

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБЕСШЛАМЛИВАНИЯ СИЛЬВИНИТОВОЙ РУДЫ ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Самадий Муроджон Абдусалимзода**

ассистент Ташкентского химико-технологического института,  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 32  
E-mail: [samadiy@inbox.ru](mailto:samadiy@inbox.ru)

**Бобоев Аброржон Хотамович**

магистрант Ташкентского химико-технологического института,  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 32

**Мирзакулов Холтура Чориевич**

профессор Ташкентского химико-технологического института,  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 32

## RESEARCH ON INCREASE EFFICIENCY OF PROCESS DESLURRYING SYLVINITE ORES OF TYUBEGATAN DEPOSIT

**Murodjon Samadiy**

assistant of Tashkent institute of chemical technology,  
100011, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Navoi st., 32

**Abrorjon Boboev**

master's degree student of Tashkent institute of chemical technology,  
100011, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Navoi st., 32

**Kholtura Mirzakulov**

professor of Tashkent institute of chemical technology,  
100011, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Navoi st., 32

### АННОТАЦИЯ

Приведены результаты анализа работы первой очереди завода, которые выявили снижение эффективности процесса гидромеханического обесшламливания руды Тюбегатанского месторождения, обусловленные увеличением нерастворимых в воде остатков в сylvинитовой руде и повышенным содержанием слабошламуемых карбонатных и сульфатных минералов по сравнению с легкошламуемыми силикатными и исследований по обесшламливанию низкосортных сylvинитов с низким содержанием (KCl 20-30%) и высоким содержанием нерастворимого в воде остатка (3,25-5,30%). Для повышения эффективности процесса гидромеханического обесшламливания после двух гидроциклонов использована пневматическая флотомашинa. Установлены оптимальные технологические параметры процесса обесшламливания в пневматической флотомашинe с использованием полиакриламида в качестве флокулянта и терпенового масла в качестве собирателя шламов.

На основании проведенных исследований показана возможность повышения эффективности процесса гидромеханического обесшламливания сylvинитовых руд Тюбегатанского месторождения путем дополнительной операции обесшламливания в пневматической флотомашинe. Для этого необходимо в качестве собирателя шламов использовать полиакриламид с концентрацией 0,1% и в качестве собирателя шламов – терпеновое масло в количестве 30 г/т руды. При этом степень обесшламливания повышается с 39,0 до 62,7-71,8%.

### ABSTRACT

Results of the analysis of work of the first stage of factory are resulted, which have revealed decrease in efficiency of process hydromechanical deslurrying the ores of the Tyubegatan deposit caused by increase of the insoluble rests in water in sylvinite ore and the raised contents of weak deslurrying carbonates and sulphatic minerals in comparison with easily deslurrying silicate and researches on deslurrying low-grade sylvinites with the low contents of (KCl 20-30) and the high contents of the insoluble rest in water (3,25-5,30). For increase of efficiency of process hydromechanical deslurrying after two hydrocyclones it is used pneumatic floatation machine. Optimum technological parameters of process deslurrying in pneumatic floatation machine with use polyacrylamide as a flocculant and terpenic oil as the collector of slimes are established.

On the basis of the spent researches possibility of increase of efficiency of process hydromechanical deslurrying of sylvinite ores of the Tyubegatan deposit by additional operation deslurrying in pneumatic floatation machine is shown. For this purpose it is necessary as the collector of slimes it is use polyacrylamide with concentration of 0,1 % and as the collector slimes - terpenic oil in number of 30 g/t ores. In these case degree of deslurrying raises from 39,0 to 62,7-71,8 %.

**Ключевые слова:** сylvинит, обогащения, обесшамливание, флотомашин, обратная флотация.

**Keywords:** sylvinit, enrichment, deslurrying, floatation machine, opposite floatation.

Флотация является доминирующим методом обогащения сylvинитовых руд, с помощью которого получают до 80% хлористого калия. Флотационный способ достаточно эффективен и экономичен при извлечении хлорида калия из высококачественных руд. Однако при высоком содержании шламов в руде возрастает количество оборотных щелоков и их плотность, увеличивается расход флотореагентов на стадии основной сylvинитовой флотации, уменьшается степень извлечения хлорида калия [5]. Согласно литературным данным для повышения эффективности обесшамливания сylvинитовых руд можно применять новые реагенты и реагентные режимы [1-2, 10].

