



- оксфордской аммонитовой фауны на территории Саратовского Поволжья // Пробл. геоэкологии Саратова и области. Вып. 3. Саратов, 1999. С. 102–108.
39. Сельцер В.Б. Об аномальных раковинах келловейских аммонитов // Тр. НИИ Геологии СГУ. Новая серия. Саратов, 2001. Т. VIII. С. 29–45.
40. Троицкая Е.А. Верхнеюрские аммониты Саратовского правобережья р. Волги (Cardioceratidae, Macrocephalitidae, Aspidoceratidae, Nargoceratidae) и их стратиграфическое значение: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Саратов, 1954. 16 с.
41. Хромов А.А., Архангельский М.С., Иванов А.В. Местонахождения крупных четвертичных млекопитающих Саратовского Поволжья. Саратов, 2000. 156 с.
42. Хромов А.А., Архангельский М.С., Иванов А.В. Крупные четвертичные млекопитающие Среднего и Нижнего Поволжья. Дубна, 2001. 254 с.
43. Яров А.А. О роли хрящевых рыб и морских рептилий в расчленении и корреляции верхнемеловых отложений в районе с. Малой Сердобы (Пензенская область) // Тр. НИИ Геологии Сарат. ун-та. Новая серия. Т. VIII. Саратов, 2001. С. 55–61.
44. Averianov A.O. Review of Mesozoic and Cenozoic sea turtles from the former USSR // Rus. J. of Herpetology. 2002. V. 9. N 2. P. 137–154.
45. Averianov A.O., Yarkov A.A. Some turtles remains from the Cretaceous and Paleogene of Volgograd region // Rus. J. of Herpetology. 2000. V. 7. N 2. P. 161–166.
46. Kurochkin E.N. Mesozoic birds of Mongolia and the former Soviet Union // The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia / Ed. M.J.Benton, M.A.Sishkin, D.M.Unwin, E.N.Kurochkin. Cambridge, 2000. P. 533–559.
47. Storrs G.W., Efimov M.B. Mesozoic crocodyliforms of north – central Eurasia // The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia / Ed. M.J.Benton, M.A.Sishkin, D.M.Unwin, E.N.Kurochkin. Cambridge, 2000. P. 402–419.
48. Storrs G.W., Arkhangel'skii M.S., Efimov V.M. Mesozoic marine reptiles of Russia and other former Soviet republics // The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia / Ed. M.J.Benton, M.A.Sishkin, D.M.Unwin, E.N.Kurochkin. Cambridge, 2000. P. 187–210.
49. Unwin D.M., Bakhrina N.N. Pterosaurs from Russia, Middle Asia and Mongolia // The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia / Ed. M.J.Benton, M.A.Sishkin, D.M.Unwin, E.N.Kurochkin. Cambridge, 2000. P. 420–433.

УДК 550.552.53:548.4

ИЗМЕНЕНИЯ ГАЛОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, СВЯЗАННЫЕ С ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ С РАССОЛАМИ РАЗЛИЧНОГО ГЕОХИМИЧЕСКОГО ТИПА

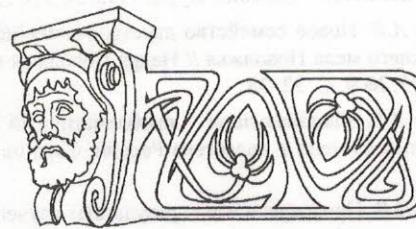
Г.А. Московский, О.П. ГончаренкоСаратовский государственный университет,
кафедра исторической геологии и палеонтологии

E-mail: MoskovskyGA@info.sgu.ru

В статье рассмотрены особенности изменения галогенных отложений в результате их взаимодействия с рассолами различного геохимического типа и условия образования перекристаллизованного галита за счет процессов подземного выщелачивания и замещения калийно-магниевых и других минералов солей. Выделены основные разности галита, образованного из растворов выщелачивания калийных солей с различным соотношением основных компонентов (K^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+}). Показана роль процессов выщелачивания и замещения галогенных отложений при решении практических задач, а именно при планировании разведочных работ на разрабатываемых месторождениях с целью установления зон проникновения вод, опасных для подземных выработок.

