

Г. П. ФИЛИНЦЕВ и З. Т. МИТРОФАНОВА

ПРОМЫШЛЕННАЯ ОЦЕНКА КЕРАМИЧЕСКИХ ПЕГМАТИТОВ ПРИЛАДОЖЬЯ

Полевошпатовые материалы являются основным сырьем тонко-керамической промышленности и служат для производства фарфора различного назначения (сервизно-художественного, хозяйственного, изоляторного, высокочастотного, химического и технического).

Применение полевых шпатов и пегматитов в керамике обуславливается, главным образом, их химико-минералогическим составом. Являясь флюсующим компонентом в фарфоровой массе, состоящей из огнеупорных материалов — каолина и кварца, полевошпатовые материалы обладают сравнительно низкой температурой плавления:

$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ (микроклин)	при температуре 1200°
$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ (альбит)	" " 1160
$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (анортит)	" " 1550

Лучшими для производства фарфора являются полевые шпаты микроклиновые, дающие вязкое стекло. Альбит также является сильным плавнем, но дает маловязкое стекло, а поэтому фарфор с альбитом склонен к деформации. Плагноклазы (смесь альбит — анортит) могут быть керамическим сырьем, но только в том случае, когда анортита в плагноклазах не более 50%. Пегматит — естественный «агрегат» полевого шпата с кварцем, является одним из распространенных видов кварц-полевошпатового сырья, применяющегося в керамической промышленности.

В настоящее время фарфоровая промышленность Союза ощущает острый недостаток доброкачественного полевошпатового сырья. Годовая потребность пегматита только для фарфоровой промышленности Европейской части СССР (без Украины) выражается значительной цифрой, которая, несомненно, значительно увеличится в связи со стройками коммунизма; последние потребуют большого количества кварц-полевошпатового сырья для производства изоляторного фарфора.

Карело-Финская ССР, богатая кварц-полевошпатовым сырьем, до войны являлась основным источником снабжения пегматитами фарфоровой промышленности Европейской части СССР. Но добыча пегматита в северной Карелии в районе ст. Чупы, производившаяся до войны,

в настоящее время прекращена. Здесь производится только отбор керамического пегматита из старых отвалов и в небольшом количестве добывают пегматит попутно с добычей слюды на разработках Слюдокомбината, что ни в коей мере не может обеспечить потребности фарфоровой промышленности.

С 1946 г. в Карело-Финской республике начали изучать новый источник полевошпатового сырья, расположенный в Питкярантском районе.

После того как Приладожье вошло в состав КФССР, детальное изучение месторождений приладожских пегматитов, проводившееся в 1946—1947 гг. по инициативе проф. П. А. Борисова, велось Карело-Финской базой Академии наук СССР (В. Д. Никитин и К. А. Шуркин) и Ленгеолнерудтрестом, который произвел предварительную разведку нескольких месторождений (П. П. Боровиков и Е. Н. Свирская).

Технологическое изучение пегматитов Приладожья производилось в Керамическом институте.

В результате совместных работ этих организаций в Питкярантском районе были установлены очень крупные запасы пегматита, обладающего удовлетворительным качеством сырья и расположенного в исключительно благоприятных горно-технических и транспортных условиях. Это привело к организации здесь в 1948 г. Министерством промышленности строительных материалов КФССР приладожских пегматитовых разработок, которые стали поставлять товарный пегматит на заводы технического и хозяйственного фарфора.

Однако поставляемый рудником пегматит по отзывам потребляющих заводов оказался весьма недоброкачественным, что отрицательно сказалось на качестве выпускаемой продукции. Встал вопрос промышленной оценки разведанных пегматитов, который и заставил КФ филиал Академии наук СССР заняться темой «Промышленная оценка пегматитов приладожских месторождений».

В августе 1949 г. лаборатория нерудного сырья КФ филиала АН СССР приступила практически к выполнению указанной задачи.

Пробы пегматита для технологического изучения были отобраны непосредственно на руднике, причем из 10 отобранных проб, 4 средние были взяты прямо из забоя после сортировки пегматита рудничными рабочими на сорта (1-й, 2-й, 3-й и аплит) и 6 проб было отобрано по временным техническим условиям, составленным ГИКИ, требующим при сортировке разбивать породу на куски размером 10—15 см, что дает возможность более тщательно производить сортировку, повышающую сортность пегматита. Всего было отобрано 7 проб с месторождения Серая Горка и 3 пробы с месторождения Койринойя.

