

Мавлянов А.С., Сардарбекова Э.К.

**КЕРАМИКАЛЫК МАССАЛАРДЫН РЕОТЕХНОЛОГИЯЛЫК
МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮНӨ КОМПЛЕКСТҮҮ АКТИВАЦИЯСЫНЫН
ТААСИРИН ИЗИЛДӨӨ**

Мавлянов А.С., Сардарбекова Э.К.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ
АКТИВАЦИИ НА РЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС**

A.S. Mavlyanov, E.K. Sardarbekova

**INVESTIGATION OF INFLUENCE OF COMPLEX
ACTIVATION ON REOTECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF CERAMIC MASSES**

УДК: 666.3.022.4

Бул иште суглинок менен күлдүн, механикалык жана комплекстик активдештирилген суглинок менен күлдүн негизиндеги керамикалык массалардын реотехнологиялык мүнөздөмөлөрү изилденген. Суглинок менен күлдүн биргелешкен механикалык активдешүүсү борбордук айланма соккудагы тегирмен принциби боюнча иштеген активатор-аралаштыргычта өткөрүлдү. Комплекстик активдешүү суглинок менен күлдүн биргелешкен механикалык активдешүүсүн жана андан кийин 0,1% ПО-ПБ-7 – ийкемдүүчү кошулмасы менен иштетүүнү камтыйт. Механикалык жана комплекстик активдештирилген суглинок менен 0 дон 75% га чейин күлдүн кошулмасынын негизиндеги массалардын пластикалык бекемдигин белгилөөдө массалардын оптималдуу курамдары аныкталды. Комплекстик активдештирилген керамикалык массалардын пластикалык бекемдиги көбөйгөнү аныкталды. Суглиноктордун сезгичтик коэффициенти механикалык жана комплекстик активдешүүдө жогорулайт, ал эми комплекстик активдештирилген чопо-күлдүк массанын негизинде үлгүлөрдү кургатуу процессинин интенсификация мүмкүнчүлүгүн аныктоо күлдү киргизүүдө азаят. Комплекстик активдештирилген чопо-күлдүк сырьенун негизиндеги массалар жакшыртылган реологиялык касиеттери менен I структура-механикалык типке өтөөрү аныкталды.

Негизги сөздөр: суглинок, күл, чопо-күлдүк аралашма, комплекстик активациялоо, технологиялык, реологиялык, касиеттер, деформация, ийкемдүүлүк, серпилгичтүүлүк.

В работе исследуются реотехнологические характеристики керамических масс на основе суглинка с золой, механо- и комплексно активированного суглинка с золой. Совместную механическую активацию суглинка с золой проводили в смесителе-активаторе, работающему по принципу центробежно-ударной мельницы. Комплексная активация включает совместную механическую активацию суглинка с золой с последующей обработкой пластифицирующей добавкой – ПО-ПБ-7 в количестве 0,1%. При определении пластической прочности масс на основе механо-, комплексно-активированного и неактивированного (исходного) суглинка с золой (в количестве от 0 до 75%) выявлены оптимальные составы масс. При этом выявлено, что пластическая прочность комплексно-активированных керамических масс увеличивается. Коэффициент чувствительности увеличивается у механо- и комплексно-активированных суглинков, а с вводом золы уменьшается, что предопределяет возможность интенсификации процесса сушки образцов на основе

комплексно-активированной зологлиняной массы. Установлено, что массы на основе комплексно активированного глинозольного сырья переходят в I структурно-механический тип с улучшенными реологическими свойствами.

Ключевые слова: суглинки, зола, глинозольная смесь, комплексная активация, технологические, реологические свойства, деформации, пластичность, эластичность.