Halogen deposit changes resulting from interaction with brines of various geochemical types**G.A. Moskovsky, O.P. Goncharenko**

The paper deals with peculiarities of halogen deposit changes resulting from interaction with brines of various geochemical types; conditions are also considered of recrystallized halite generation due to the processes of subsurface leaching and replacement of potassium-magnesium and other salt minerals. Principal halite varieties are identified, generated from leaching solutions of potassium salts with diverse ratios of primary components (K^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+}). The role is demonstrated of the processes of leaching and replacement of halogen deposits in solving practical problems, i.e. in planning exploration in mined deposits aimed at revealing zones of water penetration dangerous for underground working.



Галогенные породы, образовавшиеся на хлоридной стадии галогенеза, представляют собой легко преобразующиеся компоненты осадочных отложений. Поэтому их изменение начинается еще на стадии раннего диагенеза, когда отложившиеся калийные и калийно-магниевые соли могут частично растворяться при начавшемся опреснении рапы бассейна, способствуя расслоению седиментационного рассола. Такое расслоение иногда устанавливается даже в основании галитовой зоны, когда раннедиагенетический донный галит отлагался из рапы, концентрация K^+ и Mg^{2+} в котором в 2–2,5 раза превышала их содержание в поверхностной рапе [16]. Но для преобразования первичных парагенезисов калийно-магниевых солей имеет значение их подземное выщелачивание и замещение. Раскрытие закономерностей этого процесса весьма важно при планировании разведочных работ на разрабатываемых месторождениях, установлении зон проникновения вод, опасных для подземных выработок, и в том чис-

ле для полостей, построенных в галогенных породах для хранения продуктов и отходов [3, 18, 22 и др.].

Как известно, М.Г. Валяшко уделял значительное внимание проблеме выщелачивания солей. Физико-химический анализ процесса растворения сложных солевых систем, выполненный им, показал, что при прогрессирующем выщелачивании последних состав образующихся рассолов по соотношению солей стремится к составу исходной смеси [5]. При медленном течении процесса он должен сопровождаться образованием вторичных минералов. О составе вод выщелачивания хлоридных калийных солей можно также судить и по закономерностям формирования конденсационных рассолов в калийных рудниках [2]. Главное отличие вод выщелачивания хлоридных калийных солей – преобладание содержаний ионов калия над магнием и весьма незначительное содержание ионов сульфата. Впрочем, количество сульфата в растворе определяется генезисом и составом растворов, выщелачивавших калийные соли. В том случае, если в процессе замещения хотя бы частично участвовала рапа бассейна или захороненные еще неметаморфизованные седиментационные рассолы, или в составе замещаемых пород присутствовали сульфаты магния, то в растворах выщелачивания должна расти доля Mg^{2+} и SO_4^{2-} .

Анализы свободных рассолов, состав которых в той или иной степени, по нашему мнению, можно связывать с выщелачиванием карналлит-галитовых и бишофитовых пород ряда районов Прикаспийской впадины и ее обрамления, приведены в работах [1, 4, 9, 19]. Основание для наших выводов об их генезисе – пониженное количество брома и магния по сравнению с их значениями для соответствующих стадий галогенеза. Отмечалось значительное проявление процессов выщелачивания легко растворимых солей в галогенных разрезах Приволжской моноклинали [10]. Процессы выщелачивания калиеносных пород в галогенных разрезах устанавливались рядом исследователей и по структурно-минералогическим критериям. Причем было показано, что выщелачивание калийных и калийно-магниевых солей с образованием на их месте вторичных минералов (сильвина, шенита, галита и др.) – весьма распространенное явление [20, 18 и др.]. Предпринятое нами изучение галогенных разрезов обрамления Прикаспийской впадины (Краснокутский, Сафоновский участки), Баскунчакской и Индерской солянокупольных структур также показало, что выщелачивание хлоридных калийных