Как указано выше, полевые шпаты в фарфоровых массах играют роль плавня, снижающего температуру спекания массы, и вводятся в состав рецепта примерно в количестве 20—35%.

Полевой шпат способствует получению плотного, механически прочного черепка фарфора, обладающего определенными физико-техническими показателями. Отсюда требования, предъявляемые к полевошпатовому сырью, сводятся к следующему:

- 1) низкая температура плавления;
- 2) вязкость полевошпатового стекла при расплаве, предотвращающая деформацию изделий в обжиге;
- 3) малое содержание красящих окислов по химическому анализу.

По нормам (установленным Керамическим институтом) на содержание Fe_2O_3 по химическим анализам полевошпатовые материалы для фарфоровой промышленности относятся к сортам:

Отборный	содержание Fe_2O_3 до 0,1%
1-й сорт	» » » 0,2
2-й сорт	» » » 0,3
3-й сорт	» » » 0,5

В соответствии с этими требованиями все 10 проб исследуемого пегматита были подвергнуты следующим испытаниям:

- макроскопическое описание и огневые пробы;
- химические анализы;
- минералогический состав;
- огнеупорность;
- керамические испытания (степень чистоты по расплавам при 1350° и определение сортности с учетом данных химического анализа);
- микроскопические исследования (микропросмотр шлифов, определение номера плагиоклаза в пегматитах и микроподсчет в шлифах содержания плагиоклазовых вростков в микроклин-пертитах);
- испытание пегматитов в фарфоровых массах.

Проведенные макроскопические исследования и огневые пробы показали значительную загрязненность исследуемых материалов железосодержащими минералами, представленными либо в виде мелких гнезд, либо в виде сплошь рассеянных мелких чешуек биотита. Встречены также налеты водных окислов железа.

Огневые пробы (1300°) дали в основном расплавы серовато-белого цвета с более или менее интенсивными выплавками железосодержащих минералов в виде так называемой «мушки». Только одна проба из месторождения Койринойя дала белый расплав остекловавшегося полевого шпата.

Результат химического анализа проб пегматита представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исследуемых пегматитов (в %)

Месторождение	Окислы									Потеря при прокаливании	Сумма
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O		
Серая Горка, 1-й сорт . . .	73,58	Нет	14,75	0,72	0,02	1,06	0,09	6,84	3,20	0,08	100,12
Серая Горка, 2-й сорт . . .	74,90	»	15,39	0,79	0,02	1,24	0,05	3,16	4,54	0,08	100,29
Серая Горка, 3-й сорт . . .	76,30	»	13,82	0,96	0,02	1,36	0,16	4,30	2,93	0,06	100,07
Серая Горка, аллит в 1-м сорте	76,72	»	13,47	0,88	0,04	0,98	0,04	3,08	4,49	0,22	100,04
Серая Горка, № 5	72,27	»	16,58	0,32	—	1,02	Сл.	5,53	4,61	0,13	100,46
Серая Горка, № 6	75,28	—	14,61	0,18	—	0,50	0,08	7,62	1,99	0,03	100,30

Продолжение

Месторождение	Окислы									Потеря при прокаливании	Сумма
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O		
Серая Горка, № 7	72,91	—	15,15	0,12	—	0,76	0,09	8,63	1,94	0,05	99,65
Койринойя, № 8	71,30	—	15,95	0,15	—	1,12	0,11	10,50	0,89	0,04	100,06
Койринойя, № 9	75,25	—	13,99	0,24	—	0,87	0,14	6,30	2,65	0,05	99,49
Койринойя, № 10	78,16	—	13,17	0,35	—	1,13	Сл.	2,65	4,35	0,07	99,88

Химический анализ (табл. 1) показывает, что содержание Fe₂O₃ в исследуемых пробах пегматита довольно непостоянное и колеблется в пределах от 0,12 до 0,96%, что свидетельствует о невысокой степени чистоты изучаемого материала.

Огнеупорность исследуемых проб пегматита лежит в пределах 1225—1270° С, что соответствует требованию, предъявляемому к флюсующим материалам.

Микроскопическое исследование приладожских пегматитов месторождений Серая Горка и Койринойя позволяет сделать следующие выводы.

Основными породообразующими минералами приладожских пегматитовых месторождений являются полевой шпат и кварц. В качестве примесей обнаружены: мусковит, биотит, хлорит, гидрослюда, гранат, каолинит, серицит, лимонит, гематит, магнетит, карбонат.

