

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ГАЛОГЕННЫХ ПОРОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ НИВЕНСКОЙ ВПАДИНЫ КАЛИНИНГРАДСКО-ГДАНЬСКОГО СОЛЕНОСНОГО БАСЕЙНА И УСЛОВИЯ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

©2016 г. А. К. Вишняков*, Г. А. Московский**, О. П. Гончаренко**, М. С. Вафина*, Д. С. Вершинин***, И. В. Сопивник***

*“ЦНИИГеолнеруд”

420097, г. Казань, ул. Зинина, 4

E-mail: technology-geolnerud@yandex.ru

**Саратовский госуниверситет

410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83

E-mail: mosgeol@mail.ru

***“СТРИКТУМ”

236022, г. Калининград, ул. Кутузова, 26

Поступила в редакцию 28.08.2015 г.

Принята к печати 08.07.2016 г.

Изучены галогенные отложения, вскрытые скважинами, пробуренными в Нивенской впадине Калининградско-Гданьского соленосного бассейна. Выполненные исследования подтверждают существенно сульфатно-хлоридный тип рапы в бассейне седиментации и важную роль кальция и сульфат-иона в процессах замещения калийных минералов на постседиментационной стадии их преобразования.

Ключевые слова: калийные и магниевые минералы, микровключения, преобразования, соленосный бассейн, Калининградская область.

Калининградско-Гданьский соленосный бассейн, расположенный на западной окраине Восточно-Европейской платформы, в пределах южной части Польско-Литовской впадины, которая наложена на крупную отрицательную структуру первого порядка – Балтийскую синеклизу. Бассейн входит в состав огромного Среднеевропейского соленосного бассейна, фундамент которого включает различные геотектонические элементы и характеризуется блоковым строением [4, 8]. Поверхность допермских отложений включает ряд пликативных отрицательных структур. Одна из них – Калининград-Гданьский бассейн – осложнена Мамонским прогибом, в пределах которого находится участок повышенной мощности галогенных солей – Нивенская впадина. Она располагается в 18 км юго-восточнее г. Калининграда и протягивается в СЗ направлении на 7.5 км при средней ширине 2.2 км. В пределах Калининградской области глубина залегания соляной толщи, увеличивается в направлении с северо-востока на юго-запад (от 500 до 1230 м), в соответствии с западным направлением регионального погружения фундамента и увеличения мощности осадочного чехла [3].

Галогенные образования в пределах Нивенской впадины стратиграфически соответствуют верхнепермским и коррелируются с цехштейновыми отложениями Западной Европы. В Калининградской

области к этим отложениям относятся соленосные прегольская и айтмарская свиты. В прегольской свите (по западно-европейской классификации соответствующей части цикла Верра) выделяется четыре пачки: нижние ангидриты, каменная соль, верхние ангидриты и красные глины. В пачке каменной соли содержатся слои калийно-магниевых солей, которые в пределах Нивенской впадины являются перспективными для промышленной разработки [3, 9]. Калиеносные отложения цикла Верра на Западе Европы сложены хартзальцевыми породами, состоящими в основном из галита, кизерита и сильвина. Последний местами сменяется карналитом. В основании пачки каменной соли залегают нижние ангидриты, местами обогащенные полигалитом.

В составе айтмарской свиты (соответствующей циклу Стассфурт) выделена пачка каменной соли, которая представлена серым с розоватым оттенком галитом, содержащим микропрослойки ангидритового и галопелитового состава. В ней, по данным ГИС, также предполагается присутствие калийно-магниевых солей [9, 12].

Минералогические особенности и парагенетические ассоциации исследовались в более чем 100 шлифах и 20 аншлифах, изготовленных из керн-поисковых и оценочных скважин основных литологических типов галогенных пород. Особое

внимание было уделено фазовому (частично химическому) составу микровключений и температуре их образования по методике О.И. Петриченко [15]. Установлено что, соленосная часть разрезов прегольской свиты Нивенской впадины сложена в основном мелко-среднезернистыми породами, которые представлены разновидностями каменной соли и калийно-магниевого пород. Пороодообразующими минералами здесь являются галит (NaCl), карналлит ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), сильвин (KCl), каинит ($\text{KMg}[\text{SO}_4]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), кизерит ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и бишофит ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). В качестве второстепенных компонентов присутствуют полигалит ($\text{K}_2\text{MgCa}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ангидрит (CaSO_4), лангбейнит ($\text{K}_2\text{Mg}_2[\text{SO}_4]_3$), галопелитовое вещество, иногда встречается целестин (SrSO_4) и бораты. Все эти минералы, в тех или иных их сочетаниях, создают в калийно-магневых пластах слои различных типов пород. Продуктивная толща представляет собой чередование слоев и прослоев каменной соли (галит), с прослоями различных калийно-магневых пород, иногда отделенных от каменной соли тонкими слоями галопелит-ангидритового, ангидрит-кизеритового, реже кизерит-полигалитового состава. В виде примера на рис. 1 приведено залегание таких пластов по субширотному профилю [3], расположенному в западной части Нивенской впадины.

Каменная соль слагает значительную часть соленосной толщи Нивенской впадины и в ее средней части, характеризуется малым содержанием ангидрит-пелитовых составляющих. Такая разновидность каменной соли была классифицирована Н.М. Страховым, [17] как “галититы”.

Галититы сложены зернами галита, часто вытянутыми по слоистости. В ряде случаев встречаются их разновидности с субвертикальной ориентировкой галитовых зерен, что, по-видимому, отражает их рост в придонных условиях. Такая ориентировка зерен, наличие в них зон роста, отображающих их первично-осадочное образование, свидетельствует о преобладании термофильной модели их кристаллизации [2], в условиях однослойной рапы галитовой стадии седиментации, т.е. при отсутствии поступления рассолов другого состава. В галититах встречаются линзообразные скопления крупных (до 2–3 мм) зерен галита, обрамленных присыпками пелита и ангидрита, отражающих (рис. 2), видимо, их перемещение в условиях послонного или волнового воздействия, только что отложившихся соляных масс. Между зернами галита иногда отмечаются зерна карналлита, что свидетельствует о его кристаллизации после галита. Возможно, это происходило в нижнем слое рапы в условиях локального повышения ее концентрации.

Каменная соль, подстилающая и перекрывающая калийно-магневую зону характеризуется четкой ритмичностью, представленной серией элемен-

тарных ритмов, каждый из которых (мощностью до 20 мм) состоит из зерен галита и тонкого подошвенного прослоя ангидритового состава.

Калийно-магневые породы в пределах Нивенской впадины представлены целой гаммой сочетаний сульфатных, сульфатно-хлоридных и хлоридных калийных, магниевых и калийно-магневых минералов с галитом. Это обуславливает чрезвычайно широкий их спектр, например, совместное залегание кизерит-галитовых, каинит-галитовых, каинит-сильвин-галитовых, карналлит-галитовых, галит-кизерит-карналлитовых, галит-кизерит-каинит-карналлитовых, галит-сильвин-каинит-карналлитовых и др. разновидностей. Средний количественный состав приведен в табл. 1. Для большинства этих пород характерно развитие карналлитовой составляющей, которая временами становится породообразующей.

