

М. А. БЕЗБОРОДОВ

Доктор технических наук, профессор

Г. П. ФИЛИНЦЕВ

Кандидат технических наук

### КАРЕЛЬСКАЯ КЕРАМИКА

Д. И. Виноградов был, повидимому, первым, кто производил поиски и испытания минерального сырья в б. Олонецкой губернии, ныне Карело-Финской ССР, для организации в России производства тонкой керамики. Эти работы велись им в середине XVIII века в связи с налаживанием первого в России фарфорового производства (1,2).

В результате поисков и испытаний Виноградов стал пользоваться на своей „порцелиновой мануфактуре“ олонецким кварцем для фарфоровой массы, олонецким жерновым камнем для своих мельниц и андомской глиной для изготовления капселей.

С тех пор прошло двести лет, и за истекшее время Карело-Финская ССР стала поставщиком различных видов минерального сырья для промышленности России.

Недра Карело-Финской ССР богаты кварц-полевошпатовыми материалами, которые являются основным сырьем фарфоро-фаянсового производства. Будучи источником снабжения сырьем фарфоро-фаянсовой промышленности РСФСР, Карело-Финская ССР никогда не имела своего собственного производства тонко-керамических изделий.

В середине 1946 года Карело-Финская Научно-исследовательская База АН СССР поставила перед собой задачу выяснить возможность получения тонко-керамических изделий хозяйственного и электротехнического назначения из сырья Карело-Финской ССР.

При постановке этой задачи прежде всего возник вопрос о пластичном компоненте керамической массы, каковым может быть огнеупорная глина или, в крайнем случае, глина тугоплавкая. В Карело-Финской ССР такие глины пока не обнаружены, а геологическое строение республики говорит о том, что нет и оснований найти эти глины на ее территории. Имеющиеся кирпичные глины не могут служить сырьем для тонко-керамических изделий; эти глины годятся, в лучшем случае, для производства черепицы и гончарной посуды.

Неподалеку от границы Карело-Финской ССР, в Вытегорском районе Вологодской области, находятся несколько месторождений огнеупорных глин различного качества, называемых вытегорскими и андомскими глинами. О последних мы уже упоминали ранее в связи с работами Д. И. Виноградова. В 50-х годах XVIII века андомские

глины оказались наиболее подходящими из всех, известных Д. И. Виноградову русских глин, чтобы изготовлять достаточно термостойкие и огнеупорные капсулы.

По имеющимся сведениям, андомские глины ныне уже выработаны и сейчас не представляют никакого практического интереса. Поэтому следовало обратить внимание на вытегорскую группу месторождений огнеупорных глин. Вытегорские глины так же давно и хорошо известны русской промышленности, как и андомские, в качестве исходного сырья для изготовления огнеупоров и неоднократно упоминались в специальной литературе.

Капитан Комаров в своей статье „О строительных материалах Олонецкой губернии“ (5) характеризует вытегорскую глину Патровского месторождения с лучшей стороны; он сообщает, что ежегодная добыча ее достигает от 20.000 до 50.000 пудов и более (1861 год). Ее используют для изготовления „огнепостоянных“ (огнеупорных) кирпичей и применяют на чугуноплавильных и литейных заводах в окрестностях Петербурга, в Финляндии и в Олонецкой губернии. Горный инженер Богославский дает описание вытегорской и андомской глин по сравнению с лучшими английскими, французскими, бельгийскими, германскими и шведскими глинами (3). Он сообщает химический анализ и способы применения вытегорской (патровской) глины на заводах. М. А. Цейтлин сообщает данные об использовании вытегорской и андомской глин на б. императорском стекольном заводе в Петербурге в 1854 году (6). В „Ведомости о среднем количестве материалов, потребных для действия императорского стекольного завода в 1854 г.“ указывается: андомская глина—5000 пудов и вытегорская глина—100 пудов. Земляницын пишет, что „главными потребителями огнеупорных глин (подразумевается здесь вытегорская и андомская глины—М. Б.) являются, по преимуществу, горные заводы: никакой металлургический аппарат не может их игнорировать“ (4). Он сообщает, что добыча вытегорской глины Патровского месторождения достигает 60.000 пудов ежегодно (1875 год). А. В. Кронквист дает обзор различных русских огнеупорных глин, сообщает их химические анализы и керамические характеристики; он останавливается и на „огнеупорной глине из Вытегры“, про которую говорит, что она „очень огнеупорная“ и „употребляется в С.-Петербургском императорском фарфоровом заводе“ (7).

Приведенный краткий обзор литературных источников о вытегорских глинах убеждает нас в том, что они вполне заслуживают внимания, как огнеупорное сырье, пригодное в качестве пластичного компонента в керамической массе. Территориальное расположение вытегорских глин также благоприятно для использования их в производстве, которое может быть организовано вблизи берега Онежского озера.

Имея поблизости карельские полевые шпаты или пегматиты, вытегорские огнеупорные и местные кирпичные легкоплавкие глины, можно было уже с достаточной уверенностью приступить к разработке технологии получения тонко-керамического товара.

