

Распределение флюидных включений в кварце участка Фенькина-Лампи по крупности позволяет говорить о возможности удаления в процессе измельчения части крупных включений [2]. По литературным данным и собственному опыту изучения состава флюидных включений в кварце, установлено, что состав флюидных включений характеризуется широким набором химических элементов, среди которых преобладают: натрий 77-361 мг/л, калий 51-420 мг/л, кальций 1-19 мг/л, магний 0,6-16 мг/л. Приведенные данные показывают, что флюидные включения вносят существенный вклад в состав элементов-примесей в кварцевых концентратах, особенно заметный в кварце участка Фенькина-Лампи.

Таким образом, на стадии глубокого обогащения качество кварца жилы Меломайс определяется эффективностью удаления минеральных микропримесей, а из кварца жилы Фенькина Лампи в значительной степени определяется флюидными включениями. Мелкие включения (<0,005 мм), оставаясь в кварце, ухудшают его качество и определяют предел обогатимости традиционными методами.

### **Выводы**

Кварцевое сырье каждого участка (Меломайс, Фенькина-Лампи) обладает индивидуальным набором типоморфных признаков (текстурно-структурных, минеральных и газовой-жидких включений, структурных примесей), которые обусловлены геологическими условиями формирования.

Выбор технологий глубокого обогащения кварца должен быть основан на детальном изучении его типоморфных признаков. Для кварцевого сырья выбранных участков необходим подбор определенных схем обогащения, где важным этапом являются использование нетрадиционных методов, адаптированных к конкретным характеристикам кварца.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Данилевская Л.А., Раков Л.Т. Структурные примеси в кварце как важный критерий оценки качества кварцевого сырья и прогноза его технологических свойств // Матер. Первого Российского семинара по технологической минералогии. «Результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке методик технологической оценки руд металлов и промышленных минералов на ранних стадиях геологоразведочных работ». Петрозаводск КарНЦ РАН: 2006. С. 119-124.
2. Данилевская Л.А., Гаранжа А.В. Месторождение жильного кварца Фенькина-Лампи: геолого-минералогические аспекты формирования, типоморфные свойства и оценка качества // Геолого-технологические исследования промышленных минералов Фенноскандии. Петрозаводск КарНЦ РАН: 2003. С. 29-38
3. Данилевская Л.А., Сканницкая Л.С., Щитцов В.В. Кварцевое сырье Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 226 с
4. Вертушков Г.Н., Емлин Э.Ф., Синкевич Г.А. и др. Жильный кварц восточного склона Урала, ч. 1 (методы исследования). Свердловск: Изд. Свердл. Горн. инст., 1969. 100 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ АНОРТОЗИТОВ – СЫРЬЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Бубнова Т.П., Гаранжа А.В.**

ИГ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

Анортозит - наиболее общее и употребляемое название практически мономинеральной плагиоклазовой породы семейства габброидов, состоящей из основного, реже среднего плагиоклаза. Котозерское проявление анортозитов привлекает внимание как источник нетрадиционного плагиоклазового сырья многоцелевого назначения. Оно расположено в Лоухском районе Карелии, близ ж. д. ст. Котозеро на площади развития образований беломорского комплекса Беломорского подвижного пояса. Геолого-технологическая оценка позволила среди измененных в различной степени анортозитов выделить участок, представляющий практический интерес [1], который сложен неизменными (слабоизмененными) и метаанортозитами (таблицы 1, 2). Для обогащения и дальнейшего изучения возможностей использования анортозитов на Котозерском массиве были отобраны укрупненные технологические пробы: Т-1 – из слабоизмененных анортозитов, Т-2 – из метаанортозитов.

Плагиоклаз участка Котозеро представлен крупными, удлиненными пластинами (до 1 мм) и мелкими вторичными зернами (0,1-0,4 мм). Встречаются равномернозернистые разности (0,2-0,6 мм) (рис. 1).

Для уточнения количественного состава непосредственно плагиоклазов с определением их номеров проведен пересчет химических анализов на нормативные минералы. За основу расчетов принят нормативно-молекулярный метод Нигли [2]. Химический состав определялся по монофракциям из анортозитовых концентратов. Также было привлечено изучение состава плагиоклазов приполированных образцов на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH с анализатором INCA Energy 350 (условия анализа: ускоряющее напряжение-20kV, ток зонда-350pA). Данный микроскоп полностью управляется через персональный

компьютер и предназначен для работы с высоким и низким вакуумом. Минимальное увеличение около 4х, в режиме «разрешение» - от 15х до 50000х.