Текстуры этих пород, в основном, слоистые, под микроскопом – неяснослоистые и нередко массивные. Слоистость в основном создается скоплениями пелитового материала, кизерита, ангидрита, реже полигалита. Малое содержание этих компонентов обуславливает присутствие их в виде прослоек и линз. Под микроскопом – это часто неотчетливо выраженные слегка намечающиеся прослои. Визуально просматриваемая слоистость, под микроскопом нередко имеет петельчатое строение агрегатов тех или иных минералов. Кроме того, первоначально отложившийся пелитоморфный прослой, в процессе последующей перекристаллизации, может преобразовываться в скопления лучистых агрегатов ангидрита и полигалита, и при наблюдении его в шлифе становится еще более неясным, прерывистым.

Каменная соль в этих породах представлена галитом высаливания, первично-осадочной разности (с зонами роста) либо в виде перекристаллизованного, преимущественно крупнокристаллического галита.

Галит высаливания встречается в основном в контактовых зонах калийно-магневых солей разного состава, а иногда в виде включений в крупных зернах карналлита. От описанного в литературе [11, 13] он отличается меньшей степенью идиоморфизма. Галит высаливания характеризует наличие придонного слоя рапы высокой степени концентрации, так как он образуется в результате ее взаимодействия с поступающей в акваторию бассейна другой рапой, также с высоким содержанием хлористого натрия, но невысокой степенью сгущения, что и приводит к растворению части калийно-магневых минералов и, в связи с этим, высаливанию частиц хлористого натрия. Размеры галита высаливания колеблются в пределах 0.3–0.5 мм, редко до 1–2 мм, последние нередко вытянуты по слоистости. Крупные зерна их содержат 2-фазовые твердые микровключения правильной кубической

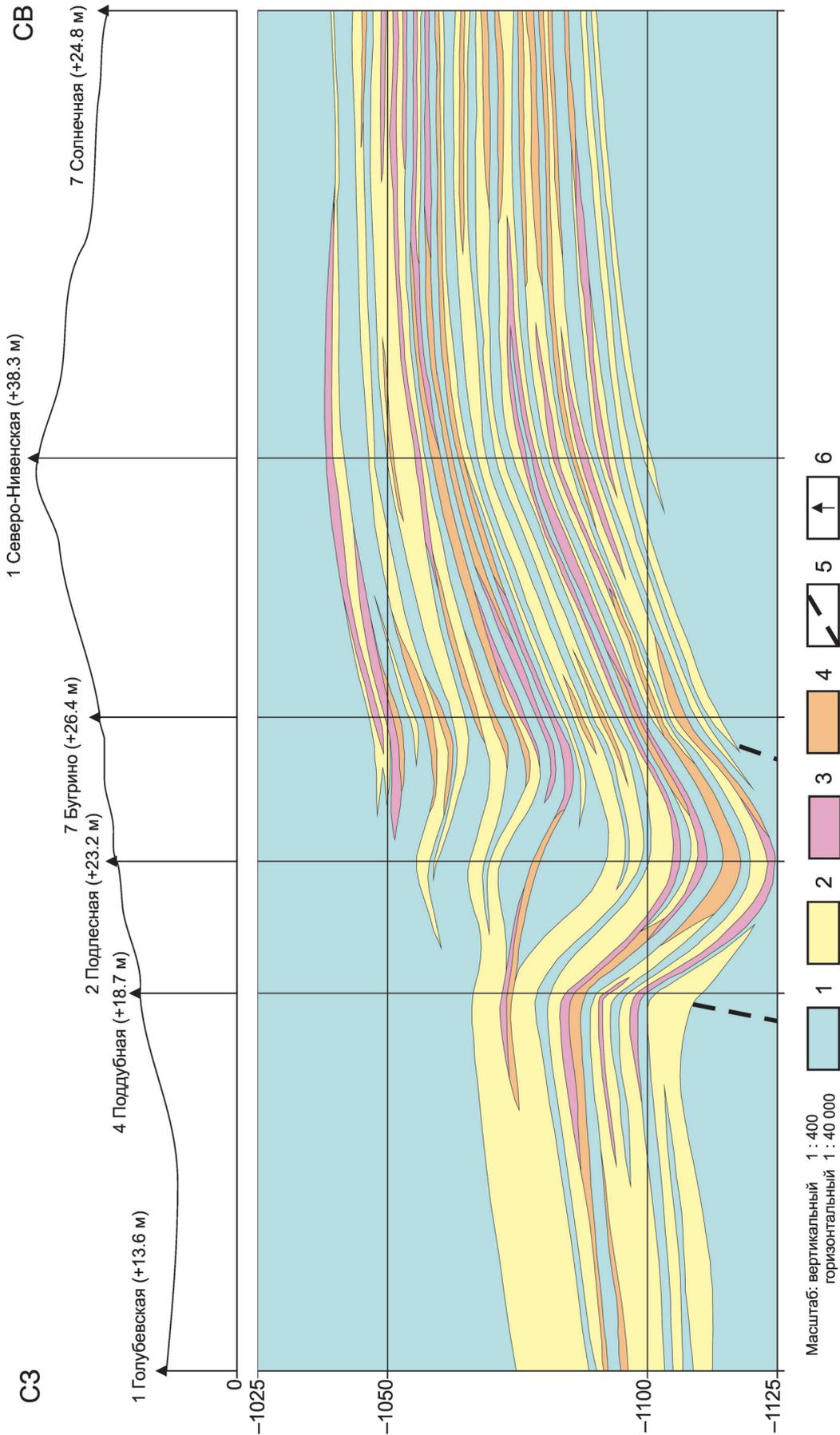


Рис. 1. Геологический разрез части Нивенской впадины по профилю II-II [3].

1 – галит; 2 – каинит; 3 – сильвин; 4 – карналлит; 5 – условная проекция границ кристаллического фундамента по [9]; 6 – номер скважины и абсолютная отметка устья в метрах.

Fig. 1. Geological section of the Nivenskaja cavity on the profile II-II [3].

1 – halite; 2 – cainite; 3 – sylvite; 4 – carnallite; 5 – conditional projection of the boundaries of the crystalline basement blocks [9]; 6 – hole number and the absolute mark in the mouth of meters.



Рис. 2. Невыдержанный по толщине слой крупнозернистого галита с обрамляющей овалы кристаллы полигалит-пелитовой каемкой.

Большеразмерный полированный препарат, обр. 8, скв. 5. Деления на масштабной линейке = 1 мм.

Fig. 2. Unmatured by thickness layer of coarse halite with framing oval crystals polyhalite-pelitic border.

Large polished preparation, sample 8, well 5. The unit on scale = 1 mm.

формы. Микровключения в основном отмечаются в центре зерен. Их твердая фаза (минералы-узники) представлена карналлитом, реже кизеритом. Еще реже во включениях присутствует несколько твердых фаз. Возможно, часть из них являются захваченными, как минералы поверхностей кристаллизации. Неоднократно устанавливалось, что галит высаливания, расположенный рядом с карналлитом, может частично заполнять его растворенные участки. Это фиксируется по наличию реакционных каемок вокруг зерен карналлита, реже – по почти полному заполнению контуров его зерен.

В первично-осадочном галите часто присутствуют реликты структуры его кристаллизации в виде фрагментов “лодочковой” и “перистой” формы [1],

образованных закономерно расположенными микровключениями рапы в процессе роста кристаллов. Газовая фаза в них не превышает 2–3% от объема вакуоли. Жидкие первично-седиментационные включения типичны для галита почти всех парагенетических ассоциаций галогенных пород интервала развития калийно-магниевых солей. Для галита, образующегося при высокой степени сгущения рапы, характерно присутствие внутри крупных вакуолей минералов-узников в виде мелких включений с более низким показателем преломления – сильвина, карналлита и каинита (рис. 3).