Черепок тонко-керамического изделия характеризуется достаточно плотной равномерной структурой, что достигается тонким помолом компонентов его массы, тщательным ее перемешиванием и достаточно высокой температурой обжига, при которой достигается не только спекание массы, но и значительное ее остеклование. С физико-

химической точки зрения тонко-керамический черепок характеризуется значительным содержанием стеклообразной („жидкой“) фазы и в этом смысле приближается к черепку фарфора.

В августе 1946 года промышленно-экономический сектор Карело-Финской Научно-исследовательской Базы Академии Наук СССР приступил практически к выполнению темы по разработке технологии получения тонко-керамических изделий и глазурей к ним из сырья Карело-Финской ССР.

В середине августа 1946 года геолог Г. М. Яриков по поручению Базы выехал в Вытегорский район, чтобы ознакомиться на месте с состоянием трех месторождений вытегорских глин, которые могут представлять интерес в настоящее время: Патровским, Житненским и Сперовским. Он же отобрал образцы глин трех вышеуказанных месторождений в количестве около 200 килограммов для экспериментальных работ. Тогда же было установлено, что добыча глин в Вытегорском районе никем не производится, но до 1939 года разработки велись артелью „Рудхим“ в Сперовском сельсовете близ деревень Сперово, Патрово и Житное. С тех пор разработки глин законсервированы.

Огнеупорные глины Вытегорского района подчинены толщам нижнего карбона и местами представлены мощными пластами.

Патровское месторождение огнеупорных глин расположено в 10 км к югу от города Вытегры, близ деревни Патрово, в долине Патров-ручей. Вскрытые рядом скважин и шурфов глины имеют темносерый и черный цвет; они пластичны и залегают в нижней песчаной толще Патровской свиты.

Огнеупорные глины залегают здесь в форме большой линзы, вытянутой с северо-запада на юго-восток вдоль склона Патрова-ручья. Мощность глин колеблется в пределах от 1,30 м до 1,65 м. Средняя мощность по всему участку — 1,5 м. Глубина залегания глин непостоянна: от выхода на поверхность у Патрова-ручья до 10—25 м по склону реки Тагажмы. Подошва залежи огнеупорных глин почти всюду лежит ниже уровня вод Патрова-ручья.

Подстилающими и покрывающими огнеупорные глины породами служат пески, которые в кровле и подошве представлены пльвунами. При беседах геолога Г. М. Ярикова с местными жителями—старыми проходчиками—выяснилось, что лучшие в смысле добычи глины участки Патровского месторождения выработаны. Проходка при этом была сопряжена до известной степени с трудностями из-за пльвунов. Несмотря на применение сплошного крепления при проходке штольнями, нередко случались обвалы.

Выявленные, но не утвержденные запасы огнеупорных глин составляют сотни тысяч тонн по категории С<sub>2</sub>.

Житненское месторождение огнеупорных глин расположено в 10—12 км к юго-востоку от города Вытегры, в 4 км от канала Мариинской водной системы и в 200 метрах на запад от деревни Житное.

Огнеупорные глины Житненского месторождения темносерого или черного цвета, пластичные, содержат углистые частицы. По геологическому возрасту они относятся к нижнему карбону и залегают в верхней глинистой части Патровской свиты.

Мощность глин колеблется в пределах от 1,06 до 2,70 м. Средняя мощность глин по месторождению равна 1,5 м, а глубина залегания от 4,5 до 26,5 м.

Геолог Г. М. Яряков считает, что из всех месторождений огнеупорных глин в Вытегорском районе Житненское заслуживает наибольшего внимания промышленности с точки зрения горно-эксплоатационных и техно-экономических условий, а также и качества глин.

Выявленные, но не утвержденные запасы глин Житненского месторождения достигают сотен тысяч тонн по категории С<sub>2</sub>.

Третье месторождение—Сперовское—расположено в 12 км к юго-востоку от города Вытегры, в 5 км от канала Марининской водной системы и в 0,75 км к югу от деревни Сперово. Протекающая здесь река Тагажма делит месторождение на два неравных участка (левобережный и правобережный) и имеет неширокую (300 м), но сравнительно глубокую (20—25 м) долину.

Сперовские глины темносерого и черного цвета, плотные, пластичные, содержат углистые частицы и сажистые пятна. Они залегают в нижней части толщи глинистых образований Патровской свиты в форме пластообразной залежи. Мощность пласта огнеупорных глин на правобережном участке колеблется в пределах от 0,40 до 1,35 м; глубина залегания их от 0,65 до 26,0 м. Подстилающими и покрывающими их породами являются темнокрасные и красные пластичные глины. На левобережном участке мощность глин от 2,15 до 3,15 м, а глубина залегания их от 12 до 20 м в долине реки. Есть сведения о том, что глины Сперовского месторождения разрабатывались еще до 1914 года подземными выработками. Левобережный участок к настоящему времени очень выработан и промышленного интереса не представляет. На правобережном участке в долине реки Тагажмы добыча глин производилась карьерным способом, однако здесь было выработано немного глины.

Выявленные запасы огнеупорных глин на правобережном участке Сперовского месторождения по категории А<sub>2</sub>+В составляют десятки тысяч тонн.