Основная масса плагиоклазов технологических проб представлена разностями среднего состава - андезин-лабрадор (табл. 3, 4).

Таблица 1

Минеральный состав продуктивной толщи анортозитов

Тип породы		Плагиоклаз	Амфибол	Биотит	Эпидот	Хлорит	Гранат	Кварц	Рутил	Пироксен
I. Неизменные или слабо измененные анортозиты	Среднее	78,82	10,42	0,12	0,30	0,02	2,26	5,00	0,06	0,40
	T-1	78,60	17,10	0,60	0,50	0,10	1,30	2,00	0,30	0,00
II. Метаанортозиты (сахаровидные)	Среднее	90,34	4,48	1,09	0,89	0,11	0,18	0,93	0,00	0,05
	T-2	88,55	2,47	0,77	7,00	0,94	0,04	0,14	0,00	0,14

Таблица 2

Химический состав продуктивной толщи анортозитов

Тип породы		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	п.п.п.	Сумма
I. Неизменные или слабоизмененные анортозиты	Среднее	49,72	0,20	27,19	1,11	2,13	0,04	2,12	11,88	4,12	0,38	0,08	0,73	99,70
	T-1	49,75	0,19	28,69	0,98	1,02	0,066	2,08	11,89	4,12	0,40	0,05	0,74	99,98
II. Метаанортозиты	Среднее	50,30	0,24	28,09	0,89	1,95	0,18	1,43	11,64	3,74	0,44	0,16	0,81	99,87
	T-2	50,5	0,25	27,09	0,94	2,3	1,89	0,04	11,59	3,75	0,42	0,16	0,99	99,92

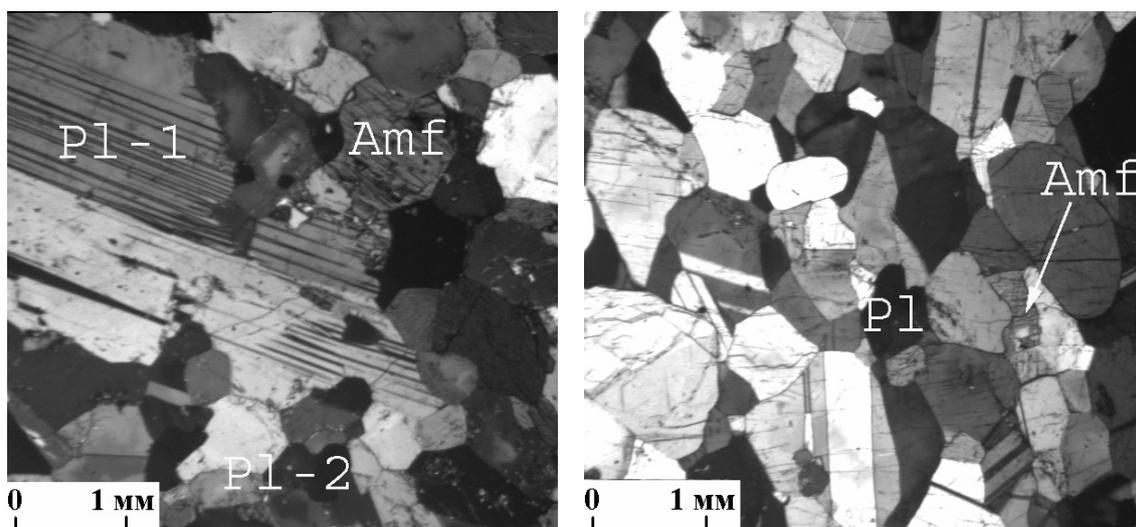


Рис. 1. Фото шлифов технологических проб (николи+), где Pl – плагиоклаз, Amf – амфибол

Таблица 3

Вариации химического состава плагиоклазов технологических проб

Проба	Содержание оксидов, вес. %			
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O
T-I	<u>42,76-56,34</u> 51,46	<u>28,21-32,03</u> 30,43	<u>10,95-15,95</u> 13,01	<u>2,75-6,18</u> 4,81
T-II	<u>37,75-69,96</u> 53,15	<u>18,68-33,48</u> 27,70	<u>0,00-24,45</u> 11,07	<u>0,00-12,95</u> 5,88

Примечание: в числителе – минимальное-максимальное, в знаменателе – среднее значение