Перекристаллизованный галит встречается реже. В основном он отмечается участками или гнездами среди галита с зональным строением и обычно имеет гипидиоморфный облик. Чаще всего он ассоциирует с ксеноморфным сильвином и лангбейнитом. Отмечается перекристаллизованный галит с сохранившимися в центре зерна многочисленными первичными газово-жидкими микровключениями по граням роста кристалла галита. Эти зерна, в основном, изометричной формы, часто с четкими, но неровными краями. Перекристаллизованные средне- крупнокристаллические зерна галита имеют 2-фазовые (иногда и многофазовые) микровключения. Эти вакуоли имеют значительно больший размер (порядка 0.1–0.2 мм), по сравнению с первично седиментационными и содержат газовые пузырьки, которые находятся в них под давлением, что устанавливалось при вскрытии их в водно-глицериновом растворе. Твердые фазы (минералы-узники), в таких вакуолях, представлены хорошо ограниченными кристаллами сильвина, карналлита, реже каинита (рис. 4б), иногда сноповидными агрегатами полигалита (см. рис. 4а). Следует отметить, что в исследованных образцах каменной соли, сложенной перекристаллизованным галитом, установлены вкрапленники гипса. Наличие последнего свидетельствует о постседимента-

Таблица 1. Состав калийно-магниевых солей продуктивной толщи Нивенских участков

Table 1. The composition of potash-magnesian salts from productive strata Nivensk areas

Наименование породы	Карналлит	Каинит	Кизерит	Бишофит	Сильвин	Полигалит	Ангидрит	Галит
	Содержание в %							
Каинит-карналлит-галитовая	34	31						35
Кизерит-галит-карналлитовая	30–60	7	14–21					49
Галит-карналлитовая			50–65					35–50
Галит-каинитовая			50–89					11–50
Галит-кизерит-каинит-карналлитовая	38	26	22					14
Галит-бишофит-карналлитовая	62			21				17
Галит-полигалитовая						46–72	5	13–49
Галит-сильвин-кизерит-каинитовая		33	29		21			11
Кизерит-галит-каинитовая		39	27					34
Галит-каинит-карналлитовая	38	26	22					14

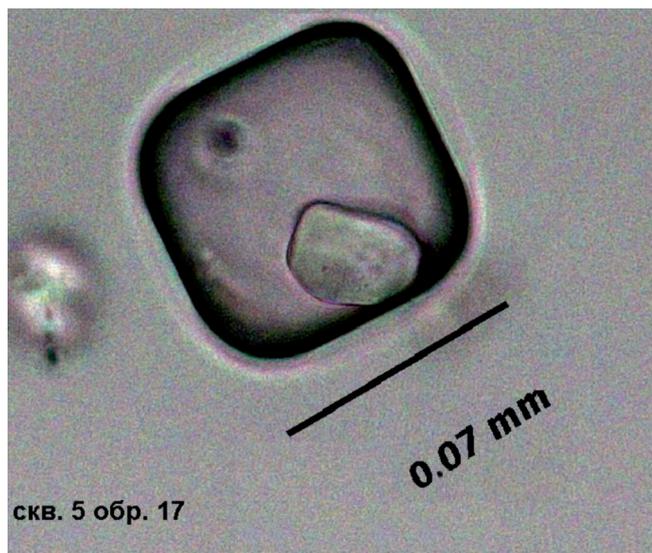


Рис. 3. Трехфазовое включение с минералом-узником каинитом в галите каинит-карналлит-галитовой породы.

В правой верхней части вакуоли слабо заметен газовый пузырек. Скв. 5, обр. 17.

Fig. 3. Three-phase inclusion with the kainite (mineral prisoner) in a halite of kainite-carnallite-halite rock.

The gas bubble is poorly noticeable in the right top part of a vacuole. Well 5, sample 17.

ционной перекристаллизации исследованной породы. Среди минералов, часто встречающихся в виде вкрапленников в перекристаллизованном галите, следует отметить кизерит, который представлен либо в виде первичных идиоморфных кристаллов, расположенных в зонах роста, либо в виде скоплений мелких кристаллов, развитых по краям замещенного ими того или иного калийно-магниевого минерала (рис. 5). Достаточно часто преимущественно между зернами галита встречаются гумифицированные остатки растений и окисленные углеводороды, а также сгустки пелитового материала.

Минеральной примесью в перекристаллизованном галите обычно является, ангидрит, реже полигалит. Они часто ассоциируются с пелитовым материалом межзерновых скоплений.

Примесь полигалита обычно незначительна, но может достигать и первых единиц процента. Он иногда присутствует в тонких “сезонных” слоях, где представлен игольчатыми кристаллами. Только в скв. №№ 8 и 11 содержание полигалита существенно выше. Нередко он развит по трещинам в галите и в каините (рис. 6).

Включения ангидрита имеют более крупные размеры и большую распространенность по сравнению с полигалитом, образуя прожилки с кри-

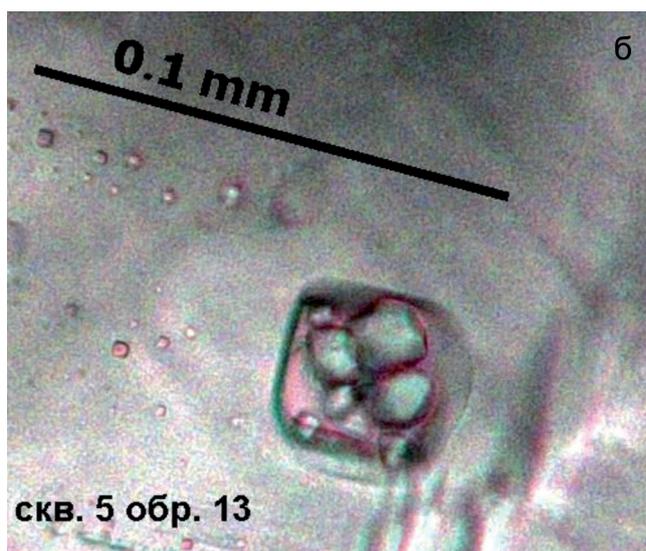
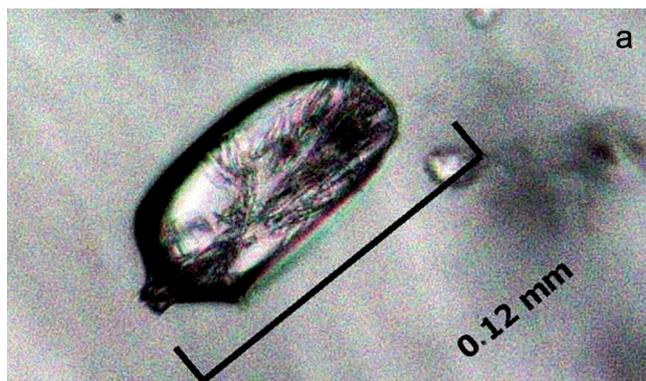


Рис. 4. а – сноповидное включение полигалита в вакуоли постседиментационно измененного галита. Скв. 2, полированный препарат без анализатора; б – многофазовое включение с несколькими минералами-узниками (каинит, карналлит?). Скв.5, полированный препарат.

Fig. 4. а – sheaf-like polyhalite inclusion of a in vacuoles of post-sedimentation changed halite. Well 2, the polished preparation without analyzer; б – multi-phase inclusion with several minerals prisoners (kainite, carnallite?). Well 5, the polished preparation.

сталлами шестоватого строения и характерной яркой интерференционной окраской. Часто такие кристаллы создают радиально-лучистые сростания с полигалитом.