Экспериментальная часть работы по карельской керамике проводилась в помещении лаборатории керамического сырья Гос. Иссл. Керамического Института (в Ленинграде). В экспериментальной части работы принимали участие Т. А. Лопухина, Т. И. Тараева, П. А. Чершинцева и З. Т. Митрофанова. Научное руководство работами по карельской керамике принадлежало авторам настоящей статьи.

Как сказано ранее, на месторождении были отобраны образцы глин для их испытаний и для изготовления опытных масс и изделий.

Влажность глин, полученных в лаборатории, была следующая: Патровской — 18,8%, Житненской — 26,9% и Сперовской — 22,8%. Влажность эта, очевидно, случайная, и она не может характеризовать ни гигроскопичность, ни карьерную влажность глин.

<sup>1</sup> В дальнейшем для сокращения мы будем называть глины отдельных месторождений Вытегорского района по имени этих месторождений: Патровская, Житненская и Сперовская.

Средние пробы глин были подвергнуты гранулометрическим и химическим анализам, результаты которых представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Гранулометрический состав

Глины	Фракции, выделенные по Сабаньпу			Остаток на сите 10000 отв.см <sup>2</sup>	
	0,5 мм	0,05 — 0,01 мм	< 0,01 мм	Непрокаленный	Прокаленный
Патровские . .	2,17%	3,85%	93,98%	1,60%	0,80%
Житненские	2,50%	5,38%	92,15%	2,85%	2,84%
Сперовские . .	1,70%	6,74%	91,56%	0,45%	0,45%

Таблица 2

Химический состав

Глины	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	Потеря при прокаливании	Сумма	Глиноземная ценность
Патровские	43,60	1,76	33,69	2,37	1,49	след.	0,13	0,01	17,48	100,52	3,51
Житненские	47,88	2,23	30,34	3,41	1,76	1,30	след.	0,91	11,93	99,76	5,66
Сперовские	54,29	1,57	27,52	4,00	1,43	1,98	след.	0,26	9,47	100,51	5,48

Зерновой состав указывает на тонкодисперсное состояние всех образцов глин, причем по степени дисперсности глины располагаются в ряд: Патровская, Житненская, Сперовская. По наружному виду можно сделать заключение, что глины загрязнены органическими веществами, равномерно распределенными в них. Эти органические вещества, по всей вероятности, углистые и настолько мелкие, что нацело проходят через сито с 10000 отв./см<sup>2</sup>, что видно из малых потерь при прокаливании остатков на указанном сите.

Химический анализ (табл. 2) указывает на основной характер глин, т. е. количество глинозема в них выше 30%; это говорит и об их огнеупорности. В анализе на „прокаленное вещество“ количество окиси алюминия в глинах следующее: Патровская — 40,5%, Житненская — 34,6% и Сперовская — 30,2% (последняя глина — на границе с „кислыми“). И действительно, экспериментальные определения огнеупорности дали следующие показатели: Патровская глина 1700—1710°, Житненская — 1670° и Сперовская — 1650°. Малое количество суммы щелочных окислов с окисью железа и сравнительно невысокое количество щелочно-земельных окислов в глинах говорит об их позднем спекании, а потому требуется добавка плавней для получения из этих глин полуостеклованного каменного черепка. Глины содержат значительное количество красящих окислов TiO<sub>2</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а поэтому после обжига они дают окрашенный черепок. Более светлой глиной является Патровская, в которой сумма TiO<sub>2</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=4,13%. В остальных двух глинах красящих окислов содержится 5,64% и 5,57%.

Большая потеря при прокаливании подтверждает впечатление при внешнем просмотре глин о загрязнении их углистыми включениями.

Микросмотр глин дал следующую картину:

Патровская глина. Основная масса представлена мелко-дисперсными глинистыми частичками со светопреломлением 1,551—1,560. Глина окрашена органическими веществами и окислами железа в бурые тона (в проходящем свете). В качестве примесей обнаружены в значительном количестве обломки углистого вещества и в небольшом количестве кварц в остроугольных зернах, полевоы шпат, мусковит, рутил, циркон.

Житненская глина. По микроструктуре аналогична Патровской, но отличается несколько более крупными размерами частиц и более интенсивной окраской в проходящем свете. Светопреломление глинистых частиц 1,548—1,551.

Сперовская глина аналогична первым двум. Светопреломление глинистых частиц между 1,540 и 1,548.

Глины были подвергнуты керамическим испытаниям, основные показатели которых приводятся в таблице 3.

Таблица 3

Результаты керамических испытаний глин

Глины	Вязкость при формовке в %	Линейн. усадка в %	Мех. прочн. вогл. сухих образцов на излом в кг/см <sup>2</sup>	Огнев. усадка в % при обжигах на		Пористость по водопоглощен. после обжига	
				1250°	1300°	1250°	1300°
Патровская . . .	22,5	4,94	19,6	15,25	14,2	1,10	0,90
Житненская . . .	24,3	9,06	57,0	0,8	1,12	21,0	14,6
Сперовская . . .	24,7	9,60	43,0	0,6	0,0	16,4	6,48

Пластичность Житненской и Сперовской глин значительно больше, чем Патровской, что подтверждают цифровые показатели линейной усадки при сушке и механической прочности образцов в воздушно-сухом состоянии. Особенно пластична глина Житненская. Пластичность по методу проф. Землячнского характеризуется следующими цифрами: Патровская глина — 3, Житненская — 4,5 и Сперовская — 4,3.

