

УДК 666.32/.36:666.61/.64

И.А.Левицкий, доцент;
В.А. Бирюк, ассистент;
Ю.Г. Павлюкевич, мл.н.сотр.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

The complex study of mineral raw materials of the Republic of Belarus have been carried out. The questions of the intercoupling of the structure, phase composition and characteristics of synthesized ceramic materials with initial chemical and mineralogical composition of raw materials have been revealed. The ways of intensificating sintering processes of ceramic masses on the base of the mineral raw materials were developed as well as recommendations on using of mineral raw materials of Belarus in the production of different ceramic materials were given.

Промышленность строительных материалов и изделий как материалоемкая отрасль остро нуждается в местном алюмосиликатном минеральном сырье. Это связано главным образом с необходимостью частичной или полной замены дорогостоящего привозного алюмосиликатного сырья. В настоящее время предметом импорта являются каолины, тугоплавкие глины и флюсующие составляющие керамических масс (полевые шпаты, нефелин-сиенит, перлит и другие), широко используемые при производстве изделий различного назначения: облицовочные керамические материалы, майоликовые изделия и др. Исследования, проведенные Институтом геологии НАН Беларуси и ПО "Беларусгеология", свидетельствуют о наличии в республике месторождений минерального сырья, представляющего интерес для силикатной промышленности. Среди них отложения каолинов, тугоплавких и легкоплавких глин, глауконитов, основных магматических пород.

В Республике Беларусь в последние годы открыто 232 месторождения легкоплавких глин общим запасом около 250 млн. м³, из которых 110 месторождений разрабатывается. Запасы тугоплавких глин на территории Беларуси (6 месторождений) оцениваются в 53,6 млн. т. На юге республики выявлен участок коры выветривания на кристаллическом фундаменте, представленный главным образом каолином. Здесь открыто 4 месторождения низкосортных первичных каолинов (общие прогнозные ресурсы оцениваются в 26,9 млн. т). Кроме того, в Беларуси разведаны месторождения глауконитов, которые распро-

странены в центральной и южной частях территории республики и встречаются в полимиктовых глауконитовых песках в виде мелких округлых зерен с долей кварцевого песка в них около 78-86 % (здесь и далее по тексту массовое содержание). Залегают глаукониты на небольших глубинах. По данным Института геологии НАН, наиболее перспективными в РБ являются южные и юго-восточные месторождения глауконитов (Добруш, Лоев, Столин).

На юге республики в Столинском и Житковичском районах в пределах Микашевичского и Житковичского горста расположены месторождения диабазов, которые залегают на глубине 7-12 метров, вскрыты многочисленными буровыми скважинами и крупнейшим в Европе Микашевичским карьером по добыче строительного камня (граниты, гнейсограниты и др.). В настоящее время его площадь по поверхности равна 1,8 кв. км, а глубина - 110 м, что предопределяет реальную возможность для изучения и использования данного типа сырья в производстве силикатных изделий и материалов.

В числе причин, сдерживающих распространение и применение перечисленных видов сырья, низкий уровень их освоения (использования) и отсутствие фундаментальных исследований по возможности получения на их основе качественных керамических изделий с повышенными физико-техническими характеристиками.

Согласно геологическим сведениям, природные каолины Беларуси относятся к остаточным отложениям каолинитовых глин. Особенностью данного сырья, ограничивающей его широкое использование, является значительная запесоченность, присутствие железистых примесей и остатков материнской породы в виде полевых шпатов, что обусловлено условиями его минералогического образования и залегания. Гранулометрический состав природных каолинов представлен преимущественно песчаной фракцией, содержание которой достигает 40 - 50 %, кроме того, имеется до 5 % гравия, около 25 % алевритовых частиц и примерно 20 % истинно глинистых частиц. Химический состав характеризуется наличием следующих оксидов, %: SiO_2 - 45,5-54,1; Al_2O_3 - 34,2-39,1; $(\text{CaO}+\text{MgO})$ - 0,32-0,91; $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ - 0,6-2,23; $(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2)$ - 1,13-2,23.

Глинистая часть каолинов представлена главным образом каолинитом несовершенной структуры. Кроме того, отмечено присутствие в качестве примесных минералов кварца, гидрослюда и полевошпатовых включений. Согласно расчетам, каолины месторождений Брестской и Гомельской областей: "Ситница" (Столинский р-н), "Скрипица" (Житковичский р-н) и "Глушковичи" (Лельчицкий р-н)

относятся к четвертому классу кристалличности по Хинкли [1] (индекс кристалличности равен 0,86 - 1,0), что свидетельствует о несовершенстве структуры присутствующего каолинита [2].

