

УДК 622.7.017.2

ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОБОГАТИМОСТЬ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНЫХ РУД ПЕТРИКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ХЛОРИСТОГО МАГНИЯ



М. Р. ТУРКО,
заведующий
лабораторией,
канд. техн. наук,
tela7@bk.ru



Л. А. СОЛОВЬЁВА,
старший научный
сотрудник

ОАО «Белгорхимпром», Минск, Беларусь



А. Д. ЛЮБУЩЕНКО,
зам. главного
инженера
по технологии



Е. А. БАШКАРДИНА,
главный технолог
Второго
рудоуправления

ОАО «Беларуськалий», Солигорск, Беларусь

Введение

Одним из приоритетных направлений роста эффективности горного производства является внедрение новых способов обогащения руд, а также создание и освоение технологий переработки низкосортного сырья [1–12]. В настоящее время в качестве сырьевой базы предприятий по производству калийных удобрений планируется вовлекать в отработку месторождения со сложным минеральным составом, в том числе те, что ранее считались забалансовыми, – с повышенным содержанием нерастворимого остатка (н.о.) и хлористого магния ($MgCl_2$). Это Гремячинское месторождение в Волгоградской области, Палашерский и Белопашинский участки Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (Россия); Гарлыкское месторождение в Туркменистане; Тюбегатанское месторождение в Узбекистане; Петриковское месторождение в Республике Беларусь и др.

Особенностью флотации сильвина из калийных руд является то, что она проводится в насыщенных растворах электролитов в системе $KCl-NaCl-H_2O$ или $KCl-NaCl-MgCl_2-H_2O$, что значительно, согласно работе [13], изменяет коллоидно-химические, сорбционные и флотационные свойства применяемых реагентов; морфологию поверхности и сорбционные свойства разделяемых солевых минералов; агрегатное состояние и сорбционные свойства примесей, содержащихся в калийных и сильвинит-карналлитовых рудах.

Проанализировано влияние повышенного содержания карналлита и высоких (более 30 °С) температур насыщенного солевого раствора на процесс флотации сильвина. Приведены результаты лабораторных исследований руд Петриковского месторождения на обогатимость.

Ключевые слова: анализ, месторождение калийных руд, повышенное содержание, карналлит, высокая температура среды, исследование на обогатимость, гранулометрический и фракционный состав, флотация, реагентный режим, показатели обогащения, разработка, технологическая схема.

DOI: 10.17580/gzh.2018.08.12

Если в калийной руде присутствует карналлит, он легко растворяется вследствие повышенной гидратированности Mg^{2+} по сравнению с K^+ и Na^+ . Содержание хлорида магния в солевом растворе возрастает, а хлоридов калия и натрия снижается. Карналлит растворяется до тех пор, пока не наступает равновесие системы $KCl-NaCl-MgCl_2-H_2O$.

Увеличение концентрации $MgCl_2$ в солевом растворе и сорбция высокогидратированных ионов магния на поверхности сильвина повышают смачиваемость поверхности кристаллов KCl . Одновременно происходит ухудшение однородности поверхности сильвина. Уже при концентрации $MgCl_2$ 1,06–3,36 % на поверхности кристаллов KCl появляется большое число микротрещин, каверн. Повышение смачиваемости поверхности зерен сильвина и нарушение его поверхности при увеличении температуры жидкой фазы и повышении содержания в ней ионов магния снижает сорбцию амина на частицах сильвина, особенно с увеличением их крупности [13, 14].

Следует также отметить, что с увеличением концентрации хлористого магния в насыщенных солевых растворах будет возрастать его содержание в готовом продукте. Это может привести к повышению гигроскопичности хлористого калия, к снижению его сыпучести и прочности гранул.

Кроме того, для предотвращения накопления $MgCl_2$ в оборотных насыщенных солевых растворах флотационных фабрик необходим периодический сброс части жидкой фазы, что приводит к потере хлористого калия. Таким образом, наличие повышенного содержания карналлита в руде создает определенные трудности при ее переработке и приводит к ухудшению технико-экономических показателей работы предприятия.