После обжига при температуре 1250° образцы из Патровской глины несколько деформированы, имеют светлый желто-серый цвет с мелкой мушкой; в изломе цвет более темный и структура раковистая, довольно плотная; черепок начал оплавляться.

Образцы из Житненской глины имеют цвет недожженного светлокрасного кирпича с большим количеством мушки. Образцы при обжиге дали трещины, излом неровный по цвету и структуре. Образцы из Сперовской глины имеют типичный буро-кирпичный цвет с большим количеством железистых выпалок (до 2 мм) и мушки. Заметно вспучивание черепка.

Малая усадка и большое водопоглощение образцов из Житненской и Сперовской глин говорят о том, что при этой температуре (1250°) уже началось вспучивание (увеличение в размерах).

После обжига на 1300° цвет образцов из Патровской глины светлосерый в изломе со стальным оттенком; образцы деформировались, но не вспучились. Имеется мелкая мушка. Черепок плотный, излом раковистый. Образцы из Житненской глины имеют светлокирпичный

цвет, в изломе цвет темнокоричневый, неоднородный, черепок пористый, потому что образцы вспучились. На образцах много мушки и единичных выпловок. Сперовская глина после обжига на  $1300^{\circ}$  имеет темнокирпичный цвет на поверхности образца с мушкой и выпловками. Образцы вспучились, а потому в изломе они пористые с неоднородным цветом.

Химико-минералогические и керамические свойства глин вытегорских месторождений говорят за то, что из них можно изготавливать тонко-керамические изделия, но с добавками отошающих и флюсующих компонентов. Они достаточно огнеупорны, а потому массы из этих глин можно обжигать при  $1250^{\circ}$ — $1300^{\circ}$ , т. е. наиболее подходящей температуре обжига „каменного“ товара с прочными полевошпатовыми или глиняными глазуриями. Они обладают достаточной пластичностью, что позволяет вводить отошающие материалы примерно до 50%. Окраска Патровской глины после обжига довольно светлая, а поэтому изделия из нее должны получиться настолько светлые, что можно применять прозрачные неокрашенные глазури. Цвет Житненской и Сперовской глин после обжига кирпично-желтый; изделия из масс с этими глинами должны получиться темносерые, что исключает возможность применять бесцветные глазури. Для этих изделий пригодными будут темно-окрашенные глиняные глазури или совершенно глухие белые. Для этих же изделий полезно было бы применять белые ангобы, которые особенно эффектны на внутренней „рабочей“ поверхности изделий.

Для изготовления масс и глазурей в работе применялось сырье, химический состав которого приведен в таблице 4.

Химический состав сырья

Таблица 4

Название материала	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Плотность при прокаливании	Сумма
Полевой шпат карельский . . . . .	65,73	—	21,31	0,17	0,39	0,56	2,57	8,96	0,26	0,38	100,33
Шамот Патровской глины . . . . .	52,58	2,12	40,63	2,86	1,80	—	0,01	—	—	—	100,00
Шамот Житненской глины . . . . .	54,51	2,55	34,04	3,88	2,03	1,47	1,03	—	—	—	100,00
Шамот Сперовской глины . . . . .	59,64	1,73	30,23	4,39	0,54	2,18	0,29	—	—	—	100,00
Кирпичн. глина . . . . .	62,64	1,49	16,29	7,30	1,91	1,33	4,16	—	—	4,88	100,05
Шамот кирп. глины . . . . .	64,83	1,56	17,12	7,67	2,00	1,45	4,37	—	—	—	100,00
Череш. фарфор. . . . .	66,19	0,40	25,00	0,28	0,84	0,52	6,33	—	—	—	100,00
Каолин Просяновский . . . . .	46,93	0,34	38,30	0,43	0,71	0,24	0,64	0,28	0,14	13,56	100,57
Каолин Глуховский . . . . .	46,57	0,97	38,05	0,58	0,32	0,02	0,15	0,04	0,04	13,48	100,19
Глина Часов-Ярская . . . . .	56,90	1,50	28,90	0,80	0,50	0,50	2,50	0,60	0,10	8,40	100,70
Лужский песок . . . . .	97,24	0,15	1,50	0,14	0,14	—	—	—	—	—	99,17

Полевой шпат был взят обычный рядовой с Чупинского месторождения „альбитового“ характера ( $\text{Na}_2\text{O}$  — около 9% и  $\text{K}_2\text{O}$ —2,6%). Химический состав шамота приведен на основе пересчета данных химического анализа непрокаленных глин. Кирпичная глина — Ленинградская-кембрийская. Лужский песок кварцевый без обогащения. Остальные материалы применялись только для изготовления глазурей, следовательно, в очень ограниченном количестве.

