

УДК 661.833.532

Джурсаева Гулнара Хуррамовна, к.т.н., доцент  
Каришинский инженерно-экономический институт, Карши,  
Узбекистан  
Абдирахимов Илхом Эшбоевич, ст.преподаватель  
Каришинский инженерно-экономический институт, Карши,  
Узбекистан

### ОСОБЕННОСТИ РАСТВОРИМОСТЬ В СИСТЕМЕ ХЛОРИДА НАТРИЯ СУЛЬФАТОМ АММОНИЯ.

**Аннотация:** Для обоснования процесса конверсии хлорида натрия сульфатом аммония при повышенных температурах были изучены изотермическим методом при 100°C тройная система  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-NH}_4\text{Cl} - \text{H}_2\text{O}$  и четверная система  $2\text{Na}^+, 2\text{NH}_4^+ // 2\text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ . Изучен процесс фильтрации пульпы, образующейся в процессах получения сульфата натрия и хлорида аммония конверсией хлорида натрия сульфатом аммония. Разработана технологическая схема получения сульфата натрия и хлорида аммония конверсией хлорида натрия сульфатом аммония.

**Ключевые слова:** изотермическая диаграмма, ветвь кристаллизации, высаливающее действие, эвтонические растворы, насыщенный раствор.

### FEATURES SOLUBILITY IN SODIUM CHLORIDE SYSTEM WITH AMMONIUM SULFATE.

**Abstract:** The ternary system and the quaternary system were studied by the isothermal method at 100°C in order to substantiate the process of conversion of sodium chloride with ammonium sulfate at elevated temperatures. The process of filtering the pulp which was formed in the processes of obtaining sodium sulfate and ammonium chloride by converting sodium chloride with ammonium sulfate has been studied. A technological scheme for the production of sodium sulfate and ammonium chloride by the conversion of sodium chloride with ammonium sulfate has been developed.

**Keywords:** isothermal diagram, crystallization branch, salting out action, eutonic solutions, saturated solution.

Современные технологии химической индустрии предоставляют другим сферам народного хозяйства искусственные алмазы, синтетические каучуки, химические и искусственные волокна и много других материалов и ресурсов. Такая продукция существенно влияет на дальнейшее продвижение других областей народного хозяйства благодаря введению в эксплуатацию инновационных технологий [1-2].

Специфические особенности минералогического и химического составов сырья, при наличии крупных единичных производств в различных странах, определяют известную уникальность организации каждого из них. Кроме того, в большинстве случаев природное сырье перерабатывают комплексно с получением нескольких равнозначных продуктов, что также отражается на общем характере технологии производства [3-6].

Особенности получения попутного или побочного сульфата натрия определяются производством основного продукта и полностью ему подчинены. Дополнительные стадии вводят только с целью повышения качества сульфата, так как в настоящее время оно приобрело особое значение во всем мире.

Основными производителями, использующими природное сырье, являются: Россия, США, Канада, Китай, Франция, Испания, Мексика, Аргентина, Турция, Иран, Индия и др. [7]

На территории стран СНГ разрабатывается, в основном, два крупных месторождения природного сульфата натрия и выпускают его два завода – ОАО «Кучуксульфат» (Благовещенск, Алтайский край, РФ) и ПО «Карабогазсульфат» (п. Бекташ, Балканский вилоят, Туркменистан). Оба предприятия производят сульфат натрия из природного минерального мирабилита [8].

В Республике Узбекистан 2014 году освоено производство сульфата натрия на предприятии ООО «Устюрт сульфат натрий» и ДП «Кунград натрий сульфат» из мирабилита Тумрюкского месторождения Устюртского пласта.

Тумрюкское месторождение мирабилита является одним из основных сырьевых источников сульфата натрия, характеризующимся минимальным содержанием примесных солей галита, эпсомита и гипса. Каждое месторождение сырьевых материалов является по своему уникальным и требует отдельных исследований для получения продукта.

Технологическая основа получения сульфата натрия конверсией хлорида натрия сульфатом аммония базируется на физико-химических свойствах четверной взаимной водной системы из хлоридов и сульфатов натрия и аммония и ее составляющих тройных систем [9].

