

Д. КАЛМАГАМБЕТОВ, Ю.А. МАРКОНРЕНКОВ\*,  
В.И. КАПРАЛОВА, Г.В. КУРБАНГАЛИЕВА\*, Ш.Н. КУБЕКОВА

## ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ СОЛЯНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ САТИМОЛА

В работе приведены результаты определения химического состава проб соляных пород, содержащих  $B^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  и нерастворимых в воде остатков, а также результаты минералого-петрографических исследований пордообразующих и сопутствующих минералов.

В Казахстане широко распространены месторождения поваренной соли таких генетических типов как самосадочная современных соляных озер, ископаемая (каменная) и соль в рапе соляных озер, при этом наиболее доступными и экономическими для добычи являются месторождения первого типа.

Исключительное место среди месторождений этого типа как по количеству балансовых запасов (свыше 1 млрд. т хлористого натрия), так и по качеству соли занимает месторождение оз. Индер, находящееся в центре Прикаспийской впадины на границе Атырауской и Западно-Казахстанской областей. По своим качественным показателям соль оз. Индер является лучшей не только в Казахстане, но и во всем СНГ.

Кроме учтенных балансом, на территории Казахстана известно еще много других месторождений поваренной соли разных генетических типов. Изучены они с различной степенью детальности, преимущественно на стадии поиска и поисково-разведочных работ, реже – предварительной разведки. Наиболее крупными из самосадочных месторождений являются оз. Арыс в Кызылординской области, оз. Кошкарата в Челкарском районе Актюбинской области, оз. Кошкарата – в Мангистауской области, а также месторождение Сатимола в Западном Казахстане близ г. Уральска, химический и минералогичес-

кий состав соляных пород которого до сих пор детально не изучены.

На основании изложенного, целью настоящей работы является изучение химического и минералогического состава природных соляных пород месторождения Сатимола.

Исследования проводили на 15 пробах из разных скважин месторождения Сатимола. При определении химического состава соляных пород по содержанию главных составляющих соляных минералов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $B^{3+}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  и нерастворимого в воде и  $HCl$  осадка (н.о.) использовали следующие методы анализа: объемный, гравиметрический, атомно-абсорбционный, фотоколориметрический, аргентометрический. Бор определяли спектрографическим методом. Результаты анализа контролировали с помощью государственного стандартного образца – руды бора СБР-1.

Минералогические исследования проб проводились петрографическим и иммерсионным методом в проходящем свете под микроскопом МИН-8 с увеличением до 320 $\times$ . Для наиболее характерных для каждой скважины проб приведены микрофотографии, выполненные цифровым фотоаппаратом Nicon.

Рентгенофазовым анализом осуществлено полуколичественное определение минеральных фаз, обнаруженных при петрографическом иссле-

