

Получается удобрение с соотношением питательных элементов $N:P_2O_5:K_2O:MgO:S=1,14:0,75:1,0:0,36:0,42$. Технологическая схема должна быть дополнительно снабжена потоками для подачи фосфорной кислоты и хлорида калия, а также реактором для их смешения с аммонизированным раствором.

Проведенные эксперименты показали, что из полигалитсодержащих пород можно получить комплексные бесхлоридные $NKMgS$ -удобрения, так и комплексное фосфорсодержащее $NPKMgS$ -удобрение с различным соотношением питательных элементов в зависимости от почвенно-климатических условий и выращиваемых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ягодин Б.А. *Агрехимия* / Б.А. Ягодин. М.: Агрехимиздат «Колос», 1982. 574 с.
2. Грабовенко В.А. Производство бесхлорных калийных удобрений / В.А. Грабовенко. – Л., Химия, 1980.-256 с.
3. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений / М.Е.Позин. Л.: Химия, 1989. 352 с.
4. Переработка природных солей и рассолов. Справочник / под ред. И.Д.Соколова. Л.: Химия, 1985. 208 с.
5. Конлей И.Н. Соли калия из месторождения полигалитов в Техасе и Нью-Мексико / И.Н. Конлей, Е.Г. Патридж. Нью-Мексико, 1944. 153 с.
6. Баталин Ю.В. Полигалитовые породы – новое сырье для производства дефицитных сульфатных калийно-магниевых удобрений / Ю.В. Баталин и др. // Разведка и охрана недр. 2007. №11. С. 29-33.
7. Пат.2276123 Российская Федерация МПК⁷ C05D 11/06, C05D 1/00, 5/00. Способ получения комплексного минерального удобрения / Хуснутдинов В.А., Вишняков А.К.; заявитель и патентообладатель Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых. №2004120636/15; заявл. 06.07.04; опубл. 10.05.06. Бюл.№13. 5 с.

МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ИЗ ГРАНИТ-РАПАКИВИ САЛМИНСКОГО МАССИВА СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ

Кевлич В.И.

Учреждение Российской академии наук Институт геологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск

Гранит-рапакиви Салминского массива относятся к анортозит-рапакивигранитному комплексу, слагают крупный плутон в пределах северо-восточной части Свеккофеннского геоблока.

В своей основной массе минеральный состав гранитов-рапакиви Салминского массива представлен следующими минералами: полевые шпаты – ортоклаз-пертиты (45 – 65%), плагиоклаз (15 – 25%), кварц (15 – 35%) и темноцветные (1– 6,6%). В аксессуарных количествах встречаются ильменит, сфен, магнетит, ортит, гранат, пирит, флюорит, апатит, циркон, рутил, и др., содержание которых колеблется в пределах единичных знаков, сотых и тысячных долей весовых процентов.

Наиболее характерными для гранитов-рапакиви являются зернистые текстуры, гипидиоморфозернистые, порфиоровидные, овоидные, такситовые и пегматоидные структуры [6]. Кружность зерен гранит-рапакиви от 0,1 x 1,5 см до 4 x 6 см. Определенные минералы имеют нескольких генераций (плагиоклаз, биотит, циркон). В связи с этим вариативны как размеры зерен, так и технологические параметры – магнитная восприимчивость, флотуруемость, плотность для этих минералов. С учетом выявленных факторов и работ [3], осуществлялась разработка схемы выделения минералов из гранитов-рапакиви с целью выделения мономинеральных фракций основных породообразующих и аксессуарных минералов для определения возможной глубины обогащения гранитов рапакиви, как сырья для керамической промышленности

Исходные пробы гранитов-рапакиви весом 10–20 кг дробятся и измельчаются в замкнутом цикле до крупности –0,5 мм и направляются на обогащение на концентрационном столе. После данной операции в концентрат переходят тяжелые минералы – ильменит, магнетит, ортит, гранат, пирит, роговая обманка, флюорит, апатит, циркон, рутил и др. Легкую фракцию и промпродукты составляют биотит, полевые шпаты, кварц и сростки. В легкую фракцию и промпродукты выделяются биотит, полевой шпат, кварц и сростки. Концентрат стола подвергается магнитной сепарации на роликовом сепараторе в слабых и сильных магнитных полях. В слабых полях выделяется концентрат магнитных минералов (магнетит), в сильных полях, в электромагнитную фракцию переходят ильменит, роговая обманка, эпидот, ортит, гранат, сфен, частично биотит и сростки, а в немагнитную фракцию – апатит, циркон, флюорит, рутил, зерна и сростки полевого шпата и кварца.