и калийно-магниевых солей и замещение их галитом (галититом) вблизи соляного зеркала имели весьма значительные масштабы. К этому же явлению можно отнести образование в разрезе соляного ядра солянокупольной структуры Индер карстовых полостей, сложенных шпатовым галитом и сильвином. Большие масштабы этого явления установлены для Гремячинского месторождения калийных солей (Сафоновский участок Приволжской моноклинали), где нами изучены явления замещения калийных солей галититом вблизи кровли галогенной толщи. Значительное место здесь занимают процессы замещения карналлита сильвином на диагенетической стадии и образование шпатового сильвина. И даже галитовая зона подверглась значительной перекристаллизации с участием вод хлоридно-кальциевого состава. Критерии выделения разностей галита (и сильвина), образовавшихся при процессах подземного замещения, были недостаточно разработаны. Поэтому нами делались попытки использовать для этой цели результаты анализов включений в минералах [13, 14, 17].

Среди образцов галита, характеризующихся соотношением компонентов в рапе включений, соответствующих растворам выщелачивания калийных солей, мы выделяем следующие (табл. 1, 2).

А. Разности шпатового крупнозернистого галита, встречающегося вблизи соляного зеркала и не содержащего типичных зонально-расположенных включений (тип галита 1). В нем нередко присутствуют газовые вакуоли, свойственные обычно сильвину или карналлиту. В отличие от последних, где давление в газовых включениях достигает нескольких десятков паскалей, в вакуолях включений в галите давление близко к литостатической нагрузке на том гипсометрическом уровне, на котором эти образцы находились в разрезе до их извлечения в виде керна. По своему расположению в разрезе образцы галита (галитита) примерно соответствуют расположению самого верхнего калийно-магниевого горизонта галогенной толщи. Содержание K^+ в этих включениях изменяется в широких пределах (от 17,66 до 55,56 г/л), но всегда превышает количество магния. Отношение этих ионов здесь близко к тому, что характерно для карналлита. Сюда же можно отнести галит из продуктивной толщи Индера, образовавшийся, судя по составу растворов включений и крайне малому давлению в газовых вакуолях, в полостях галогенного карста. На диаграмме $2K^+-Mg^{2+}-SO_4^{2-}$ (рис. 1) точки состава рапы включений этих образцов галита расположены



лись вдоль стороны $2K^+-Mg^{2+}$, ниже полюса карналлита (твёрдая фаза), отвечаая сильвин-карналлитовому парагенезису породы.

Б. Седиментационный «перистый» галит (тип галита 2), образовавшийся из рапы, обогащенной ионами калия за счёт растворения сильвина. Состав рапы в этом галите отличается от вышеописанных разностей несколько большей ролью магния и сульфата.

В. Шпатовый и «перистый» галит, образовавшийся при выщелачивании и замещении калийных и калийно-магниевых солей хлоридно-кальциевыми растворами (типы галита 2а и 2б). На диаграмме $2K^+-Mg^{2+}-Ca^{2+}$ – фигуративные точки состава рапы включений в нем – отображаются либо ореолом точек, параллельным основанию $2K^+-Mg^{2+}$, отражая малые содержания ионов кальция, либо точками, расположеными вдоль нижней границы поля карналлита, характеризуя весьма существенную роль хлоркальциевых растворов в их генезисе (рис.2).

Приведенные выше результаты показывают, что по составу рапы включений можно с большей достоверностью выделять интервалы галогенного разреза, сложенные продуктами замещения хлоридных калийных и калийно-магниевых солей (да и не только хлоридных), неизмененные разности которых могут быть встречены по латерали или на данном стратиграфическом интервале, но на больших глубинах.

Для более полной оценки условий образования перекристаллизованного галита в результате процессов подземного выщелачивания и замещения других минералов солей, нами опробована методика определения содержания брома и хлора в имеющихся в нем включениях. Анализ состава включений выполнялся О.П. Гончаренко при консультации И.К. Жеребцовой (кафедра геохимии МГУ) [7], интерпретация результатов – в работе [15]. Полученные результаты приведены в табл. 3 и на рис. 3, где нанесена шкала нормальных величин бромхлорных отношений в галите морского генезиса [6]. На рисунке по оси абсцисс отложены величины бромхлорного отношения для рассолов, по оси ординат – значение этих отношений в галите. Линия А-А построена по экспериментальным данным. Попадание точек на эту линию позволило бы делать вывод о соответствии величин бромхлорного отношения в галите и рассоле теоретическим и предполагать первично-седиментационный генезис этого минерала.

