskiy razrez skvazhiny Krasnokutskoy. [Lithological section of Krasnokutskaya well]. *Problemy morskogo i kontinentalnogo galogeneza* — [Problems of marine and continental halogenesis], 1988, pp. 120–127. (In Russian).