In the work, rheological characteristics of ceramic masses based on loam with ash, mechanical- and complex activated loam with ash are investigated. Joint mechanical activation of loam with ash was carried out in a mixer-activator, operating on the principle of a centrifugal impact mill. Complex activation includes joint mechanical activation of loam with ash, followed by treatment with surface active additive - PO-PB-7 in an amount of 0.1%. When determining the plastic strength of the masses on the basis of mechanical-, complexly activated and non-activated (original) loam with ash (in an amount of from 0 to 75%), optimal compositions of the masses were found. It was found that the plastic strength of the complex activated ceramic masses increases. The coefficient of sensitivity increases in mechanical- and complexly activated loams, and decreases with the introduction of ash, which predetermines the possibility of intensifying the drying process of samples based on complexly activated clay-ash mass. It has been established that the masses on the basis of complexly activated clay-ash raw turn into structural-mechanical type I with improved rheological properties.

Key words: loam, ash, ash-clay mixture, complex activation, technological, rheological properties, deformations, plastic, elasticity.

Критерием разработки энерго- и ресурсосбережения является использование отходов производства. Известно, что наиболее перспективным как с точки зрения минералогического состава, так и по объему накопления является использование золы в производстве керамического кирпича [1].

Ранее [1] были исследованы влияния совместной механической активации (МА) на технологические свойства глинозольных масс.

Чтобы усилить эффективность воздействия МА на улучшение реологических и технологических свойств керамических масс в данной работе применялась комплексная активация суглинков с золой и

пластифицирующей добавкой. В качестве сырьевых материалов были использованы местные лессовидные суглинки и зола Бишкекской ТЭЦ (БТЭЦ), химический и гранулометрический состав которых приведен в таблицах 1, 2. В качестве ПАВ применили

пластификатор ПО-ПБ-7 (нафтенат натрия, полученный из щелочных отходов химического производства).

Таблица 1

Химический состав сырья

Сырьевые компоненты	Химический состав, % по массе										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	R ₂ O	Ппп	Σ
Суглинок	53,9	13,1	4,45	10,85	1,68	0,4	-	-	-	8,41	98,79
Зола ТЭЦ	51,57	21,87	3,70	3,09	1,24	1,47			0,52	16,54	100

Таблица 2

Гранулометрический состав сырья

Сырьевые компоненты	1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	менее 0,001 мм
Суглинок	1,5	11,3	48,7	20,7	16,1	1,7
Зола ТЭЦ	6,6	11,48	51	7,36	15,36	8,2

Комплексную активацию (КА) проводили в следующем порядке. Смесь из суглинистого сырья и золы БТЭЦ (0 до 75%), подвергали совместной механической активации (МА) в смесителе-активаторе в течение 3 мин. Время активации было принято на основе проведенных ранее исследований [1,2]. Затем затворяли водой с формовочной влажностью (22-24%) с пластифицирующей добавкой ПО-ПБ-7 в количестве 0,1%. Данная дозировка обусловлена тем, что при введении более 0,1% ПО-ПБ-7 будет способствовать вовлечению в смесь более 5% воздуха, что может увеличить пластичность, но снизить при этом пластическую прочность структуры. После вылеживания в течение 10 суток масс различного состава были определены их реологические характеристики.

Для выбора оптимальных составов на приготовленных массах из механоактивированного (МА), комплексно-активированного (КА) и неактивированного (исходного) суглинка с золой определяли пластическую прочность структуры P_m на коническом портативном пластометре ПЛ-10. Составы смесей и технологические свойства приведены в таблице 1.

P_m определяли графическим путем как точку пересечения кривых зависимостей от абсолютной влаж-

ности W (рис. 1). На первом участке, где P_m выше значения P_m от оптимальной влажности W_{opt} недостаточно развиты гидратные оболочки из-за содержания в дисперсной системе преимущественно связанной воды. На втором участке происходит полное развитие гидратных оболочек. Увеличивается число контактов, по которым действуют вандерваальсовы силы, что улучшает деформационные свойства массы. Здесь масса приобретает, так называемое, рабочее состояние. Дальнейшее увеличение влажности приводит к резкому изменению свойств массы, обусловленное большим количеством иммобилизованной воды, масса теряет связность и перестает формоваться.