Исследуемая четверная система  $2\text{Na}^+, 2\text{NH}_4^+ // 2\text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$  состоит из четырех тройных водных систем. Тройные системы  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NaCl} - \text{NH}_4\text{Cl} - \text{H}_2\text{O}$  достаточно хорошо исследованы в температурном интервале 0-100°C [2]. Система  $2\text{Na}^+, 2\text{NH}_4^+ // 2\text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$  и ее составляющая тройная система  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{NH}_4\text{Cl} - \text{H}_2\text{O}$  изучена лишь для температур 0, 25, 40, 60 и 80°C [10-13].

Из результатов исследования этих систем вытекает целесообразность проведения конверсии хлорида натрия сульфатом

аммония при повышенных температурах, при которых выход сульфата натрия увеличивается. В связи с этим для обоснования процесса конверсии хлорида натрия сульфатом аммония при повышенных температурах были изучены изотермическим методом при 100<sup>0</sup>С тройная система (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NH<sub>4</sub>Cl – H<sub>2</sub>O и четверная система 2Na<sup>+</sup>, 2NH<sub>4</sub><sup>+</sup>//2Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – H<sub>2</sub>O.

Полученные данные использовали для определения составов твердых фаз по Шрейнемакерсу и построения изотермической диаграммы растворимости тройной системы (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>- NH<sub>4</sub>Cl – H<sub>2</sub>O при 100<sup>0</sup>С [14].

Диаграмма растворимости тройной системы сульфат аммония – хлорид аммония – вода при 100<sup>0</sup>С состоит из двух ветвей кристаллизации твердых фаз – сульфата и хлорида аммония. Ветвь кристаллизации сульфата аммония больше, чем хлорида аммония. В изученной системе не происходит образования ни твердых растворов, ни новых химических соединений на основе исходных компонентов. Особенность изотермы растворимости состоит в том, что компоненты системы оказывает взаимное высаливающее действие друг на друга. Благодаря хорошей растворимости в данной системе хлорид аммония оказывает большее высаливающее действие на сульфат аммония, чем сульфат аммония на хлорид аммония.

Сравнение изотермы растворимости системы (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>- NH<sub>4</sub>Cl – H<sub>2</sub>O при 100<sup>0</sup>С с изотермами при 0, 25, 40, 60 и 80<sup>0</sup>С показывает, что с повышением температуры расширяется ветвь кристаллизации сульфата аммония, а хлорида аммония, наоборот, уменьшается. Следовательно, с повышением температуры эвфонические растворы тройной системы (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NH<sub>4</sub>Cl – H<sub>2</sub>O обогащаются хлоридом аммония при одновременном снижении содержания сульфата аммония.

Анализ диаграммы растворимости системы (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>- NH<sub>4</sub>Cl – H<sub>2</sub>O при 25<sup>0</sup>С состоит из полей кристаллизации хлоридов натрия и аммония, тенардита (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), мирабилита (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 10H<sub>2</sub>O), сульфата аммония и соединения Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 4H<sub>2</sub>O (рис 1.).

С повышением температуры происходит качественное изменение в составе кристаллизующихся твердых фаз системы. При 100<sup>0</sup>С мирабилит и двойная соль Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 4H<sub>2</sub>O не существуют в системе в качестве самостоятельной равновесной твердой фазы. В результате чего расширяется поле кристаллизации тенардита и уменьшается область существования хлорида аммония. Изотермическая диаграмма растворимости приобретает более простой вид и состоит из полей кристаллизации хлоридов и сульфатов натрия и аммония.

Диаграмма растворимости системы (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – NH<sub>4</sub>Cl – H<sub>2</sub>O при температурах 25<sup>0</sup>С и 100<sup>0</sup>С показывает, что диагональ Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 2NH<sub>4</sub>Cl для температур 25-100<sup>0</sup>С всегда пересекает линии совместного насыщения и полей кристаллизации сульфата натрия и хлорида аммония, являющихся

продуктами обменного разложения хлорида натрия и сульфата аммония в водной среде.