Полевые шпаты в пегматитах представлены микроклином и плагиоклазом. Микроклин часто обладает пертитовыми проростаниями. В шлифах иногда удавалось наблюдать ростки микроклина в плагиоклазе. Полевые шпаты (в особенности плагиоклазы) в большей или меньшей степени изменены, с образованием продуктов выветривания (каолинит, мусковит, серицит).

Почти во всех шлифах удавалось наблюдать выделение красновато-бурых окислов железа и рудного минерала магнетита, часто ассоциирующегося со слюдой.

Кварц присутствует как в виде отдельных зерен, так и в виде ростков в полевоом шпате, принимая форму языков и заливок.

Мусковит наблюдается как первичный, так и вторичный, но главным образом вторичный.

Биотит чаще всего встречается в виде отдельных пластинок как неизменных, так и подвергшихся вторичным изменениям (хлоритизация, мусковитизация, выделение рудного минерала).

В просмотренных шлифах среди полевых шпатов преобладает плагиоклаз. Микроклин присутствует в подчиненном количестве. Его выделения чаще мелкие, ксеноморфны по отношению к плагиоклазу. Микроклин иногда содержит пертитовые ростки альбита, причем в небольшом количестве. Далее было произведено определение содержания плагиоклазовых ростков в микроклин-пертитах путем микроскопического подсчета их в шлифах по методу Далеса — Розиваля.

Определение процентного содержания ростков плагиоклаза в микроклин-пертитах месторождения Серая Горка показало, что процент рост-

ков в среднем равен 18 и колеблется от 15 до 20. В микроклинпертитах месторождения Койриной процент вростков в среднем составляет 18 и колеблется от 17 до 19.

Определение номера плагиоклаза в пробах пегматита определялось по светопреломлению.

Плагиоклазы оказались кислыми от № 6 до № 15.

Таким образом, исследования минералогического состава проб приладожских пегматитов месторождений Серая Горка и Койриной показали, что пегматиты этих месторождений в основном являются смешанными микроклин-плагиоклазовыми с преобладанием плагиоклазов в пегматитах Серая Горка и микроклина в пегматитах Койриной. Плагиоклазы в пегматитах кислые от № 5 до № 15, содержание кварца колеблется в пределах от 22 до 40%. Загрязнения принадлежат примерно одним и тем же минералам — железистым слюдам, продуктам их выветривания и ожелезнения, реже гранату и пириту. По количеству загрязнений пегматит рудника Койриной чище пегматита Серой Горки.

Керамические испытания производились по установленному Керамическим институтом методу, состоящему в расплавлении в тиглях средней пробы пегматита, измельченной с остатком 1—3% на ситах 900, 2500 и 6400 отв. на 1 см². Обжиг производился при ПК 132—135 (1320—1350°). Внешний вид полученных расплавов (цвет, мушка) служил основанием для суждения о степени чистоты материала.

По результатам расплавов образцов средних проб и учитывая содержание окиси железа согласно химическому анализу, пегматиты разбиваются на следующие сорта:

Отборный — не дает мушки в расплаве в молотом виде с тонкостью зерна, проходящего через сито 900 отв./см²; Fe₂O₃ — не более 0,1%.

Первый сорт — не дает мушки в расплаве в молотом виде с тонкостью зерна, проходящего через сито 2500 отв./см²; Fe₂O₃ — не более 0,2%.

Второй сорт — не дает мушки в расплаве в молотом виде с тонкостью зерна, проходящего через сито 6400 отв./см²; Fe₂O₃ — не более 0,3%.

Третий сорт — не дает мушки в расплаве в молотом виде с тонкостью зерна, проходящего через сито 6400 отв./см²; Fe₂O₃ — не более 0,5%.

Анализируя внешний вид расплавов и содержание Fe₂O₃ семи проб месторождения Серой Горки, видим, что четыре пробы (№№ 1, 2, 3 и 4), отобранные из штабелей рудничной сортировки, оказались низкосортными и ни одна из них не может быть признана годной для производства фарфора хозяйственного назначения без предварительного обогащения.

Пробы №№ 5, 6 и 7, тщательно отобранные из штабелей, отсортированных в соответствии с временными техническими условиями, составленными ГИКИ, представляют материал 1-го, 2-го и 3-го сортов, из них 1-й и 2-й представляют материал, годный для ввода в шихту фарфоровых масс хозяйственного назначения.

