



УДК 622.7.017.2

М. Р. ТУРКО, Е. М. МИСЬКОВ, А. С. СТРОМСКИЙ (ОАО «Белгорхимпром»)
Т. И. КАСЕНОВ, К. В. СИВЦОВ (ТООСИУ «Сатбор»)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ САТИМОЛА (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)



М. Р. ТУРКО,
зав. лабораторией,
канд. техн. наук



Т. И. КАСЕНОВ,
генеральный директор



А. С. СТРОМСКИЙ,
зав. отделом



Е. М. МИСЬКОВ,
научный сотрудник



К. В. СИВЦОВ,
главный технолог

На материале трех керновых проб калийной руды месторождения Сатимолы (Казахстан) выполнены исследования ее обогатимости: изучен химический и минеральный состав руды, характер вкрапленности сильвина, проведен фракционный анализ руды; определено распределение основных составляющих руды минералов и продуктов по плотности. Проведены опыты по флотации сильвина из руды различной крупности с использованием в качестве жидкой фазы растворов, насыщенных по KCl и NaCl и приготовленных на руде месторождения Сатимолы и воде Индерского карьера.

Ключевые слова: калийные соли, запасы, производители калия, месторождение Сатимолы, сильвинитовая руда, обогатимость, химический состав, гранулометрическая характеристика, фракционный анализ, флотация, выщелачивание, технологическая схема.

Общие запасы калийных солей в мире оцениваются в 40 млрд т. Основными производителями калия, по данным [1], являются Канада, Россия, Беларусь, ФРГ (рис. 1).

Среднеазиатский регион стран СНГ также обладает значительными запасами калийсодержащих руд. В связи с этим в целях обеспечения внутреннего и внешнего рынка конкурентоспособными калийными удобрениями ряд стран этого региона (Казахстан, Туркменистан, Узбекистан) в последние годы активизировали усилия по созданию собственного производства данной продукции. Заинтересованность стран региона в выпуске калийных удобрений обусловлена еще и близостью крупных рынков сбыта продукции (Китай, Индия и др.).

В Западно-Казахстанской области (Республика Казахстан) начато освоение месторождения калийных солей Сатимолы. В 1963–1972 гг. на площади соляно-купольной структуры Сатимолы пробурены 486 поисковых скважин, из которых 74 — структурные, глубиной 1000–1200 м. Гидрохимические образования, слагающие ядро купола, представлены породами соляной и верхней сульфатной толщи. Солевые отложения залегают на глубине 340–350 м. В толще солей закрыт своеобразный комплекс калийных и калийно-магниевых солей различного состава.

Калийные и калийно-магниевые соли, по данным [2], представлены сильвинитовыми, полигалитовыми, кизеритовыми, каинитовыми, лангбейнитовыми и карналлитовыми породами.

В 2010 г. технологической лабораторией ОАО «Белгорхимпром» совместно с ООО «ЗУМК-Инжиниринг» (Россия) исследована обогатимость калийной руды месторождения Сатимолы и разработана предварительная технологическая схема ее обогащения [3, 4].

В 2011 г. в ОАО «Белгорхимпром» проведены укрупненные исследования и разработана технологическая схема обогащения калийной руды месторождения, положенная в основу исходных данных для ТЭО строительства горно-обогатительного комбината.

По предложению специалистов ТООСИУ «Сатбор» для исследования руд месторождения Сатимолы в соответствии с условиями отработки месторождения и составом руды были выделены три технологические пробы: проба 1 характеризует среднее содержание KCl по месторождению; проба 2 — высокое содержание KCl; проба 3 характеризует руды, запланированные к первоочередной отработке (тела IV-6, IV-7, IV-8). Солевой и минеральный состав проб представлен в табл. 1, 2.

Руда, составленная из кернового материала, использовалась для проведения исследований на обогатимость, а также для приготовления насыщенного солевого (маточного) раствора, который применяли при проведении флотационных опытов.

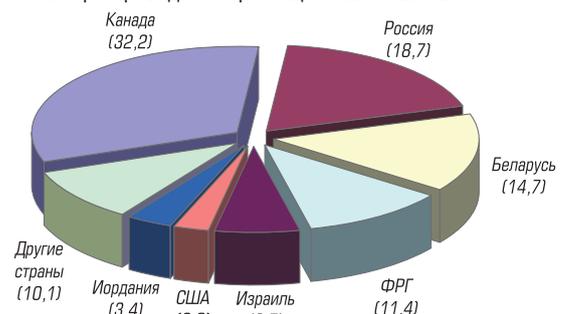


Рис. 1. Распределение по странам объема производства калия, %

Исследование гранулометрического состава руды, а также распределение основных компонентов по классам крупности проводили на пробе 1 рассевом сухим способом и в маточном растворе.

