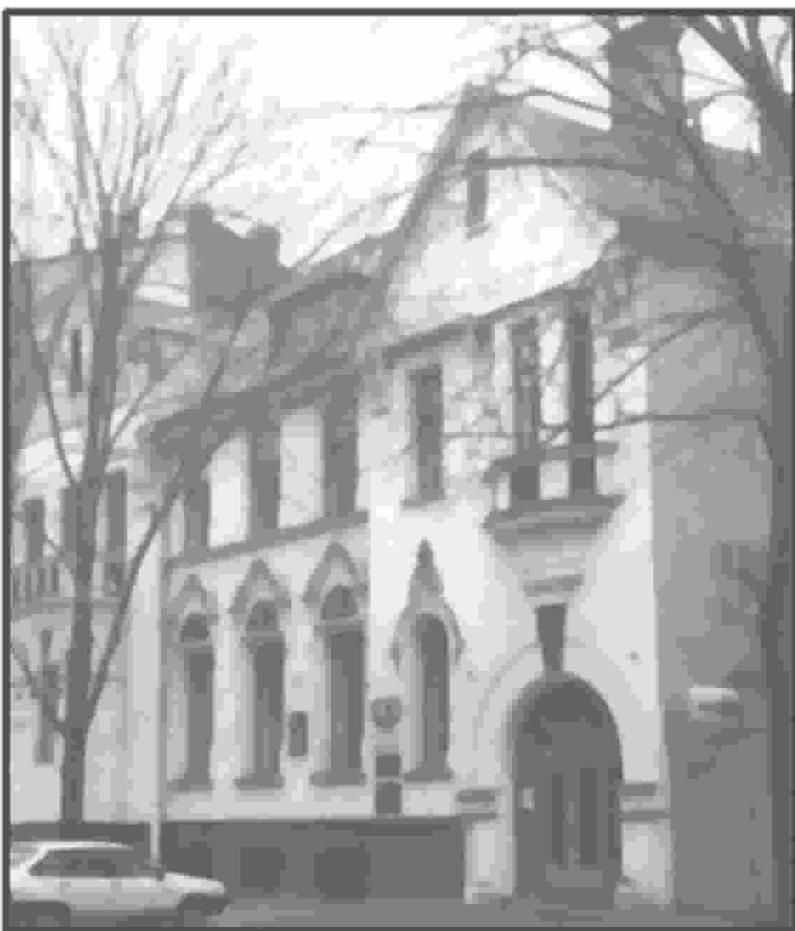


# Общество БОГАТСТВО руда



5 1998

## НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КВАРЦ-ПОЛЕВОШПАТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

В В НОВИКОВ, С А ПИСАРЬКОВ, С В НОВИКОВ (ТОО «Фирма ЭГОНТ»)

Радиометрические (РМ) технологии обогащения полезных ископаемых, которые в своей основе осуществляют бесконтактные измерения свойств каждого отдельного куска, имеют весьма обширные возможности. Эти технологии используют широкий спектр разделительных признаков, в качестве которых служат геофизические свойства руд. Применение РМ технологий не оказывает каких-либо отрицательных экологических воздействий, является экономически эффективным, способствует снижению издержек производства и расхода энергоресурсов. Сдерживание широкого использования РМ технологий объясняется, на наш взгляд, недостаточным аппаратным оснащением и субъективными факторами. В данной работе освещены результаты разработки нового оборудования — сепаратора ЛСМ-50 для еще одной радиометрической технологии — рентгенолюминесцентной сепарации (РЛС) пегматитовых руд.

Кварц-полевошпатовые концентраты (КПШК) являются основой для производства фарфора, электрокерамики, абразивного инструмента, строительной керамики и т. д. Для их получения из пегматитовых или гранитных месторождений используют флотационную технологию или технологию с применением электрической и электромагнитной сепараций [1]. В работе [2] рассмотрено химическое обогащение гранитов. Эти технологии требуют измельчения всего объема руды, однако при этом позволяют увеличить калиевый модуль (отношение  $K_2O/Na_2O$ ) в концентратах по сравнению с исходной рудой лишь в 1,3-1,5 раза. Этот модуль, наряду с суммой щелочных металлов, является важной характеристикой КПШК — ценность концентратов возрастает при его повышении. РЛС позволяет без измельчения продуктов получать высокомодульные концентраты. Эта технология была предложена институтом ВИМС и прошла стадию первоначальных экспериментальных работ на пегматитовых рудах под руководством В. А. Мокроусова и Э. Г. Литвинцева.