Для выбора оптимальных составов за критерий формовкости было принято значение угла β верхнего прямолинейного участка кривой P_m к оси абсцисс (рис.1). Из данных заводской практики максимально допустимый предел колебаний давления, передаваемого массе ленточным прессом, выражающийся как предел колебаний P_m , и соответствующий ему максимально допустимый предел колебаний влажности W , приняты равными 0,1МПа и 2% соответственно, поэтому $ctg \beta$ не должен быть меньше 2 [3].

Таблица 1

Технологические характеристики составов

Состав	Шифры	Добавка золы, %	Форм. влажн. W_{ϕ} , %	Пласт. прочн. P_m , МПа	$ctg \beta$	Коэфф. чувств. K_c
Исходные	I	0	24	1,52	1,7	1,4
	II	15	24,3	1,4	1,2	0,9
	III	30	24,5	1,1	1	0,73
	IV	45	25	0,6	0,8	0,49
	V	60	26	0,53	0,7	0,4
	VI	75	28	0,4	0,6	0,37
МА	I'	0	25	1,7	1,5	1,5
	II'	15	23	1,59	1,9	1,08
	III'	30	23,5	1,5	2	0,88
	IV'	45	24	1,28	2,2	0,55

	V'	60	25	1	2	0,5
	VI'	75	26	0,8	1,7	0,45
КА	I''	0	19	1,87	2,1	1,5
	II''	15	19,6	1,87	2,2	0,89
	III''	30	20	1,8	2,4	0,6
	IV''	45	20,6	1,68	2,5	0,44
	V''	60	22,5	1,36	2	0,35
	VI''	75	23	1,2	1,8	0,3

Исследованиями установлено, что P_m и угол $ctg\beta$ у исходных масс (рис. 1, а) уменьшаются, формовочная влажность W_f увеличивается с увеличением добавки золы. Это связано с уменьшением вандерваальсовых сил межмолекулярного притяжения. На твердых частицах развиваются гидратные оболочки, в системе появляется свободная вода и ослабляется действие капиллярных сил. Кроме того, добавка золы играет дезагрегирующую (пептизирующую) роль, увеличивающая степень гидратации частиц.