На калийных флотационных фабриках постсоветского пространства опыт по промышленной переработке смешанных калий-

ных солей, содержащих более 0,8 % $MgCl_2$, отсутствует. За рубежом имеются обогатительные фабрики, достаточно успешно флотирующие сильвин из сильвинит-карналлитовых руд. Одной из таких фабрик является «Цилиц» в Германии. В руде отсутствует нерастворимый в воде остаток. Концентрация $MgCl_2$ в насыщенном солевом растворе (маточнике) составляет 90 г/дм³ (около 7 %). В этих условиях содержание KCl в твердой фазе хвостов составляет около 4 %, а извлечение KCl в концентрат равно 88,15 % [15].

После открытия Петриковского месторождения ВНИИ Галургии в 1969–1971 гг. проводились лабораторные исследования применимости флотационного способа обогащения к сильвинит-карналлитовым рудам на керновых пробах, измельченных до крупности –0,3 мм. Исследования показали, что сильвинитовая руда с содержанием хлористого магния менее 1,8 % обогащается флотационным методом с получением достаточно высоких технологических показателей, а обогащение руды с содержанием хлористого магния более 1,8 % методом флотации является нерентабельным.

При исследовании влияния на показатели флотации сильвина из калийных руд повышенного содержания в руде $MgCl_2$ было также установлено, что одновременное повышение в руде содержания $MgCl_2$ и температуры флотационной пульпы ухудшает закрепление амина на сильвине и снижает его флотируемость [13].

Обычно флотация сильвина из калийных руд при нормальных температурах солевого раствора 21–23 °С осуществляется первичными алифатическими аминами с длиной углеводородного радикала C_{16} – C_{18} . Исследования [16] прочности закрепления на сильвине первичных алифатических аминов с длиной радикала C_{12} , C_{16} , C_{18} , C_{20} , C_{22} показали, что наибольшая прочность закрепления наблюдается для аминов с длиной углеводородного радикала $C_{20} + C_{22}$. С целью улучшения закрепления катионного собирателя на поверхности сильвина и его флотации при температуре солевого раствора выше 29–30 °С было предложено ввести в состав собирателя высокомолекулярные амины с длиной углеводородного радикала C_{20} и выше [17].

Лабораторными и опытно-промышленными испытаниями реагентов-собирателей сильвина компании AkzoNobel типа Lilafлот FAB 53 (содержание радикала $C_{20} + C_{22} - 25\%$) и Armeen M (содержание радикала $C_{20} + C_{22} - 47\%$) было показано, что при температурах флотационной пульпы выше 30 °С и до 42 °С применение этих высокомолекулярных реагентов позволяет получить сопоставимые результаты процесса флотации в сравнении с нормальной температурой 21–23 °С [18]. Высокомолекулярный амин Armeen M внедрен в производство и успешно используется

на флотационных фабриках ОАО «Беларуськалий» в летний период времени.

Проведенный в данной статье анализ влияния повышенного содержания карналлита в руде и высоких (более 30 °С) температур насыщенного солевого раствора (флотационной пульпы) на процесс флотации сильвина был использован при исследовании на обогатимость и разработке технологии обогащения сильвинитовых руд Петриковского месторождения с повышенным содержанием хлористого магния (до 2 %).

Методика и результаты исследования руд Петриковского месторождения на обогатимость

В соответствии с геологическими условиями залегания продуктивных пластов промышленного Четвертого-П горизонта Петриковского месторождения, с учетом предполагаемой системы добычи руды и на основании результатов исследования качественного состава керновых проб разведочных скважин для проведения экспериментальных лабораторных исследований, было сформировано несколько технологических проб.

Из керновой массы первых стволов исследуемых скважин была сформирована проба № 1, а из вторых стволов – проба № 2 (табл. 1).

На основании полного химического и минералогического анализа керновых проб скважин № 358Д, № 364Д и № 387Д Северного участка калийного Четвертого-П горизонта руда Петриковского месторождения классифицируется как калийсодержащая хлоридного типа с наличием в ней в основном хлоридов K и Na, хлоридов Mg и Ca, а также в небольших количествах сульфата Ca и нерастворимого в воде остатка. Кроме того, в руде отмечается повышенное содержание иона Br в сравнении с рудой Старобинского месторождения.