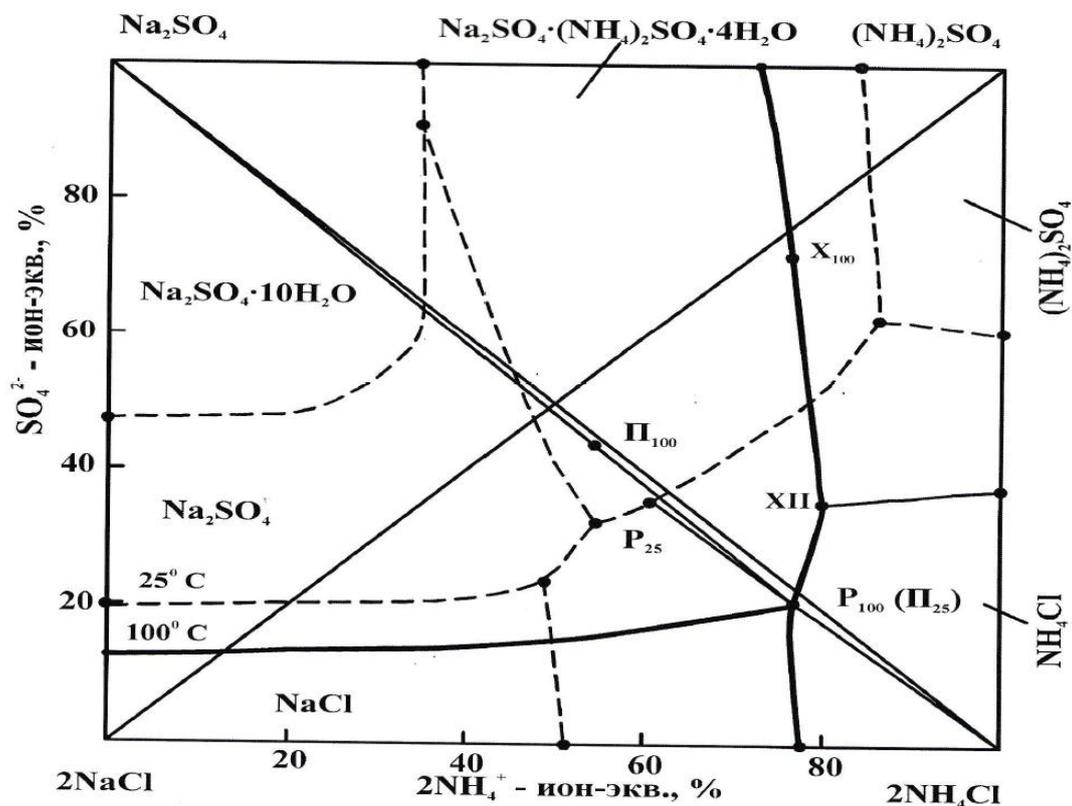


Рис.1. Диаграмма для обоснования процесса конверсии хлорида натрия сульфатом аммония на основе изотермы системы  $2\text{Na}^+$ ,  $2\text{NH}_4^+ // 2\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  -  $\text{H}_2\text{O}$  при 25 и 100°C.

Это указывает на более полное протекание конверсии хлорида натрия сульфатом аммония и возможности получения сульфата натрия и хлорида аммония при определенных технологических условиях [15]. С другой стороны, поле кристаллизации тенардита с ростом температуры расширяется, а хлорида аммония, наоборот, уменьшается. Из этого следует, что для получения сульфата натрия конверсию хлорида натрия целесообразно проводить по возможности при более высокой температуре.

Наибольшего выхода сульфата натрия можно ожидать в случае, когда конечный состав жидкой фазы находится в тройной точке, отвечающей кристаллизации сульфата натрия, хлоридов натрия и аммония.

Изучен процесс фильтрации пульпы, образующейся в процессах получения сульфата натрия и хлорида аммония конверсией хлорида натрия сульфатом аммония [16]. Полученные результаты по фильтруемости пульпы с осадком сульфата натрия и хлорида аммония при 100 и 25°C представлены в табл. 1. Согласно приведенным данным, фильтруемость пульпы с осадком хлорида аммония несколько выше, чем пульпы с осадком сульфата натрия.

Скорость фильтрации изучаемых пульп по твердой и жидкой фазам главным образом зависит от толщины твердого остатка, образуемого на фильтре. Чем меньше толщина твердого остатка, тем больше скорость фильтрации.