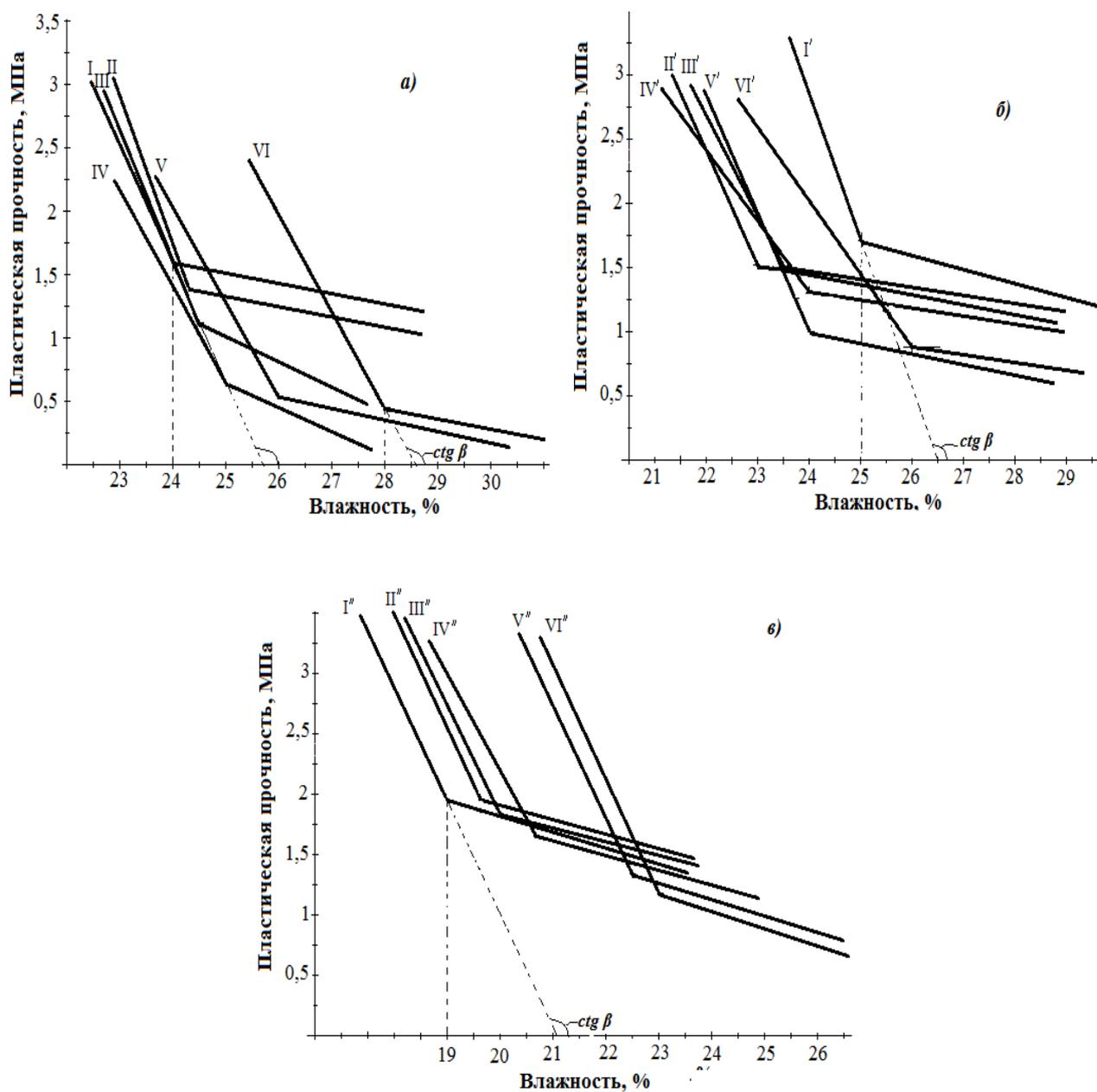


Рис. 1. Влияние формовочной влажности на пластическую прочность:
а – исходных, б – МА, в – КА зологлиняных масс.

В МА составах (рис. 1, б) уменьшение P_m и увеличение W_ϕ с увеличением количества добавки золы происходит незначительно вследствие ослабления пептизирующей роли золы и увеличения сил межмолекулярного притяжения частиц за счет МА. Предел колебаний влажности колеблется от 1,5-2,2% (табл. 1).

В КА составах (рис. 1, в, табл. 1) увеличивается $ctg \beta$, что позволяет массе с пониженной влажностью хорошо формироваться на ленточном прессе. Наибольший угол наклона $ctg \beta = 2,5$ имеет КА глинозольная масса с 45% добавкой золы (IV'' состав). Пластическая прочность при этом увеличивается в сравнении с неактивированным и МА составами. Это происходит по следующим причинам. При совместной МА измельченные частицы суглинка и золы, в том числе несгоревшие угольные, сферолитовые, аморфизированные глинистые и др., соударяясь и перетираясь друг с другом и частицами суглинка способствовали образованию реакционноспособных участков частиц. А при КА (последующей активации ПАВ) полностью устранилось пептизирующее действие золы: межмолекулярные силы увеличились за счет интенсивного адсорбирования ПАВ на реакционноспособных участках, обусловленные измельчением, частиц. Как известно [4], измельченные порошки всегда являются более активными адсорбентами, чем крупные зерна. То есть данная КА обладает гидрофобно-пластифицирующим эффектом. Кроме того, введение ПАВ способствовало улучшению процессов распределения влаги в глинозольной смеси.

Коэффициент чувствительности K_i смесей увеличивается у МА и КА суглинков, а с вводом золы уменьшается, что предопределяет возможность интенсификации процесса сушки образцов на основе КА зологлиняной массы.

С помощью прибора Д.М. Толстого в НАН КР, с параллельно смещающейся пластинкой и индикаторным отсчетом, определили величины деформаций по соответствующим кривым деформации от времени нагружения $\varepsilon = f(\tau)$ масс оптимальных составов: I, I', IV', IV''. С помощью этих кривых графическим методом получили ряд независимых структурно-механических констант: модули быстрой и медленной эластических деформации E_1 и E_2 , наибольшую пластическую вязкость η_1 и условный статистический предел текучести P_k , а также вычисленные на их основе деформации и реологические характеристики (табл. 2).