Исследования гранулометрических составов проб № 1 и 2 показали близость их характеристик. Для руды Петриковского месторождения характерно более низкое шламообразование и более крупный размер среднего диаметра зерен при дроблении до изученных крупностей в сравнении с рудой Старобинского месторождения.

Под микроскопом был исследован минералогический состав руды, который показал, что «чистых» сильвиновых зерен в двух верхних классах руды (–5+3,15 и –3,15+2 мм) пробы № 1 при дроблении ее до крупности –5 мм не наблюдается. В двух верхних классах этой руды (–3,15+2 и –2+1,6 мм), раздробленной до крупности –3,15 мм, выделяется сильвин в количестве 14,2 % класса –3,15+2 мм и 16,8 % класса –2+1,6 мм и небольшое количество сильвин-карналлитовых сростков. При дроблении руды пробы № 2 до крупности –1,6 мм в двух верхних классах –1,6+1,25 и –1,25+1 мм выход сильвиновых зерен составил 19 и 27 % соответственно. Карналлит при таком дроблении руды в верхних классах присутствует в виде сростков и в чистом виде не выделяется.

Фракционный анализ руды технологической пробы № 1, раздробленной до крупностей –10; –5; –3,15 и –1 мм, и руды технологической пробы № 2, раздробленной до крупностей –3,15;

Таблица 1. Химический состав технологических проб

Номер технологической пробы	Массовая доля составляющих, %						
	KCl	NaCl	MgCl ₂	CaCl ₂	CaSO ₄	Br	н.о.
1	25,17	70,29	1,62	0,24	0,35	0,096	0,19
2	28,60	66,09	2,04	0,16	0,41	0,120	0,20

Таблица 2. Рекомендуемые реагентные режимы и удельные расходы реагентов для раздельной флотации KCl из руды Петриковского месторождения с массовой долей MgCl₂ – 1,6 и 2 % в условиях разных температур среды

Температура насыщенного солевого раствора, °C	Собирательная смесь			Расход реагентов на питание флотации				Расход реагентов на руду			
	Марки аминов	Модификатор	Пенообразователь	Собиратель, г/т стандартного питания (22 % KCl)		Депрессор – крахмал картофельный, г/т натурального питания		Собиратель, г/т стандартной руды (22 % KCl)		Депрессор крахмал картофельный, г/т натуральной руды	
				Массовая доля MgCl ₂ в руде, %		Массовая доля MgCl ₂ в руде, %		Массовая доля MgCl ₂ в руде, %		Массовая доля MgCl ₂ в руде, %	
	1,6	2	1,6	2	1,6	2	1,6	2	1,6	2	
<i>Реагентный режим для флотации KCl из крупнозернистой фракции руды</i>											
23	Lutamine TH 95	ПЖ/ПЭГ	СМ	71	–	90	–	60	–	76,5	–
<i>Реагентный режим для флотации KCl из мелкой фракции руды</i>											
23	Lutamine TH 95	ПЖ/ПЭГ	–	60	–	90	–	9	–	13,5	–
<i>Рекомендованный реагентный режим для флотации KCl из крупнозернистой фракции руды (-1,25+0,25 мм)</i>											
23	1 Lutamine TH 95 summer 2 Lutamine TH 95 summer/ Flotigam 7266 (50/50)	Газойль каталитический	СМ	70	80	90	120	60	68	76,5	102
32	1 Lutamine TH 95 summer 2 Lutamine TH 95 summer/ HYNAPR HTD твердый (70/30 – 90/10)	Газойль каталитический	СМ	60	70	70	90	51	60	60	76,5
		ПЖ/ПЭГ									
38	Lutamine TH 95 summer/ Armeen M (50/50)	Газойль каталитический	СМ	55	65	60	90	46,8	55,3	51	76,5
		ПЖ/ПЭГ									
<i>Рекомендованный реагентный режим для флотации KCl из мелкой фракции руды (-0,25+0,045 мм)</i>											
23	Lutamine TH 95 summer	–	–	20	30	90	120	3	4,5	13,5	18
	Lutamine TH 95 (или другой аналогичного состава)	ПЖ/ПЭГ	–	25	–	90	–	3,75	–	13,5	–
32	Lutamine TH 95 summer	ПЖ/ПЭГ	–	30	30	90	100	4,5	4,5	13,5	15
38	Lutamine TH 95 summer/ Armeen M (50/50)	–	–	40	50	90	100	6	7,5	13,5	15

Примечание. Соотношение реагентов в собирательной смеси для флотации KCl из крупнозернистой фракции руды: Амин/ПЖ/ПЭГ/СМ – 40/5/10/15; Амин/ГК/СМ – 40/15/15; соотношение реагентов в собирательной смеси для флотации KCl из мелкой фракции руды: Амин/ ПЖ/ПЭГ – 35/5/10.