Первоначальные опыты производились с пробными массами, составленными с одной из испытуемых глин (вместе с соответствующим шамотом) и отошающими добавками. Состав масс дан ниже:

	I	II	III	IV
Глины . . . . .	65	60	55	60
Шамота . . . . .	25	25	25	25
Полевого шпата . . . . .	10	15	20	15
Кварцевого песка (Лужского) . . . . .	—	—	—	5

Не загромождая настоящее сообщение цифровыми показателями полных керамических испытаний этих пробных масс, приводим здесь только выводы, которые сводятся к следующему:

1. Ввод в массу 55%, 60% и 65% глин обеспечивает формовочную способность масс. Количество глины в массах можно еще снизить, что при удовлетворительной пластичности положительно отзовется на уменьшении усадки при сушке и на снижении деформации („коробления“) при обжиге. Механическая прочность образцов из пробных масс в воздушно-сухом состоянии большая во всех случаях (от 22 кг/см<sup>2</sup> до 42 кг/см<sup>2</sup> временного сопротивления на излом), что также указывает на возможность увеличения отошающих добавок. В массы из Житненской глины, как наиболее пластичной, увеличение отошающих добавок обязательно.

2. В массы из Патровской глины следует вводить до 20% полевого шпата, чтобы получить плотный черепок после обжига при 1250°. Количество полевого шпата в массах с Житненской и Сперовской глинами должно быть не выше 15%.

3. Уточнение состава пробных масс возможно произвести лишь в дальнейшей работе, когда будет установлен состав глазурей.

Первые три пробные глазури были изготовлены трех различных цветов: прозрачная бесцветная, белая „полуглухая“ и темнокоричневая непрозрачная. С ними производились всевозможные длительные испытания, о которых мы упоминаем лишь вкратце. Они наносились на черепки пробных масс, подвергались обжигу, после чего производилась их оценка по разным признакам. Так как глазури не удовлетворили полностью всем условиям и, в частности, условиям прочной сплавваемости с черепком (образование цека), то был пересмотрен состав масс с целью придать им меньший коэффициент теплового расширения. Три массы были избраны, как оптимальные. Их состав дан ниже:

Наименование компонентов	М а с с ы		
	I (Патров- ская)	II (Житнев- ская)	III (Сперов- ская)
Патровская глина . . . . .	40	—	—
Житневская глина . . . . .	—	40	—
Сперовская глина . . . . .	—	—	50
Шамот (соответствующей глины) . . . . .	10	45	10
Полевой шпат . . . . .	20	15	10
Песок кварцевый . . . . .	30	30	30

Химический состав этих масс, на основании пересчета рецепта по химическому анализу сырья, приводится в таблице 5.

Таблица 5  
Химический состав опытных масс

М а с с ы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Патровская глина . . . . .	69,22	0,98	25,00	1,35	0,91	0,12	0,54	1,88
Житневская . . . . .	70,70	1,46	21,40	2,00	1,17	0,85	0,92	1,50
Сперовская . . . . .	73,00	1,14	19,50	2,58	0,97	1,38	0,48	0,95

После выбора этих масс, как оптимальных, были рассчитаны и изготовлены к ним глазури следующего состава:

1. Глиняная глазурь коричневая непрозрачная.

Глина кирпичная кембрийская . . . . .	50%
Шамот из этой же глины . . . . .	30%
Мел . . . . .	5%
Доломит (Боровичская „опока“) . . . . .	15%
	<hr/>
	100%

Для усиления окраски глазури и придания ей мягкого шоколадного оттенка к шихте глазури сверх 100 частей было добавлено 2 части перекиси марганца и 3 части хромистого железняка.

2. Прозрачная бесцветная глазурь для фарфора на низкую температуру обжига.

Полевой шпат . . . . .	44%
Кварц <sup>1</sup> . . . . .	37%
Каолин . . . . .	6%
Мрамор (или мел) . . . . .	6%
Окись цинка . . . . .	7%
	<hr/>
	100%

Сверх 100% добавлено фарфорового черепка 10%.

3. Полевой шпат . . . . .	44%
Кварц . . . . .	27%
Каолин . . . . .	6%
Мрамор . . . . .	6%
Окись цинка . . . . .	7%
Доломит . . . . .	10%

100%

Череп фарфора (сверх 100%)

10%.

4. Та же глазурь (3), заглушенная фтористым кальцием (плавиковый шпат), из расчета 6% на СаО в количестве 8,4%.

5. Полевой шпат . . . . .	44%
Кварц . . . . .	27%
Каолин . . . . .	13%
Мел . . . . .	16%

100%

6. Коричневая глиняная глазурь.

Кирпичная (кембрийская) глина . . . . .	60%
Шамот из этой глины . . . . .	30%
Доломит (Боровичская опока) . . . . .	10%

100%

7. Полевой шпат . . . . .	30%
Каолин . . . . .	16%
Кварц . . . . .	28%
Окись цинка . . . . .	10%
Доломит (Боровичская опока) . . . . .	16%

100%

8. Полевой шпат . . . . .	44%
Кварц . . . . .	33%
Каолин . . . . .	6%
Доломит . . . . .	10%
Окись цинка . . . . .	7%

100%

Плавиковый шпат (сверх 100%) 8,4%

9. Полевой шпат . . . . .	27%
Кварц . . . . .	44%
Каолин . . . . .	6%
Доломит . . . . .	10%
Мрамор . . . . .	6%
Окись цинка . . . . .	7%

100%

Череп фарфора (сверх 100%)

7%

Химический состав опытных глазурей, выраженный в молях, приведен в таблице 6.