Таблица 2

Структурно-реологические константы и характеристики глинозольных масс

Структурно-механические константы и характеристики	I	I'	IV'	IV''
Формовочная влажность W_ϕ , %	24	25	24	20,6
Модуль быстрой эластической деформации E_1 , МПа	42,3	56,0	38	59
Модуль медленной эластической деформации E_2 , МПа	60	85	24,7	36,2
Вязкость $\eta_1 \times 10^8$, Па×с	692	870	465	612
Условный предел текучести $P_k \times 10^4$, МПа	0,7	3	1,2	3,2
Эластичность λ	0,415	0,397	0,606	0,620
Пластичность $P_k / \eta_1 \times 10^7$, сек ⁻¹	0,101	0,345	0,258	0,522
Период истинной релаксации Θ , сек	2790	2630	3100	1363
Быстрая эластическая деформация ε'_0 , %	44	42	29	30
Медленная эластическая деформация ε'_2 , %	31	30	45	43
Пластическая деформация $\varepsilon'_{1\tau}$, %	25	28	26	27
Мощность условная, $N_e \times 10^{-5}$, эрг/сек	180	243	114	169
Структурно-механический тип	0	0	I	I

Для определения структурно-механического типа (СМТ) исследуемых масс определяли соотношение различных видов деформаций образцов при сдвиге, представленные на треугольных диаграммах в координатах «упругая деформация (ε'_0) – эластическая деформация (ε'_2) – пластическая деформация ($\varepsilon'_{1\tau}$)» [3] - рисунок 2.

Из проведенных исследований видно, что в керамических массах на основе суглинка (табл. 2, состав I) преобладают упругие деформации, т.е. быстрые ε'_0 (44%), которые ведут к хрупкому разрушению изделий на этапе формования и относятся к 0 СМТ (рис. 2).

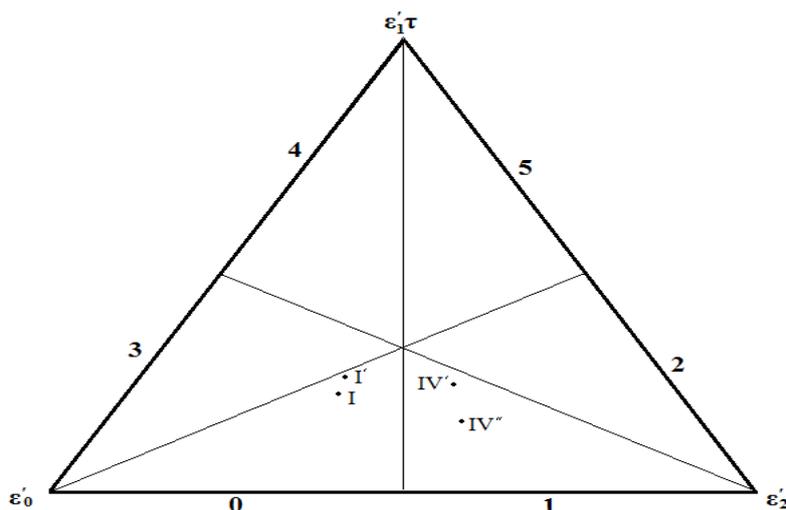


Рис. 2. Диаграмма развития деформаций керамических масс.

МА глинистого сырья (I') увеличивает E_1 и E_2 и P_k , что связано с увеличением дисперсности, обусловившей усиление взаимодействия между частицами. η_1 , условная мощность N_e увеличиваются, эластичность λ снижаются за счет увеличения модуля эластичности E_2 , а пластичность системы P_k/η_1 повышается из-за снижения коэффициента внутреннего трения с одновременным ростом сил сцепления между диспергированными частицами твердой фазы. Снижается время истинной релаксации θ , что влияет на сохранение сплошности [3]. Масса остается в 0 СМТ (рис. 2).