Магнетит после доизмельчения магнетитового концентрата выделяется магнитной сепарацией посредством ручного магнита РМЧ (ручной магнит в чехле) или РМК (ручной магнит круглый), а также и на

сепараторе с вращающимся магнитным полем. Содержание магнетита в концентрате определяет необходимое количество перечисток и контроль под бинокулярным микроскопом.

Для выделения электромагнитных минералов, фракция направляется на разделение в тяжелых жидкостях: с плотностью 3,0–3,2 г/см³, где в легкую фракцию попадают сростки полевого шпата, кварца и биотита; с плотностью 3,3–3,4 г/см³ в легкую фракцию переходят роговая обманка и эпидот; с плотностью 3,7 г/см³ в легкой фракции – сфен и ортит, а в тяжелой остаются ильменит, гематит, гранат. Выделенные продукты в микродолях для получения чистых зерен минералов проходят отбор и контроль под бинокулярным микроскопом. В случае если количество минералов составляет первые десятые или сотые грамма, выделенные фракции (роговая обманка+эпидот, сфен+ортит, ильменит+гранат) подвергаются рассеву на сите 0,16 мм, классы -0,5 + 16мм измельчается до крупности – 0,16 мм, оба продукта совместно подвергаются обработке ультразвуком в течение 1-2 минут с удалением шламов -0,05 мм.

Фракция, состоящая из роговой обманки и эпидота, направляется на разделение в тяжелых жидкостях с плотностью соответственно 3,3 г/см³ и 3,35 г/см³ с последующей раздельной доводкой легкой и тяжелой фракции на изодинамическом электромагнитном сепараторе в режиме, определяющим углы наклона поперечные 15 – 17°, продольные – 24-26°, ток 0,3 – 0,4А. В результате двух-трех перечисток получаем мономинеральные фракции роговой обманки в электромагнитной фракции и эпидота в немагнитной.

Фракция, состоящая из сфена и ортита, подвергается сепарации на лабораторном электромагнитном роликовом сепараторе в режиме: продольный угол наклона 15°, зазор между полюсами 1–2 мм и ток 0,4–05 А. В немагнитную фракцию выделяется сфен, а электромагнитную – ортит, который в гранит-рапакиви имеет бутылочно-зеленый цвет, стеклянный блеск, показатель преломления Ng – 1.76, изотропен.

Электрическая сепарация фракции, состоящей из ильменита, гематита и граната, на вибрлотковом сепараторе в следующем режиме: продольный угол наклона 17-20°, межэлектродный зазор 3-5 мм, напряжение 1,4 – 1,7 кВ, что позволяет в проводящей фракции получить ильменит, а в непроводящей – гранат.

Немагнитная фракция, состоящая из апатита, циркона, сфена, флюорита, рутила, пирита, полевого шпата, кварца, их сростков, направляется на разделение в тяжелой жидкости (бромформ). В легкую фракцию выделяются полевые шпаты, кварц, их сростки. В тяжелую переходят апатит, циркон, сфен, флюорит, пирит и рутил. Выделение апатита, флюорита и сфена осуществляется с помощью МГС-сепарации и контроля под бинокулярным микроскопом. При условии, если фракция (apatит+флюорит+сфен) составляет более 100 мг, целесообразно повторное разделение в тяжелой жидкости с плотностью 3,3 г/см³ для отделения апатита и флюорита от сфена. В тяжелый продукт МГС-сепарации переходит пирит, рутил и циркон. Электрическая сепарация фракции, состоящей из пирита и циркона, на электрическом вибрлотковом или диэлектрическом сепараторах, позволяет выделить пирит в проводящий, рутил в полупроводящий, а циркон – в непроводящий продукты.