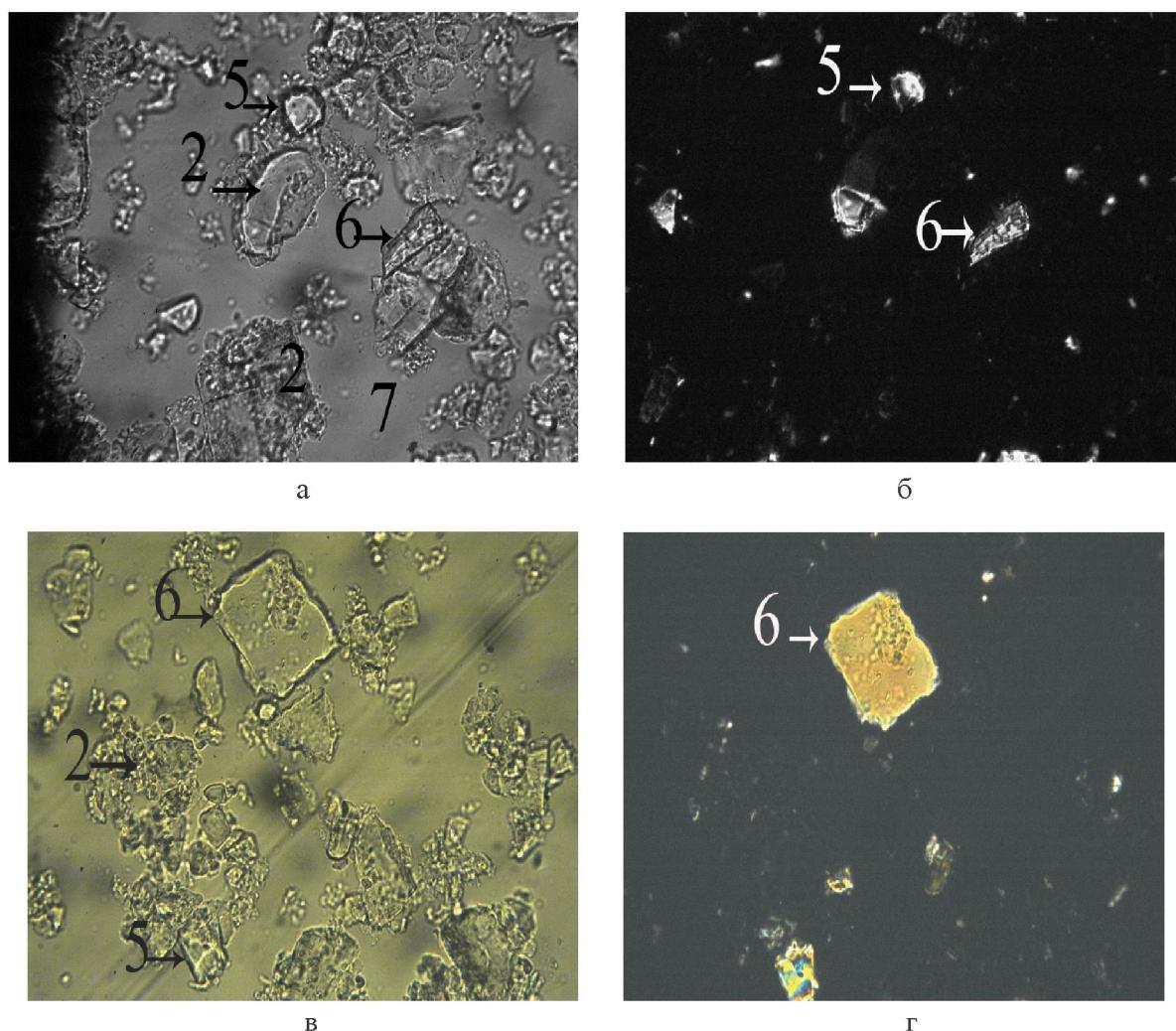


Рис. 1. Микрофотографии пробы № 2, свет проходящий, увеличение 200 $\times$  среда иммерсионная. а – при одном николе: 2 – галит, 5 – ангидрит, 6 – полигалит, 7 – иммерсионная среда; б – николи скрещены, 5 – ангидрит, 6 – полигалит; в – при одном николе 2 – галит, 5 – ангидрит, 6 – полигалит; г – николи скрещены 6 – полигалит

дованиях (Выражаем благодарность сотрудникам ИМИО с.н.с. Алексеевой Т.В. и инженеру Сапукову И.К. за помочь при проведении анализов).

Петрографические исследования кернов показали, что каменная соль сложена в основном галитом, в виде примеси содержит в небольшом количестве другие хлористые и сернокислые соли, ангидрит  $\text{CaSO}_4$ , окислы железа и терригенные частицы. Она бесцветна или окрашена в сероватые и беловато-серые и красные тона. Изредка встречается синяя соль. Серая окраска связана с примесью ангидрита и терригенных частиц, красная – гематита. Кристаллы галита содержат включения жидкости и газов. Каменная соль имеет тонкую слоистость – результат

изменения условий осаждения (сезонные слои), кристаллическую структуру, часто крупно- и грубозернистую.