В керамических массах на основе МА глинозольных смесей (IV') уменьшились E_1 и E_2 за счет перераспределения процентных соотношений в деформационном процессе. Это связано с отоощающим действием золы, усиливающим развитие медленных эластических деформаций, тем самым увеличив λ керамических масс.

Сопоставление коэффициентов чувствительности K_λ к сушке с константами и упруго-пластично-вязкими характеристиками указывает на то, что уменьшение K_λ характеризуется уменьшением E_2 , P_k , N_e и увеличением λ . Причем между K_λ и λ образовалась зависимость $K_\lambda(\lambda)$ (рис. 3), т.е. чем эластичнее масса, тем большие тепловые напряжения она способна воспринимать и компенсировать без нарушения сплошности [3] и тем менее она чувствительна к сушке.

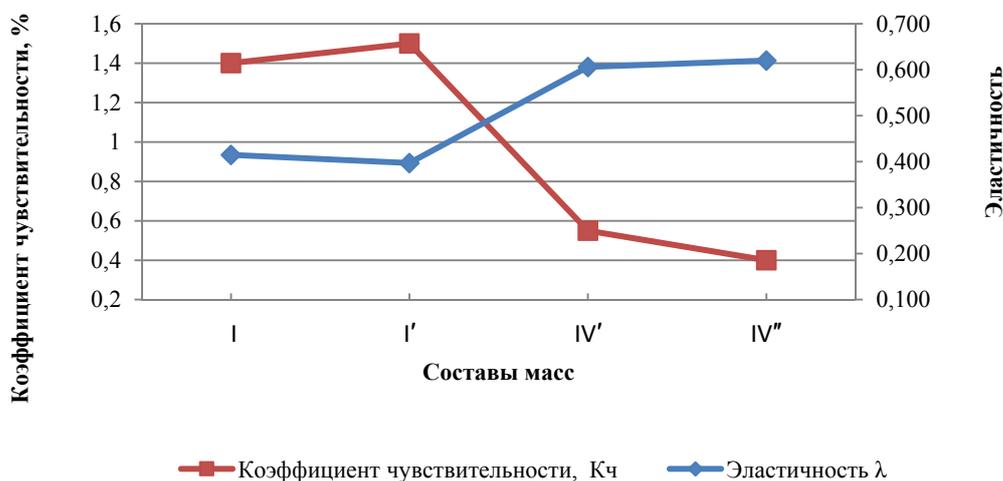


Рис. 3. Зависимость между коэффициентом чувствительности K_λ и эластичностью и λ .

Несмотря на переход в I СМТ, МА золокерамическая масса (IV') приобретает малую P_k/η_1 , θ , а также значительный разброс деформационных долей ухудшает свойства массы, но значительно увеличивается λ и уменьшается мощность на формование.

Керамические массы на основе КА глинозольного сырья (IV'') с 45% добавкой золы и ПАВ 0,1% остаются в I СМТ, но с улучшенными реологическими свойствами: более чем в 2 раза уменьшается θ и увеличиваются P_k/η_1 и λ . Масса этого состава относится к хорошо формующимся и изделия на их основе проходят через мундштук за 5-7 сек.

Литература:

1. Мавлянов А.С., Сардарбекова Э.К. Влияние совместной механической активации на технологические свойства глинозольных масс. Республиканский научно-теоретический журнал «Известия вузов Кыргызстана», №8. - Бишкек, 2017. - С.10-13.
2. Мавлянов А.С., Сардарбекова Э.К. Спекание керамического материала на основе механоактивированного глинистого сырья. Вестник Таджикского национального университета №1/4. - Душанбе, 2017. - С. 70-76.
3. Нечипоренко С. П. Физико-химическая механика дисперсных структур в технологии строительной керамики. - Киев.: Наукова думка, 1971. - 72 с.
4. Хигерович М.И., Байер В.Е.. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. - М.: Стройиздат, 1979. - 126 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Логинов Г.И.
