

## ОПТИМИЗАЦИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НЕФЕЛИНОВОГО ШЛАМА

**Еромасов Р.Г., Топтало М.Ю.**  
**Научный руководитель – профессор Никифорова Э.М.**

*Сибирский федеральный университет*

По данным Красноярского края практически отсутствует сырьё для производства плиток, за исключением находящегося в эксплуатации Уярского месторождения глины, возможности которого в обеспечении края продукцией весьма ограничены.

Использование вторичных сырьевых материалов и отходов других производств является перспективным направлением для развития керамической промышленности. Это позволяет снизить себестоимость продукции и сэкономить традиционное керамическое сырьё. Кроме того, проблема получения материалов с необходимыми эксплуатационными свойствами за счёт уменьшения энергетических затрат становится всё более актуальной.

В Красноярском крае ежегодно накапливаются значительные объёмы нефелинового шлама Ачинского глинозёмного комбината, использование которых для производства керамической плитки является наиболее перспективным. Нефелиновый шлам- отход, образующийся при переработке редкоземельных руд. Основными химическими компонентами нефелинового шлама являются  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$ , составляющие в сумме 85-88%. Практическое использование нефелинового шлама при производстве облицовочных керамических материалов обусловлено группой термохимических свойств шлама, определяющих возможность высокотемпературного взаимодействия шлама в ряде физико-химических систем и формирования спеков на его основе. Фасадная керамическая плитка должна соответствовать требованиям настоящего стандарта ГОСТ 13996 – 93 «Плитки керамические фасадные и ковры из них. Технические условия».

Исходным сырьем для проведения исследований являются: нефелиновый шлам Ачинского глинозёмного комбината, глина Компановская, песок кварцевый обогащенный.

Химический состав исходных сырьевых материалов представлен в таблице 1. Гранулометрический состав измельчённого в щековой дробилке нефелинового шлама представлен в таблице 2

Таблица 1 – Химический состав сырьевых материалов

Материал	Содержание, %									
	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_3$	$\text{CO}_2$	п.п.п
Нефелиновый шлам АГК	22–23	53–55	1–2	–	–	1–2	1–2	–	17–20	1–4
Глина Компановская	66–68	1,5–2	16–18	3–5	1–2	1	1–2	0,5	–	1,5–10
Кварцевый песок	96–98	0,2	0,2	0,1	0,2	1	0,1	–	–	0,1–2

Таблица 2 – Гранулометрический состав нефелинового шлама

Материал	+1,4	-1,4+1	-1 +0,8	-0,8 +0,5	-0,5 +0,315	-0,315 +0,08	-0,08 +0,056	< 0.056
Нефелиновый шлам лежалый	9,98	19,13	15,86	43,9	59,82	85,6	11,34	1,6

Для оптимизации фракционного состава нефелинового шлама реализован симплекс-решетчатый план третьего порядка для трехкомпонентной смеси. С учётом рассмотренных рекомендаций по максимальной упаковке и на основании данных гранулометрического состава исходного нефелинового шлама выбраны следующие размеры фракций:

- 0,315 + 0,08 мм ( $x_1$ );
- 0,08 + 0,056 мм ( $x_2$ );
- 0,056 мм ( $x_3$ ).

Размер фракции глины и песка поддерживались на фиксированном уровне и составлял размер частиц менее 0,056 мм. Давление прессования экспериментальных масс составляло 30 МПа. Время изотермической выдержки – 2 час. Температура обжига - 1100°C. Относительная влажность шихты – 5 вес %. Все эти факторы поддерживаются на постоянном уровне.

Результаты экспериментов по оптимизации фракционного состава представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты экспериментов по оптимизации фракционного состава

Образцы	X1 (-0,315 +0,08)	X2 (-0,08 +0,056)	X3 (-0,056)	Водопоглощение, %	Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup>
1.y1	1	0	0	17,98	1,86
2.y2	0	1	0	24,04	1,70
3.y3	0	0	1	21,95	1,75
4.y112	2/3	1/3	0	19,48	1,81
5.y122	1/3	2/3	0	22,18	1,75
6.y223	0	2/3	1/3	23,05	1,71
7.y233	0	1/3	2/3	22,96	1,73
8.y113	2/3	0	1/3	19,71	1,82
9.y133	1/3	0	2/3	21,06	1,80
10.y123	1/3	1/3	1/3	21,37	1,78

Из таблицы 4 видно, что максимальная плотность и минимальное водопоглощение образцов достигается при введении в шихту нефелинового шлама фракции – 0,315 + 0,08 мкм. Получено минимальное водопоглощение 17,98 % и максимальная кажущаяся плотность 1,86 г/см<sup>3</sup>.