Таблица 6

Глазурь	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ZnO	Степень кислотности	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Коэффициент линейного расширения
											RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
1	3,20	0,05	0,50	0,14	0,48	0,35	0,07	0,10	—	1,13	5,0	241,40	
2	5,75	0,003	0,61	0,01	0,12	0,06	0,06	0,32	0,44	2,00	9,3	203 .	
3	2,97	0,002	0,38	0,02	0,33	0,20	0,05	0,18	0,24	1,38	7,4	226 .	
4	2,31	0,002	0,30	0,002	0,51	0,12	0,04	0,14	0,19	1,22	7,8	240 .	
5	4,80	0,002	0,64	0,003	0,80	0,03	0,05	0,12	—	1,64	7,5	239 .	
6	5,90	0,10	0,64	0,26	0,20	0,56	0,15	0,09	—	1,60	6,66	219 .	
7	2,46	0,002	0,30	0,002	0,20	0,30	0,15	—	0,35	1,30	8,2	232 .	
8	2,78	0,002	0,30	0,002	0,43	0,15	0,03	0,17	0,22	1,50	9,0	220 .	
9	3,80	0,002	0,32	0,002	0,39	0,19	0,05	0,09	0,28	1,90	11,9	191 .	

Образцы (плитки и отлитые в гипсовых формах тигельки) из опытных масс были глазурованы указанного состава глазурями по сырому (необожженному) и утельному (обожженному на 850°) черепку. После обжига на 1250° образцы получились удовлетворительные, т. е. глазури сплавились, трещинок и цека на глазурном слое не наблюдалось. Однако по блеску глазурного слоя и по цвету надо дать преимущество глазурям 7-й и 8-й из белых прозрачных глазурей и 1-ой глазури из цветных с подкраской перекисью марганца и хромистым железняком. Глазурь 9-я подобна 7-й и 8-й, но она более тугоплавкая и при температуре 1250° не дает зеркального блеска, а остается несколько матовой. Опыт показал, что глазуровать изделия лучше по утельному черепку, т. к. по сырому черепку имеется склонность к „сборке“ глазури. Физические свойства указанного выше состава масс приводятся в таблице 7.

Таблица 7

Характеристика физических свойств оптимальных масс

Массы	№, № масс по рецепту	Влажность массы при формовке	Усадка в %	Прочность (вспр. излому в кг/см <sup>2</sup> )	Усадка в % после обжига		Водопоглощение в % после обжига		Мех. прочность на излом в кг/см <sup>2</sup> после обжига при		Цвет черепка
					1230°	1250°	1230°	1280°	1230°	1280°	
					Патровская	15	21,3	4,8	24,2	20,0	
Житвиевская	27	22,5	9,7	48,8	24,0	25,6	6,10	1,7	430,0	460,0	Черепок грязно-желтого цвета
Сперовская	35	21,5	9,3	42,0	25,0	27,0	4,00	1,5	423,0	462,0	Черепок кирпично-коричневого цвета

Оптимальной температурой обжига для всех масс является 1250—1280°, при чем для массы из Патровской глины температура может быть поднята до 1300°. Все массы характеризуются большой усадкой. Механическая прочность черепка высокая даже при низкой температуре обжига (на 1230°); при нормальной же для них температуре обжига прочность черепка изделий близко подходит к фарфору. Для изделий хозяйственного назначения из физических свойств важное значение имеет цвет черепка. Масса из Патровской глины дает по цвету беложгущийся черепок, что позволяет применять для изделий из этой массы прозрачную бесцветную глазурь. Изделия из Житненской и Сперовской масс по своему цвету требуют применения глухих, темноокрашенных глазурей или ангобов.

Следующим важным вопросом являлось изучение литейных свойств опытных масс, так как литьем тоже можно формовать изделия, и желательно именно литьем формовать детали изделий—ручки к чашкам, чайникам, сахарницам, носки к чайникам и пр.

Патровская масса без электролитов дает текучую суспензию (шликер) с 50% влажности. Применяя в качестве электролита растворимое стекло, удалось снизить влажность шликера до 32%. Оптимальной концентрацией электролита является 0,1% растворимого стекла с влажностью 50% по отношению к весу сухой массы. Литейные характеристики шликера таковы: текучесть на вискозиметре Энтлера с отверстием в 6 мм—7 сек. (100 см<sup>3</sup>), загустеваемость—1,57. Эти показатели говорят за то, что влажность шликера еще можно снизить на 0,5—1,0%.

Житненская масса без электролита дает текучий шликер с 56% влажности (текучесть 6 сек). Ввод растворимого стекла в количестве 0,9—1,1% снижает влажность шликера до 36%.

Сперовская масса без электролита дает текучий шликер с 60% влажности (текучесть тоже 6 сек.). опыты с применением растворимого стекла и соды не дали благоприятных результатов. Только при влажности шликера в 40% удалось получить текучий шликер, вводя растворимого стекла 0,5% и соды 0,1%.