В таблице 1 представлены результаты химического анализа образцов солей месторождения Сатимола.

Как следует из данных таблицы 1, отдельные образцы содержат большое количество нерастворимых в воде осадков. Для выявления их состава проведен химический анализ для образцов, содержащих от 16,25% до аномально высокого содержания 78,69% н.о. Результаты приведены в таблице 2.

В составе нерастворимых осадков петрографическим методом выявлены: ангидрит  $\text{CaSO}_4$ , гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – в проходящем свете зерна очень

Таблица 1. Результаты химического анализа проб соляных пород из скважин ПР-9 (образцы № 1-6), СП-3 (7), ПР-23 (№ 8-10), ПР-24 (№ 11-15)

№ Пробы	Глубина скважины м	Массовая доля элементов, %						
		Na	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	K	B
1	510,0	40,03	0,27	55,84	2,91	1,04	0,50	0,0370
2	515,0	34,88	0,51	51,48	8,83	1,69	2,01	0,0080
3	637,0	3,18	0,31	1,46	14,68	4,76	0,09	0,0410
4	649,0	26,99	0,12	41,88	0,22	0,12	0,07	0,0015
5	664,0	24,12	0,42	36,21	5,81	1,98	1,84	0,0900
6	603,0	36,82	0,21	54,88	3,68	0,95	0,64	0,0014
7	664,0	16,02	0,17	50,72	2,06	0,49	29,97	0,0652
8	619,7	7,22	0,36	37,57	4,73	2,26	29,32	1,8000
9	620,0	34,60	0,16	57,25	2,50	0,62	0,70	0,0003
10	680,0	31,58	0,22	55,64	4,06	0,96	0,73	0,0002
11	580,5	30,51	0,55	55,01	4,92	1,11	0,73	0,0005
12	586,9	32,60	0,58	54,56	5,20	1,04	0,73	0,0008
13	592,7	32,60	0,55	56,80	2,39	0,60	0,59	0,0007
14	673,5	0,96	0,09	1,48	13,60	5,60	0,02	0,1400
15	683,0	1,54	0,04	2,77	15,69	6,63	0,01	0,0120
								73,89

Таблица 2. Результаты химического анализа нерастворимого осадка после обработки 5 %-ной соляной кислотой

№ п/п	№ пробы	Содержание н.о.	Массовая доля определяемых соединений, %				
			H.o. в 5% HCl	Ca	Mg	Fe	SO <sub>4</sub>
1	3	75,28	4,74	17,6	2,78	0,17	35,31
2	4	28,39	0,19	0,06	7,80	0,06	0,08
3	5	28,41	14,5	0,11	2,47	0,78	0,31
4	8	16,95	1,61	1,26	0,85	0,18	0,73
5	14	78,69	0,16	18,91	3,57	0,02	47,16
6	15	73,89	0,175	19,66	1,22	0,01	49,46

мелкие, кроваво-красного цвета, магнезит, кварц б – SiO<sub>2</sub> – бесцветный анизотропный, зерна мелкие, размером от 8 до 20-30 микрон, анкерит, сидерит. Малорастворимыми являются полигалит, также идентифицированный в составе исследованных солей, гипс и глинистые вещества.

Результаты изучения минералогического состава солей петрографическим и иммерсионным методами приведены ниже. На рисунках представлены микрофотографии отдельных, наиболее типичных образцов соляных пород.

Макроскопически порода образца № 1 равномернозернистая плотная, состоит из агрегата крупных, размерами 0,5-0,7 мм водяно-прозрачных кристаллов со стеклянным блеском, соленых на вкус.

При изучении в иммерсионной жидкости с показателем преломления 1,544 установлено, что порода состоит почти нацело из галита с незна-

чительной примесью ангидрита, полигалита и карналлита.