Проведенные исследования и предварительные испытания данного сырья показали, что его использование в производстве фарфоровых и фаянсовых изделий невозможно вследствие повышенного содержания оксидов железа и свободного кварца. Вместе с тем установлена принципиальная возможность применения как обогащенных, так и природных каолинов в производстве керамических облицовочных материалов в сочетании с полиминеральными глинами и флюсующими компонентами [3].

Наиболее распространенным минеральным сырьем Республики Беларусь являются глины различных типов. Были исследованы глины восьми месторождений Беларуси, имеющие промышленное значение. Это тугоплавкие глины "Городное" и "Туровское" (Брестская обл.), легкоплавкие глины месторождений "Лукомль", "Осетки", "Секеровщина" (Витебская обл.), "Гершоны" (Брестская обл.), "Гайдуковка" (Минская обл.) и "Грушаны" (Гродненская обл.).

Глинистое сырье характеризуется полиминеральностью состава и, в частности, значительным количеством гидрослюда, а также примесных минералов: кварца, карбонатных и железистых соединений, что оказывает негативное влияние на процессы спекания керамических материалов на основе данного сырья. По этой причине применение белорусских полиминеральных глин в составах керамических масс затруднено, кроме того, до сих пор не выявлены общие закономерности поведения такого вида сырья при нагревании. Целью исследований явилось установление способов управления процессами структурообразования в указанном сырье, включая как сочетание таких глин с местными тугоплавкими глинами и природными каолинами, так и при добавке компонентов, позволяющих корректировать свойства масс за счет введения пластифицирующих, отошающих и флюсующих добавок, включая многочисленные отходы промышленности (металлургические шлаки, стеклобой, гальванические шламы и др.) и нетрадиционные сырьевые алюмосиликатные материалы (метадиабазы, глаукониты и пр.).

Проведенные исследования химико-минералогического состава и основных физико-технологических свойств сырья, структурных и фазовых преобразований, происходящих в керамическом черепке при обжиге, позволили выделить некоторые особенности местных глин: они являются неспекающимися и практически не имеют интервала

спекшегося состояния, характеризуются полиминеральностью состава, содержанием значительного количества свободного кварца (до 35-38 %) и красящих оксидов ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 5-8 %), а также наличием карбонатных включений (до 7 %) [4].

На основании методики, разработанной А.И.Августиником и дополненной В.Ф.Павловым [5-6], была проведена классификация полиминеральных глин Беларуси с использованием данных по химико-минералогическому составу. Выделены три группы легкоплавких глин: I - каолинито-гидрослюдистые глины озерно-ледникового происхождения (северная и средняя часть РБ); II - каолинито-гидрослюдисто-монтмориллонитовые флювиальные глины (частично средняя и юго-восточная части РБ); III - каолинито-монтмориллонитовые глины со значительным содержанием кварца преимущественно озерно-болотного происхождения (северо-западная часть Беларуси) – и две группы тугоплавкого глинистого сырья.

Отличительные особенности, присущие местным полиминеральным глинам, обуславливают их специфическое поведение при обжиге и отличия в структуре и свойствах керамического материала, полученного на их основе. Так, значительное количество карбонатов способствует образованию силикатов и алумосиликатов кальция и магния (в нашем случае анортита), что приводит к снижению усадки материалов. Повышенное содержание в глинах Fe_2O_3 при одновременном значительном содержании оксидов щелочных металлов обуславливает интенсивное растворение в расплаве содержащегося в глинах свободного кварца [7]. Более интенсивно этот процесс происходит в каолинито-гидрослюдистых глинах, где соотношение $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{R}_2\text{O}$ составляет 1,76 против 1,2 для каолинито - гидрослюдисто - монтмориллонитовых глин (рис.1). Обожженный керамический черепок характеризуется также наличием гематита, количество которого зависит от соотношения $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{R}_2\text{O}$ и повышается с увеличением последнего.

Оптимальные температуры обжига, при которых происходит максимальное спекание материалов без признаков пережога, составляют 1030-1080 °С для легкоплавких глин и 1150-1200 °С для тугоплавких глин.

В результате исследований было установлено, что интенсификация процессов фазообразования и максимальное спекание керамических масс на основе полиминеральных глин Беларуси и, как следствие, возможные области их использования зависят от химико-минералогического состава глин [8]. Оптимальное содержание суммы

плавней ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{RO} + \text{R}_2\text{O}$), $\text{RO} + \text{R}_2\text{O}$ и отношение $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{R}_2\text{O}$, а также рекомендации по использованию глин Беларуси приведены в таблице.

