

Т. П. Соколова, мл. н. сотр., Н. И. Позняк мл. н. сотр.,  
Д. А. Конек, научн. сотр., Л. В. Дихтиевская, ст.н. сотр.,  
В. В. Шевчук, д-р. х.н, член-корр.  
(Институт общей и неорганической химии НАН Б, Минск)

## ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ КАИНИТ-ГАЛИТОВОЙ РУДЫ

Каинит – минерал класса сульфатов, содержащий хлористый калий и сернокислый магний. Его химический состав соответствует формуле  $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$  ( $KCl$  – 30.2 %;  $MgSO_4$  – 48.2 %;  $H_2O$  – 21.6 %). Каинит являлся основным полезным калийно-магниевым минералом в каинитовых рудах. Однако каинитовые руды содержат в значительных количествах галит, который необходимо удалять из руды.

**Цель работы.** Исследования условий проведения каинит-галитовой флотации для получения высокообогащенного каинитового концентрата.

**Объекты исследования.** Основной объект исследования - каинит-галитовая руда состава 27.7 % каинита, 71.4 % галита, 0.9 % ангидрита. Среди собирателей каинита выбор сделан в пользу катионных ПАВ по следующим причинам:

- катионные собиратели работают эффективно в кислой или слабокислой среде, которую не надо искусственно создавать, так как сам маточник, представляющий собой насыщенные по хлориду магния растворы, имеет слабокислую среду;

- катионные собиратели более поверхностно-активны, а следовательно и более эффективны, чем анионные, при значительно более низких их расходах;

- в мире широко налажено производство катионных ПАВ, в частности аминов;

- амины обладают достаточной пенообразующей способностью, что должно сыграть существенную роль при флотационном обогащении каинит-галитовых руд;

- при использовании катионных ПАВ не должно наблюдаться снижения селективности флотации при изменении состава оборотных маточных щелоков.

Солянокислые соли алифатических аминов получали путем взаимодействия расплава амина с концентрированной соляной

кислотой при ее избытке по отношению к амину 10 %. В качестве вспенивателей использованы сосновое масло (ТУ 13-0281074-263-95), каприловая кислота, амиловый спирт.

**Методы исследования.** Флотационные опыты проводили во флотационной машине типа «Механобр» с объемом камеры 150 см<sup>3</sup>. Соотношение Ж : Т = 3. Температура маточника – 20-25 °С. Время кондиционирования флотационной пульпы с собирателем 2 минуты. Флотационные опыты завершали после появления во флотационной камере пустой пены. Время флотации во всех опытах было различно и составляло от 4 до 25 минут в зависимости от реагентного режима флотации, циклов оборота маточника, фракционного состава руды. Для анализа продуктов флотационного обогащения каинит-галитовой руды проводился химический анализ на магний, калий, натрий, кальций, сульфат-ион, хлор-ион, по ГОСТ Р 54353-2011 Соль поваренная пищевая. Кроме того, для подтверждения химического анализа использовали рентгенофазовый анализ.

Подобран оптимальный состав и плотность флотационного раствора (маточника) для обогащения каинит-галитовой руды. Показано, что маточник представляет собой водный раствор хлорида магния с плотностью 1284 кг/м<sup>3</sup>.

Показано, что высокомолекулярные амины, являющиеся отличными собирателями при флотационном обогащении сильвинитовых руд, утрачивают флотационную активность в растворах с повышенным содержанием магния. Установлено, что наибольшей флотационной активностью в отношении каинита обладают солянокислые соли алифатических аминов, преимущественно с длиной цепи C<sub>10</sub>-C<sub>12</sub>. Они менее склонны к мицеллообразованию и высаливанию, малочувствительны к содержанию в растворе хлорида магния, обладают достаточными пенообразующими свойствами в растворах электролитов, распределяясь в межфазовых поверхностях твердое-жидкость, жидкость-газ. Рекомендуется готовить растворы аминов с 10%-ным избытком соляной кислоты (рН=2,9). Более высокие избытки соляной кислоты нарушают устойчивость растворов солей аминов.