**Таблица 1.**

**Фильтруемость пульпы с осадком сульфата натрия и хлорида аммония**

Количество пульпы, г	Время (τ), сек	Толщина твердого остатка (h), мм	Фильтруемость (Ф·10 <sup>-5</sup> ), м <sup>4</sup> /Н·ч	Скорость фильтрации, кг/м <sup>2</sup> ·с		
				По пульпе	По твердой фазе	По фильтрату
Пульпа с осадком сульфата натрия						
400	28	6,6	0,204	2,247	0,456	1,791
300	18	4,9	0,176	2,621	0,531	2,090
200	11	3,3	0,129	2,860	0,580	2,280
100	5	1,7	0,074	3,145	0,638	2,507
Пульпа с осадком хлорида аммония						
400	26	9,8	0,332	2,420	0,469	1,951
300	16	7,4	0,305	2,949	0,572	2,377
0	9	4,9	0,240	3,495	0,678	2,817
100	4	2,5	0,138	3,932	0,762	3,170

Результаты опытов показали возможность получения сульфата натрия и хлорида аммония с содержанием основного вещества не ниже 98 % [17-18]. Выход основных продуктов и степень конверсии хлорида натрия сульфатом аммония практически соответствует применению чистых реактивных хлорида натрия и сульфата аммония.

Результаты исследований позволили разработать технологическую схему получения сульфата натрия и хлорида аммония конверсией хлорида натрия сульфатом аммония.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Джураева Г.Х. Разработка технологии получения сульфата натрия на основе местных сырьевых ресурсов/Дисс. канд. техн. наук. Ташкент. 2006. 131 с.
2. Мирзакулов Х.Ч., Джураева Г.Х. Производство сульфата натрия. Ташкент, 2014. 224 с.
3. Жураева Г.Х., Мирзакулов Х.Ч., Эркаев А.У., Якубов Р.Я., Талибжанов Х. Растворимость в системе сульфат аммония – хлорид аммония – вода при 100 °С. // Доклады АН РУз. 2005. № 1. С. 46-49.
4. Справочник по растворимости солевых систем. В 2-х кн. /Под. ред. Здановского А.Б. Т. 1. – Л.: Химия. 1973. – 1070 с./
5. Здановский А.Б. Галлургия. – Л.: Химия. 1972. – 528 с.

6. Жужиков В.А. Теория и практика разделения суспензий. – М.: Химия, 1980.- 400 с.

7. Абдирахимов, И. Э., Курбанов, А. Т., Бурунов, Ф. Э., & Самадов, А. Х. (2019). Технология переработки тяжелых нефтей и нефтяных остатков путем применения криолиза. *Аллея науки*, 3(12), 310-314.

8. Абдирахимов, И. Э., & Бурунов, Ф. Э. (2018). Очистка и восстановление почв после загрязнения нефтью и нефтепродуктами. In *Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент* (pp. 296-298).

9. Абдирахимов, И. Э., & Бурунов, Ф. Э. (2018). Использование твердофазной спектрофотометрии для определения ионов рения в нефтепродуктах. In *Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент* (pp. 337-339).

10. Бурунов, Ф. Э., & Абдирахимов, И. Э. (2018). Природные битумы и тяжелые нефти, проблемы их освоения. In *Фундаментальные и прикладные исследования: от теории к практике* (pp. 212-215).

11. Shkhom, A. (2021). Development of effective demulsifiers on the basis of local raw materials. *Universum: технические науки*, (2-4) (83).

12. Абдирахимов, И. Э. (2021). Деэмульгирование нефтеводяных эмульсий. *Universum: технические науки*, (4-3) (85), 72-75.

13. Джураева, Г. Х., Абдирахимов, И. Э., & Шоназаров, Э. Б. (2021). Получение глауберовой соли и сульфата натрия из природного сырья. *Universum: технические науки*, (2-3) (83).

14. Абдирахимов, И. Э., & Каримов, М. У. (2020). Синтез и исследование деэмульгаторов на основе блоксополимеров поликарбоксилатов и окиси этилена.

15. Абдирахимов, И. Э., & Алиев, Ж. Ш. (2020). Технология бурения многоствольных скважин. *Международный академический вестник*, (2), 97-100.

16. Бурунов, Ф. Э., & Абдирахимов, И. Э. (2018). Природные битумы и тяжелые нефти, проблемы их освоения. In *Фундаментальные и прикладные исследования: от теории к практике* (pp. 212-215).

17. Абдирахимов, И. Э., Халимов, А. А., & Турсунов, Р. И. (2020). Подготовка качественного природного газа перед транспортировкой потребителю. *Международный академический вестник*, (2), 100-103.

18. Джураева, Г. Х., Абдирахимов, И. Э., & Ахмедов, А. С. (2017). Обессульфачивание рапы озер караумбет и барсакельмес дистиллерной жидкостью. *Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства* (pp. 230-234).