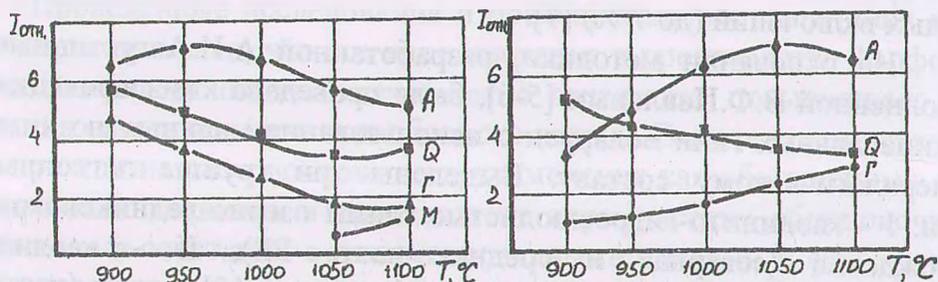


Рис. 1. Зависимость интенсивности выделения кристаллических фаз каолинито-гидрослюдистых (а) и каолинито-гидрослюдисто-монтмориллонитовых (б) глин от температуры термообработки:
М - муллит; Q - α -кварц; Г - гематит; А - анортит

Таблица
Рекомендации по использованию полиминеральных глин Беларуси

Глины	Содержание в массе, %			Область применения
	Σплавней	$\text{RO} + \text{R}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{R}_2\text{O}$	
Каолинито-гидрослюдистые	15-18	12-14	менее 1,6	Керамические плитки для полов, черепица, канализационные трубы, майолика
Каолинито-гидрослюдисто-монтмориллонитовые	17-22	13-15	не более 3	Майоликовые изделия, плитки для внутренней облицовки стен, керамические изразцы, кирпич
Каолинито-монтмориллонитовые (с содержанием монтмориллонита более 20 %)	23-26	16-18	не более 4,5	Облицовочные и фасадные плитки, керамический кирпич, пористые заполнители

Исследованные в работе глаукониты по химико-минералогическому составу относятся к группе железистых гидрослюд. В

связи с высоким содержанием свободного кварца в данном минеральном сырье невозможно его использование в качестве традиционных глинистых материалов. Вместе с тем существует реальная возможность использования глауконитового минерального сырья в качестве флюсующих (глауконитовая составляющая) и отошающих (кварцевая составляющая) компонентов керамических масс, а также добавок, обеспечивающих объемную окраску изделий.

В работе исследовались природные и обогащенные комплексным методом глауконитовые породы месторождения "Карповцы" (Гродненская область), которые по химическому составу характеризуются содержанием значительного количества оксидов кремния (70,4 %), алюминия (9,5 %) и железа (II,III) (9,1 %), а также оксидов щелочных и щелочноземельных металлов (8,5 %), при обогащении - более высоким содержанием оксидов железа (II,III) - 20-21% и пониженным содержанием оксидов кремния 47-48 % [9].

Температура спекания глауконитов находится в пределах 1100-1130°C, плавления - 1150-1200°C.

Исследования основных магматических пород Беларуси Микашевичского и Глушковичского месторождений показывают их значительное отличие друг от друга по минеральному и химическому составу. Данное сырье представляют безмагнетитовые метадиабазы, тонко- и мелкозернистые метадиабазы, метагаббро, которые, согласно проведенным исследованиям, могут служить заменителями традиционных импортируемых сырьевых материалов (полевой шпат, пегматит) в составах керамических масс для производства облицовочной керамики.

Исследованные породы, согласно химическому и спектральному анализу, характеризуются непостоянством химического состава, выражающимся в переменном содержании, главным образом, кремнезема, оксидов магния и кальция, присутствием повышенного количества глинозема, а также оксидов щелочных и щелочноземельных металлов. Суммарное содержание последних может составлять 24,6 %. Породам свойственно довольно высокое содержание оксидов железа. Главными породообразующими минералами являются плагиоклаз, роговая обманка и биотит.

Основные магматические породы являются высокопрочными материалами, имеют плотность в природном состоянии 2634-2661 кг/м³, начинают спекаться при температурах 1100-1150°C, имеют температуру плавления 1250-1380°C, проявляют химическую устойчивость к действию кислот и щелочей.