Таблица 3. Технологические показатели обогащения калийной руды Петриковского месторождения при массовой доле MgCl₂ в руде 1,6 и 2 % в условиях разных температур среды

Температура насыщенного солевого раствора, °C	Массовая доля MgCl ₂ в руде, %							
	1,6				2			
	Технологические показатели				Технологические показатели			
	Выход концентрата, %	Массовая доля KCl в концентрате, %	Общее извлечение KCl в концентрат, %	Массовая доля KCl в хвостах флотации, %	Выход концентрата, %	Массовая доля KCl в концентрате, %	Общее извлечение KCl в концентрат, %	Массовая доля KCl в хвостах флотации, %
23	23,36	90,16	83,26	2,35	20,25	90,67	73,08	3,52
32	25,20	88,43	88,21	1,72	23,08	89,03	81,75	1,77
38	24,08	84,09	80,39	2,27	22,71	87,48	78,48	3,00

–1,6 и –1 мм, выполненный по классу руды +0,25 мм в тяжелых жидкостях, показал, что начало раскрытия зерен минерала сильвина начинается с крупности руды –3,15 мм.

Максимальное значение степени раскрытия сильвина (массовая доля KCl > 95 %), равное 88,3 %, получено для технологической пробы № 1, раздробленной до крупности –1 мм. Содержащийся в зернистой части руды +0,25 мм минерал карналлит, даже в легких фракциях с плотностью менее 1980 кг/м³, находится преимущественно в виде сростков с сильвином, и эти карналлитовые зерна с небольшим выходом выделяются в классах крупности менее 3,5 мм из рудной массы всех исследованных крупностей дробления. Основная масса MgCl₂ содержится в классе –0,25 мм.

Результаты исследований гранулометрического, минералогического и фракционного состава руды Петриковского месторождения использованы далее при проведении опытов по флотации сильвина из данной руды.

Для проведения экспериментальных флотационных исследований из имеющегося рудного сырья (керновые пробы) была сформирована технологическая проба № 4, массовая доля в которой по результатам химического анализа составила: KCl – 24,61 %, н.о. – 0,24 %, MgCl₂ – 1,69 %.

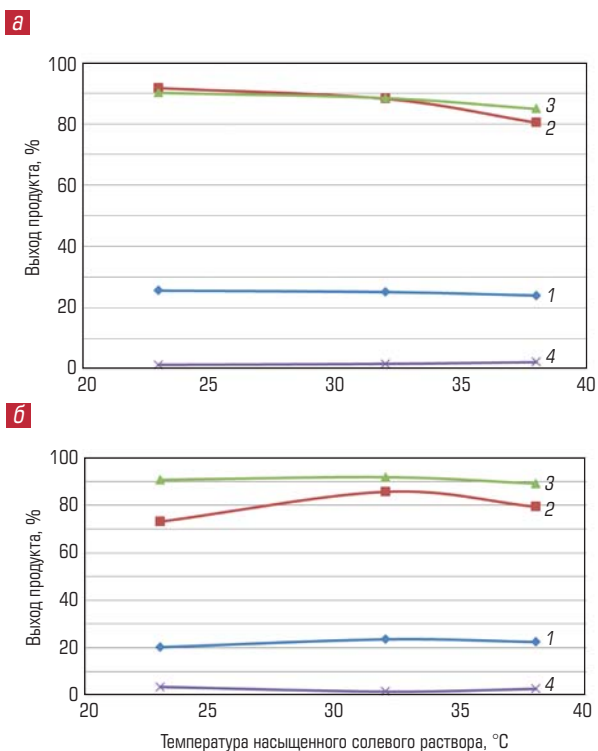


Рис. 1. Показатели общих концентратов при отдельной флотации сильвина из крупной и мелкой фракций руды технологической пробы № 4 (а) и 5 (б) в условиях разных температур среды:

1 – выход концентрата; 2 – общее извлечение KCl в концентрат; 3 – массовая доля KCl в концентрате; 4 – массовая доля KCl в хвостах флотации

Учитывая, что в промышленных условиях возможны колебания в руде по содержанию составляющих ее минералов, была сформирована для проведения сравнительных исследований и технологическая проба № 5 с повышенным содержанием MgCl₂, массовая доля основных компонентов в которой составила: KCl – 24,32 %, н.о. – 0,36 %, MgCl₂ – 2,02 %.