В каменной соли скв. №№ 11 и 17 полигалит и ангидрит отмечены в большом количестве. Скважины характеризуются наличием пород ангидрит-полигалит-галитового, полигалит-галитового и полигалитового состава, где местами полигалит в шлифе составляет 30% и более от общей суммы минералов. Ангидрит также может достигать в среднем 30% от минерального состава в шлифе.

Кизерит в галитовой массе обычно образует мелкозернистые скопления на стыках зерен галита.

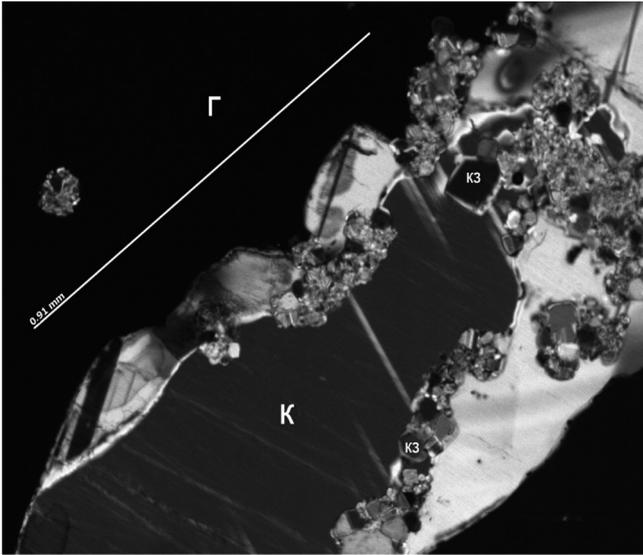


Рис. 5. Кристаллы кизерита (кз), замещающие зерно карналлита (К). Г – галит.

Fig. 5. The crystals of a kiezerite (кз) replacing carnallite grain (К). Г – halite.

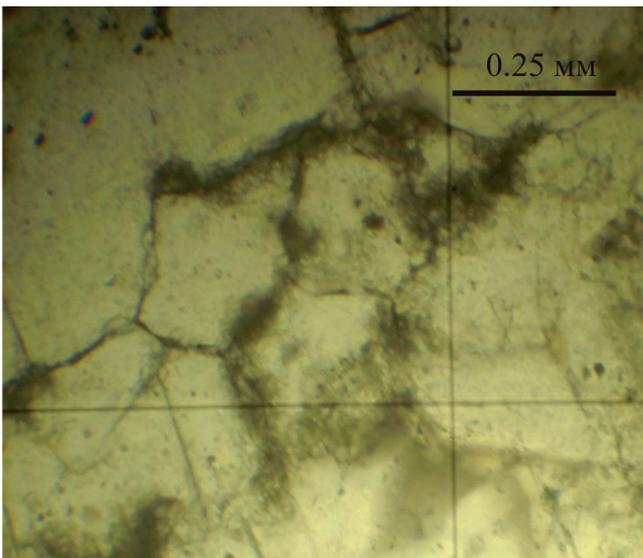


Рис. 6. Каинит-кизерит-галитовая порода.

Фрагмент породы петельчатой текстуры (каемочки из полигалита и кизерита вокруг зерен галита). Шлиф 08011, гл. 1092.4 м. Увел. $\times 10$, без анализатора.

Fig. 6. The Kainite-kiezerite-halite rock.

Fragment of looped texture rock (polyhalite and kiezerite borders around halite grains). Microsection 08011, deep 1092.4 m. Increase $\times 10$, without analyzer.

Карналлит распространен в породах в виде отдельных слоев, где представлен в основном в виде пятнообразной массы, почти мономинерального состава.

Минерал слагает зерна размером от 0.5–2.0 до 20 мм. Часто это сложной формы образования, которые нередко деформированы на контакте с вторичным ксеноморфным сильвином. Границы зерен четкие, но неровные. В зернах карналлита отмечаются включения каинита, реже бишофита. Иногда на контактах кристаллов карналлита встречаются небольшие радиально-лучистые агрегаты полигалита.

Карналлит часто ассоциирует с кизеритом, каинитом и бишофитом. В одних случаях, в зависимости от его количества, он может выполнять пространство между субидiomорфными зернами кизерита или последние могут быть рассеяны между зернами карналлита. Во всех таких случаях зерна карналлита имеют размерность 0.3–1.0 мм. Они изометричны, очертания их округлые. Иногда отмечается развитие вторичного кизерита по карналлиту.

На контактах зерен карналлита в некоторых случаях присутствуют полости (шириной, до 0.05–0.07 мм), в которых располагаются мелкие сгустки микрозернистого материала. Такие полости, по аналогии с изученными карналлит-бишофитовыми породами месторождений Волгоградской области [13], можно рассматривать как места раскристаллизации остаточного раствора более высокой концентрации. Это позволяет предположить, что данный раствор был уже близок к бишофитовой стадии седиментации. Подтверждением этому может служить и встречающиеся в зернах карналлита отдельные включения бишофита эллиптического сечения. Судя по наличию в последних мелких зерен карналлита и капель рапы (рис. 7), их кристаллизация местами происходила практически одновременно.

В шлифах из керна некоторых скважин, в крупных зернах карналлита отмечаются включения каинита. Учитывая, что условия кристаллизации этих минералов совершенно различны [16], можно предположить, что ранее образовавшиеся кристаллы каинита были захвачены в процессе перекристаллизации в зерна карналлита (рис. 8). Об этом также свидетельствует и частое развитие по каиниту вторичного микроагрегатного кизерита (рис. 9).

Кизерит чаще всего неравномерно распространен в породе в виде рассеянной сгустковой вкрапленности или оторочек вокруг зерен других минералов, а также в виде мелких кристалликов (0.05–0.1 мм), иногда он образует более крупные (0.2–0.3 мм) короткопризматические кристаллы. Их наличие свидетельствует о существовании процессов перекристаллизации ранее возникших микрозернистых масс кизерита. В кернах он нередко встречается в виде тонких проследов из плотных кристаллически-зернистых или скрытокристаллических агрегатов в подошве отдельных слоев той или иной породы. Размер агрегатов кизерита составляет в среднем

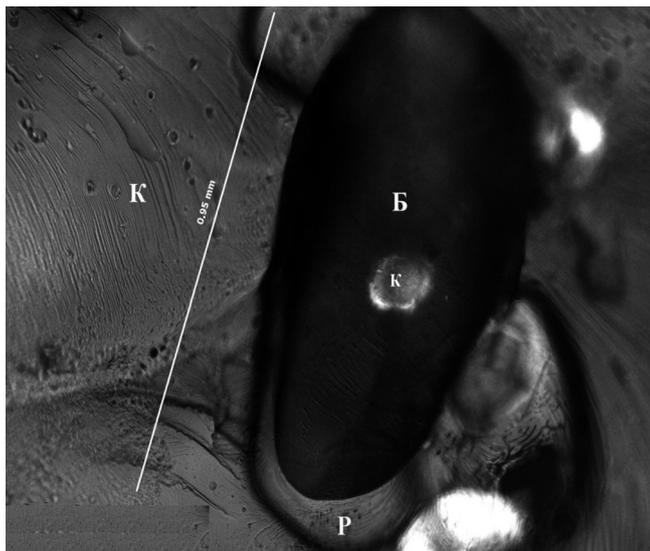


Рис. 7. Овалоид бишофита (Б) с вкрапленником карналлита (к) и прилипшей каплей рапы (Р) в кристалле карналлита (К).