Результаты исследования при расसेве в маточном растворе приведены в **табл. 3**.

С целью определения размера вкрапленности полезного компонента проведен фракционный анализ руды пробы 1 в тяжелой жидкости с выделением концентратной фракции плотностью менее 2020 кг/м³, промежуточной (2020–2150 кг/м³) и отвальной (более 2150 кг/м³).

Результаты исследования свидетельствуют о наличии в руде вкрапленности крупных зерен сильвина, которые раскрываются уже при дроблении руды до крупности 10 мм, что позволяет выделить сильвиновую фракцию, содержащую более 96 % KCl, а при крупности дробления до 1,6 мм раскрытая сильвиновая фракция содержит даже более 98 %.

Характеристика концентратных фракций, выделенных из пробы 1 различной крупности в тяжелой жидкости, приведена на **рис. 2**.

Таким образом, по данным фракционного анализа, на флотацию можно направлять руду крупностью –1,0(–1,6) мм.

Условия проведения лабораторных опытов флотации руды пробы 1 приведены ниже.

Крупность питания, мм	–1,0; –1,25; –1,6
Объем камеры флотационной машины, дм ³ :	
в основной флотации	1,1
в перечистных	0,6
Число перечистных операций	3
Соотношение Ж:Т:	
в основной операции	2,5
в перечистных	4,5; 5,5; 6,5
Продолжительность операций флотации, мин:	
основной	1,5
перечистных	1
Жидкая фаза	Раствор, насыщенный по концентрации KCl и NaCl Амин FlotigamS (40–45) + жидкий парафин (5)
Собиратель (г/т)	
Пенообразователь (г/т)	Полиэтиленгликоль (10) + сосновое масло (13–15)
Депрессор, г/т	100–120

Измельченную руду перед флотацией подвергали обесшламливанию, оттирке с последующей трехкратной отмывкой нерастворимого остатка.

В указанном режиме получен концентрат, содержащий 91–93 % KCl при извлечении 90,5–93 %. Содержание NaCl в концентрате составляет 5–7 %, сульфатов — 1,3–1,4 %.

Изучена возможность использования во флотации воды из Индерского карьера (Республика Казахстан), что принципиально важно для строящегося предприятия с позиций обеспечения его промышленной водой. Установлено, что при использовании

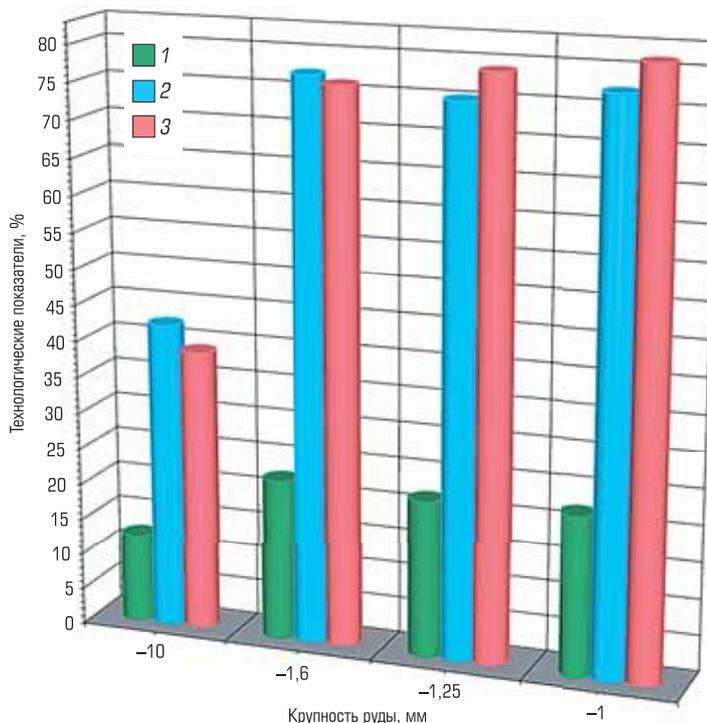


Рис. 2. Результаты фракционного анализа руды пробы 1 при различной ее крупности, %

1 — выход концентратной фракции (95 % (мас.) KCl); 2 — извлечение KCl в концентратную фракцию; 3 — степень раскрытия зерен сильвина

данной воды для приготовления маточного раствора происходит снижение выхода концентрата и извлечения в него KCl.