Для обогащения калийной руды Петриковского месторождения с массовой долей MgCl₂ 1,6 и 2 % по эффективной разделной схеме кондиционирования и флотации крупных и мелких фракций руды выполнен комплекс экспериментальных исследований по изысканию и выбору флотационных реагентов и отработки реагентных режимов в условиях различных температур насыщенных солевых растворов (23, 32, 38 °С); определена эффективность действия различных марок аминов при флотации сильвина из крупной (–1,25 + 0,2 мм) и мелкой (–0,25 + 0,045 мм) фракций руды; установлены оптимальные расходы депрессора шламов, собирателя сильвина и соотношение компонентов собирательной смеси (табл. 2).

Проведение отдельной флотации сильвина из руды с массовой долей MgCl₂ 1,6 и 2 % с использованием рекомендованных реагентных режимов в составе собирательной смеси Амин/Парафин жидкий (ПЖ)/Полиэтиленгликоль (ПЭГ)/Сосновое масло (СМ) с оптимальными расходами (см. табл. 2) позволило получить общие концентраты крупностью –1,25 мм после III переотсадки концентрата с технологическими показателями при температурах флотационной среды 23, 32, 38 °С, которые приведены в табл. 3 и на рис. 1. Из приведенных данных видно, что более высокие показатели по выходу концентрата, извлечению KCl в концентрат и массовой доле KCl в хвостах флотации получены при температуре насыщенного солевого раствора 32 °С. Это вполне согласуется с данными из литературных источников [17–19], согласно которым применение аминов смешанного фракционного состава позволяет оптимизировать флотационные свойства собирателя для флотации KCl в зависимости от состава и температуры солевого раствора с возможностью получения равного извлечения KCl в концентрат при изменении температуры солевого раствора в интервале 18–35 °С.

Для руды с массовой долей MgCl₂ 2 % с использованием аналогичных реагентных режимов и повышенных удельных расходов реагентов показатели общего концентрата значительно ниже.

Учитывая, что на первом этапе освоения Петриковского месторождения сильвинитовых руд на обогатительную фабрику будет поступать сырье с низким содержанием KCl, значительно ниже проектного (24 %), были выполнены лабораторные исследования на керновых пробах руды с массовой долей KCl 16, 18, 20 %. Установлены зависимости извлечения KCl в концентрат от качества руды.

Зависимости извлечения хлористого калия в общий концентрат основной и пересортичной флотации от массовой доли KCl в руде при отдельном кондиционировании и флотации крупной и мелкой фракций руды представлены на рис. 2.

В промышленных условиях принципиально важно вести процесс флотации сильвина в насыщенных солевых растворах, что-

бы избежать растворения руды и снизить тем самым потери хлористого калия, поэтому в зависимости от массовой доли $MgCl_2$ в руде и температуры среды массовая доля $MgCl_2$ в насыщенном солевом растворе должна быть от 9 до 12 %.

С использованием полученных результатов лабораторных исследований обогатимости руды Петриковского месторождения с повышенной массовой долей $MgCl_2$ разработана и протестирована на мини-пилотной установке технологическая схема обогащения этой руды с достижением технологического извлечения 87,5 % при переработке руды с массовой долей KCl 24 % и $MgCl_2$ – не более 1,6 %.