Фигуративные точки, отражающие полученные нами результаты (см. рис.3), расположены значительно ниже линии, определяющей ход

кристаллизации галита. Это несоответствие величин бромхлорных отношений в природных объектах, по сравнению с экспериментально построенной линией кристаллизации хлоридов из морской воды, позволяет делать вывод о постседиментационном генезисе галита. В то же время в полученных результатах обращает на себя внимание большой разброс величин $Br \cdot 10^3 / Cl$ (от 3,3 до 20,3) относительно опытных данных (3,2–13,7 на стадии садки галита). Этот факт позволяет говорить о полигенетичности исследуемых образцов галита. Для одной части галитов можно говорить о растворах выщелачивания хлоридных калийных солей или галита хлоркальциевыми водами, для другой – о «маточных» седиментационных водах, метаморфизованных до существенной или полной потери ионов сульфата или появления заметных содержаний ионов кальция.

Таблица 1

Состав растворов включений в галите, образовавшемся при седиментационном растворении и эпигенетическом замещении калийных солей

№ № пп	Содержание, г/л				Тип галита
	K^+	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	
1	48,5	35,38	Cl.	-	1
2	29,42	9,6	6,46	-	1
3	17,66	7,31	5,14	-	1
4	55,56	19,9	6,55	-	1
5	18,85	8,89	3,64	-	1
6	21,88	25,35	9,31	-	2
7	31,65	24,57	10,21	-	2
8	51,99	27,16	23,8	-	2
9	18,24	24,57	5,3	-	2
10	35,64	16	8,86	-	1
11	23,91	16,68	-	25,89	2а
12	18,79	8,65	-	34,78	2а
13	17,82	10,86	-	41,1	2а
14	48,7	13,7	-	0,4	2б
15	30,88	9,36	-	0,2	2б
16	51,2	35,16	-	2,7	2б
17	31,13	43	11,4	-	2

Примечание. Привязка образцов: 1 – скв. Краснокутская 1К-К, гл. 923 м; 2 – то же, гл. 782 м; 3 – то же, гл. 782,3 м; 4 – то же, гл. 710 м; 5 – Баскунчак, скв. 600, гл. 159–166 м; 7 – Баскунчак, скв. 552, гл. 962,3 м.; 8 – то же, гл. 974,5 м; 9 – то же, гл. 1181 м; 10 – Индер, шахта; 11 – скв. Краснокутская 1К-К, гл. 797,8 м; 12 – то же, гл. 775 м; 13 – то же, гл. 806 м; 14 – Индер, шахта, орт 14; 15 – скв. Краснокутская 1К-К, гл. 786,8 м; 16 – скв. Сафоновская 2С, гл. 1242 м; 17 – скв. Краснокутская 1К-К, гл. 1125 м.

Типы галита: 1 – шпатовый галит, встречающийся в интервалах разрезов ритмопачек, соответствующих положению горизонтов калийных солей; 2 – «перистый» галит из каменной соли, содержащей вкрапленность калийных солей; 2а – шпатовый и «перистый» галит с рапой хлоркальциевого типа; 2б – шпатовый галит с рапой промежуточного типа.