Образец № 2 представлен мелкозернистой породой плотной структуры цветом от серовато-белого до светлого медово-желтого с тонкозернистыми белыми прослойками толщиной 1-3 мм.

Основная составляющая керна также галит, форма зерен изометрична. В зернах включения черного цвета, возможно, органического происхождения. Наблюдаются незначительные вкрапления полигалита и ангидрита, что согласуется с данными о химическом составе пробы (таблица 1). На рисунке 1 представлены микрофотографии пробы 2.

При изучении пробы № 3 с содержанием нерастворимого осадка 75,28% кристаллооптическим методом выявлено, что основной составляющей породы является ангидрит с примесью галита и глинисто-карбонатного матери-

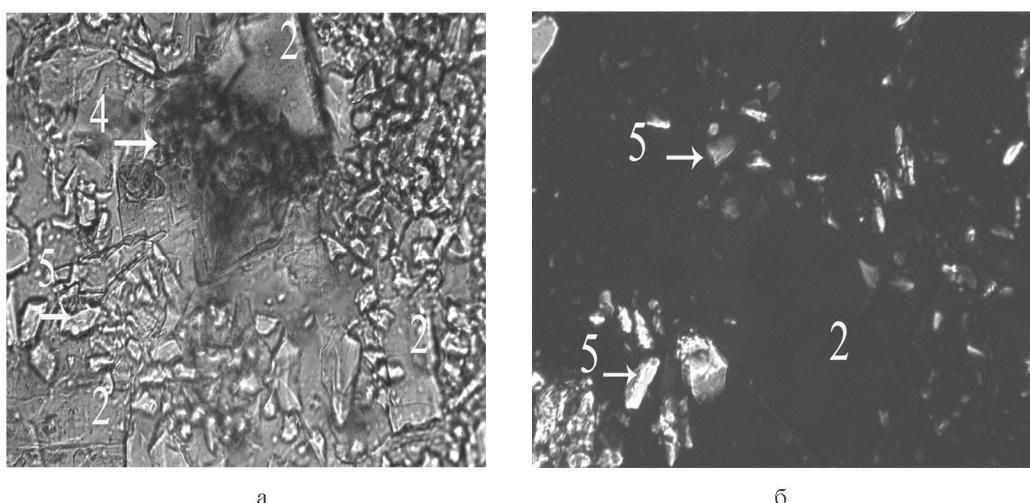


Рис. 2. Микрофотографии пробы № 7 свет проходящий, увеличение 200 $\times$  среда иммерсионная.  
При одном николе: 2 – галит, 4 – сильвин, 5 – полигалит; б – николи скрещены: 2 – галит, 5 – полигалит

ала с плотной тонкозернистой слоистой структурой серого цвета. Толщина слоев от 0,5 до 2-3 мм с чередованием светло-серых с темно-серыми. На поверхности слоев редкий крап мелких порфировых включений. В иммерсионной среде выявлено, что в образце ангидрит  $\text{CaSO}_4$  является основной составляющей пробы, содержит малорастворимый анкерит  $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})(\text{CO}_3)_2$ , незначительное количество галита. В пробе присутствуют агрегаты из тонкодисперсного материала, окрашенные, возможно, гидроксидами железа.

Структура пробы № 4 неравномерно крупнозернистая. Идентифицирована как карбонатно-галитовая порода. Основной цвет серый с крупными включениями бесцветных прозрачных зерен, которые можно отнести к галиту. Присутствуют также участки с мелкозернистой структурой светло-серого цвета. В иммерсионных жидкостях с плотностями  $N_e \sim 1,509$  и  $N_e \sim 1,570$  выявлены магнезит и сидерит.