Рекомендованная технологическая схема для составления исходных данных на проектирование обогатительной фабрики Петриковского горно-обогатительного комплекса включает в себя следующие основные операции: дробление и измельчение руды до флотационной крупности –1,25 мм; гидравлическую классификацию в гидроциклонах по крупности 0,13–0,17 мм подрешетных продуктов предварительной и поверочной классификаций по крупности 1,25 мм отделения измельчения руды; раздельное кондиционирование с реагентами и раздельную флотацию крупной (–1,25+0,17 мм) и мелкой (–0,17 мм) фракций руды; перемешку черновых концентратов крупнозернистой и мелкозернистой флотации в одну стадию в пневмоэжекторных флотационных аппаратах; первую стадию совместного обезвоживания пенных продуктов перемешки операций чернового концентрата флотации крупной и мелкой фракций на ленточных вакуум-фильтрах; выщелачивание обезвоженного на вакуум-фильтрах концентрата технической водой в количестве, позволяющем получить кондиционный по содержанию хлористого калия товарный продукт; вторую стадию обезвоживания продукта операции выщелачивания на фильтрующих центрифугах; фильтрование галитовых отходов на ленточных вакуум-фильтрах.

В связи с относительно невысоким количеством воды, выводимой из технологического процесса с концентратом и галитовы-

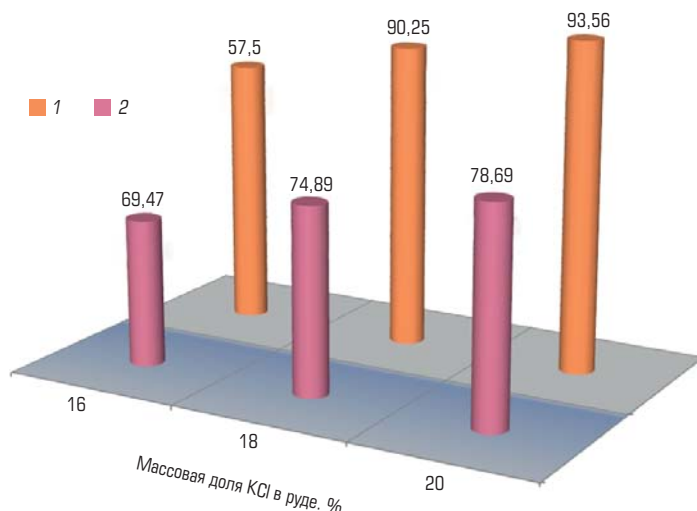


Рис. 2. Зависимость извлечения хлористого калия (%) в общий концентрат основной (1) и перемешанной (2) флотации от массовой доли KCl в руде

ми отходами (сброс шламов из-за низкого их содержания в руде отсутствует), часть оборотного маточного раствора должна сбрасываться в хранилище в количестве, определяемом водным балансом фабрики. Данная операция будет способствовать частичному выводу из технологического процесса хлористого магния, отрицательно влияющего на процесс флотации.


Заключение

В результате проведения комплекса лабораторных исследований на обогатимость руд Петриковского месторождения разработана технологическая схема их обогащения с плановым извлечением 87,5 %.

Библиографический список

1. Чантурия В. А. Перспективы устойчивого развития горноперерабатывающей индустрии России // Горный журнал. 2007. № 2. С. 2–9.
2. Турко М. Р., Шахназаров А. А., Вишняк Б. А. Основные тенденции создания технологических схем переработки сильвинитовых руд на современном этапе // Рудник будущего. 2010. № 4. С. 90–98.
3. Фролов И., Зевакин Н. Минеральные удобрения. В поисках равновесия. – М.: ОАО «Промсвязьбанк», 2013. – 22 с.
4. Абрамов А. А. Теоретические основы создания инновационных технологий флотации. Часть 1. Теоретические основы современной флотации // Цветные металлы. 2013. № 2. С. 17–21.
5. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. Неметаллические полезные ископаемые. Соли калийные. – М.: Росгеолфонд, 2015. С. 1–12.
6. Технико-экономические показатели горных предприятий за 1990–2014 гг. – Екатеринбург: ИГД УРО РАН, 2015. – 321 с.
7. Чантурия Е. Л., Козлов А. П. Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (Плаксинские чтения – 2017) // Обогащение руд. 2017. № 6. С. 58–61.
8. Heffer P., Prud'homme M. Fertilizer Outlook 2013–2017 // Proceedings of the 81st IFA Annual Conference. – Paris: International Fertilizer Industry Association (IFA), 2013. – 8 p.
9. Brown T. J., Wrighton C. E., Raycraft E. R., Shaw R. A., Deady E. A. et al. World Mineral Production 2009–2013. – Nottingham: British Geological Survey, 2015. – 88 p.
10. Second Generation Biofuel Markets: State of Play, Trade and Developing Country Perspectives // United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). – Geneva: United Nations, 2016. – 69 p.
11. Kazakova N. A., Gendon A. L., Sokolova E. S. Competitive global development of mining and chemical companies // Cambridge Journal of Education and Science. 2016. Vol. 3. No. 1(15). P. 187–192.
12. Kolvra C. Limits of Attraction: The EU's Eastern Border and the European Neighbourhood Policy // East European Politics and Societies and Culture. 2017. Vol. 31. Iss. 1. P. 11–25.
13. Тутков С. Н. Технология и физико-химические особенности флотации водорастворимых минералов // Обогащение руд. 2002. № 1. С. 10–15.