Таблица 2

Индексы для нанесения на диаграммы
 $2K^+ \cdot Mg^{2+} \cdot SO_4^{2-}$ и $2K^+ \cdot Mg^{2+} \cdot Ca^{2+}$

№ пп	Индексы, %			
	$2K^+$	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Ca^{2+}
1	29,9	70,1	-	-
2	44,9	47,1	8	-
3	39	51,8	9,2	-
4	44,5	51,2	4,3	-
5	37	57,1	5,9	-
6	19,5	73,7	6,8	-
7	26,4	66,7	6,9	-
8	32,8	55	12,2	-
9	17,9	78,1	4	-
10	37,9	54,5	7,6	-
11	18,7	41,8	-	39,5
12	16,5	24,3	-	59,2
13	13,4	26,2	-	60,4
14	52,1	47,1	-	0,8
15	50,4	49	-	0,6
16	30,2	66,7	-	3,1
17	17,4	77,4	5,2	-

Примечание. Привязку образцов см. в табл. 1.

Выводы, получаемые по результатам анализа состава рапы вклюений в минералах, могут подкрепляться и определением давлений в газовых или газонасыщенности в жидких включениях. Нами показано, что получаемые при этом данные представляют важную информацию при прогнозировании калие-магниеносности галогенных отложений [14].

Гидрохимические особенности процессов взаимодействия отложившихся калийно-магниевых солей с рапой бассейна, захороненными рассольными, элизионными и др. водами, а также закономерности их замещения на стадии гипергенеза весьма многообразны и, видимо, не ограничиваются рассмотренными типами преобразований. Некоторые из этих преобразований имеют чрезвычайно важное практическое значение, т.к. их продукты образуют «бездрудные окна» в калийно-магниевых пластах («зоны замещения», «галитобы») [8, 12, 11 и др.]. С близкими по типу процессами связано,

Таблица 3

Содержание ионов калия, магния, сульфата и кальция в растворах включений и бромхлорное отношение во включениях и твердой фазе шпатового галита

№ пп	Br $10^3/Cl$		Содержание, г/л			
	Жидкая фаза	Твердая фаза	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	SO_4^{2-}
1	6,19	0,08	0,66	63,5	-	5,11
2	7,85	0,11	6,64	5,49	28	Ñë.
3	12,49	0,1	14,01	13,76	65,7	0,81
4	5,07	0,08	7,05	22,76	0,91	4,25
5	18,4	0,11	19,22	21,67	79,14	15,7
6	20,32	0,12	51,2	35,16	2,79	0,49
7	10,96	0,09	43,74	38,81	2,63	6,10
8	15,53	0,1	15,81	12,11	0,62	10,7
9	7,46	0,05	12,1	15,7	-	10,55
10	8,6	0,12	55,56	19,9	-	6,55
11	9,6	0,06	29,2	36,14	-	5,38
12	5,87	0,08	5,78	5,14	6,98	-
13	3,5	0,05	5,39	4,14	5,89	1,92
14	10,7	0,12	18,79	8,65	34,78	-
15	9,75	0,14	29,42	9,6	-	6,46
16	9,65	0,13	15,88	36,43	18,42	Ñë.
17	9,85	0,11	30,88	9,36	1,36	2,73
18	7,86	0,06	23,91	16,68	25,89	-
19	9,3	0,1	13,81	16,95	64,35	1,37
20	9,8	0,09	12,79	16,37	35,38	3,67
21	10,54	0,13	17,82	10,86	41,1	-
22	9,72	0,05	8,72	8,27	15,22	-
23	10,47	0,09	8,78	8,89	34,01	4,85

Примечание. Глубина отбора образцов: Сафоновский участок, скв. 2С: 1 – 947,2 м; 2 – 958,8 м; 3 – 993 м; 4 – 1047,1 м; 5 – 1059,6 м; 6 – 1242,2 м; 7 – 1252 м; 8 – 1264 м; Краснокутский участок, скв. 1К-К: 9 – 702 м; 10 – 710 м; 11 – 713 м; 12 – 761,6 м; 13 – 765 м; 14 – 775 м; 15 – 782 м; 16 – 784 м; 17 – 786,8 м; 18 – 797,8 м; 19 – 802 м; 20 – 805,7 м; 21 – 806 м; 22 – 814,6 м; 23 – 817,2 м.