В пробе № 4 нерастворимый осадок, составляющий 28,39%, содержит кварц б- $\text{SiO}_2$  – бесцветный, анизотропный, зерна мелкие размером от 8 до 20-30 микрон. Обнаружен гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – в проходящем свете зерна очень мелкие, кровово-красного цвета и гидрооксиды железа, а также немного тонкодисперсного материала (зерна не более 1 микрона). Аналогичного состава нерастворимый осадок в образце № 6.

Согласно данным табл. 1, н.о. в пробе № 5 составляет 28,41%. Образец представляет собой

ангидрит-галитовую породу с плотной равномерной средне-зернистой структурой. Основной цвет серый с чередованием светло-серых слоев с темно-серыми с крупными включениями бесцветных прозрачных зерен, которые можно отнести к галиту. В зернах большое количество включений черного цвета органического происхождения, а также мелких зерен полигалита. Много бесцветного, анизотропного тонкодисперсного материала не определенного данным методом. Присутствуют также участки с мелкозернистой структурой светло-серого цвета-ангидрит.

Основная составляющая пробы № 6 – галит (до 92%), порода плотной, мелкозернистой структуры мясо-красного цвета с темно-серыми прослойками. Обнаружен полигалит (~3,5%), ангидрит (~3%), незначительное количество  $\text{KCl}$ , а также включения органического происхождения.

Сильвин-галитовую породу представляет собой образец № 7, микрофотография которого представлена на рисунке 2.

Макроскопически порода крупнокристаллическая петельчатой структуры, неоднородной текстуры и окраски. Состоит из крупных, величиной до 7 мм кристаллов галита и сильвина, находящихся в тесном срастании друг с другом и отличающихся по показателю преломления и окраске. Зерна галита белые, с единичными черточками спайности, наблюдаются единичные мелкозернистые кристаллики соли синего цвета. Зерна сильвина окрашены в желтовато-розово-буроватые цвета. В промежутках между зер-