Полированный препарат, с анализатором (скв. 1, гл. 1129.3 м)

Fig. 7. Ovaloid of bischofite (B) with a impregnation of carnallite (к) and the stuck drop of brine (P) in a carnallite crystal (K).

The polished preparation, with the analyzer (well 1, deep 1129.3 m).

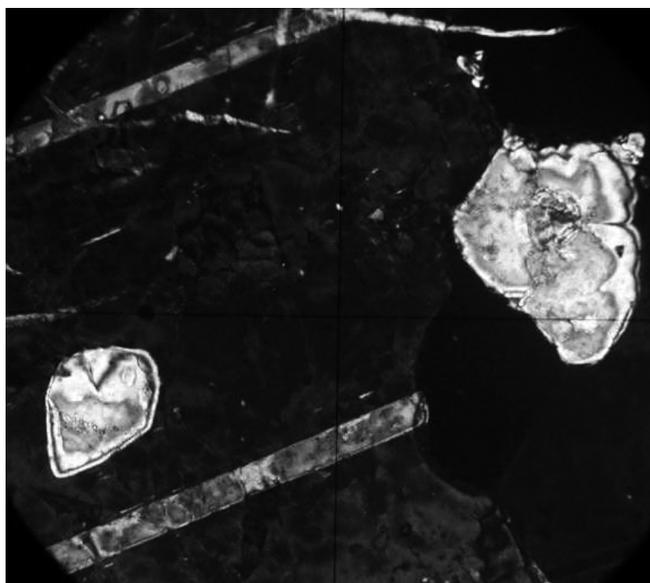


Рис. 8. Галит-сильвин-карналлитовая порода.

Гипидиоморфные зерна каинита в карналлите. Шлиф 08007, гл. 1124.3 м. Увел. $\times 10$, с анализатором.

Fig. 8. Halite-sylvite-karnallite rock.

Hypidiomorphic grains of the Kainite in carnallite. Microsection 08007, deep 1124.3 m. Increase $\times 10$, with the analyzer.

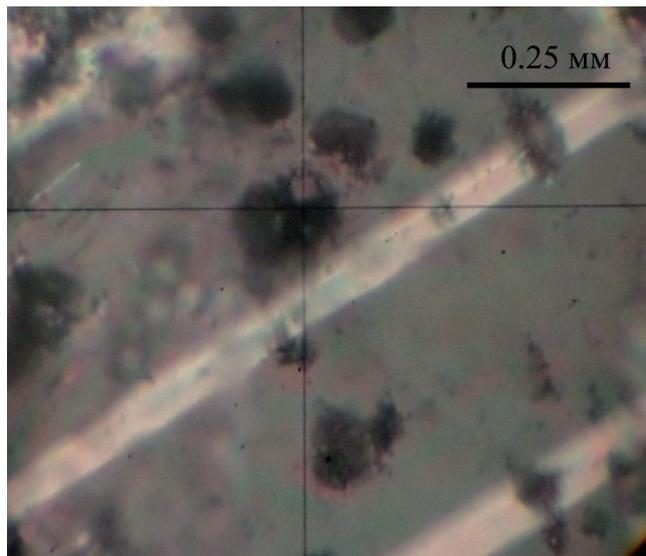


Рис. 9. Галит-каинит-карналлитовая порода.

В скрещении нитей – включение каинита правильной квадратной формы с развитием по нему вторичного микроагрегатного кизерита. С анализатором. Шлиф 12005, гл. 1173.22–1173.37 м.

Fig. 9. Halite-kainite-bischofite-karnallite rock.

In the crossing of threads is inclusion of the correct square shape kainite with the development in them of a secondary micro-unit kieserite. With the analyzer. Microsection 12005, deep 1173.22–1173.37 m.

0.2 мм. Кроме того кизерит развивается в виде псевдоморфоз по каиниту и карналлиту (см. рис. 9).

Каинит слагает средне-, крупнозернистые минеральные агрегаты, в которых представлен зернами призматического и таблитчатого габитуса, с четкими ровными краями. Размер их колеблется от 0.3 до 5.0 мм. Каинит часто встречается в ассоциации с бишофитом и карналлитом. По своим размерам он значительно уступает зернам карналлита. В агрегатах его отдельные зерна часто имеют извилистые очертания и расположены хаотично. Зерна каинита, различной величины, присутствуют в породе также в виде отдельных четко ограниченных, возможно вторичных кристаллов. Он отмечается как в галите высаливания, так и с крупными зернами бишофита и карналлита, с последующим развитием по нему микроагрегатного кизерита. В таком перекристаллизованном каините встречаются линейно вытянутые 2-фазовые микровключения (рис. 10). Следует отметить, что в подобных случаях породы в шлифе сильно трещиноваты. Трещинки залечены галитом, в котором отмечается большое количество уплощенных вытянутых газово-жидких микровключений.

Сильвин обычно представлен ксеноморфными зернами, которые часто занимают пространство между другими породообразующими минералами,

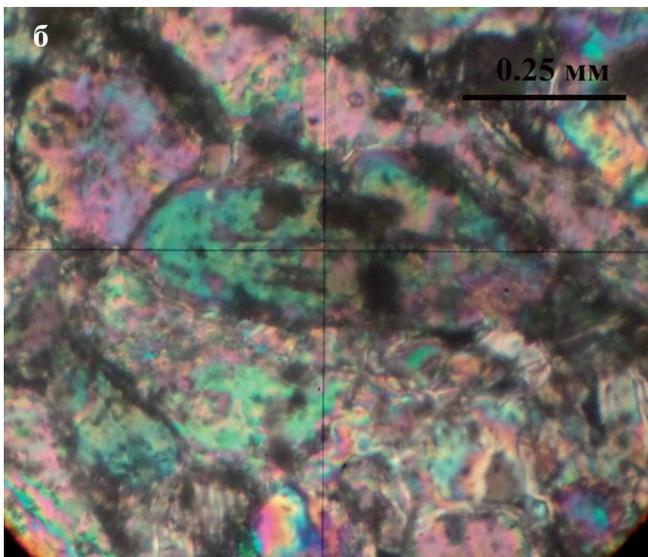
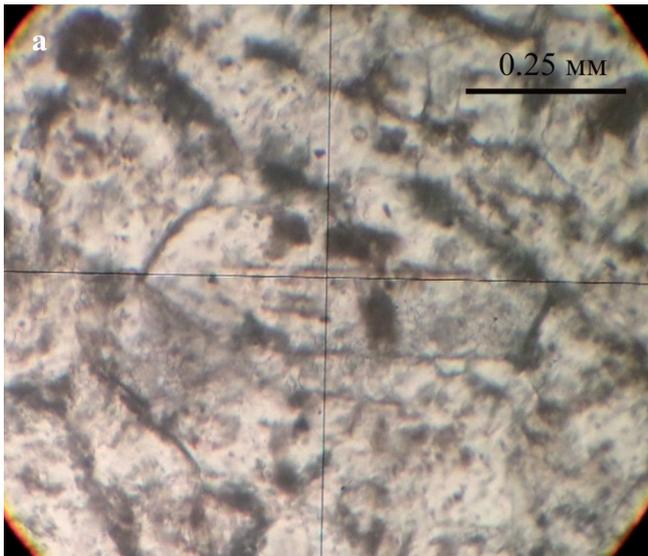


Рис. 10. Кизерит-карналлит-каинитовая порода.

В центре линейно вытянутые микровключения в зерне каинита. Шлиф 10001, гл. 1074.05–1074.11 м. Без анализатора (а) и с анализатором (б).