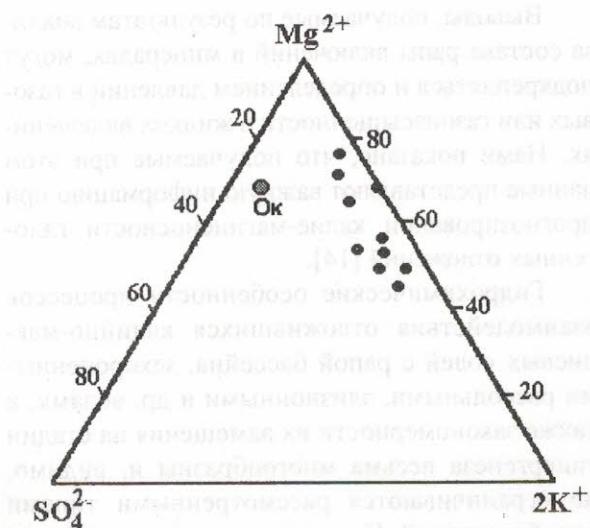


Рис. 1. Состав растворов включений в галите, образовавшемся при седиментационном растворении и эпигенетическом замещении калийных солей (тип галита 1 и 2) на «солнечной» диаграмме для 25°C. Ок – точка состава современной океанической воды

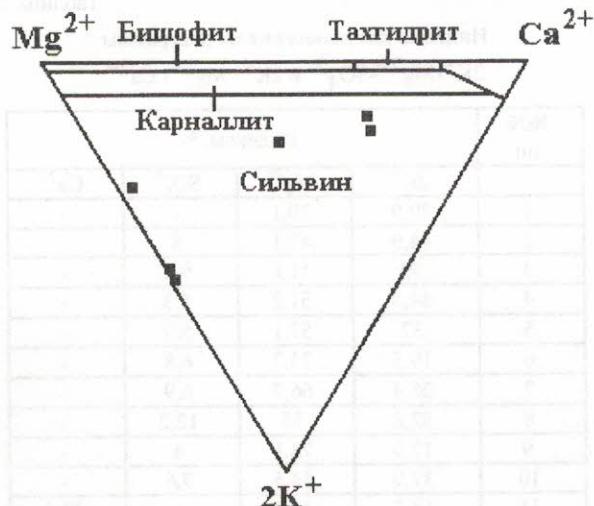


Рис. 2. Состав растворов включений в галите, образовавшемся при седиментационном растворении и эпигенетическом замещении калийных солей (шпатовый галит, встречающийся в интервалах разрезов ритмопачек, соответствующих положению горизонтов калийных солей (типы 2а и 2б)) на диаграмме 2K⁺-Mg²⁺-Ca²⁺



Рис. 3. Пределы изменения величин бромхлорного отношения в галите кунгурских солей и рапе жидкых включений в ней относительно шкалы нормальных значений этого коэффициента [6]:

- △ – экспериментальные данные Г. Валяшко и Т.В. Мандрыкиной;
- – величины отношений в рапе включений образцов солей Сафоновского участка Приволжской моноклинали;
- – то же в образцах из Краснокутской площади

видимо, и образование «пестрых» сильвинитов. Анализ рапы включений из галита, располагающегося в интервалах, где возможно было присутствие калийных солей, как видно из приведенных выше результатов, позволяет относить его, во многих случаях, к постседиментационным образованиям. Такого же мнения о каменной соли «зон замещения» придерживается и В.М. Ковалевич [8]. В то же время, как

показано нами ранее [16], синседиментационное (бассейновое) растворение калийных и калийно-магниевых минералов с отложением на их месте галитита («псевдосильвинита») было весьма обычным явлением.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 02-05-64762) и программы «Университеты России» (проект 09.01.031).