Пробы пегматита из рудника Койриной (№№ 8, 9 и 10), отобранные так же тщательно, как и пробы №№ 5, 6 и 7 рудника Серая Горка, согласно испытаний можно отнести к следующим сортам: 1-й сорт — проба № 8, 2-й сорт — проба № 9, 3-й сорт — проба № 10.

На основании проведенного комплекса химико-минералогических

испытаний из 10 проб исследуемого пегматита 6 проб, отвечающих техническим требованиям, были подвергнуты проверке поведения их в фарфоровых массах.

По рецепту массы Новгородского фарфорового завода «Пролетарий», изготовляющего фарфоровую посуду хозяйственного назначения, были изготовлены семь фарфоровых масс, четыре из которых были составлены с вводом пегматитов месторождения Серая Горка, две массы с вводом пегматитов месторождения Койриной и одна эталонная, с вводом чистого полевого шпата.

Для изготовления масс и глазурей на исследуемых пегматитах, в работе было применено сырье, обычно употребляемое в фарфоровом производстве, химический состав которого приведен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав материалов, входящих в состав опытных масс и глазурей (в %)

Материалы	Окислы								Потеря при прокаливании	Сумма
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O		
Каолин просяновский . . .	47,02	0,03	38,71	0,28	0,88	0,42	—	0,41	12,82	100,57
Глина новосвейцарская	48,78	1,48	35,25	0,55	0,44	0,32	1,94	1,11	10,51	100,38
Черепок фарфоровый . . .	66,19	0,49	24,99	0,28	0,84	0,52	6,33	—	0,47	100,02
Полевой шпат	71,60	Нет	17,00	0,09	1,44	0,29	6,20	3,02	0,79	100,43
Опока боровичская . . .	0,55	—	0,46	0,11	31,49	20,62	0,23	0,46	46,00	99,08
Пегматиты приладожские . . .										

Анализы приводятся в табл. 1.

Таблица 3

Состав и рецептура опытных масс

№ массы	Исследованный материал	Содержание в нем кварца (в %)	Состав опытных масс (в %)				Молекулярные формулы
			пегматита	кварца	каолина	глины	
0	Полевой шпат	—	26,00	34,0	29,5	10,5	$0,230 \text{ CaO}$ $3,63 \text{ Al}_2\text{O}_3$ $0,110 \text{ MgO}$ $0,390 \text{ K}_2\text{O}$ $0,02 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ $0,270 \text{ Na}_2\text{O}$ $21,3 \text{ SiO}_2$
2	Пегматит, Серая Горка, № 5	25,0	33,3	28,7	29,5	10,5	
3	Пегматит, Серая Горка, № 7	33,0	28,8	31,2	29,5	10,5	
4	Пегматит Серая Горка, № 6	31,0	34,8	25,2	29,5	10,5	

Продолжение

№ массы	Исследованный материал	Содержание в нем кварца (в %)	Состав опытных масс (в %)				Молекулярные формулы
			пегматита	кварца	каолина	глины	
5	Аплит, Серая Горка, 1-й сорт	30,0	36,6	23,4	29,5	10,5	0,200 K ₂ O 0,02 Fe ₂ O ₃ 0,409 Na ₂ O 18,05 SiO ₂
6	Пегматит, Койринойя, № 8	22,0	34,2	25,8	29,5	10,5	
7	Пегматит, Койринойя, № 9	36,0	40,0	20,0	29,5	10,5	0,205 CaO 3,21 Al ₂ O ₃ 0,02 MgO 0,06 K ₂ O 0,028 Fe ₂ O ₃ 0,354 Na ₂ O 18,62 SiO ₂

Изготовление опытных масс согласно приведенной в табл. 3 рецептуре производилось путем мокрого помола в шаровых мельницах до 2% остатка на сите 10 000 отв./см². Готовые шликеры при сливе из барабанов мельницы пропускались через сита 3600 отв./см², а затем подсушивались в полотняных мешках на гипсовых плитах до рабочего состояния, после чего готовые массы тщательно перебивались и поступали на изготовление образцов.

При изготовлении опытных образцов все массы показали хорошие формовочные свойства.