Одним из крупнейших пегматитовых месторождений Рос-

сийской Федерации является Куру-Ваара, расположенное в Ковдорском районе Мурманской области. Месторождение рассматривалось в СССР как основная база для получения КПШК, и поэтому для его эксплуатации по проекту института Гипронинметаллоруд вплоть до 1988 г. велось строительство флотационной обогатительной фабрики (ОФ) мощностью 280 тыс. т руды в год. ОФ должна была производить в год 60 тыс. т концентрата марки КПШК-0,2-2 с калиевым модулем 2,2 с извлечением в него 31 %  $K_2O$ , что составляло бы 70 % от ценности всех запланированных к выпуску продуктов. Вместе с тем анализ распределения металлов в руде месторождения (табл. 1) показывает, что из нее даже при разделении кусков крупностью  $-50+20$  мм по значениям электрических сигналов от них может быть получено 70 % концентрата с калиевым модулем более 3.

Для реализации этих возможностей ТОО «Фирма ЭГОНТ» разработала сепаратор ЛСМ-50, характеристики которого представлены в табл. 2. Сепаратор измеряет калиевый модуль каждого куска и отбирает только те из них, модуль которых превышает заданный уровень. В ЛСМ-50 имеются две независимые секции. Каждая включает загрузочный бункер, два последовательно установленных вибропитателя, блок рентгеновского излучения, блок фотоприемников на четыре канала, четыре электропневмоклапана, хвостовой и концентратный желоба. Руда загружается в бункер и первым вибропитателем с плоским лотком равномерно подается на второй вибропитатель, лотки которого разделены на четыре канала. За счет большей скорости движения кусков на втором лотке

Т а б л и ц а 1

**Возможные показатели разделения пегматитовой руды кусковой сепарацией**

Граница разделения, усл. ед.	Выход концентрата, %	Содержание, %			Извлечение $K_2O$ , %	Отношение $K_2O/Na_2O$ в концентрате
		$K_2O$	$Na_2O$	$Fe_2O_3$		
6	16	11,05	1,72	0,16	30,21	6,42
5	30	11,06	1,73	0,17	56,29	6,39
4	40	10,06	1,76	0,22	72,54	6,02
3	48	10,14	1,78	0,24	83,20	5,68
2	59	9,12	2,13	0,34	91,99	4,27
1	73	7,54	2,60	0,38	94,02	2,90
Исходная руда	100	5,76	3,26	0,39	100,00	1,76

Т а б л и ц а 2

**Характеристики сепаратора ЛСМ-50**

Показатели	Значения
Крупность обрабатываемого куска, мм	-50+10
Производительность, т/ч, по классу	
-50+20 мм	10
-20+10 мм	5
Потребляемая мощность, кВт/ч	1,2
Расход сжатого воздуха на 1 т концентрата, м <sup>3</sup> , не более	25
Габаритные размеры, мм	
длина	1970
ширина	1220
высота	1550
Масса сепаратора, т	1,3
Степень автоматизации	автомат

все они распределяются в ряды и падают по траектории свободного падения через зону облучения рентгеновскими лучами в хвостовой желоб. В зоне рентгеновского облучения куски микроклина люминесцируют, это свечение в каждом канале улавливается своими фотоприемниками, сигналы с которых по электрокабелям направляются в стойку управления. Если параметры сигналов соответствуют заданным, то из стойки управления поступает управляющий сигнал на электромагнитный пневмоклапан (ЭПК), который срабатывает и выдувает полезный кусок, падающий по обычной траектории в хвостовой желоб, в концентратный желоб. Каждый ЭПК может срабатывать до 50 раз в секунду.

В стойке управления, которая соединяется с сепараторами кабелями длиной до 20 м, расположены блоки питания, блоки управления рентгеновским моноблоком, блоки обработки сигналов и управления работой сепаратора и ЭПК, а также блоки автоматического контроля работоспособности всех узлов сепаратора. В стойке имеется переключатель уровня разделения, который устанавливается технологом в одном из 100 положений. Уровень разделения в процессе работы сепаратора автоматически контролируется и поддерживается неизменным. Сепаратор может включаться в работу и прекращать работу автоматически или по дистанционной команде.