Состав и номера плагиоклазов технологических проб

Проба	Содержание плагиоклазовых составляющих, %			№ плагиоклаза
	Анортит	Альбит	Ортоклаз	
Т-I	<u>60-87</u>	<u>27-52</u>	<u>0-2</u>	<u>49-76</u>
	58	40	2	60
Т-II	<u>0-100</u>	<u>0-100</u>	<u>0-3</u>	<u>0-100</u>
	62	36	2	52

Примечание: в числителе – минимальное-максимальное, в знаменателе – среднее значение

Необходимо отметить, что в изученных образцах наблюдается широкая вариация составов плагиоклазов в пределах крайних членов изоморфного ряда (рис. 2, табл. 5). Этот факт обуславливается процессами метаморфизма - при понижении температуры кальциевые плагиоклазы становятся неустойчивыми и изменяются (явление сосюритизации) с образованием более кислых разновидностей и минералов, содержащих кальций – актинолита, эпидота, клиноцоизита. При наложенных метасоматических процессах также происходит понижение основности плагиоклаза.

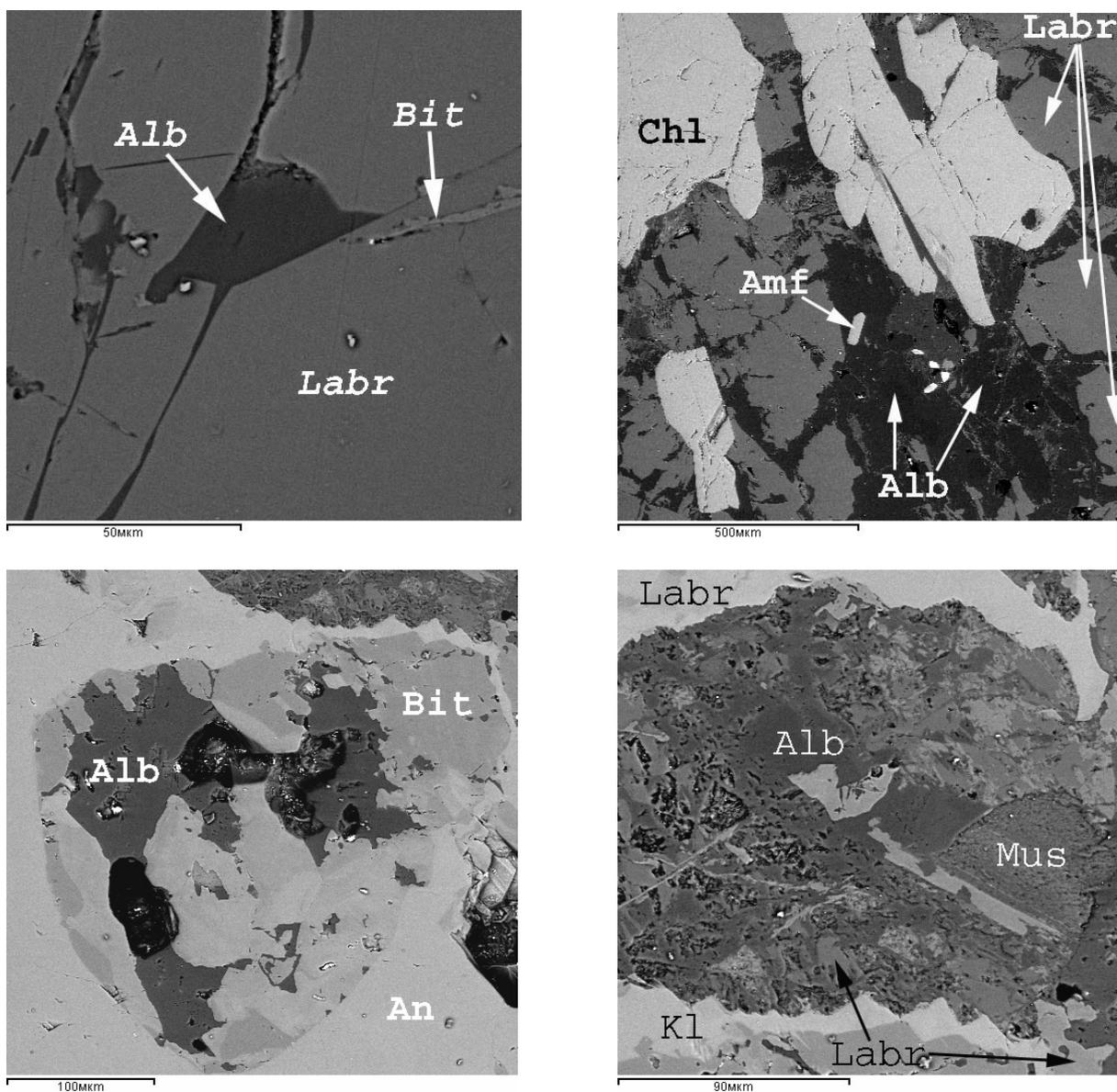


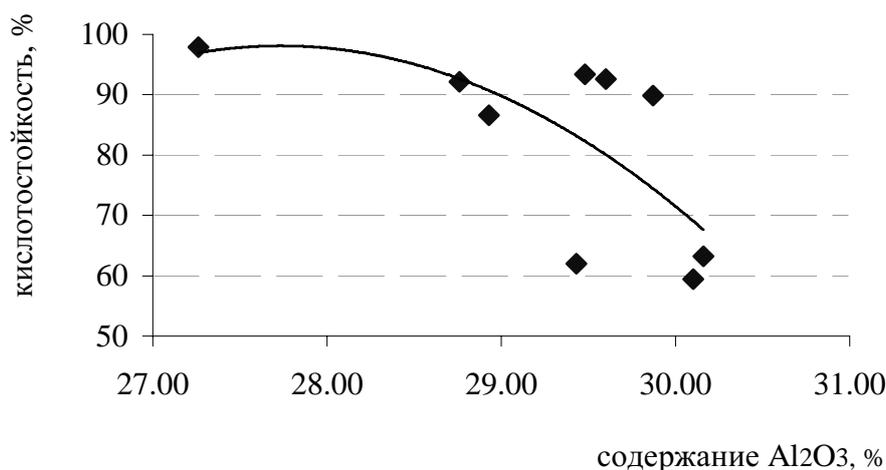
Рис. 2. Вариации составов плагиоклазов, где: Alb – альбит; An – анортит; Bit – битовнит; Labr – лабрадор; Mus – мусковит; Kl - клиноцоизит

Составы разновидностей плагиоклазов

Название	№ плагиоклаза (An составляющая)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O
Альбит	0	66,58-67,23	18,69-19,25	0	12,35-12,46
Лабрадор	62-65	51,14-51,70	30,28-30,74	13,09-13,15	4,37-4,41
Битовнит	85	48,41	32,75	16,45	2,39
Анортит	100	42,47	33,48	24,25	0

Вопрос о промышленном использовании анортозитов можно рассматривать, разделив их на две категории: кислоторастворимые и кислотостойкие. Процессы химического (кислотного и щелочного) выщелачивания способствуют высвобождению из кислоторастворимых анортозитов соединений