Изучена также возможность использования воды Индерского карьера для приготовления флотационных реагентов. При приготовлении раствора амина на воде Индерского карьера образуется нерастворимая соль сульфата амина, что сопровождается снижением на ~2 % содержания в концентрате KCl.

Флотация с использованием депрессора, приготовленного на воде Индерского карьера, также протекает с некоторым ухудшением результатов: содержание KCl в черновом концентрате составило 82,6 % при извлечении 94,1 %.

При флотации сильвина из руды пробы 2 и пробы 3 крупностью –1 мм достигнуты технологические показатели, аналогичные полученным при флотации сильвина из руды пробы 1.

Известно, что содержание KCl в продукте, поставляемом потребителю, должно составлять не менее 95 % (по натуральному продукту), а для гарантированного получения кондиционного продукта этот показатель поддерживают на уровне не менее 95,5 %.

Повышение содержания KCl в концентрате, полученном флотацией сильвина из руды месторождения Сатимолла, осуществляли выщелачиванием, т. е. растворением солей, загрязняющих концентрат. В данном случае такой солью является NaCl. В качестве выщелачивающей среды предполагается использовать раствор — продукт пылегазоочистных мероприятий, проводимых на фабрике, в котором содержание KCl составляет 4–12 %.

В опытах концентрат III перечистки направляли на выщелачивание в виде пульпы (Ж:Т = 0,8). В качестве выщелачивающей среды использовали раствор, содержащий 7 % KCl, при температуре 16–18 °С. В ходе выщелачивания концентрата III перечистки (расход выщелачивающей среды 0,24 м³/т концентрата) содержание KCl повысилось с 93,39 до 97,04 % (95,76 % по сухому веществу); содержание NaCl — снизилось с 4,82 до



Таблица 1. Солевой состав проб руды

Наименование пробы	Массовая доля, %					
	KCl	NaCl	CaSO ₄	MgSO ₄	K ₂ SO ₄	Н. о.
Проба 1	27,2	65,11	4,4	1,44	1,13	0,48
Проба 2	42,8	52,44	1,83	1,47	0,96	0,33
Проба 3	32,9	60,78	2,65	2,33	0,86	0,48

Таблица 2. Минеральный состав руды

Наименование пробы	Массовая доля, %					
	Сильвин	Галит	Ангидрит	Полигалит	Кизерит	Н. о.
Проба 1	27,21	65,1	2,63	3,91	0,76	0,48
Проба 2	42,76	52,4	0,33	3,32	0,93	0,33
Проба 3	32,86	60,8	1,31	2,98	2	0,48

Таблица 3. Распределение основных компонентов по классам крупности руды пробы 1

Класс крупности, мм	Выход, %	Массовая доля, %			
		KCl	NaCl	Сульфаты	Н. о.
+ 1	1,05	17,6	73,2	8,4	0,47
-1,0+0,8	17,26	26,3	66	7	0,29
-0,8+0,5	30,75	28,1	66,1	5,2	0,16
-0,5+0,315	17,24	30	64,7	4,8	0,15
-0,315+0,2	11,17	28,4	66,1	5,1	0,09
-0,2+0,1	10,38	26,3	67,2	6	0,2
-0,1+0,045	7,68	24,3	67,6	7,4	0,43
-0,045	4,47	18,9	47,7	23,7	8,92
Исходная руда	100	27,2	65,3	6,6	0,59

1,38 %. Отметим, что при выщелачивании наблюдается некоторое увеличение средневзвешенной крупности концентрата за счет растворения тонких частиц.

Заключение

1. В результате исследований, выполненных в технологической лаборатории ОАО «Белгорхимпром», установлено:

- калийная руда месторождения Сатимола может обогащаться флотационным методом с получением кондиционного товарного KCl-концентрата, соответствующего требованиям ГОСТа 4568-95,

при технологическом извлечении KCl в концентрат 87,5–88 %;

- требуемая крупность руды при флотации составляет -1,0(-1,2) мм;
- минерализованную воду Иnderского карьера можно использовать на обогатительной фабрике для приготовления насыщенного солевого раствора (маточника), раствора депрессора и полиакриламида, а также для промывки оборудования.

2. Разработана технологическая схема, которая положена в основу исходных данных для ТЭО строительства обогатительной фабрики по переработке калийных руд месторождения Сатимола с получением готового кондиционного продукта, содержа-

щего 95 % KCl.