Опыты по литью опытных масс показали, что Патровская масса легко разжижается и растворимым стеклом и содой, давая шликер с хорошими литейными показателями. Житненская и Сперовская массы не дают шликеры с хорошими литейными показателями. Шликеры, имеющие влажность 36% (Житненская глина) и 40% (Сперовская глина), являются неудовлетворительными по влажности, и такой шликер практически можно использовать только для сливного метода литья (одностороннее набирание черепка); для наливного способа (двухстороннее набирание) такой шликер не пригоден. Но литье деталей к изделиям (ручек, носков и пр.) и изделий хозяйственной посуды, которые обычно отливаются сливным способом, из таких шликеров производить возможно.

Применяя другие электролиты, повидимому, можно получить шликеры из этих масс с влажностью в 32—34%, что считается нормальным для литья фарфоровых и фаянсовых изделий.

Таким образом, в результате экспериментальной работы по изготовлению масс и глазури с применением вытегорских глин, полевого шпата и кварцевого песка, выяснилась полная возможность получения тонко-керамических изделий с надлежащими физическими свойствами и полуоплавленным черепком. Подобраны глазури темноокра-

шенные, бесцветные прозрачные и полуглухие. Экспериментальная работа была закончена изготовлением партии опытных изделий.

Отощающие материалы бегунного помола и глина были загружены в шаровую мельницу (фарфоровый барабан емкостью 10 литров), в котором, при соотношении материала, шаров и воды, как 1:1,5:1,5, производилось смешивание компонентов и измельчение до 1% остатка на сите 3600 *отв. см*<sup>2</sup>. После измельчения масса в виде шликера пропусклась через сито 900 *отв. см*<sup>2</sup>, выливалась в полотняные мешки и на гипсовых досках обезвоживалась до влажности 23—24%. Далее масса перебивалась вручную и из нее формировались изделия—чашки и блюда, стенные блюда и горшки.

Чашки (фасон 39 по фарфоровой „номенклатуре“) отформовывались из кома массы, который забрасывался в гипсовую форму и на одношпиндельном формовочном станке, вращающемся от электромотора, с помощью шаблона изготовлялось изделие (корпус чашки). Масса при формовке имела влажность около 25%. В гипсовой форме изделие подсушивалось до 16—18%, вынималось из формы и подвергалось оправке.

Ручки к чашкам отливались в гипсовых формах или отжимались из пластичной массы. Подсушенные ручки аккуратно подрезались и приставлялись к корпусу чашки. Чашки с приставленными ручками высушивались и подвергались чистке поверхности и краев с помощью стеклянной шкурки.

Изделия с тонкими стенками и спекшимся черепком, как известно, нельзя обжигать „на ножке“, так как во время обжига они деформируются; поэтому для каждой отформованной чашки изготовлялись из той же массы круглые подставки „бомзы“. Чашка опрокидывается на бомзу, ставится вверх дном и в таком виде обжигается.

Блюда формовались в два приема; из кома массы на формовочном станке вначале изготовлялся плоский круглый пласт, из которого потом на гипсовой форме с помощью шаблона оформлялось блюдо (или тарелка). После сушки на форме блюдо оправлялось и чистилось и поступало в утельный (предварительный) обжиг.

Таким же образом формовались и стенные блюда. Кувшины, горшки, крынки, вазы и пр. изделия формовались вручную на гончарном круге. Первоначально отформовывались болванки требуемой величины и формы, которые после подсушки подвергались обточке для придания изделию окончательной формы. Высушенные изделия подвергались предварительному обжигу на невысокую температуру (около 900°) для придания черепку изделий необходимой механической прочности, чтобы в дальнейшем можно было изделия глазуровать. После утельного обжига изделия просматривались, сортировались и подвергались глазурованию.

Изделия Патровской массы были подвергнуты глазурованию бесцветной глазурью; цвет черепка из этой массы светлосерый, а потому нет надобности маскировать его темной глазурью. Глазуровка производилась простым окунанием в глазурный шликер.

Поливой обжиг изделий (чашек с блюдами) из Патровской массы производился в дровяном горне, но, к сожалению, заданную температурную кривую при обжиге не удалось выдержать, а потому получился некоторый недожог изделий. По характеру и цвету че-

репка обжиг произвели, повидимому, при температуре 1230°, хотя в смотровом окне уал пироскоп ПК 125.

Изделия из Житненской и Сперовской масс, глазурованные прозрачной бесцветной глазурью, получаются темные, грязно-серого цвета; потому они покрывались темной шоколадно-коричневой глиняной глазурью.

Тонко-керамические массы пригодны для производства низковольтных установочных изоляторов: роликов, патронов, штепсельных коробок, предохранителей и предохранительных коробок, выключателей и пр. Этот вид изделий изготавливается методом прессования в металлических пресс-формах на рычажных прессах.