Fig. 10. Kiezzerite-carnallite-cainite rock. shlif

In the center are linearly extended microinclusions in the kainite grain. Microsection 10001, deep 1074.05–1074.11 m. Without analyzer (a) and with the analyzer (b).

такими как галит, карналлит, каинит и др. Ксеноморфная структура сильвина возможно объясняется более слабым (рыхлым) строением кристаллической решетки чем у галита [6]. Нередко он содержит остатки карналлита, что указывает на образование такого сильвина за его счет. Иногда встречается в ассоциации с перекристаллизованным лангбейнитом. Кроме того, он частый представитель твердых микровключений кубической формы в галите и, реже, в карналлите. В некоторых скважинах

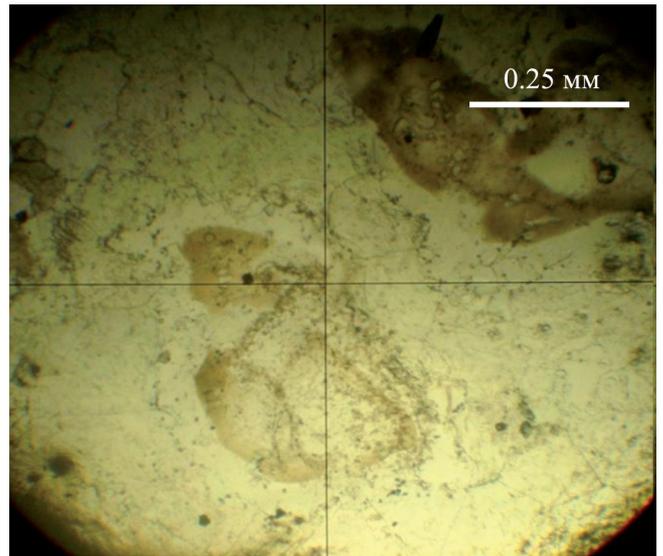


Рис. 11. Галит-сильвин-карналлитовая порода.

Фрагмент ксеноморфных зерен сильвина с бурыми пятнами галопелитового материала. Шлиф 08007, гл. 1124.3 м. Без анализатора.

Fig. 11. Halite-sylvite-karnallite rock.

Fragment of sylvite xenomorphifc grains with brown spots of galopelit material. Microsection 08007, deep 1124.3 m. Without analyzer.

в центре зерен сильвина отмечаются бурые включения пелитового вещества (рис. 11).

Лангбейнит в шлифах представлен крупными кристаллами кубической формы, с микровключениями сильвина. Размер зерен лангбейнита и находки вместе с перекристаллизованным галитом, свидетельствует о его вторичном происхождении. При этом иногда по граням роста отмечается темный материал (рис. 12). Лангбейнит довольно часто встречается в шлифах из керна скв. № 4, однако единичные находки отмечаются и в других скважинах.

Бишофит слагает агрегаты из зерен призматической формы, часто удлинённые, с четкими ровными краями. Встречается в ассоциации с каинитом, карналлитом. Также встречается в виде включений в карналлите (см. рис. 7).

Ангидрит и полигалит. Несмотря на то, что эти минералы присутствуют в малых количествах (2–3% ангидрита и до 15% полигалита от всей соляной массы в отдельных скважинах), их присутствие особенно заметно в каменной соли нижней части соленосной толщи. В вышелегающих пластах каменной соли они слагают тонкие прослои в подошве отдельных ее слоев. Под микроскопом такие прослои сложены хорошо ограниченными кристаллами удлиненно-призматической формы. Наибольшее количество ангидрита и полигалита отмечается в скв. №№ 11 и 17, где местами они слагают соответственно до 30 и 60% от состава соляной

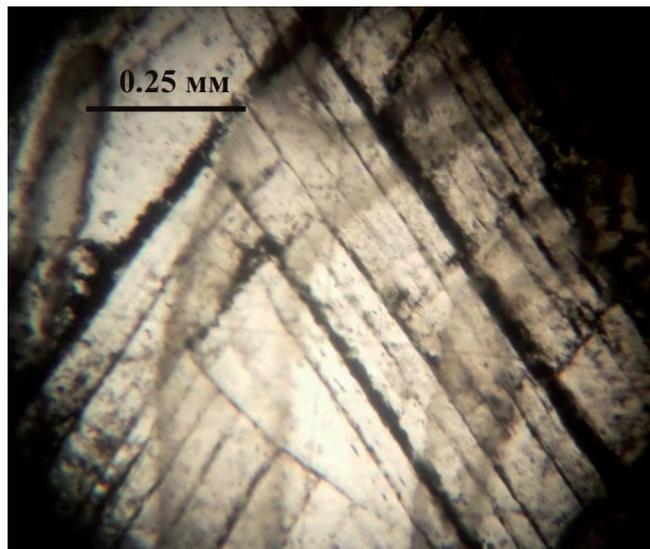


Рис. 12. Лангбейнит-каинит-сильвин-галитовая порода.

Фрагмент крупного кристалла лангбейнита с темным материалом по граням роста. Шлиф 10014, гл. 1120.75–1120.90 м. Без анализатора.

Fig. 12. Langbeinite-kainite-sylvite-halite rock.

The large crystal of a langbeinite with dark material on growth sides. Microsection 10014, deep 1120.75–1120.90 m. Without analyzer.

массы. В шлифе такая порода состоит из каменной соли с прослоями ангидрит-полигалит-галитовой породы, иногда с включениями лангбейнита. В этих прослоях галит и лангбейнит представлены крупнокристаллическими разностями, а полигалит – как мелкозернистая масса зонального строения. В центре этой массы отмечается концентрация пелитового материала (возможно пелитоморфного полигалита), а по краям развиты агрегаты полигалита радиально-лучистого строения. Начальную стадию их образования представляют мелкие кристаллики полигалита, зонально развитые по краям пелитового материала (рис. 13). Такие зонально-кристаллические структуры сохраняются в редких случаях, чаще встречается перекристаллизованные в той или иной мере образования.

Полигалит второй генерации развит в виде отдельных более крупных лучистых кристалликов размером до 1.5 мм.

Ангидрит также представлен микрозернистыми сгустками, которые нередко переходят в неотчетливые радиально-лучистые срастания, а местами перекристаллизовывается в крупнозернистые. Кроме того, полигалит и ангидрит нередко развиты по лангбейниту в виде тонких, иногда мельчайших (до 0.03–0.05 мм) образований, а также часто отмечаются в их зернах как новообразования по трещинкам (рис. 14).



Рис. 13. Полигалит-галитовая порода.

Зональное строение полигалита. В центре пелитовый материал бурого цвета, по краям тонкие пучковидные агрегаты полигалита. Шлиф 11004, гл. 1107.0–1107.1 м. С анализатором.

Fig. 13. Polyhalite-halite rock.

Zonal structure of polyhalite. There are pelitic material of brown color in the center and thin sheaf-like units of a polyhalite at the edges. Microsection 11004, deep 1107.0–1107.1 m. With the analyzer.