Библиографический список

1. Общемировое предложение минеральных удобрений и сырьевых материалов и балансы спроса /предложения на 2007–2011 гг. // Информ. бюл. «Новости науки и техники». Вып. 99/ ЗАО ВНИИГалургии. — М. : Прюдомм — Санкт-Петербург, 2007. — 27 с.
2. Камашев К. К. Геолого-литологические особенности калийных солей месторождения Сатимола // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1974. № 12.
3. Морачевский Ю. В., Петрова Е. М. Методы анализа рассолов и солей — М. : Химия, 1964. — 403 с.
4. Юбельт Р. Определитель минералов — М. : Мир, 1978. — 325 с. **ГЖ**

*Турко Михаил Романович,
тел.: +375 (17) 422-13-37
Касенов Талгат Ильясович,
тел.: +7 (7112) 98-62-45
Стромский Анатолий Сергеевич,
тел.: +375 (17) 334-70-39
Миськов Евгений Михайлович,
тел.: +375 (17) 422-33-55
Сивцов Константин Викторович,
тел.: +7 (7112) 98-62-45*

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF CONCENTRATION OF POTASSIUM ORE OF SATIMOLA DEPOSIT (REPUBLIC OF KAZAKHSTAN)

Turko M. R.¹, Head of Laboratory, Candidate of Engineering Sciences, phone: + 375 (17) 422-13-37
Kasenov T. I.², Chief Executive Officer
Stromskiy A. S.¹, Head of Department
Miskov E. M.¹, Researcher
Sivtsov K. V.², Chief Technologist

¹ «Belgorkhimprom» JSC (Minsk, Republic of Belarus)
² LLP with Foreign Participation "Sator" (Uralsk, Republic of Kazakhstan)

Researches of concentrability of potassium ore of Satimola deposit (Kazakhstan) were carried out according to material of its three core samples. The following measures were carried out on the basis of these researches: chemical and mineral composition of ore was researched together with the type of sylvine shot; fraction analysis of ore was carried out; there was carried out the distribution of basic minerals and products, which form the ore by its thickness.

There were carried out the experiments of sylvine flotation from various size ore, using the solutions, saturated by KCl and NaCl and obtained on Satimola deposit ore and Inder open pit water as liquid phase. The following criteria were defined as a result of researches, realized in technological laboratory of «Belgorkhimprom» JSC: potassium ore of Satimola deposit can be concentrated by flotation method with obtaining of condition marketable KCl-concentrate, which corresponds to requirements of State Standard 4568-95, during the technological extraction of 87,5–88 % of KCl into concentrate; required coarseness of ore in the time of flotation is -1(-1,2) mm; mineralized water of Inder open pit can be used at concentration plant both for manufacturing of saturated salt solution (barren solution), depressor and polyacrylamide solution, as well as for washing of equipment.

There was developed the flowsheet, which is the basis of initial data for technical and economic assessment of construction of concentration plant of processing of potassium ores of Satimola deposit with obtaining of final product, containing 95 % of KCl.

Key words: potassium salts, potassium manufacturers, Satimola deposit, potassium ore, concentrability, chemical composition, granulometric characteristic, fraction analysis, flotation, leaching, flowsheet.

REFERENCES

1. Obshchemirovye predlozhenie mineralnykh udobreniy i syrevykh materialov i balansy sprosa/predlozheniya na 2007–2011 gody (Worldwide offer of mineral fertilizers and raw materials and balances of demand/offer for 2007–2011). *Informatsionnyy byulleten «Novosti nauki i tekhniki»*. Vypusk 99. *Zakrytoe Aktsionerное Obshchestvo «Vserossiyskiy Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Galurgii»* (Information bulletin "News of science and technology". Issue 99. "All-Russian Scientific-Research Institute of Galurgy" JSC). Moscow: Prudhomme – Saint Petersburg, 2007, 27 p.
2. Kamashov K. K. Geologo-litologicheskie osobennosti kalinykh soley mestorozhdeniya Satimola (Geological-lithological peculiarities of potassium salts of Satimola deposit). *Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya geologicheskaya – Bulletin of USSR Academy of Sciences. Geological series*, 1974, No. 12.
3. Morachevskiy Yu. V., Petrova E. M. *Metody analiza rassolov i soley* (Methods of analysis of brines and salts). Moscow: Khimiya, 1964, 403 p.
4. Yubelt R. *Opredelitel mineralov* (Determinant of minerals). Moscow: Mir, 1978, 325 p.