Библиографический список

1. Анисимов Л.А., Кисельгоф С.М. Условия залегания и химический состав седиментационных рассолов соленосных толщ Прикаспийской впадины // Докл. АН СССР. 1965. Т. 202. № 4. С.932–934.
2. Бельтиков Г.В., Петруха В.Н. Гидрохимические закономерности формирования конденсационных рассолов в калийных рудниках Верхнекамского месторождения // Геохимия. 1978. № 4. С. 615–622.
3. Борисенков В.И. К вопросу о причинах возникновения в калийной залежи разубоженных участков и проблема их прогнозирования // Материалы Всесоюз. науч.-техн. конф. молодых галургов. Л., 1969. С.179–181.
4. Бочкарева В.А., Садыков Ж.С., Джсангириянц Д.А. Подземные воды Прикаспийской впадины и ее восточных обрамлений. Алма-Ата, 1973. 228 с.
5. Валяшко М.Г. Физико-химический анализ процесса выщелачивания сложных калийных пород // Литология и полезн. ископаемые. 1968. № 1. С. 70–80.
6. Валяшко М.Г., Мандрыкина Т.В. Бром в соляных отложениях, как генетический и поисковый признак // Тр. ВНИИ галургии. 1952. Вып.ХХIII. С. 54–93.
7. Гончаренко О.П. Физико-химические условия формирования кунгурских калийно-магниевых руд прибрежной зоны Прикаспийской впадины: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Львов, 1986. 16 с.
8. Джиноридзе Н.М., Киселева О.В., Ковалевич В.М и др. К проблеме происхождения зон «замещения» в пределах Верхнекамского месторождения // Условия образования месторождений калийных солей. Новосибирск, 1990. С. 165–174.
9. Диаров М.Д. Калиеносность галогенных формаций Прикаспийской впадины // Тр. КазНИГРИ. 1974. Вып. 6. 129 с.
10. Ермаков В.А., Ковальский Ф.И., Гребеников Н.П. Постседиментационное выщелачивание солей и особенности его проявления в разрезе Приволжской моноклинали // Пробл. соленакопления. Новосибирск, 1977. Т. 2. С. 45–49.
11. Конин 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.
12. Морозов Л.Н. Особенности гипергенных изменений галогенных отложений // Тр. Уральского филиала Академии наук СССР. 1970. № 10. С. 103–112.
13. Московский Г.А. Исследования физико-химических условий седиментации кунгурских галогенных отложений западной части Прикаспийской синеклизы по включениям в минералах: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 1983. 19 с.
14. Московский Г.А. Признаки подземного выщелачивания хлоридных калийных и калийно-магниевых солей // Состав и условия образования морских и континент. формаций. Новосибирск, 1991. С. 64–67.
15. Московский Г.А., Гончаренко О.П., Макаров А.С. Интерпретация результатов определения макро- и микрокомпонентов в растворах включений и в твердой фазе минералов галогенных отложений // Геохимия. № 1. 1989. С. 61–67.
16. Московский Г.А., Гончаренко О.П. Основные черты геохимии кунгурского галогенеза в западной части Прикаспийской впадины (по включениям в минералах). Саратов, 1989. 198 с. Деп. в ВИНТИ 16.11.1989. № 4072-В90.
17. Способ прогнозирования калие-магниеносности галогенных отложений: А.с. 1272297 СССР. 1986 / Московский Г.А., Петриченко О.И. Бюл. изобр. № 43.
18. Протопопов А.Л., Петров В.Е. Некоторые особенности постседиментационных преобразований калиеносных пород (на примере Верхнекамского и Старобинского месторождений) // Осн. пробл. соленакопления. Новосибирск, 1981. С. 59–71.
19. Севастьянов О.М. Рассолы Оренбургского газоконденсированного месторождения // Литолог.-фациональные пробл. соленакопления. М, 1985. С. 140–152.
20. Скробов А.А. Суброзия и изменение минерального состава пород соляного ядра одного из куполов Прикаспийской низменности // Тр. ВНИИ галургии. 1964. Вып. 46. С. 98–109.
21. Хрушев Д.П. Литологические предпосылки создания подземных камер-хранилищ в соляных толщах. Киев, 1982. Препринт АН УССР. 51 с.
22. Roedder E., Belkin H.E. Thermal gradient migration of fluid inclusions in single crystals of salt from the waste isolation pilot plant site (WIPP) // Sci. Basis. Nucl. Waste Manag: Proc. Intern Symp. Boston, Mass., Nov. 27–30, 1979. N. Y.; L., 1980. V. 2. P. 453–464.