

УДК 544.726; 544.032

Студ. О.А. Плешевеня, А.А. Ермакович

Науч. рук. проф. Л.Н. Москальчук

(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

### **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РУП ПО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»**

Добываемые на Старобинском месторождении калийные руды в целом характеризуются достаточно низким содержанием КС1 (23,0–28,7%) и повышенной концентрацией нерастворимых в воде примесей (3,9–5,6 %). В настоящее время на обогатительных фабриках РУП ПО «Беларуськалий» применяется в основном флотационный метод, в частности на 1, 2 и 3 рудоуправлениях (РУ), и в меньшей степени галургический (химический) (4 РУ).

Флотационный метод основан на различной способности отдельных минералов, входящих в состав сильвинитовой руды смачиваться водой или насыщенными растворами солей. Флотация (от английского слова flotation – всплывание) галита из калийных руд впервые была осуществлена в США в 1934 году, и в настоящее время во всем мире этим методом получают около 50 % калийных удобрений. Технологический процесс, с переводом в пенный продукт хлористого калия, предусматривает: диффузию в растворе и селективную сорбцию собирателя на поверхности солевого минерала; закрепление минеральных частиц на пузырьках пульпы; образование минерализованной пены и вынос ее на поверхность в виде концентрата.

Технологические схемы обогащения калийных руд состоят из следующих основных технологических операций:

- измельчение руды (с целью раскрытия зерен сильвинита);
- предварительное удаление из руды глинистого шлама;
- основная флотация с перечисткой полученного концентрата;
- обезвоживание концентрата, шламов и хвостов;
- складирование галитовых отходов и глинисто-солевых шламов;
- осветление и возвращение в технологический процесс оборотного насыщенного раствора.

Эта технология значительно усложняется при переработке руд с повышенным содержанием глинистых шламов (при содержании н. о. более 3–4%), оказывающих существенное влияние на степень извлечения КС1 из руды, качество калийных концентратов, способы обезвоживания и т.д. Повышенное содержание н.о. требует дополнительных технологических операций для удаления и обработки шламов. В настоящее время при выборе оптимальной технологии обесшламливания предпочтение отдают многостадийным схемам переработки руды

(комбинация механического и флотационного методов), позволяющим повысить извлечение шламов с 60 до 80 % [1].

Принципиальной основой технологических схем для переработки сильвинитовых руд Старобинского месторождения (н.о. 4–8 %) является разработанный Всероссийским институтом гидротехники (ВНИИГ) метод депрессии глинистых шламов карбоксиметилцеллюлозой (NaКМЦ). Расход реагентов на 1 т сильвинитовой руды составляет соответственно 450, 70, 15 и 50 г. Свежей технической воды расходуется 0,6 м<sup>3</sup>, электроэнергии – 74 кВт·ч. Расход руды на 1 т калийного концентрата (в пересчете на 95% KCl) составляет 5,2 т (при стандартном содержании KCl в руде – 22%). Флотационное обогащение сильвинитовых руд имеет ряд существенных недостатков, основные из которых следующие:

1) содержание KCl в концентратах-удобрениях составляет 90,5–92,5%, что не соответствует уровню мировых стандартов (95–96 %) и снижает экспортный потенциал РУП ПО «Беларуськалий» (особенно неэффективно флотируются тонкие фракции сильвинита – 0,05 мм);

2) галитовые отходы насыщены аминами, что затрудняет практическое решение проблемы их утилизации с целью производства пищевой поваренной соли и кормовой соли для животноводства.

Вышеприведенных недостатков лишен галургический метод обогащения сильвинитовых руд, в основу которого положены процессы растворения и кристаллизации солей из водных растворов. Галургический (химический) метод переработки сильвинита известен давно, более 100 лет. Он предусматривает выщелачивание KCl из руды обратным раствором (при температуре около 100 °С) и его последующую кристаллизацию при охлаждении. Технологические процессы галургического метода учитывают природу, термодинамику и кинетику фазовых превращений в системе KCl-NaCl-H<sub>2</sub>O и ее подсистемах KCl-NaCl, KCl-H<sub>2</sub>O и NaCl-H<sub>2</sub>O.

Технологическая схема включает следующие основные стадии:

- 1) дробление сильвинитовой руды;
- 2) извлечение в раствор KCl выщелачиванием сильвинита горячим растворяющим щелоком;
- 3) отделение от раствора твердого галитового остатка и его промывка для снижения потерь KCl;
- 4) выделение твердых примесей (солевого и глинистого шлама) из горячего щелока, насыщенного KCl и NaCl;
- 5) противоточная промывка глинистого шлама горячей водой для снижения потерь KCl;
- 6) охлаждение осветленного щелока с целью кристаллизации KCl

и одновременного использования тепла горячего раствора для подогрева растворяющего щелока;

7) отделение кристаллов KCl от маточного раствора (с обработкой для снижения их слеживаемости);

8) сушка кристаллического KCl;

9) нагрев маточного раствора для подачи на последующее выщелачивание;

10) удаление и складирование отходов – галитового материала и глинистого шлама (или их утилизация);

11) гранулирование хлористого калия – концентрата, используемого в качестве минерального удобрения.

Для кристаллизации KCl из раствора используется его охлаждение до 20–30 °С путем самоиспарения воды под вакуумом. С целью получения более крупных кристаллов KCl необходимо медленное охлаждение раствора, что практически осуществляется на многоступенчатых вакуумкристаллизационных установках (ВКУ). Конечный продукт химического обогащения сильвинитовых руд содержит до 98 % KCl и всего лишь 0,5–1,0 % влаги (содержание NaCl составляет 1–3 %). Извлечение KCl в продукт составляет 86 %, на 2–5% выше, чем при флотационном обогащении калийных руд. Расход сырья, энергии и материалов при галургическом методе на 1 т кристаллического KCl следующий: руда (22% KCl) – 4,8 т; реагенты (в сумме) – 0,45 кг; топливо (мазут) – 7 кг; пар – 0,38 Мкал; электроэнергия – 21,1 кВт·ч; вода – 8,6 м<sup>3</sup>. Следует заключить, что по сравнению с флотационным обогащением галургический метод характеризуется более низким расходом руды, химических реагентов и электроэнергии на производство 1 т концентрата, но сопровождается более значительным расходом воды. Тем не менее этот метод обеспечивает получение высококачественных минеральных удобрений (96–98 % KCl) и, что не менее важно, предопределяет возможность более полного извлечения калия из руды и, следовательно, комплексного использования запасов природного минерального сырья.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ОАО «Беларуськалий». Производство/ Технологии обогащения [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <https://kali.by>. Дата доступа : 20.04.2019.

2. Экологический бюллетень за 2015 год. Глава 11. Отходы//Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: [http://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/ glava-11-otxody.docx](http://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/glava-11-otxody.docx) / Дата доступа: 20.04.2019.