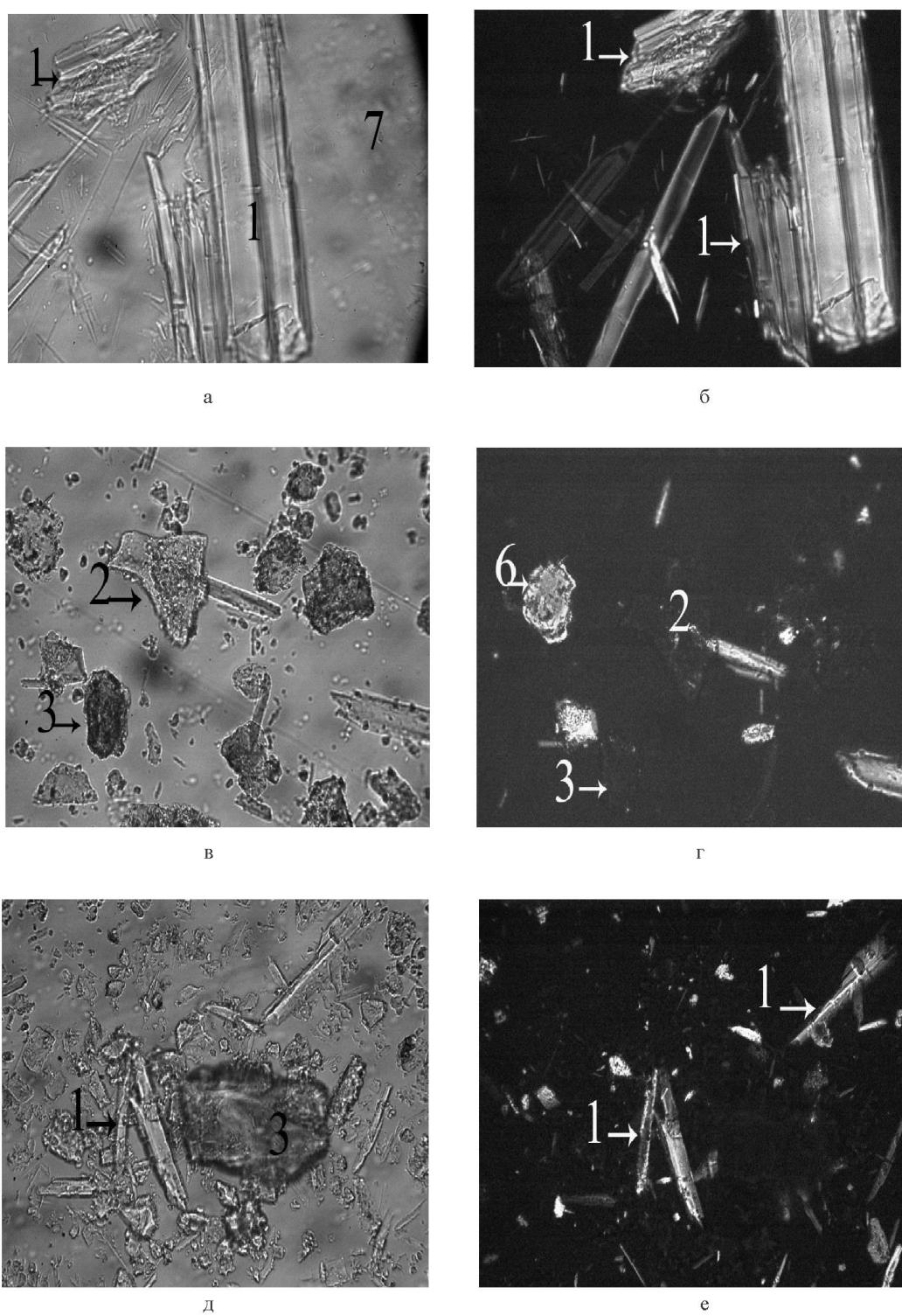


Рис. 3. Микрофотографии пробы № 8, свет проходящий, увеличение 200 $\times$  среда иммерсионная. а- при одном николе: 1 – гидроборакит, 7 – иммерсионная среда; б -николи скрещены 1 – гидроборакит; в – при одном николе: 2- галит, 3-сильвин; г- николи скрещены: 2 – галит, 3 – сильвин, 6 – полигалит; д – при одном николе 1 – гидроборакит, 3-сильвин; е – николи скрещены: 1 – гидроборакит

нами галита и сильвина, в виде петельчатых скоплений развивается тонкозернистый бесцветный полигалит.

Согласно данным таблицы 1, в образце № 8 содержится 1,8% бора. Проба представлена галит-сильвиновой породой мелкозернистой структуры с прослойками. Первая прослойка медово-желтого цвета с небольшими включениями красного цвета, предположительно галит – сильвинового состава с небольшой примесью полигалита. Вторая – темно-серая с мясокрасными гематитовыми и белыми включениями. Белые включения с радиально-лучистым строением, в виде волокнистых агрегатов, удлиненных игольчатых, удлиненно-призматических и пластинчатых зерен характерны для гидробората. Микрофотографии образца № 8 представлены на рисунке 3.

В составе нерастворимого осадка (табл. 1 17,5%) обнаружены кварц б –  $\text{SiO}_2$  с мелкими зернами размером от 8 до 20-30 микрон, гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – в проходящем свете зерна очень мелкие, кроваво-красного цвета и гидроксиды железа.

Образец № 9 – галитовая порода с плотной мелкозернистой структурой. Цвет медово-желтый с розовато-оранжевым оттенком с включениями из бесцветных зерен, Обнаружены вкрапления сильвина (до 2%), полигалита и ангидрита.

В составе соляной породы пробы № 10 с плотной мелкозернистой структурой светло-медово-желтого цвета с включениями бесцветных и темно-серых зерен доминирующим компонентом также является галит. Присутствуют включения органического происхождения и сростки с мелкими зернами полигалита (до 3,5%). Сильвин и ангидрит содержатся в препарате в незначительных количествах (до 6%).