Флотация каинит-галитовой руды в первичном маточнике при расходе солянокислой соли додециламина 120 г/т руды обеспечивает 72%-ное извлечение хлорида калия в концентрат при содержании КСl в концентрате 25.2 %, что соответствует содержанию каинита 84 %. В хвостах флотации остается 9.7 % каинита. Следует отметить, что если плотность первичного рассола имела значение 1280 кг/м<sup>3</sup>, то после 1-го цикла она увеличилась до значения 1284 кг/м<sup>3</sup>. Это значение

сохранялось до и после флотации во всех остальных циклах. То есть, одновременно с накоплением собирателя в маточнике наблюдается его стабилизация. С каждым оборотным циклом флотационные показатели по извлечению каинита в концентрат улучшаются. Так, при прохождении маточника 15 циклов извлечение хлорида калия в концентрат достигает 79.2 %, против 72.0 % при использовании первичного маточника. Этот момент следует учитывать при запуске флотофабрик и после их ППР. При использовании первичного маточника показатели флотации будут низкими, и только после прохождения нескольких флотационных циклов (при использовании одного солянокислого додециламина не менее 6-ти циклов) устанавливается оптимальный флотационный режим. Показано, что высокого извлечения полезного продукта в концентрат при использовании одного амина достичь не удастся: для лучшей работы собирателя необходимо введение вспенивающего агента.

Показано, что в составе собирательной смеси со вспенивателями наиболее флотоактивна смесь солянокислого амина с амиловым спиртом или каприловой кислотой. При введении амилового спирта или каприловой кислоты в водный раствор солянокислого амина повышается устойчивость рабочих растворов собирателя, что позволяет использовать их в естественном состоянии без нагревания. Использование в собирательной смеси вспенивателей не только способствует повышению извлечения полезных компонентов в пенный продукт, но и очень ускоряет флотации. Так, в присутствии амилового спирта в собирательной смеси скорость флотации повышается в 2-3 раза.

Таким образом, на стадии основной флотации каинит-галитовой руды с использованием собирательной смеси на основе солянокислого додециламина с амиловым спиртом или каприловой кислотой при оптимальном соотношении компонентов можно достичь 94-95 %-го извлечения каинита в концентрат. Однако содержание хлорида калия в таком концентрате составляет 24-25 %, или в пересчете на каинит 80-83 %. Путем проведения перечисток полученного черного концентрата в оборотных маточниках без привлечения каких-либо реагентов содержание каинита в концентрате можно повысить до 97-98 %, что подтверждено рентгенографическими исследованиями.

Расход собирателя – 120 г/т руды. Плотность маточного раствора – 1284 кг/м<sup>3</sup>

Таблица – Влияние расхода вспенивателя в собирательной смеси на основе солянокислого додециламина на технологические показатели флотации каинит-галитовой руды.

Расход вспенивателя, г/т руды	Концентрат, %				Содержание КСІ в хвостах, %
	Выход	Содержание КСІ	Извлечение КСІ	Содержание каинита	
Сосновое масло					
Первичный маточник					
0	22.9	25.2	72.0	84.2	2.89
5	24.1	25.8	77.8	86.2	2.34
10	25.2	26.0	82.0	86.8	1.93
15	25.2	26.1	82.3	87.2	1.90
20	26.0	25.4	82.5	84.8	1.87
Продолжение таблицы					
Оборотный маточник (6 циклов)					
0	26.0	23.7	77.1	79.1	2.47
5	27.4	24.8	84.9	82.8	1.66
10	27.6	25.5	88.0	85.1	1.33
15	27.8	25.5	88.6	85.2	1.26
20	28.0	25.4	88.9	84.8	1.23
Амиловый спирт					
Первичный маточник					
0	22.9	25.2	72.0	84.2	2.89
15	24.0	24.9	74.6	83.2	2.68
30	26.7	25.0	83.4	83.5	1.81
60	28.0	25.1	87.9	83.8	1.35
80	28.5	25.0	89.0	83.5	1.22
120	30.8	23.7	91.1	79.1	1.01
Оборотный маточник (4 цикла)					
0	26.0	23.7	77.1	79.1	2.48
15	28.3	24.0	85.0	80.1	1.70
30	29.1	24.4	88.9	81.5	1.28
60	29.4	25.4	93.3	84.8	0.77
80	30.0	25.1	94.0	83.8	0.69
120	32.1	23.8	95.5	79.5	0.55
Каприловая кислота					
60-0 цикл	28.6	25.6	86.5	85.5	1.51
60-1- цикл	30.8	23.4	90.1	78.1	1.15
60 -2- цикл	32.7	22.4	91.3	74.8	1.04
60-3- цикл	35.3	21.0	92.7	70.1	0.90
60-4- цикл	39.0	19.2	93.7	64.1	0.83