По имеющейся технологии флотационного обогащения руды УП «Дехканабадский завод калийных удобрений» предусмотрена переработка сylvинитовой руды с содержанием не менее 31,93% КСI и нерастворимых в воде остатков (н.о.) не более 3,25% [6].

При добыче и подготовке руды на обогатительной фабрике образуется большое количество сырья с низким содержанием КСI и повышенным содержанием н.о., которое необходимо вовлечь в производство хлористого калия. Содержание нерастворимых примесей в добываемой руде колеблется от 1% до 10% и для обеспечения проектного содержания н.о. в руде (~ 3,25 %) на руднике осуществляется шихтовка и усреднение руды, направляемой на фабрику; содержание в руде КСI ниже и н.о. выше, чем заложено в проекте; выход слива гидроциклонов первой стадии обесшамливания по проекту составляет 18,5%, а на действующей фабрике достигает 30%, причём содержание н.о. в сливе не превышает 5 - 6%; содержание н.о. в питании сylvинитовой флотации составляет 1,9-2,2% по сравнению с 1,6% по проекту; содержание нерастворимого остатка в пенном продукте основной сylvинитовой флотации достигает 1,5% по сравнению с 0,7% по проекту, что снижает селективность последующих перечистных сylvинитовых флотаций, в связи с чем содержание КСI в концентрате третьей перечистой флотации не достигает проектного показателя - 95,1%.

Как показал анализ работы действующего производства хлористого калия на УП «Дехканабадский завод калийных удобрений» двухстадийное гидромеханическое обесшамливание сylvинитовых Тyбегатанского месторождения не дает нужного эффекта из-за специфичности химического и минералогического состава н.о., который относится к трудношламуемым. В результате чего отмечается высокое содержание н.о. в питании сylvинитовой флотации [7].

Исходя из вышеизложенного вытекает актуальность проведения исследований по повышению эффективности удаления нерастворимого остатка (н.о.) из сylvинитовых руд.

Как показывают проведенные нами ранее исследования [8-9, 11], нерастворимые примеси калийной руды Тyбегатанского месторождения в основном представлены слабошламуемым карбонатными (магнезит, доломит) и сульфатными (ангидрит, бассанит) минералами – 65 ÷ 70% от общего количества н.о. в руде, в то время как нерастворимые примеси калийных руд Верхнекамского и Старобинского месторождений в основном представлены хорошо шламуемым силикатными (полевой шпат, иллит, хлорит и т.п.) минералами – 60-80% от общего количества н.о. в руде.

Анализ исходных, промежуточных и конечных продуктов и растворов проводили известными методами химического анализа [3-4].

Как отмечалось ранее для обесшамливания сylvинитовой руды Тyбегатанского месторождения используют два гидроциклона. Первый гидроциклон позволяет удалить н.о. с размером частиц 150-200 микрон, а второй - с размером более 40 микрон. Частицы менее 40 микрон остаются в песках 1 и 2 гидроциклонов. Для повышения эффективности процесса гидромеханического обесшамливания использовали дополнительно пневмомеханическую пульсационную флотомашину.

Для исследований использовали 4 вида низкосортных сylvинитов Тyбегатана с содержанием 20,1-30,25% КСI и 3,25-5,30% н.о. Опыты проводили во флотомашине кипящего слоя с объемом камеры 1400 мл, навеска руды для опытов составляла 400 грамм. Каждую навеску составляли в соответствии с данными по процентному соотношению фракций руды.

В таблице 1 приведены результаты по обесшамливанью низкосортных сylvинитов с использованием имеющихся гидроциклонов и дополнительно флотомашин. Сущность дополнительного обесшамливания в флотомашине заключается в снижении н.о. в песках за счет использования полиакриламида и вспенивателя – терпенового масла.

Из таблицы видно, что с увеличением н.о. в руде повышается их содержание и в песках I и II гидроциклонов. Поступающие пески I и II гидроциклонов в флотомашину содержит от 1,98 % до 3,22% н.о., при содержании от 31,4% до 20,8% КСI.

Для определения возможности улучшения показателей процесса обогащения руды Тyбегатанского месторождения путем применения метода флотации

онного обесшламливания была проведена серия опытов по флотации шламов из проб руды с определением оптимальных расходов собирателя шламов и флокулянта.