По результатам эксперимента построили проекции линий равной кажущейся плотности и водопоглощения образцов на основе компановской глины с нефелиновым шламом при  $T_{обж} = 1100$  °C. (рис 1. и рис 2.)

Приведенный полином третьего порядка для трехкомпонентной системы выглядит следующим образом:

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 - \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{23} x_2 x_3 - \beta_{13} x_1 x_3 - \gamma_{12} x_1 x_2 (x_1 - x_2) - \gamma_{23} x_2 x_3 (x_2 - x_3) - \gamma_{13} x_1 x_3 (x_1 - x_3) - \beta_{123} x_1 x_2 x_3.$$

При подстановке в уравнение координат точек из плана эксперимента полиномы для значений водопоглощения и равнокажущейся плотности приобретает вид:

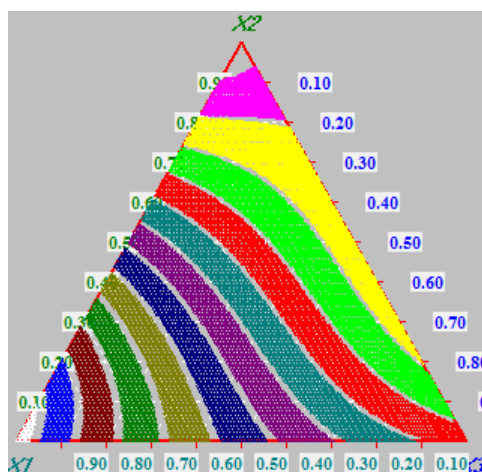


Рисунок 1 – Проекция линий равного водопоглощения на симплекс для шихты с содержанием компановской глины (62 %), кварцевого песка (8 %) и нефелинового шлама (30 %)

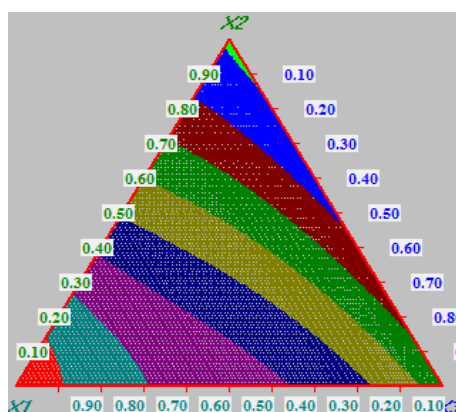


Рисунок 2 – Проекция линий равной кажущейся плотности на симплекс для шихты с содержанием компановской глины (62 %), кварцевого песка (8 %) и нефелинового шлама (30 %)

Полученные результаты экспериментов следует анализировать с учетом перехода от трех фракционной системы нефелинового шлама к двух фракционной системе нефелиновый шлам – глинистый компонент, кварцевый песок, так как размер фракции глинистого компонента и кварцевого песка поддерживали на фиксированном уровне менее 0,056 мм.

Полученные результаты можно объяснить тем, что шихта содержит 30 % крупной фракции нефелинового шлама 500 – 315 мкм и 70 % мелкой фракции кварцевого песка и глинистого компонента, что способствует достижению наиболее оптимальной укладки части шихты согласно теории плотной упаковки. При этом также соблюдается требование различия крупной и мелкой фракции не менее чем 10 раз.

Полученные образцы керамического материала данного вещественного и гранулометрического состава представляют собой композиционный материал, в

котором глинистый компонент является матрицей, а нефелиновый шлам, точнее образующиеся на его основе новые кристаллические структуры являются включениями, равномерно распределенными в матрице.

Несмотря на то, что значения водопоглощения в полученных образцах не попадают в предельно допустимые по ГОСТ 13996 – 93 «Плитки керамические фасадные и ковры из них. Технические условия» значения, разработанную шихту с данным гранулометрическим и вещественным составом можно порекомендовать для дальнейшего исследования влияния технологических параметров получения облицовочных керамических материалов с использованием нефелинового шлама.