

УДК 622.7

ФЛОТАЦИОННЫЕ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРИСТОГО КАЛИЯ

Ивлева Е.А., аспирант гр. ОПа-221, КузГТУ, I курс

Научный руководитель: Бобровникова А.А., к.х.н., доцент, зав. кафедрой ОПИ
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

В настоящее время, одним из ведущих способов обогащения руд, в составе которых присутствует калий является флотационный метод. Ведущую роль в данном методе занимают флотационные реагенты, так как именно от них зависит результат процесса. Так же, особое внимание уделяется пенообразователю, поскольку его физические и химические свойства и состав непосредственно влияют на состав готового продукта.

Данная работа содержит обзор современных пенообразователей, которые актуальны среди отечественных и зарубежных технологий получения КСl. Анализ патентной литературы за последние годы, показал, что многие авторы в своих работах рассматривали широкий ассортимент пенообразователей, их влияние совместно с собирателями и флокулянтами давали различные показатели в процессе флотации хлористого калия. Результаты работ показывают, что среди современных технологий обогащения минеральных руд, особое внимание уделяют флотационным процессам с использованием в качестве пенообразователей совместное применение спиртов и эфиров. Помимо этого, являются актуальными и традиционные пенообразователи, обеспечивающие высокое извлечение хлористого калия, например, лаурилсульфат натрия (SDS) и гликолевый эфир. Уровень оснащения современной техники дает возможность проводить процесс обогащения без привлечения реагента собирателя нерастворимого остатка, заменяя его смесью неионогенного флокулянта и пенообразователя. Учитывая динамику активно развивающейся нефтехимической отрасли, возрастает количество продуктов нефтепереработки, которые возможно использовать в качестве флотореагентов, сочетая с собирателями обогащения калийных руд флотационным методом.

Флотационный метод и пенообразователи

Флотационные реагенты подразделяются на собиратели, пенообразователи, депрессоры, активаторы и регуляторы. Более подробно рассмотрим такой флотационный реагент, как пенообразователь, который является одним из основных реагентов в методе флотации. Пенообразователи – это вещества, улучшающие устойчивость минерализованной пены, способствующие диспергированию воздуха в пульпе и образованию мельчайших пузырьков [1]. Чаще всего пенообразователи представлены поверхностно-активными веществами (ПАВ). Молекула ПАВ адсорбируется

на поверхности раздела фаз газ – жидкость, уменьшая поверхностное натяжение, при этом полярные группы молекулы обращены в воду, в результате чего пузырьки воздуха окружаются устойчивыми гидратными оболочками, препятствующими их слипанию [2]. Суть флотационного метода заключается в разделении минералов измельченной руды и способности удерживаться на границе раздела фаз в жидкой среде. Используя флотационные реагенты, можно искусственно изменять смачиваемость минеральной поверхности. Гидрофобные частицы прилипают к пузырькам воздуха, затем всплывают на поверхность пульпы и образуют минерализованную пену, а гидрофильные частицы не прилипают к пузырькам и остаются в объеме пульпы [3,4]. Основное преимущество метода в том, что он менее энергозатратный, по сравнению с другими способами обогащения.

В методе пенной флотации особое внимание уделяется минерализованной пене. Минерализованная пена по своему составу бывает двух видов: хрупкой и вязкой. Хрупкая пена очень быстро теряет свое изначальное состояние, при этом флотирующиеся частицы легко осыпаются с поверхности минерализованного пузырька и тонут в объеме пульпы. Это явление приводит к снижению извлечения минерала и увеличение потерь продукта. Вязкая пена очень устойчива к механическим воздействиям, она плохо разрушается, но не поддается транспортировке. В этом случае возникают проблемы с выделением концентрата в готовый продукт, поэтому для проведения процесса пенной флотации с наименьшими потерями, необходимо правильно подобрать реагентный режим [5,6]. Определяющей стадией пенной флотации, является образование комплекса пузырёк-частица [7]. При помощи пенообразователей можно регулировать процесс адсорбции, а именно, увеличивать вероятность закрепления частицы минерала на поверхности пузырька воздуха, а следовательно, повышать эффективность самого процесса [8]. Для повышения качества процесса обогащения калийных руд технологический уровень предлагает множество научно-исследовательских решений с применением пенообразователей.

Автор одной из патентных работ указывает, что данное изобретение предназначено для обогащения руд с большим содержанием нерастворимого остатка. В процессе пенной флотации используют пенообразователь, в составе которого простой или сложный эфир, а также спирт, который несет углеводородный остаток с числом атомов углерода от 6 до 16, и/или, по меньшей мере, полипропиленгликоль. В роли пенообразователей были рассмотрены композиции, состав которых представлен в табл. 1.