Выделение биотита, кварца, ортоклаза и плагиоклаза производится из промпродукта и легкой фракции после разделения на концентрационном столе. Оба продукта объединяются и поступают на электромагнитную сепарацию на индукционно-роликовом сепараторе 138Т-СЭМ при силе тока 5-7А. В электромагнитную фракцию извлекаются биотит, сростки, ожелезненные зерна и зерна с включениями полевых шпатов и кварца, а в немагнитную – ортоклаз, плагиоклаз и кварц.

Методом флотации из электромагнитной фракции извлекается биотит. Флотация проводится в кислой среде (рН=2), создаваемой серной кислотой. В качестве депрессора используется жидкое стекло (150-200 г/т), собиратель АНП-14 (200-300 г/т), загрузка собирателя дробная. При этом в пенный продукт переводят биотит, который доизмельчается в планетарной мельнице для расщепления пакетов и высвобождения тонкодисперсных минералов, обрабатывается ультразвуком и поступает на контрольную электромагнитную сепарацию, где после двух-трех перечисток получается монофракция биотита. В камерный продукт флотации попадают полевые шпаты, кварц и сростки.

В связи с колебаниями соотношений ортоклаза и плагиоклаза их генераций в гранит-рапакиви, присутствием оболочек на калишпатовых овоидах, представленных кислым и средним олигоклазом, следует учитывать их содержание и размерность в конкретных пробах. При низких содержаниях одного из минералов (ортоклаз или плагиоклаз) целесообразно проводить флотационное обогащение немагнитной фракции [1, 2, 5] и получать коллективный концентрат полевых шпатов с последующей доводкой в тяжелых жидкостях.

Для получения ортоклаза, кварца и плагиоклаза немагнитный продукт сепарации на роликовом сепараторе 138Т-СЭМ подвергается доизмельчению до -0,1мм, проходит обесшламливание по классу -0,05 мм на сите в водной среде и поступает на флотацию. На этой крупности по данным минералогического изучения практически на 98 – 99% раскрываются между собой кварц, ортоклаз и плагиоклаз.

Флотация коллективного концентрата полевых шпатов от кварца проводится в кислой среде рН=1,8-2, создаваемой плавиковой кислотой. В качестве собирателя и вспенивателя используется катионный реагент АНП-14, загрузка собирателя 150 г/т– дробная (50 + 50 +50 г/т). В пенный продукт выделяется коллективный концентрат полевых шпатов (ортоклаз и плагиоклаз), а в камерном остается кварц. С целью максимальной очистки камерного продукта (кварца) от полевого шпата в конце процесса флотации производится загрузка собирателя АНП-14 в избытке (150+150 г/т). Контроль флотации осуществляется визуально (процесс идет на коагуляции) по нагрузке пены. В камерном продукте флотации остается фракция, содержащая 97-98% кварца. Обработка камерного продукта ультразвуком с частотой 22 кгц в течение 1-2 минут для удаления с поверхности реагентов, отсадка на сите 0,045 мм

и контрольная магнитная сепарация на изодинамическом сепараторе в сильном поле позволяет получить в немагнитном продукте мономинеральную фракцию, содержащую 98–99% кварца.