Для снижения потребляемой мощности, повышения надежности и безопасности эксплуатации в ЛСМ-50 применены специально разработанные фирмой рентгеновские моноблоки и острорезонансные электровибропитатели. Моноблоки позволили исклю-

чить высоковольтные разъемы и кабели, упростить и удешевить все рентгенотехнические узлы и отказаться от водяного охлаждения рентгеновских трубок. Острорезонансные вибропитатели с электронным управлением обеспечили снижение потребляемой ими электрической мощности, сделали этот узел практически независимым от качества изготовления механических деталей и исключили необходимость его специальной настройки. В дальнейшем эти узлы были использованы фирмой и для других разработок.

ГОК «Ковдорслюда» с участием института ВИМС и ТОО «Фирма ЭГОНТ» провел испытания сепаратора ЛСМ-50, результаты которых представлены в табл. 3.

В дальнейшем была организована опытная эксплуатация сепаратора на классе -20+10 мм, в процессе которой было переработано около 1000 т исходной руды. Эксплуатация позволила определить технологические показатели сепарации при различных режимах работы. Так, в табл. 4 и 5 показаны изменения содержания минералов в концентрате сепарации и его химического состава при изменении выхода концентрата.

Как видно из данных табл. 4, в концентрате в два раза увеличивается содержание полезного минерала — микроклина чистого, в пять раз снижается содержание плагиоклаза, на порядок и более уменьшается содержание кварца, гнейса и биотита — минералов, которые снижают качество концентрата. Вместе с тем, содержание чистого микроклина и микроклина в сростках с кварцем в концентрате сепарации при увеличении выхода последнего с 14,3 до 31,4% практически не изменилось. Это связано с тем, что куски чистого микроклина имеют различный химический состав и калиевый модуль. Следовательно, для получения высокосортного концентрата из руды любого качества необходимо выбирать не весь микроклин, а только те куски, которые отвечают

Т а б л и ц а 3

**Технологические результаты испытаний рентгенолюминесцентной сепарации пегматитовой руды**

Крупность, мм	Продукты	Выход, %	Содержание, %			Извлечение микроклина чистого, %	Отношение K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O
			K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
-50+20	Концентрат	39,9	9,16	2,36	0,18	72,9	3,88
	Хвосты	60,1	3,62	3,90	0,58	27,1	0,93
	Исходный	100,0	5,82	3,28	0,44	100,0	1,77
-50+20	Концентрат	37,7	9,7	2,35	0,26	68,7	4,12
	Хвосты	62,3	4,28	3,50	0,88	31,3	1,22
	Исходный	100,0	6,32	3,07	0,65	100,0	2,06
-50+20	Концентрат	35,8	8,63	2,41	0,43	64,0	3,58
	Хвосты	64,2	4,70	3,95	0,74	36,0	1,20
	Исходный	100,0	6,11	3,40	0,63	100,0	1,80
-20+8	Концентрат	28,3				49,0	
	Хвосты	71,7				51,0	
	Исходный	100,0				100,0	

Таблица 4

**Минералогический анализ концентратов люминесцентной сепарации**

Минерал	Содержание, %			
	в исходном	в концентрате при выходе (%)		
		14,3	20,3	31,4
Микроклин чистый	31,65	59,8	60,3	62,5
Микроклин в сростках с кварцем	20,61	32,9	29,9	25,9
Микроклин загрязненный	2,8	1,2	1,8	1,4
Плагиоклаз	25,74	4,9	4,8	3,6
Кварц	7,8	0,61	1,2	1,0
Гнейс	9,42	0,47	1,3	1,3
Биотит	0,96	0,01	0,03	0,07
Прочие	1,04	0,11	0,27	0,36

Таблица 5

**Зависимость качества полученных сепарацией концентратов от порога разделения**

Порог, ед	Выход концентрата, %	Содержание, %				Калиевый модуль
		K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
90	15,9	10,9	2,24	0,17	12,6	4,86
70	21,2	8,75	2,00	0,17	10,9	4,37
50	23,5	9,4	2,24	0,2	14,1	4,19
30	25,3	7,9	2,6	0,25	14,9	3,03
Исх	100	5,2	3,76	1,2	28	1,38

заданным требованиям Сепаратор ЛСМ-50 позволяет это сделать В табл 5 показано изменение химического состава концентратов при изменении порога разделения При увеличении выхода концентрата снижается его качество и калиевый модуль В две операции сепаратором ЛСМ-50 из руды низкого качества могут быть получены концентраты различного качества в зависимости от требований заказчика Так, при испытаниях из руды с калиевым