14. Арсентьев В. А., Герасимов А. М., Котова Е. Л. Термохимическое модифицирование сylvинитовой руды с использованием СВЧ-нагрева // Обогащение руд. 2017. № 6. С. 3–8. DOI: 10.17580/or.2017.06.01
15. Клемятов А. Н. Анализ технологических схем флотационного обогащения сylvинитовых руд на зарубежных предприятиях // Новости науки и техники : информ. бюл. ОАО «ВНИИГалургии». – СПб., 2004. – 72 с.
16. Титков С. Н., Мамедов А. И., Соловьев Е. И. Обогащение калийных руд. – М. : Недра, 1982. – 216 с.

17. Пат. 2116839 РФ. Способ флотационного обогащения руд / С. Н. Титков, Л. М. Пимкина, А. А. Чистяков, И. А. Михайлова, Р. Х. Сабириков и др. ; заявл. 16.07.1996 ; опубл. 10.08.1998.
18. Турко М. Р., Дормешкин О. Б., Мисков Е. М., Соловьева Л. А. Флотация сylvинита из калийных руд при повышенных температурах // Труды БГТУ. 2014. № 3. С. 71–77.
19. Титков С. Н. Исследование поверхностных и сорбционных свойств соляных и глинисто-карбонатных минералов в растворах электролитов // Новости науки и техники : информационный бюллетень. 2008. Вып. 55. С. 9–17. 

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 8, pp. 83–88
DOI: 10.17580/gzh.2018.08.12

Dressability study and processing technology for the Petrikov deposit potash ore with the increased content of magnesium chloride

Information about authors

M. R. Turko¹, Head of Laboratory, Candidate of Engineering Sciences, tela7@bk.ru

L. A. Soloviova¹, Senior Researcher

A. D. Lyubushchenko², Deputy Chief Engineer of Technology

E. A. Bashkardina², Chief Process Engineer of Mine Management 2

¹ Belgorkhimprom, Soligorsk, Belarus

² Belaruskali, Soligorsk, Belarus

Abstract

One of the priority directions to increase the fertilizers production efficiency is the introduction of the new effective ways of potassium beneficiation and also the development and introduction of technologies to process low-grade raw materials. Now, as a source of raw materials for the potash productions, it is planned to mine the deposits with a complex mineral composition, which were earlier considered as non-commercial – with the increased content of insoluble residue (i.r.) and magnesium chloride (MgCl₂).

The literature analysis results on the influence of the increased content of magnesium chloride in the saturated salt solutions and their high temperature (>30 °C) on sylvine flotation from potash ores were used in the dressability study of the Petrikov deposit potash ore.

Using four technological samples of the Petrikov deposit ore with MgCl₂ mass fraction of 1.6% and 2%, a set of experimental studies was carried out in order to investigate the ore dressability in saturated salt solutions of normal, increased and high temperatures of 23 °C, 32 °C and 38 °C, respectively.

It is found that the increase in MgCl₂ content of ore from 1.6% to 2% and in the temperature of the saturated salt solution (up to 38 °C) leads to the essential decrease of the key technological indicators of flotation, even at the higher consumption of reagents.

The reagent regimes to carry out flotation of sylvine from ore with MgCl₂ mass fraction of 1.6% and 2% under different temperatures were worked out and recommended.