Расход флокулянта варьировали в интервале 5 – 10 г/т руды, собирателя шламов – 10 – 30 г/т руды. В

качестве флокулянта использовали полиакриламид (ПАА) (концентрация рабочего раствора 0,1%), в качестве собирателей шламов – реагент вспениватель – терпеновое масло. Результаты опытов приведены в таблице 2.

Таблица 1.

**Результаты опытов по обесшламливанию низкосортных сильвинитов с низким содержанием хлористого калия и высоким содержанием н.о. по трехстадийной схеме с использованием флотомашин**

| Наименование показателей                | Состав проб, масс. % |       |         |       |         |       |         |       |
|-----------------------------------------|----------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                                         | Проба 1              |       | Проба 2 |       | Проба 3 |       | Проба 4 |       |
|                                         | КСИ                  | н.о.  | КСИ     | н.о.  | КСИ     | н.о.  | КСИ     | н.о.  |
| Состав исходной руды                    | 30,25                | 3,25  | 25,00   | 4,00  | 23,2    | 4,95  | 20,1    | 5,30  |
| Питание гидроциклонов                   | 30,4                 | 2,50  | 25,2    | 3,08  | 23,3    | 3,81  | 20,2    | 4,08  |
| I стадия – пески гидроциклонов          | 32,6                 | 1,87  | 27,0    | 2,20  | 25,0    | 2,72  | 21,7    | 2,91  |
| I стадия – слив гидроциклонов           | 27,5                 | 5,94  | 21,7    | 7,31  | 19,1    | 9,06  | 15,7    | 9,69  |
| II стадия – пески гидроциклонов         | 31,0                 | 2,49  | 25,2    | 3,87  | 23,4    | 4,80  | 20,2    | 5,13  |
| II стадия – слив гидроциклонов          | 14,6                 | 10,32 | 12,4    | 12,14 | 11,6    | 15,37 | 9,4     | 16,45 |
| Объединенные пески I и II гидроциклонов | 31,4                 | 1,98  | 25,9    | 2,43  | 24,0    | 3,00  | 20,8    | 3,22  |
| Степень обесшламливания гидроциклонов   | 39,0                 |       | 39,25   |       | 39,39   |       | 39,24   |       |
| III стадия – пески флотомашин           | 32,3                 | 1,21  | 27,7    | 1,28  | 26,6    | 1,39  | 23,9    | 1,49  |
| Степень обесшламливания                 | 62,7                 |       | 68,0    |       | 71,9    |       | 71,8    |       |

Результаты опытов оценивали по извлечению н.о. в пенный продукт шламовой флотации. Кроме того, эффективность обесшламливания руды оценивалась по результатам дальнейшей флотации хлористого калия (содержание КСИ в хвостах флотации).

Из данных, приведённых в таблице 2 видно, что оптимальным расходом флокулянта во всех случаях является расход 10 г/т руды, расход собирателя шламов для руды с содержанием н.о. до 4,95 % - 30 г/т руды.

Таблица 2.

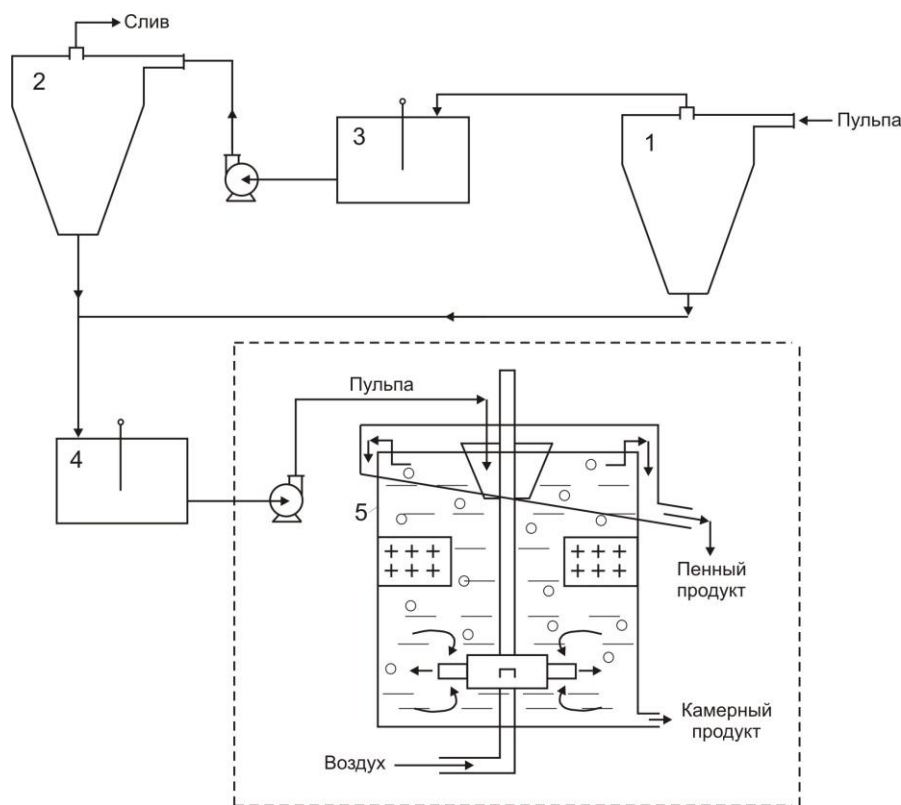
**Влияние реагентов режимов на флотацию шламов из руды УП «Дехканабадский завод калийных удобрений»**