Таблица 1

Состав композиций исследуемого пенообразователя

Компонент	Состав композиций (% масс.)						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Полипропиленгликоль 200г/моль	75	75	75	75	75	75	0
Ди-2-этилгексилловый	4,1	25	0	12,5	10	10	16

эфир							
2-этилгексилкислота-2-этилгексиловый эфир	4,3	0	0	0	0	0	17
C ₁₆ -лактон	3,5	0	0	0	0	0	14
2-этилгексилбутират	1,1	0	25	12,5	10	10	5
2-этилгександиол-(1,3)-моно-н-бутират	2,6	0	0	0	0	0	11
2-этилгексанол	1,2	0	0	0	5	0	5
C ₄ -C ₆ -ацетат	0,7	0	0	0	0	0	3
2-этилгександиол-(1,3)	1,1	0	0	0	0	5	4
Простой эфир и сложный эфир > C ₂₀	2,3	0	0	0	0	0	9
Прочее	4,1	0	0	0	0	0	16

Результаты флотационного эксперимента по выходу нерастворимого остатка в зависимости от состава композиции пенообразователя представлены на рис. 1:



Рис. 1. Зависимость выхода нерастворимого остатка от состава комбинаций пенообразователя

По результату эксперимента, автором было отмечено, что наиболее эффективным пенообразователем является композиция в состав которой входит 75% масс. полипропиленгликоля и 25% масс. ди-2-этилгексилового эфира. При этом выход нерастворимого остатка составил 73,7 %. Для успешного проведения флотации количество пенообразователя устанавливают в зависимости от количества нерастворимых компонентов. Добавление пенообразователя в количестве меньше чем 0,4 г/т ведет к тому, что в необогащенной соли сохраняется высокое остаточное количество нерастворимых частиц, что требует добавления больших количеств сильвина,

который выступает в качестве собирателя. Добавление пенообразователя в количестве более чем 150 г/т приводит к значительным потерям сильвина в ходе флотации нерастворимых компонентов. Наилучшие результаты достигаются при количестве пенообразователя от 20 до 50 г/т необогащенной соли, более предпочтительно - при количестве от 20 до 40 г/т необогащенной соли; особенно предпочтительным количеством является 30 г/т. [9]. Технический результат - повышение эффективности разделения сильвинита и нерастворимых компонентов.

Заключение

Вследствие того, что метод пенной флотации является востребованным в калийной промышленности, а особенно, в получении хлористого калия, то использование вспенивающих веществ в процессе наиболее актуально. Аналитический обзор показал, что в процессах извлечения KCl путём пенной флотации используются такие пенообразователи как спирты, продукты нефтепереработки, сложные и простые эфиры. Применение указанных пенообразователей в процессе извлечения хлорида калия положительно влияет на процесс флотации, так как они способствуют образованию устойчивой пены на границе раздела фаз жидкость-газ, увеличивают степень извлечения хлорида калия и чистоту получаемого продукта.

Список литературы:

1. Назначение и классификация флотационных реагентов [Электронный ресурс] – URL: [Назначение и классификация флотационных реагентов \(extream.ru\)](http://extream.ru) / (дата обращения: 20.03.2023).
2. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / К.Р. Ланге; науч. ред. Л.П. Зайченко. – СПб.: Профессия, 2014. – 240с.
3. Брагина В.И., Брагин В.И. Флотационные методы обогащения: конспект лекций. – Красноярск: 2020. – 123 с.
4. Богданов О.С., Максимов И.И., Поднек А.К., Янис Н.А. Теория и технология флотации руд. – М.: Недра, 2015. – 363 с.
5. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений: учебник для вузов/ М. Е. Позин. – Ленинград: Химия, 1989. – 352 с.
6. Титков С.Н., Мамедов А.И., Соловьёв Е.И. Обогащение калийных руд. – М.: Недра, Переизд. 2012. – 216с.
7. Титков С.Н. Активация действия катионных реагентов – собирателей // Записки горного института. – 2005. – №Том 165. – С. 191-195.
8. Алиферова С.Н. Активация процессов флотации шламов и сильвина при обогащении калийных руд: автореф.: 25.00.13. – Екатеринбург, 2017.
9. Пенообразователь и способ флотации нерастворимых компонентов необогащённых калийных солей: пат. Рос. Федерация/ Педейн КлаусУльрих – № 2 532 303; заявл. 10.02.2010; опубл. 10.11.2014. Бюл. № 31. – 13с.