модулем 1,77 за три операции были получены продукты с модулем 4,85, 3,50, 2,97 и хвосты с модулем 0,51 Выход этих продуктов составил соответственно 13,0, 26,9, 15,1 и 45%

По данным табл 6 легко сравнить качество концентратов, полученных по различным технологиям Для составления табл 6 использованы проектные показатели института Гипронинеметаллоруд, данные опытной эксплуатации люминесцентной сепарации и работы [3] Как видно из данных табл 6, люминесцентная технология позволяет при обработке кусковых продуктов увеличить калиевый модуль в концентратах более чем в три раза Кроме того, она является более экономичной, так как не требует измельчения продуктов, не потребляет реагентов, не требует подогрева концентратов Эта технология компактная и экологически чистая, что позволяет использовать ее в различных условиях На пегматитовых рудах можно применять РЛС в качестве основного технологического передела или в сочетании с технологией, где используется флотация При использовании РЛС в качестве основного технологического процесса не требуется строительства хвостохранилищ — технология является безводной, резко сокращается объем измельчения, так как измельчаются (до крупности -0,8 мм, как это требует ГОСТ [3]) только концентраты Эти факторы позволяют снизить объем капитальных вложений в промышленную переработку пегматитовых руд, резко сократить сроки освоения месторождений и ускорить возврат затраченных финансовых средств

Технология РЛС может быть эффективно использована и для усовершенствования переработки пегматитовых руд с применением флотации или электрической сепарации В этом случае технология РЛС будет осуществлять предварительное обогащение руды с доводкой ее до качества высокомодульных концентратов На измельчение будет поступать лишь высокомодульный концентрат

Таблица 6

**Результаты применения флотационной, люминесцентной и электростатической технологий для переработки пегматитовых руд**

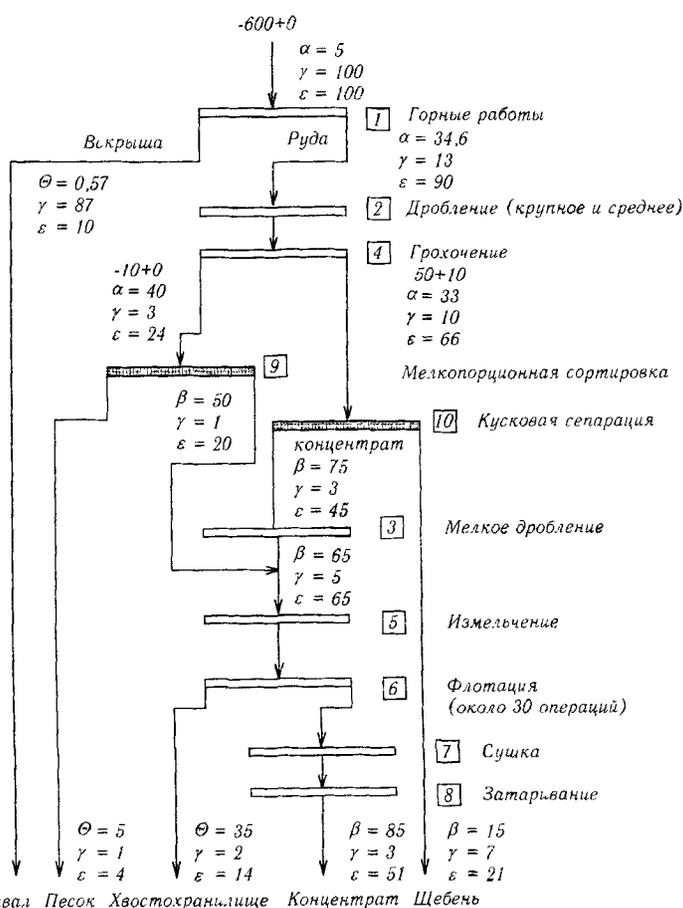
Продукты	Выход, %	Содержание, %							K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O, ед	Примечание
		K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO+MgO	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O		
Флотационная технология										
Концентрат	21,4	8,25	3,75	63,75	0,16	20,7	1,25	12,0	2,2	Проектные показатели по ПШМ, месторождение Куру-Ваара
Хвосты	78,6	4,27	3,64	—	0,92	13,44	1,57	7,91	1,17	
Исходный	100	5,12	3,66	—	0,76	14,99	1,5	8,78	1,46	
Люминесцентная технология										
Концентрат	22,0	10,6	2,2	67,86	0,16	18,37	0,48	12,8	4,82	Месторождение Куру-Ваара
Хвосты	78,0	3,76	3,93	—	1,47	—	—	7,69	0,96	
Исходный	100	5,26	3,55	—	1,18	—	—	8,81	1,48	
Электростатическая и электромагнитная технология										
Концентрат	49,7	9,3	3,6	69,4	0,07	16,1	0,3	12,9	2,58	Месторождение Киин (США)
Хвосты	50,3	3,14	2,41	79,3	0,73	14,7	0,1	5,55	1,3	
Исходный	100	6,2	3,0	74,3	0,4	15,4	0,2	9,2	2,07	