Пенный продукт флотации, состоящий из ортоклаза и плагиоклаза, когда содержание одного из них составляет доли или первые проценты, подвергается отмывке свежей водой до pH = 7 и направляется на селективную флотацию полевых шпатов. Флотация ортоклаза [5] проводится с применением в качестве подавителя плагиоклаза хлористого натрия при загрузке 10000 г/т в виде однопроцентного раствора и собирателя АНП-14 (150 г/т), загрузка дробная. В пенный продукт переходит калиевый полевой шпат – ортоклаз, содержание которого при трех перемывках в том же режиме составляет 85-90%. При необходимости оставить в камере ортоклаз целесообразно применять хлористый калий. Полученный пенный и камерные продукты обрабатываются ультразвуком при частоте 22 кГц в течение 1-2 минут с отсадкой на сите 0,05 мм для удаления с поверхностей минералов реагентов и направляются на разделение в тяжелых жидкостях с плотностью 2,60-2,62 г/см³ для ортоклаза и 2,62–2,64 г/см³ для плагиоклаза. В результате двух–трех перемывок получаем соответственно концентраты ортоклаза с содержанием 98–99% и плагиоклаза с содержанием 98–99% в тяжелой фракции. Контрольная электромагнитная сепарация на изодинамическом сепараторе СИМ-1 в следующем режиме: поперечный угол наклона 1-2°, продольный угол наклона 24-26°, ток 1,5 А позволяет удалить в электромагнитную фракцию зерна полевых шпатов с включениями в виде точек, примазок, пленок, а в немагнитную – мономинеральные фракции, содержащие 99–99,5% ортоклаза и плагиоклаза.

Таблица 1. Химический состав (в вес.%) исходных гранитов-рапакиви Салминского массива, технологической пробы и полевошпатового концентрата

Компоненты	Укса			Юкка-коски (средний по 19 пробам)
	Средний по 5 пробам	Технологическая проба	Полевошпатовый концентрат	
SiO ₂	73.0	72.93	77.08	74.21
TiO ₂	0.22	0.55	Нет	0.24
Al ₂ O ₃	13.42	13.06	11.85	12.24
Fe ₂ O ₃	0.88	2.70	0.19	1.04
FeO	1.83	0.50	-	1.47
MnO	0.04	-	-	0.04
MgO	0.32	0.06	0.33	0.24
CaO	0.91	1.40	1.19	0.61
Na ₂ O	2.78	2.96	3.22	2.78
K ₂ O	5.20	4.80	5.91	5.50
H ₂ O ⁺	0.26	0.40	-	0.30
П.п.п.	0.78	0.70	0.28	0.66
Сумма	99.65	100.06	100.05	99.66
K ₂ O + Na ₂ O	7.98	7.76	9.13	8.28
K ₂ O : Na ₂ O	1.87	1.7	1.85	2.0

Примечание: Использованные данные [4]

Минералогическое изучение пород и мономинеральных фракций свидетельствует, что для полевых шпатов и кварца по данным [4] характерно низкое содержание в составе кристаллической решетке красящих окислов и железа, а меланократовые минералы такие, как биотит, роговая обманка и некоторые акцессорные характеризуются высокой железистостью, что обусловлено генезисом гранит-рапакиви. Комплекс методов, использованных при выделении мономинеральных фракций, позволяет оценить поведение минералов в обогатительных процессах и аппаратах, эффективность их применения, а анализ полученных мономинеральных фракций полевых шпатов, кварца и др., определить предельную глубину обогащения гранит-рапакиви при использовании их в качестве сырья для керамической промышленности [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлинский А.И. Разделение минералов. М.: Недра, 1988. 227 с.
2. Барский Л.А. Основы минераллургии. Теория и технология разделения минералов. М., 1985. 384 с.
3. Кевлич В.И. Методика разделения полевых шпатов и кварца из гранитов, пегматитов, гнейсов докембрия Карелии // Минералогия и геохимия Карелии. Петрозаводск, 1979. С. 157-165.
4. Пеки А.С., Разоренова В.И. Месторождения полевошпатового сырья Карелии. Л.: Наука, 1977. 146 с.
5. Ревнищев В.И. Обогащение полевых шпатов и кварца. М., 1970. 129 с.
6. Свириденко Л.П. Петрология Салминского массива гранитов рапакиви. Петрозаводск, 1968. 107 с.
7. Щипцов В.В. Роль технологической минералогии при оценке многоцелевого использования индустриальных минералов республики Карелия // Значение исследований технологической минералогии в решении задач комплексного освоения минерального сырья: Материалы второго Российского семинара по технологической минералогии. Петрозаводск, 2007. С.16-27.