алюминия, кальциевого компонента, которые в свою очередь используются в производстве флокулянтов, катализаторов, связующих. Кислотостойкие же разновидности, подвергаясь физико-механической обработке, применяются при изготовлении огнеупоров, минеральной ваты, щебня, блочного камня. Таким образом, факт изучения кислотостойкости плагиоклазов имеет определяющее значение при рассмотрении возможностей промышленной переработки. Исследования норвежских ученых показали, что растворимость плагиоклазов во многом зависит от содержания анортитовой составляющей [3]. Анортозит с номером An < 50 почти нерастворим в минеральных кислотах, тогда как лабрадоритовый плагиоклаз (An<sub>50-70</sub>) частично растворим. Доказано, что полностью растворимы лишь анортозиты, содержащие плагиоклаз с более чем 70% анортита.

Для определения кислотостойкости плагиоклазов изучаемых технологических проб проведено исследование их растворимости в 20% соляной кислоте. На рис. 3 приведена корреляция кислотостойкости и содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в плагиоклазах, подтверждающая, что анортозиты Котозерского массива обладают хорошей кислотостойкостью.

Рис. 3. Корреляция кислотостойкости анортозитов и содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в плагиоклазе

Обзор рынка анортозитового сырья показал, что в промышленных целях может использоваться как необогащенная порода, так и анортозитовый концентрат. Технология обогащения анортозитового сырья зависит как от назначения получаемых при обогащении продуктов, так и качества исходного сырья. В данном случае для получения черного анортозитового концентрата проводилась магнитная сепарация класса 0,1-1,0 мм с двумя пересчетками.