Таблица 7

Продукты деятельности горно-обогатительного комплекса

Характеристики	1 вариант	2 вариант
Количество горной массы, тыс. т.	1000	1000
в т. ч. вскрышные породы	900	870
руда	100	130
Количество хвостов обогатительных фабрик, тыс. т	80	20
Количество товарной продукции		
концентрат, тыс. т	20	30
щебень, тыс. т	—	70
песок, тыс. т	—	10
Цена товарной продукции		
концентрат, долл. за 1 т	155	240
щебень, долл. за 1 м <sup>3</sup>	—	10
песок, долл. за 1 м <sup>3</sup>	—	6
Стоимость выпущенной продукции		
концентрат, тыс. долл.	3100	7200
щебень, тыс. долл.	—	500
песок, тыс. долл.	—	40
всего, тыс. долл.	3100	7740

флотация которого сможет повысить его качество — дополнительно снизить содержание в нем железосодержащих минералов и кварца. Кроме того, появляется возможность повысить извлечение микроклина из недр, а при этом упростить и удешевить горные работы, так как сочетание двух технологий допускает большее разубоживание руды вмещающими породами. При этом может быть реализована технологическая схема, представленная на рис.1. В табл.7 приведена характеристика продуктов, которые можно получить при переработке 1,0 млн. т горной массы пегматитового месторождения, а в табл.8 показаны возможные эксплуатационные затраты при реализации схемы рис.1. За базу для сравнения приняты эксплуатационные затраты одной из обогатительных фабрик Финляндии (11 долларов на 1 тонну руды), перерабатывающей пегматитовые руды и вырабатывающей концентраты со стоимостью 155 долларов за тонну. Для реализации схемы рис.1 потребуется четыре сепаратора ЛСМ-50 и две установки мелкопорционной сортировки УС-10. «Фирма ЭГОНТ» разработала установку УС-10, позволяющую сортировать



порции от 1 кг и более для предварительного обогащения класса -10 мм. В этой установке использован тот же разделительный признак, что и в сепараторе ЛСМ-50.

Пегматитовые и гранитные месторождения геологической платформы Балтийский щит имеют в основном одинаковый минеральный состав. В табл.9 приведено сравнение содержаний основных минералов для крупнейшего в Российской Федерации пегматитового месторождения Куру-Ваара, расположенного в южной части Мурманской области, и для участка Балтийского щита Выборгский массив Ала-Носкуа, расположенного в Ленинградской области. Здесь же показан минеральный состав щебня одного из карьеров Выборгского района. Обследование ряда действующих карьеров Выборгского района показало, что в них имеются массивные жилы с высоким содержанием микроклина, которые дробятся и используются в качестве щебня. Микроклин является наиболее хрупким минералом в щебне и снижает его прочностные характеристики, щебень поставляется потребителям классифицированным по крупности, то есть является готовым продуктом для осуществления РЛС по технологической схеме, представленной на рис.2.

При расположении цеха по переработке щебня с целью выделения из него микроклина непосредственно на дробильно-сортировочном узле карьера необходимо оплачивать выделенный РЛС концентрат по цене щебня. Это снижает себестоимость полученных из щебня концентратов по сравнению с себестоимостью при эксплуатации пегматитовых месторождений, так

Рис.1. Технологическая схема переработки пегматитовых руд с применением предварительного обогащения и флотации

α, β, Θ — содержание микроклина, %; γ — выход продуктов, %; ε — извлечение микроклина, %