Изготовленные из опытных масс образцы (плиточки) были подвергнуты керамическим и физико-механическим испытаниям, которые состояли в определении воздушной усадки, связности, полных усадок и водопоглощения образцов, обожженных при 900 и 1300°C, в определении механической прочности на излом, белизны и просвечиваемости фарфорового черепка.

Керамические свойства опытных масс приводятся в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика керамических свойств опытных масс

№ массы	Месторождение и № пробы пегматита	Воздушная усадка (в %)	Связность (в кг/см ²)	Полная усадка (в %) при обжиге на		Пористость по водопоглощению (в %) черепка, обожженного на	
				900°	1300°	900°	1300°
0	Полевой шпат . . .	3,03	20,2	3,7	12,0	19,0	0,13
2	Серая Горка, № 5 . . .	3,60	16,2	3,8	12,7	19,0	0,09
3	Серая Горка, № 7 . . .	3,44	15,8	3,7	12,6	18,8	0,11
4	Серая Горка, № 6 . . .	3,68	17,9	3,9	13,3	21,0	0,10
5	Серая Горка, 1-й сорт аплит	3,40	23,3	3,0	12,5	20,0	0,33
6	Койринойя, № 8 . . .	3,80	17,4	3,6	12,0	18,9	0,15
7	Койринойя, № 9 . . .	3,50	15,5	3,0	11,2	21,4	0,26

Физико-механические свойства опытных масс представлены в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика физико-механических свойств опытных масс

№ массы	Месторождение и № пробы пегматита	Временное сопротивление излому плиток (в кг/см ²), обожженных на		Белизна по зеленому светофильтру (в %)	Пластинки, обожженные на ПК 130	
		900°	1300°		средняя толщина (в мм)	просвечиваемость
0	Полевой шпат	—	722	63,9	2,3	0,088
2	Серая Горка, № 5	—	716	70,2	2,4	0,106
3	Серая Горка, № 7	—	650	67,8	2,27	0,156
4	Серая Горка, № 6	—	688	67,6	2,26	0,230
5	Серая Горка, 1-й сорт аплит	34,3	630	58,1	1,72	0,230
6	Койринойя, № 8	33,9	620	68,9	1,41	0,590
7	Койринойя, № 9	35,8	633	62,2	1,42	0,480

Как видно из табл. 4 и 5, показатели керамических и физико-механических свойств опытных масс, изготовленных на испытуемых пегматитах, оказались довольно близкими к показателям эталонной массы. Это свидетельствует о том, что при весьма тщательной ручной сортировке породы, дробленной на мелкие куски размером не более 10—15 см, можно добиться получения пегматита удовлетворительного качества непосредственно на руднике, но с очень низким выходом товарного продукта из добываемой горной массы, примерно 15—30%. Практически такая сортировка весьма затруднительна, что и приводит в результате к получению несортного пегматита.

Выводы

1. Пегматиты месторождений Серая Горка и Койринойя в основном являются смешанными микроклин-плагиоклазовыми пегматитами. Содержание кварца колеблется от 20 до 40%; загрязнения в пегматитах — железистые слюды (биотит), продукты их выветривания и ожелезнения, реже гранат и пирит.

2. Средние пробы материала рудничной сортировки (даже 1-й сорт) в фарфоровых массах после обжига при 1320° дали фарфоровый черепок серого цвета с большим количеством мушки, что не позволяет признать материал пригодным в качестве сырья для фарфоровой промышленности.

3. Пегматит месторождения Серая Горка загрязнен большим количеством биотита, равномерно распределенного по всей толще пегматитового тела, что весьма затрудняет сортировку породы. Разбивая пегматит на мелкие куски 10—15 см, удается отсортировать не более 15% товарного пегматита, остальное составляет отход. Пегматит месторождения Койринойя несколько лучшего качества, но и здесь только при тщательной сортировке можно получить пегматит удовлетворительного качества в количестве, не превышающем 30% добытой породы.

4. Тщательная ручная сортировка на руднике весьма затруднительна и экономически невыгодна, поэтому применение изучаемых пегматитов может быть рекомендовано только после обогащения их на помольно-обогатительном заводе. С постройкой помольно-обогатительного завода на территории Питкярантского района богатейшие залежи приладожских пегматитов смогут стать серьезным источником полевошлатового сырья высокого качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов П. А. Керамические пегматиты КФССР Петрозаводск, 1948.
2. Стадников В. Д. Исследование пегматитов приладожских месторождений. Керамич. сборн., № 21, 1948.