Проба № 11 представляет собой каменную соль с примесью ангидрита с плотной равномерно мелкозернистой структурой светло-медово-желтого цвета. По периферийной части керна видны мелкие каверны с тонкими корочками серого цвета. Предположительно следы выщелачивания. Исследование в иммерсионной среде показали, что галит с мелкими включениями органического происхождения является основной составляющей пробы, в которой содержатся также ангидрит  $\text{CaSO}_4$ , полигалит и карналлит  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  в незначительных количествах.

Проба № 12 также каменная соль с плотной, крупнозернистой структурой. Агрегат из крупных прозрачных кристаллов (размером до 3-5 см) и кристаллов размером до 1-0,5 см медово-желтого цвета с включениями из бесцветных зерен. Между крупными зернами наблюдаются прожилки из тонкодисперсного материала. Состоит в основном из галита с вкраплениями полигалита и карналлита.

Образец керна пробы № 13 светло-медово-желтый с белыми и мясо-красными включениями. Присутствуют также тонкозернистые (0,5 см) включения беловато-серого цвета. Согласно проведенным исследованиям, представляет собой каменную соль с плотной крупнозернистой структурой, содержит в основном галит, а также полигалит, ангидрит и в незначительном количестве карналлит.

Проба № 14, содержащая 78,69% н.о., идентифицирована как ангидритовая порода с магнезитом темно-серого цвета с плотной тонкозернистой структурой. Присутствуют вкрапления молочно-белого цвета. Основная составляющая ангидрит  $\text{CaSO}_4$  (до 80%), остальное – магнезит с примесью галита. Много тонкодисперсного материала. Аргиллит-ангидритовая порода пробы № 15 с содержанием н.о. 73,89% темно-буроворичневого цвета. Структура скрытокристаллическая, слоистая. Толщина слоев не более 1 мм. Основная составляющая пробы ангидрит  $\text{CaSO}_4$  (до 90%), присутствуют в незначительном количестве галит (~5%) и магнезит (~5%), что согласуется с данными химического анализа (табл. 1).

Таким образом, выявлено, что большинство изученных соляных пород месторождения Сатимола сложены галитом в сочетании с некоторыми другими солями. В наиболее чистых разностях содержание  $\text{NaCl}$  доходит до 90-95%. Типичные минералы-примеси – сульфат кальция (ангидрит или гипс) и карбонатно-глинистый материал, выявлены включения карналлита, полигалита и сильвина. Кристаллы галита содержат частицы ила и включения рапы. Средний химический состав соли (масс. %): натрий – 36,16; хлор – 56,63; кальций – 0,92; магний – 0,23; сульфат-ион – 1,91; нерастворимый остаток – до 2,1%; менее 1% калия и от сотых до тысячных долей % – бор.

Поскольку галит выступает доминирующим компонентом в составе соляных пород месторождения Сатимола, то их можно рекомендовать в

качестве источника получения хлористого натрия – поваренной соли, что расширит сырьевую базу и решит проблемы импортозамещения по данному продукту.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный баланс запасов полезных ископаемых РК. Изд. «Мингеология»: Алматы, 2005.

#### Резюме

Жұмыста құрамында  $B^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  жөне суда ерімейтін қалдықтары бар түзди жыныста-

рының химиялық құрамы, сонымен қатар жыныс-түзілетін және қосалқы минералдардың минералдық-петрографиялық зерттеулерінің нәтижелері келтірілген.

#### Summary

In work are brought results of the determination of the chemical composition of the tests of the salt sorts, containing  $B^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  and indissoluble in water remainder, as well as results mineral and petrographe of the studies main and accompanying minerals.

*КазНТУ им.К.И.Саппаева,  
РГП НЦ КПМС РК  
г.Алматы Поступила 20.12.2010*