Химический состав плагиоклазовых концентратов, полученных в результате обогащения технологических проб, приведен в табл. 6.

Таблица 6

Химический состав анортозитовых концентратов

№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3,общ</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	П.п.п.	Сумма
Т-I	52,42	0,01	29,44	0,19	0,004	0,15	12,23	4,53	0,18	0,04	0,48	99,67
Т-II	53,32	0,11	28,41	0,42	0,009	0,10	12,08	4,37	0,28	0,18	0,27	99,52

На 98% анортозитовые концентраты состоят собственно из плагиоклаза. В единичных процентах присутствует амфибол. Следы - граната, биотита, хлорита.

При исследовании возможности использования анортозитов в качестве наполнителя терморезактивных полимеров (эпоксидная смола марки ЭД-20, полиэфирная смола марки AROPOL M 105 ТВ производства фирмы Ashland и полиуретан марки СКУ-ПФЛ), использовались микронизированная необогащенная порода и анортозитовый концентрат. Порошки анортозитов хорошо вводятся в эпоксидную и полиэфирную смолу холодного отверждения и могут быть использованы в качестве наполнителей для заливочных композиций пластмасс для снижения стоимости и увеличения их износостойкости.

Опытами по сорбции анортозитами ионов  $Fe^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , установлено, что исходная анортозитовая порода (Пр-1) практически не сорбирует вышеперечисленные компоненты. Анортозитовый концентрат (Пр-2) технологической пробы Т-1, активен по отношению к железу(III) и в некоторой степени к катионам кобальта и меди (табл. 7). Причём степень сорбции повышается по мере уменьшения размера частиц материала. Отработанные сорбенты (насыщенные токсичными катионами) могут быть утилизированы путём термической обработки с получением цветных нетоксичных наполнителей.

Таблица 7

Результаты адсорбции

Проба	Сорбируемые ионы							
	$Fe^{3+}$		$Ni^{2+}$		$Co^{2+}$		$Cu^{2+}$	
	m, г/л	E, мг/л	m, г/л	E, мг/л	m, г/л	E, мг/л	m, г/л	E, мг/л
Пр-1	0,007	0,7	0	0	0	0	0	0
Пр-2	0,041	4,1	0	0	0,01	1	0,003	0,3

Примечание: m – масса адсорбированного вещества, г/л; E – сорбционная емкость, мг/л

Анортозитовый концентрат изучался на возможность использования его в качестве пигментного наполнителя. Вопрос об использовании исходной породы не рассматривался, т.к. цветовой оттенок проявляется ярче на белом фоне. Для микронизированной пробы определены малярные и технические свойства (табл. 8).

Таблица 8

Свойства тонкоизмельчённого образца анортозитового концентрата

Маслоемкость, г. масла 100 г. образца	Водоёмкость, %	Содержание водорастворимых веществ ВРС, %	pH водной вытяжки	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г
18	125	0,36	6,93	1,22

Удельная поверхность образца после измельчения увеличилась по сравнению с немикронизированным материалом более чем в 5 раз. Все показатели свойств вполне приемлемы для использования продукта в качестве наполнителя при получении ЛКМ (краски на водной и органической основах, сухие строительные смеси), и что подтверждается полученными в твердофазном режиме композиционными пигментами с интенсивной устойчивой окраской.

Работы по использованию анортозитового сырья в петрургии показали возможности получения различного вида силикатных расплавов. На основе исследуемых проб отлита достаточно широкая цветовая гамма стёкол, относящихся к декоративным стеклокристаллическим материалам.

Реальные перспективы анортозитов, с учетом современных тенденций формирования спроса на рынке, связаны с получением сырья для производства минеральной ваты. На сегодняшний день одним из ведущих производителей минерального волокна является датская компания ROCKWOOL. Почти за век своей истории компания значительно выросла и теперь владеет 23 заводами в 15 странах мира, в т.ч. два расположены на территории России. Компания связывает перспективы расширения сырьевой базы, с созданием технологической линии по производству минеральной ваты на основе анортозитов. Потенциальным потребителем анортозита может стать компания "ТЕХНОНИКОЛЬ" (г. Рязань), выпускающая широкий спектр кровельных, гидроизоляционных, звукоизоляционных и теплоизоляционных материалов. Заключение Котозерского проявления в производстве светлой минераловатной продукции носят положительный результат. В Перечень участков недр по Российской Федерации, предлагаемых для предоставления в пользование на 2009 г. включен Котозерский участок.