The research results on dressability of core samples were the basis for the development of processing flow chart for sylvine ore of the Petrikov deposit with a mass fraction of KCl 24% and MgCl₂ no more than 1.6% at the recovery of 87.5%.

Keywords: analysis, potash ore deposit, high content, carnallite, high temperature, dressability study, particle size distribution and fractional composition, flotation, reagent regime, dressability indicators, development, processing flow chart.

References

- Chanturiya V.A. Prospects of stable development of Russian mining industry. *Gornyi Zhurnal*. 2007. No. 2. pp. 2–9.
- Turko M. R., Shakhnazarov A. A., Vishnyak B. A. Basic trends in development of processing flow charts for sylvinite ore at the modern stage. *Rudnik budushchego*. 2010. No 4. pp. 90–98.
- Frolov I., Zevakin N. Mineral fertilizers. Looking for equilibrium. Moscow : JSC "Promsvyazbank", 2013. 22 p.
- Abramov A. A. Theory of creation of innovation flotation technologies. Part 1. Theory of modern flotation. *Tsvetnye Metally*. 2013. No. 2. pp. 17–21.
- State Balance Sheet of Mineral Reserves of the Russian Federation. Nonmetallic Minerals. Potash Salts. Moscow : Rosgeolfond, 2015. pp. 1–12.
- Technical and economic indicators of mining enterprises for the period of 1990–2014. Ekaterinburg : IGD UrO RAN, 2015. 321 p.
- Chanturiya E. L., Kozlov A. P. Current problems in integrated processing and utilization of hard-to-process ores and man-induced mineral raw materials (The Plaksin's Lectures–2017). *Obogashchenie Rud*. 2017. No. 6. pp. 58–61.
- Heffer P., Prud'homme M. Fertilizer Outlook 2013–2017. *Proceedings of the 81st IFA Annual Conference*. Paris : International Fertilizer Industry Association (IFA), 2013. 8 p.
- Brown T. J., Wrighton C. E., Raycraft E. R., Shaw R. A., Deady E. A. et al. World Mineral Production 2009–2013. Nottingham : British Geological Survey, 2015. 88 p.
- Second Generation Biofuel Markets: State of Play, Trade and Developing Country Perspectives. *United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)*. Geneva : United Nations, 2016. 69 p.
- Kazakova N. A., Gendon A. L., Sokolova E. S. Competitive global development of mining and chemical companies. *Cambridge Journal of Education and Science*. 2016. Vol. 3, No. 1(15). pp. 187–192.
- Kolvraa C. Limits of Attraction: The EU's Eastern Border and the European Neighbourhood Policy. *East European Politics and Societies and Culture*. 2017. Vol. 31, Iss. 1. pp. 11–25.
- Titkov S. N. Technology and physicochemical features of water-soluble mineral flotation. *Obogashchenie Rud*. 2002. No. 1. pp. 10–15.
- Arsentyev V. A., Gerasimov A. M., Kotova E. L. Sylvinite ore thermochemical modification by means of super high frequency thermal treatment. *Obogashchenie Rud*. 2017. No. 6. pp. 3–8. DOI: 10.17580/or.2017.06.01
- Klemyatov A. N. Analysis of flowsheets of sylvinite ore flotation beneficiation in foreign enterprises. *Novosti nauki i tekhniki: informatsionnyi byulleten' OAO VNIIGalurgii*. 2004. 72 p.
- Titkov S. N., Mamedov A. I., Soloviov E. I. Potassium Processing. Moscow : Nedra, 1982. 216 p.
- S. N. Titkov, L. M. Pimkina, A. A. Chistjakov, I. A. Mikhajlova, R. Kh. Sabirov et al. Method of ore flotation. Patent RF, No. 2116839. Applied: 16.07.1996. Published: 10.08.1998.
- Turko M. R., Dormeshkin O. B., Miskov E. M., Solovyeva L. A. Flotation of sylvite from potash ores at elevated temperatures. *Trudy BGTU*. 2014. No. 3. pp. 71–77.
- Titkov S. N. Surface properties and sorption capacity of salt and clayey-carbonate minerals in electrolytic solutions. *Novosti nauki i tekhniki: informatsionnyi byulleten'*. 2008. Iss. 55. pp. 9–17.