Таблица 8

Основные эксплуатационные затраты на переработку пегматитовой руды

Операции	Объем работ, тыс т, по вариантам		Стоимость, долларов за 1 т	Затраты, тыс долл, по вариантам	
	1	2		1	2
Горные работы	1000	1000	11	1100	1100
Дробление (крупное и среднее)	100	130	0,1	10	13
Мелкое дробление	100	30	0,2	20	6
Грохочение	100	130	0,1	10	13
Измельчение	100	50	2,0	200	100
Флотация и сопутствующие операции	100	50	8	800	400
Сушка	20	30	0,5	10	15
Затаривание	20	30	0,5	10	15
Мелкопорционная сортировка	—	30	1,0	—	30
Кусковая сепарация	—	100	4	—	400
Итого				2160	2092

Таблица 9

Минеральный состав пегматитов и гранитных месторождений Балтийского щита и извлечение минералов в концентрат люминесцентной сепарацией

Минералы	Содержание, %			Извлечение, %
	месторождение Куру-Ваара	Выборгский массив, уч Ала-Носкуа	Выборгского р-на Ленобласти	
Микроклин (калиевый полевой шпат)	44,0	30-60	10-15	60-80
Плагиоклаз	25,6	15-40	20-50	20
Кварц	20	15-30	25-30	7-10
Бiotит	1,0	3-11	5-30	1
Кальцит	—	0,4	—	—
Гнейс	9,4	1,3	—	5

как в этом случае необходимо полностью оплачивать горные работы (на месторождении Куру-Ваара на каждую тонну полевошпатового концентрата было необходимо переработать более 50 т горной массы). Выделение микроклина из щебня позволит повысить прочностные характеристики последнего и увеличить комплексность использования гранитных месторождений.

Возможно, что использование РЛС для получения кварц-полевошпатовых концентратов не ограничивается приведенными авторами примерами. Конкретные технико-экономические показатели должны определяться непосредственно для каждой выбранной реализации, но предварительная проработка различных вариантов показывает, что себестоимость концентратов, полученных с применением новой технологии и оборудования, может быть существенно снижена. Нам представляется, что и при геологоразведочных работах на гранитных месторождениях необходимо учитывать возможность комплексной их переработки с применением новой технологии.

Список литературы

- 1 Совершенствование технологии добычи и переработки слюдяного и керамического сырья // Сб статей / Кольский филиал АН СССР Апатиты, 1985
- 2 Сатторова М А, Шарипов А, Норкулова М Т Химическое обогащение гранитов // Обогащение руд 1992 № 3-4 С 12-14
- 3 Справочник по обогащению руд Т 2 Ч 1 Основные процессы М Недра, 1974
- 4 ГОСТ 7030-75 Материалы полевошпатовые и кварц-полевошпатовые для тонкой керамики

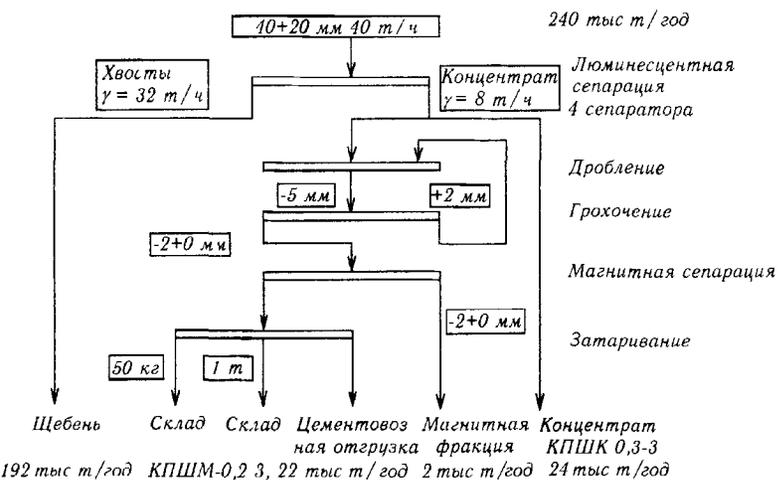


Рис.2. Технологическая схема производства полевошпатовых концентратов из щебня гранитных карьеров

NEW TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR PRODUCTION OF QUARTZ-FELDSPAR CONCENTRATES  
V V NOVIKOV, S A PISARKOV, S.V NOVIKOV

The results of development of new equipment the ЛСМ-50 separator and УС 10 installation for X-ray-fluorescent separation of pegmatite ores, permitting to produce quartz-feldspar concentrates — the raw material for production of porcelain, manufactured ceramics, abrasive tools, construction ceramics, etc, are described. The new technology testing and pilot-scale testing results, as well as proposals for its application for various ores are presented.