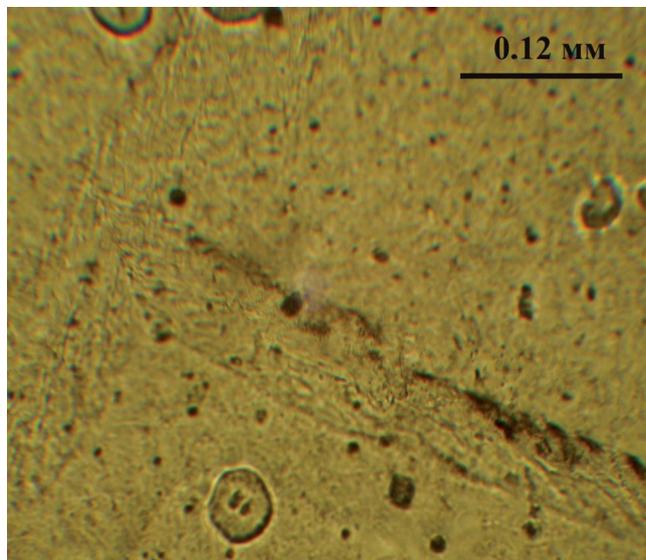


Рис. 14. Ангидрит-галит-полигалитовая порода.

Тончайшие волосообразные включения полигалита в галите. Шлиф 11007, гл. 1158.2–1158.3 м. Без анализатора.

Fig. 14. Anhydrite-halite-olyhalite rock. shlif

The thinnest hair-like inclusions of a polyhalite in a halite. Microsection 11007, deep 1158.2–1158.3 m. Without analyzer.

Галопелиты в пределах Нивенской впадины преобладают в нижней части соленосной толщи галогенного разреза, где фиксируются в основании каждого солевого слоя, а также содержатся внутри них, заполняя пространство между минералами. Выше по разрезу они отмечаются реже, в виде тончайших прослоек, (0.1–2 мм) и как примесь в кизеритовом материале. К таким участкам приурочено большинство вторичных форм ангидрита, полигалита и кизерита. По своему составу галопелиты в соляной толще представляют собой многофазную систему. Данные фазового рентгеноструктурного анализа, проведенные по скважинам №№ 7 и 11, позволяют констатировать в нерастворимом остатке галопелитов следующие минералы (в порядке уменьшения содержания): ангидрит, полигалит, кизерит, смешаннослойные глинистые минералы, кварц, слюда, калиевый полевой шпат, магнетит. Кроме того в отдельных образцах керна из скв. № 11, в галопелитовых прослоях, отмечен запах нефти.

Анализ приведенных выше парагенетических ассоциаций калийно-магниевого солей, свидетельствует, что на территории Нивенской впадины, во время отложения описанных минералов, существовал солеродный бассейн с сульфатно-хлоридным типом галогенной седиментации. Слоистая макротекстура пород свидетельствует об относительно спокойном режиме соленакопления, а малое содержание галопелитовой составляющей в соленосной толще – на небольшой снос терригенного материала с палеосуши. Вместе с тем наличие почти мономинеральных карналлитовых пород говорит об образовании их при кристаллизации в придонном слое рапы высокой концентрации. Об этом же свидетельствует и установление в карналлитовой породе повышенного содержания бишофитовой составляющей (до 19%).

В ряде образцов керна при описании шлифов установлена существенная роль постседиментационной перекристаллизации галита. Это констатируется потерей зональности строения его зерен, увеличением их размеров, вплоть до гигантозернистых, и появлением в нем многочисленных крупных газовой-жидких микровключений. Особенно интенсивно этот процесс идет в нижней части соленосной толщи. Так в скв. № 6 подстилающая каменная соль представлена в основном перекристаллизованным гигантозернистым галитом. Такие интервалы обычно характеризуются четким запахом флюидов нефти. Последнее является составной частью вод нефтяных месторождений, мигрирующих в осадочных породах [10]. Вполне вероятно, что отмечаемая в этой скважине интенсивная перекристаллизация является результатом катагенетического воздействия этих вод. На это же указывает отмечаемое в шлифах наличие гипса в ка-

менной соли, не характерного для этой стадии седиментации, а также частая встречаемость угледорода в жидких включениях. Температура образования данных газовой-жидких включений, определенная методом их гомогенизации в отдельных образцах, достаточно высока (52.5–63.0°C) [5]. Такая температура высока для рапы существовавшего в то время достаточно открытого бассейна соленакопления [2], но вполне реальна для мигрирующих подсолевых вод. На наличие постседиментационных процессов указывает присутствие в галитовой массе вторичных идиоморфных кристаллов кизерита и каинита. Последний встречается и в виде твердой фазы микровключений. Развитие перекристаллизованных крупных образований ангидрита и полигалита, образующих пучковидные срастания радиально-лучистого строения, отчетливо свидетельствуют о проходивших в породе вторичных преобразованиях.

Для магниевых и калийно-магниевого минералов соленосной толщи, также характерны описанные выше явления перекристаллизации в более крупнозернистые образования из ранее образованных микрозернистых масс.

В связи с мелкозернистостью галогенных пород продуктивных интервалов Нивенской впадины, оценивать состав первичной рапы методом ультрахимии оказалось невозможным, так как размеры микровключений в седиментационном галите редко превышали 0.02 мм, что находится за пределами возможностей данного метода.

Только для скв. 6, расположенной на юге восточной части Нивенской впадины, были выполнены анализы состава рапы в жидких микровключениях по методике О.И. Петриченко [5].

Расчеты по полученным содержаниям K^+ , Mg^+ , Ca^{++} и SO_4 в захороненной рапе этих включений показали, что она, при кристаллизации галита, отвечала теоретическим значениям эпсомитовой стадии, т. е. близка к соотношениям, характерным для рапы, не потерявшей ионы сульфата (калий – 15.3 г/л, магний – 73.6 г/л, сульфат – 90.7 г/л – [2]). Полученные средние содержания, определенные в вакуолях включений из зон дорастания зерен галита, составили близкие к теоретическим значениям: калия – 19.74 г/л, магния – 69.72 г/л, сульфат-иона – 84.74 г/л. Эти результаты позволяют считать захороненные в микровключениях растворы высокосульфатными. Кроме того при попадании рапы из вакуоли включений на скол спайности галита из нее выкристаллизовывались кристаллики каинита, что подтверждает возможность образования исследованных зерен галита, из растворов высокой степени концентрации.

Приведенные материалы позволяют наметить общую сульфатно-хлоридную направленность эволюции состава солеродной рапы Нивенской впадины и формирования в этих условиях соленосных

(в том числе калиеносных) пород. Помимо этого мы можем говорить о наличии в галогенной толще (и в ее калийно-магниевой зоне) процессов перекристаллизации и замещения уже отложившихся калийно-магниевых минералов, а так же о возможной роли в этом мигрирующих через соляную толщу, подсолевых растворов.