Для изготовления изделий этого типа мы высушивали наши опытные массы, размалывали их в фарфоровой ступке (на производстве обычно применяются малые бегуны с дырчатой тарелкой) и увлажняли „связкой“ и водой. Связка готовится путем растворения в керосине при нагревании древесного дегтя: на две весовых части керосина одна часть дегтя. Порошок массы увлажняется водой до 8% влажности, после чего в него добавляется 8% холодной связки. Порошок перетирается с увлажнителем и пропускается через сито с 16 *отв/см<sup>2</sup>*. Получается темный порошок с мелкими комочками, который применяется для штамповки изоляторов. Порошком заполняется матрица и нажимом пуансона отпрессовывается изделие. Матрица поднимается, с нее снимается отформованное изделие, которое далее сушат и оправляют от заусениц.

В нашей работе мы изготавливали следующие виды изделий: из Патровской массы обычные ролики, которые покрывали прозрачной глазурью; вводные трубочки к электроплиткам, чайникам и утюгам из Житненской и Сперовской масс и из этих же масс штепсельные коробки (верхние и нижние), которые глазуровали коричневой глазурью. Изделия были получены хорошего качества. Часть изделий, изготовленных из Патровской массы, была подвергнута росписи живописью керамическими красками. Эскизы рисунков в национальном карельском стиле по поручению Базы были исполнены председателем Союза советских художников К-ФССР заслуженным деятелем искусств Г. А. Стронком. Живопись керамическими красками на чашках и блюдах была выполнена художниками на Гос. Фарфоровом заводе в Ленинграде.

## ВЫВОДЫ

Проведенная экспериментальная работа с несомненностью показала, что из вытегорских глин в сочетании с полевошпатовыми материалами и кварцевым песком можно изготавливать тонко-керамическую посуду и низковольтные изоляторы. Можно рекомендовать следующие составы масс с применением этих материалов.

Патровская глина . . . . .	40%	—	—
Житненская . . . . .	—	40%	—
Сперовская . . . . .	—	—	50%
Шамот (из тех же глин) . . . . .	10	15	10
Полевой шпат . . . . .	20	15	10
Кварцевый песок . . . . .	30	30	30

Массы следует обжигать на 1250° — 1280°, причем для этих масс и при этих температурах обжига рекомендуется следующий состав глазурей:

	Коричневая глиняная	Белые глазури		
		(в процентах)		
Кирпичная глина . . . . .	50	—	—	—
Шамот . . . . .	30	—	—	—
Мел . . . . .	5	—	—	6
Доломит . . . . .	15	16	10	10
Перекись марганца . . . . .	до 5	—	—	—
Полевой шпат . . . . .	—	30	14	27
Каолин . . . . .	—	16	6	6
Кварц . . . . .	—	28	33	44
Окись цинка . . . . .	—	10	7	7
Плавиковый шпат . . . . .	—	—	5,4	—
Череп фарфоровый . . . . .	—	—	—	7

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Безбородов М. А. Сырьевые материалы К-ФСРР в производстве первого русского фарфора. Известия К-Ф Научно-Исслед. Базы АН СССР. № 1, 1947 (Петрозаводск).

2. Безбородов М. А. История возникновения первого русского фарфора. Труды I сессии по истории естествознания М., 1947.

3. Богославский. Описание огнеупорных материалов Олонецкого округа. Горный журнал, 1854, ч. IV, книга X, стр. 207—227.

4. Земляницын, Обзор месторождений полезных ископаемых в Олонецкой губернии и их эксплуатация. Глава III. Огнеупорные глины. Олонецкие губернские ведомости, 1874, № 92, стр. 1022—1024.

5. Комаров. О строительных материалах Олонецкой губернии. Горный журнал, 1851, стр. 102-108.

6. Цейтлин М. А. Очерки по истории развития стекольной промышленности в России. М., Л. 1939, стр. 180, Приложение 4.

7. Кронквист А. В. Исследования некоторых русских огнеупорных глин. Горный журнал, 1883, т. III, стр. 315—321 (перевод статьи из шведского журнала).

M. A. Besborodov ja G. P. Filintsev.

KARJALAINEN KERAMIikka

YHTEENVETO

Suoritettut kokeet eittämättömästi osoittavat, että vytegoriskilaisesta savesta maasälpä-aineiden ja kvartsihiekan yhdistelmänä voidaan valmistaa ohuita keramiikka-astioita sekä matalajännityseristäjiä. Voidaan suo-

ritella massojen seuraavia kokoonpanoja käyttämällä yllämainittuja aineita.

Patrovskin savi	40 %		
Zhitnenskin "	—	50 %	
Šperovskin "	—	—	50 %
Shamotti	/		
(samoista savi-			
lajeista)	10	15	10
Maasälpä	20	15	10
Kvartsihiekkä	30	30	30

Massat on poltettava 1250—1280° kuumuudessa, jota paitsi näitä massoja varten niiden polttamiseksi osoitetussa lämpö määrässä suositellaan seuraavia lasuurien kokoonpanoja:

	Ruskoa savilasuuri.	Valkeat lasuurit. (prosentteissa)		
Tiillsavi	50			
Shamotti	30			
Lütu	5			6
Tolomitti	15	16	10	10
Mangaanisuperoksiidi	5 asli			
Maasälpä	—	30	44	27
Kaolüni	—	16	6	6
Kvartsi	—	28	33	44
Sinkkioksiidi	—	10	7	7
Sulava sälpä	—	—	8,4	—
Saviliuske	—	—	—	7