| № пп                          | Флотация шламов  |                   |                           |                                  |       |                            | Сильвиновая флотация    |                                                  |
|-------------------------------|------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------------|-------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|
|                               | Расход, г/т руды |                   | Выход пенного продукта, % | Содержание в шламах (среднее), % |       | Извлечение н.о. в шламы, % | Расход ами-на, г/т руды | Содержание КСИ в хвостах сильвиновой флотации, % |
|                               | ПАА              | Собиратель шламов |                           | КСИ                              | н.о.  |                            |                         |                                                  |
| Содержание н.о. в руде 3,25 % |                  |                   |                           |                                  |       |                            |                         |                                                  |
| 1                             | 5                | 10                | 4,41                      | 33,52                            | 17,10 | 13,68                      | 40                      | 4,62                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 50                      | 2,24                                             |
| 2                             | 5                | 20                | 4,19                      | 33,06                            | 18,63 | 14,68                      | 40                      | 2,92                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 50                      | 2,33                                             |
| 3                             | 5                | 30                | 4,10                      | 28,48                            | 20,05 | 16,64                      | 40                      | 3,01                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 50                      | 2,18                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 60                      | 1,60                                             |
| 4                             | 10               | 20                | 6,46                      | 34,86                            | 17,17 | 19,90                      | 40                      | 1,52                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 50                      | 1,38                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 60                      | 1,26                                             |
| 5                             | 10               | 30                | 7,09                      | 27,80                            | 17,03 | 23,70                      | 20                      | 6,26                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 30                      | 2,48                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 40                      | 1,56                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 50                      | 1,48                                             |
|                               |                  |                   |                           |                                  |       |                            | 60                      | 1,43                                             |

| Содержание н.о. в руде 4,95 % |    |    |      |       |       |       |    |      |
|-------------------------------|----|----|------|-------|-------|-------|----|------|
| 6                             | 5  | 30 | 4,16 | 23,17 | 23,44 | 23,41 | 40 | 3,57 |
|                               |    |    |      |       |       |       | 50 | 2,30 |
| 7                             | 10 | 20 | 7,13 | 26,87 | 19,03 | 31,87 | 40 | 1,97 |
|                               |    |    |      |       |       |       | 50 | 1,45 |
|                               |    |    |      |       |       |       | 60 | 1,34 |
| 8                             | 10 | 30 | 7,04 | 28,80 | 20,03 | 32,51 | 20 | 6,71 |
|                               |    |    |      |       |       |       | 30 | 2,59 |
|                               |    |    |      |       |       |       | 40 | 1,55 |
|                               |    |    |      |       |       |       | 50 | 1,41 |
|                               |    |    |      |       |       |       | 60 | 1,36 |
| 9                             | 10 | 40 | 7,07 | 28,15 | 20,92 | 34,08 | 40 | 2,07 |
|                               |    |    |      |       |       |       | 50 | 1,46 |

В связи с этим, для последующих исследований с использованием шламовой флотации был выбран режим 10 г/т флокулянта и 30 г/т собирателя шламов.

На рисунке 1 приведены принципиальная технологическая блок-схема процесса гидромеханического обесшламливания сильвинитовой руды с использованием флотомашины.