Все это раскрывает условия седиментации и преобразования калийно-магниевых пород Нивенской впадины, которые обусловили сложность и изменчивость их минерального состава. Вместе с тем они позволяют наметить схожесть данных пород с известным составом хартзальца цехштейновых отложений Германии. Знание описанных выше особенностей минерального состава изученных пород сульфатно-хлоридного промышленного типа безусловно будет иметь значение в дальнейшем при их добыче и переработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас текстур и структур галогенных пород СССР. (1974) Л.: Недра, 232 с.
2. Валяшко М.Г. (1962) Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. М.: МГУ, 398 с.
3. Вишняков А.К., Загородных В.А., Руденко Д.Г. (2010) Калийно-магниевые соли Калининградской области. *Горный журнал*. (3), 25-30.
4. Высоцкий Э.А., Гарецкий Р.Г., Кислик В.З. (1988) Калиеносные бассейны мира. Минск: "Наука и техника", 388 с.
5. Гончаренко О.П., Московский Г.А., Шелепов Д.А. (2014) Условия формирования калийно-магниевых солей верхнепермского Калининградско-Гданьского солеродного бассейна (по результатам изучения включений в минералах). *Мат-лы XVI геологического съезда Республики Коми "Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России"*. Т. 1. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 176-179.
6. Дубинина В.Н. (1954) К минералогии и петрографии Верхнекамского месторождения. Л.: Тр. ВНИИ Галургии. Вып. 29, 3-128.
7. Ермаков Н.П. (1972) Геохимические системы включений в минералах. М.: Недра, 376 с.
8. Жарков М.А. (1974) Палеозойские соленосные формации мира М.: Недра, 392 с.
9. Загородных В.А. (1996) Полезные ископаемые верхнепермских отложений Калининградской области. *Литология и полез. ископаемые*. (1), 97-105.
10. Зорькин Л.М., Суббота М.И., Стадник Е.В. (1982) Нефтегазоносная гидрогеология. М.: Недра, 216 с.
11. Ковалевич В.М. Каменная соль высаливания в миоценовых галогенных отложениях Восточного Предкарпатья. *Геология и геохимия соляных отложений Украины*. Киев: Наукова думка, 1977, 48-53.
12. Корневский С.М., Поборский Ю.В. (1981) Цехштейновая галогенная формация в побочном Гданьско-Калининградском бассейне и ее калиеносность. *Строение и условия формирования калийных солей*. Новосибирск: Наука, 161-171.
13. Московский Г.А., Барановская М.А., Свидзинский С.А., Ананьев С.А. (2014) Текстурно-структурные особенности и условия образования калийных, калийно-магниевых и магниевых солей. Саратов: Издательский центр "Наука", 92 с.
14. Московский Г.А., Гончаренко О.П. (2004) Пермский галогенез Прикаспия. Ч. 2. Гидрохимия заключительных стадий и условия постседиментационных преобразований солей. Саратов: "Научная книга", 78 с.
15. Петриченко О.И. (1973) Методы дослідження включень у мінералах галогенних порід. Киев: Наукова Думка, 91 с.
16. Сонненфелд П. (1988) Рассолы и эвапориты. М.: Мир, 479 с.
17. Страхов Н.М. (1962) Основы теории литогенеза. Т. III. М.: Изд. АН СССР, 551 с.

Mineral composition of halogenous rocks of the Nivensky hollow of the Kaliningrad-Gdansk saliferous basin and condition of their formation

A. K. Vishnyakov*, G. A. Moscovskiy**, O. P. Goncharenko**, M. S. Vafina*,
D. S. Vershinin***, I. V. Sopivnik***

*Central Research Institute of Geology Nonmetallic Minerals

**Saratov State University

***STRIKTUM

The halogen deposits opened with the wells drilled in the Nivensk hollow of Kaliningrad-Gdansk saliferous pool are studied. The executed researches confirm significantly sulfate-chloride type of a brine in the pool of sedimentation and an important role of calcium and sulfate-ion in processes of replacement of potassium minerals at a postsedimentation stage of their transformation.

Key words: *potassium, magnesian minerals, microinclusions, transformations, saliferous pool, Kaliningrad region.*

REFERENCES

1. *Atlas tekstur i struktur galogennykh porod SSSR* [Atlas of textures and structures of the halogen rocks of USSR]. (1974) Leningrad: Nedra Publ., 232 p. (In Russian)
2. Valjashko M.G. (1962) *Geohimicheskie zakonomernosti formirovaniya mestorozhdenij kalijnykh solej* [Geochemical regularities in the formation of deposits of potassium salts]. Moscow: Moscow St. Univ Publ., 362 p. (In Russian)
3. Vishnjakov A.K., Zagorodnykh V.A., Rudenko D.G. (2010) Potassium-magnesium salts of the Kaliningrad region. *Gornyi Zh.* (3), 25-30. (In Russian)
4. Vysotskii E.A., Garetskii R.G., Kislik V.Z. (1988) *Kalinosnye bassejny mira* [Potassium-bearing basins in the world]. Minsk: "Nauka i tekhnika" Publ., 388 p. (In Russian)
5. Goncharenko O.P., Moskovskij G.A., Shelepov D.A. (2014) The conditions of formation of potassium-magnesian salts Upper Kaliningrad-Gdansk halmeic pool (on the results of the study of inclusions in minerals). *Trudy XVI geologicheskogo s"ezda Respubliki Komi "Geologija i mineral'nye resursy Evropejskogo Severo-Vostoka Rossii". T. I.* Syktyvkar: IG Komi Science Centre Publ., 176-179. (In Russian)
6. Dubinina V.N. (1954) To the mineralogy and petrography Verkhnekamskoye deposit. *Trudy VNIIGalurgii.* Vyp. XXIX, 3-128. (In Russian)
7. Ermakov N.P. (1972.) *Geokhimicheskie sistemy vključenij v mineralakh* [Geochemical system inclusions in minerals]. Moscow: Nedra Publ., 376 p. (In Russian)
8. Zharkov M.A. (1974) *Paleozojskie solenosnye formatsii mira* [Paleozoic saline formations of the world]. Moscow: Nedra Publ., 392 p. (In Russian)
9. Zagorodnykh V.A. (1996) Upper Permian minerals deposits of the Kaliningrad region. *Litol. Polezn. Iskop.* (1), 97-105. (In Russian)
10. Zorin L.M., Subbota M.I., Stadnik E.V. (1982) *Neftegazonosnaja gidrogeologija* [Oil and gas bearing hydrogeology]. Moscow: Nedra Publ., 216 p. (In Russian)
11. Kovalevich V.M. (1977) Rock salt of saltierra in the Miocene halogen sediments of the Eastern Ciscarpathians. *Geologija i geokhimiya soljanykh otlozhenij Ukrainy.* Kiev: Naukova dumka Publ., 48-53. (In Russian)
12. Korenevskii S.M., Poborskii Yu.V. (1981) Zechstein Halogen formation in the collateral Gdansk-Kaliningrad basin and its potassium-bearing. *Stroenie i uslovija formirovaniya kalijnykh solej.* Novosibirsk: Nauka Publ., 161-171. (In Russian)
13. Moskovskij G.A., Baranovskaja M.A., Svidzinskij S.A., Anan'ev S.A. (2014) *Teksturno-strukturnye osobennosti i uslovija obrazovaniya kalijnykh, kalijno-magnievyykh i magnievyykh solej* [Textural and structural features and conditions of formation of potassium, potassium and magnesium, and magnesium salts]. Saratov: Izdatel'skij tsentr "Nauka" Publ., 92 p. (In Russian)
14. Moskovskij G.A., Goncharenko O.P. (2004) *Permiskij galogenez Prikaspija. Ch. 2. Gidrokhimiya zachyuchitel'nykh stadij i uslovija postsedimentatsionnykh preobrazovanij solej* [Permian halogenesis of Caspian. Part 2. Final stages hydrochemistry and conditions postsedimentary salts transformations]. Saratov: "Nauchnaja kniga" Publ., 87 p. (In Russian)
15. Petrichenko O.I. (1973) *Metody doslizhenija vcljučen' u mineralakh galogennykh porid* [Methods research of inclusions in mineral of halogen species]. Kiev: Naukova Dumka Publ., 91 p. (In Ukrainian)
16. Sonnenfeld P. (1984) Brines and Evaporites. Academic Press, New York. (Russ ed.: Sonnenfeld P. (1988) *Rassoly i evapority.* Moscow: Mir Publ., 479 p.).
17. Strakhov N.M. (1962) *Osnovy teorii litogeneza. T. III* [Foundations of lithogenesis theory. V. III]. Moscow: AN SSSR Publ., 551 p. (In Russian)