В соответствии с возможными направлениями использования, разработана комплексная технологическая схема производства требуемых по крупности и качеству продуктов (рис. 4). Данная технология, без существенных компоновочных изменений и затрат, позволяет гибко реагировать на выпуск продуктов, пользующихся спросом в данный момент. На первом этапе освоения целесообразен выпуск широкого ассортимента продуктов, полученных классификацией материала первой и второй стадии дробления, отличающихся по крупности и не требующих обогащения.

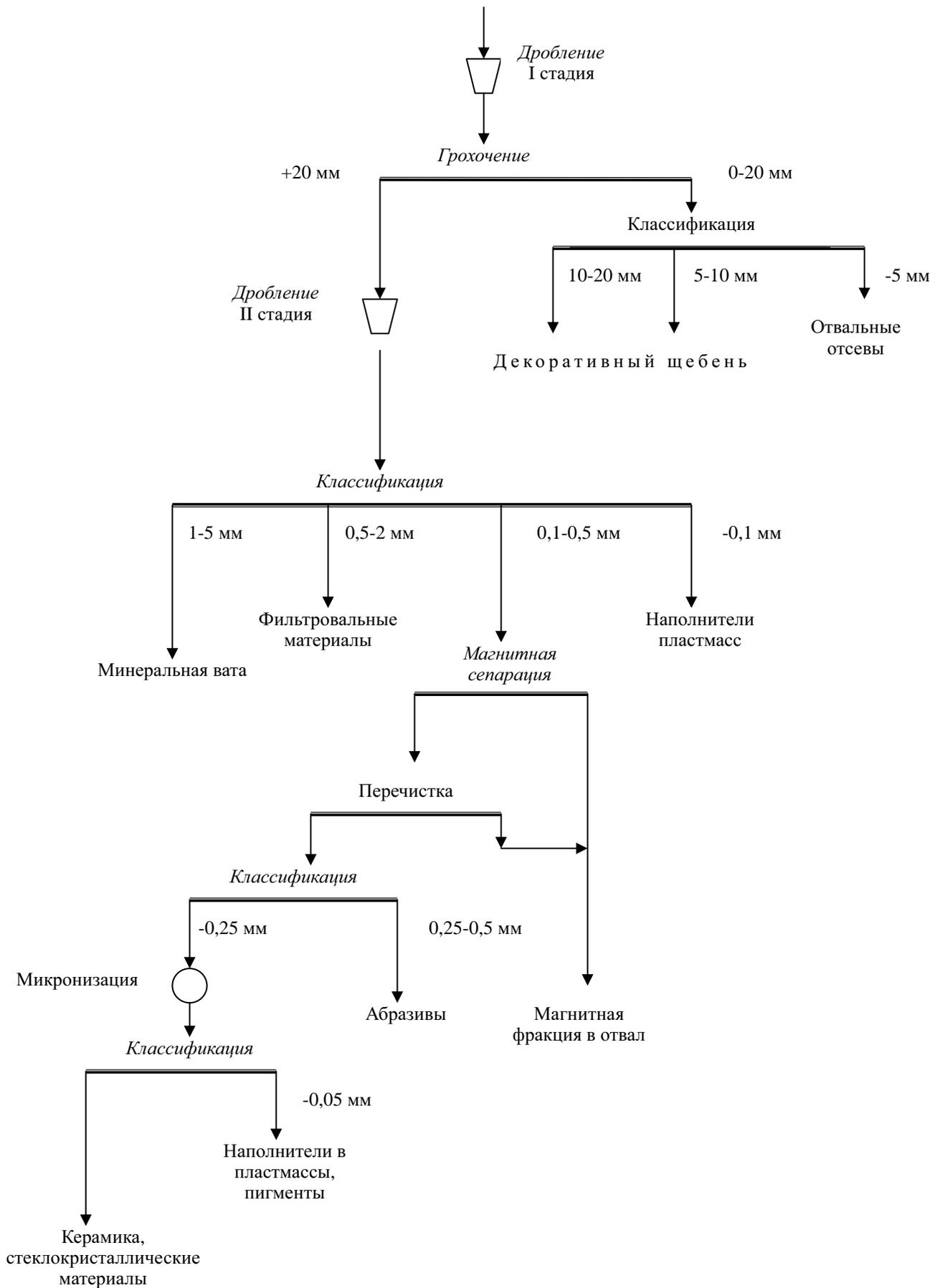


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема переработки анортозитов Котозерского проявления