**Рисунок 1. Принципиальная технологическая блок-схема гидромеханического обесшламливания сильвинитовой руды с применением флотомашины.**

1, 2 – гидроциклоны, 3, 4 – промежуточные емкости, 5 – флотомашина.

Измельченная пульпа подается в гидроциклоны (поз. 1), где разделяется на слив и пески. Слив собирается в промежуточной емкости (поз. 3) и поступает во второй гидроциклон (поз. 2). Пески I и II гидроциклонов собирается в промежуточной емкости (поз. 4) и насосом подаются в флотомашину (поз. 5), где происходит разделение на пенный и камерный продукт.

Проведение процесса обесшламливания в флотомашине позволяет снизить содержание н.о. до 1,21-1,49% в питании сильвиновой флотации и по-

высить степень обесшламливания с 39,0% до 62,7-71,8%, что позволяет использовать в производстве сильвинитовые руды с содержанием до 5 % н.о.

На основании проведенных исследований показана возможность вовлечения в промышленное флотационное производство хлористого калия низкосортных сильвинитовых руд и повышения эффективности процесса гидромеханического обесшламливания сильвинитовых руд Тюбегатанского месторождения с повышенным содержанием н.о. путем дополнительной операции обесшламливания

в пневматической флотомашине. Для этого необходимо в качестве собирателя шламов использовать полиакриламид с концентрацией 0,1% и в качестве

собирателя шламов – терпеновое масло в количестве 30 г/т руды. При этом степень обесшламливания повышается до 62,7-71,8% или в 1,61-1,84 раза.

#### Список литературы:

1. Алиферова С.Н. Активация процессов флотации шламов и сильвина при обогащении калийных руд: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2007. – 21 с.
2. Алексеева Е.И. Интенсификация флотационной переработки высокошламистых сильвинитовых руд: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – СПб, 2009. – 20 с.
3. Бурриель – Марти Ф., Рамирес – Муньос Х. Фотометрия пламени. М., «Мир», 1972, – 520 с.
4. ГОСТ 20851.3-93. Удобрения минеральные. Методы определения массовой доли калия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. - 32 с.
5. Глембоцкий В.А. Флотационные методы обогащения // В.А. Глембоцкий, В.И. Классен. – Москва: Недра, 1981. – 238 с.
6. Постоянный технологический регламент производства хлористого калия из сильвинитовой руды флотационным методом. УП «Дехканабадский завод калийных удобрений». Утвержден директором УП «Дехканабадский завод калийных удобрений». 31.12.2012 г.
7. Самадий М.А., Мирзакулов Х.Ч., Меликулова Г.Э., Бойназаров Б.Т., Рахматов Х.Б. Исследование процесса обесшламливания сильвинитовой руды Тюбегатанского месторождения // Химия и химическая технология. – Ташкент, 2015. – № 4. – С. 57-62.
8. Самадий М.А., Мирзакулов Х.Ч., Бойназаров Б.Т., Кабулов Б.Д. Исследование минералогического состава и стадии обесшламливания сильвинита Тюбегатанского месторождения // Международный симпозиум «Химия для биологии, медицины, экологии и сельского хозяйства» ISHEM 2015. Тезисы докладов. Санкт-Петербург, 2015. С. 198.
9. Самадий М.А., Бобокулов А.Н., Росилов М.С., Адинаев Х.А., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса обесшламливания низкосортных сильвинитовых руд Тюбегатанского месторождения // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2016. № 9(30). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3583>. (дата обращения: 12.12.2016 г.)
10. Patent US 8011514. International Classes B03D1/02, B03D1/00, B03D3/02, B03D3/00. Modified amine-aldehyde resins and uses thereof in separation processes / J. T. Wright, C. R. White, K. Gabrielson, J. B. Hines, L. M. Arthur, M. J. Cousin.; assignee Georgia-Pacific Chemicals LLC. - Appl.№ 11/824230; Filed 29.06.2007; Prior Publication Data 24.01.2008. – p. 31.
11. Samadiy M.A., Lutfullaev S.L., Mirzakulov Kh.Ch. Physical and chemical characteristics of the insoluble rests in water and their influence on process deslurrying sylvinites of Tyubegatan // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – Austria, Vienna, March-April 2016. – № 2. P. 87-92.