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Щитцов В.В., Скамницкая Л.С., Бубнова Т.П., Гаранжа А.В. и др.* Геолого-технологическая характеристика крупного проявления анортозитов Котозерского участка (Северная Карелия) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск, 2004. С. 151-163.
2. *Четвериков С.Д.* Руководство к петрохимическим пересчетам. М., 1956. 246 с.
3. *Wanvik, J.E.* NGU-Bull 436. 2000. P.103-112

## МИНЕРАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ – СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТОВ, НАПОЛНИТЕЛЕЙ, СОРБЕНТОВ

*Герасимова Л.Г.<sup>1</sup>, Маслова М.В.<sup>1</sup>, Хохуля М.С.<sup>2</sup>*

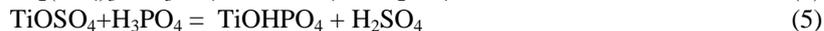
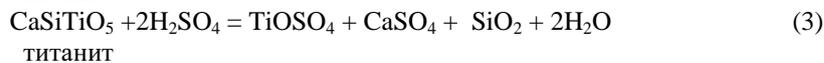
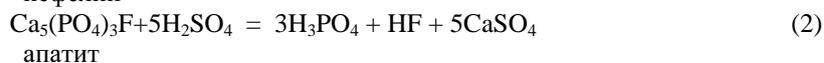
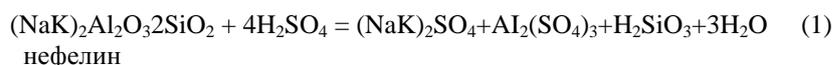
<sup>1</sup>ИХТРЭМС КНЦ РАН, г. Апатиты, <sup>2</sup>ГОИ КНЦ РАН, г. Апатиты

При флотационном обогащении руды с получением апатитового и нефелинового концентратов пенный продукт нефелиновой флотации является отходом и в настоящее время практически не перерабатывается, а в виде водной суспензии направляется в хвостохранилище. В нефелиновых хвостах (НФ) содержится 25% нефелина, 4% апатита, а также минералы титанита, эгирина и полевого шпата. Урон, наносимый живой природе, ощущается с каждым годом всё больше и больше. С другой стороны, нерациональный подход к использованию апатито-нефелиновой руды сказывается и на экономических показателях предприятия, которые могли бы быть значительно выше за счёт увеличения ассортимента выпускаемой не только минеральной, но и синтетической продукции, содержащей соединения алюминия, кремния, фосфора, титана, железа, а также редких элементов.

### *Получение минеральных концентратов из хвостов нефелинового передела*

Ранее в полупромышленных условиях из нефелиновых хвостов методом селективной флотации извлекали титанит в виде концентрата, содержащего 75-78% минерала, а из остатков электромагнитной сепарацией в сильном магнитном поле получали эгириновый концентрат. Выход минеральных продуктов при этом не превышал 10-20%. Новая технологическая схема переработки нефелиновых хвостов предполагает совмещение химических и обогатительных операций, направленное проведение которых позволяет получать обогащенные минеральные концентраты сфена и эгирина. Попутно получают разнообразные дефицитные материалы, потребляемые в производстве пластмасс, лакокрасочных и строительных материалов, при проведении очистки сточной и питьевой воды от взвесей, цветных тяжелых металлов и радионуклидов.

В основу новой технологической схемы положен принцип каскадных реакций, заключающийся в том, что в результате протекания серии последовательно-параллельных реакций часть образующихся продуктов является компонентами следующих стадий. Ниже приведены основные химические реакции, составляющие основу предлагаемой схемы:



В процессе сернокислотной обработки происходит постепенное выщелачивание компонентов в жидкую фазу с последующей конверсией их в новые соединения, которые самостоятельно или в совокупности с другими соединениями являются конечными продуктами. При реализации разработанной схемы утилизации нефелиновых хвостов могут быть получены следующие продукты (табл.1).

Сфеновый концентрат - это титансодержащее сырьё, которое в настоящее время дефицитно в России. В отличие от традиционного сырья (ильменитового концентрата) характеризуется более низким содержанием титана и железа. Пути переработки сфена должны быть максимально простыми, а получаемая продукция иметь широкий ассортимент, быть дефицитной и качественной.