Флюсующая способность магматических пород основного состава определяется соотношением породообразующих минералов, химическим составом. Присутствие в исходных породах и обожженных образцах метагаббро и безмагнетитовых метадиабазов более тугоплавких кристаллических фаз - лабрадора, форстерита - обуславливает сдвиг температурного интервала жидкофазового спекания в область более высоких температур обжига, чем при использовании тонко- и мелкозернистых метадиабазов. Следовательно, тонко- и мелкозернистые метадиабазы обладают более выраженными флюсующими свойствами и предпочтительны при синтезе керамических масс [10,11].

Изучение химико-минералогических особенностей местного алюмосиликатного сырья, исследование процессов структуро- и фазообразования, протекающих при термообработке каолинов, тугоплавких и легкоплавких глин, глауконитов, основных магматических пород Республики Беларусь (метадиабазов тонко- и мелкозернистых, метагаббро, метадиабазов безмагнетитовых), установление физико-химических закономерностей синтеза керамических масс на их основе позволили выделить наиболее рациональные сочетания компонентов для получения керамики хозяйственно-бытового и строительного назначения.

Для получения майоликовой и облицовочной керамики на основе легкоплавких глин использовали метод сочетания нескольких полиминеральных глин различного минералогического состава, а также добавку в керамические массы тугоплавких алюмосиликатных материалов, перспективными среди которых являются низкосортные первичные каолины и тугоплавкие глины. Данный метод способствует расширению интервала спекшегося состояния, улучшению ряда физико-химических свойств за счет интенсификации формирования кристаллических новообразований - муллита и анортита и, возможно, некоторой стабилизации химического состава керамических масс.

РФА опытных масс показал, что основными кристаллическими фазами являются кварц и анортит. Присутствуют также гематит, авгит (твердый раствор диопсида и геденбергита), частично - волластонит. Следует отметить, что в составах на основе композиций полиминеральных глин, в которых соотношение свободного кварца к гидрослюде составляет менее 1,5, отмечается наличие кристобалита.

Исследования спекания системы "каолинито-гидрослюдистая глина - каолинито-монтмориллонитовая глина - каолин" показали, что повышение физико-химических свойств может быть достигнуто при сиктовании указанных глин, обеспечивающих оптимальное соотно-

шение минералов, %: каолинит 50-65, гидрослюда 15-35, монтмориллонит 5-20. Выделение новообразований анортита, а в составах с повышенным содержанием каолинита (30-35 %) - муллита интенсифицирует спекание и способствует снижению водопоглощения до 5-8 % и повышению механической прочности до 28 МПа [12,13].

Установлено, что ввод в составы масс на основе полиминеральных глин комплексного плавня (нефелин-сиенит и стеклобой в соотношении 1:1), содержащего оксиды RO и R_2O , вызывает интенсивную кристаллизацию определенных фаз, способствует созданию в черепке кристаллического каркаса, а также растворению в жидкой фазе аморфных остатков глинистых минералов. Суммарное действие названных причин способствует некоторому снижению водопоглощения изделий и повышению их механической прочности. Расчеты химического состава масс показали, что оптимальными по водопоглощению являются массы, содержащие не менее 16 % Al_2O_3 при сумме оксидов R_2O , RO и Fe_2O_3 , равной 11,2-14,5 %. Соотношение RO/R_2O для этих масс составляет 0,9-1,4, а Fe_2O_3/R_2O - 0,7-0,9.

В настоящее время при производстве плиток для полов с водопоглощением до 3,5 % составы масс включают каолинито - гидрослюдистые глины Веселовского и Новорайского месторождений, каолины Просяновского и Глуховецкого месторождений, а в качестве плавней - полевошпатовые породы Чупинского и Чалмозерского месторождений. Все эти материалы импортируются из России и Украины. В ходе исследований были разработаны керамические массы, содержащие до 60 % местного алюмосиликатного сырья (каолины, метадиабазы и глаукониты) [9, 14-16].

Обобщение результатов экспериментальных работ позволило выработать рекомендации по проектированию составов керамических масс. В системе каолин - глина тугоплавкая - метадиабаз можно выделить три области составов, на основе которых получены керамические изделия различных свойств и соответственно назначения (рис.2).

На основе составов области 1, содержащих, %: глины тугоплавкой 40-50, каолина "Глушковичи" 30-60, метадиабазы 10-20, получены износостойкие керамические материалы с водопоглощением до 0,5 %. Температурный интервал обжига таких материалов составляет 1150-1200 °С. Устойчивость к деформации таких материалов позволяет рекомендовать их для производства крупноразмерных плиток для полов. В составах керамических масс области 1 соблюдаются следующие соотношения содержания оксидов, наиболее существенно влияющих на процесс спекания: $RO+R_2O+Fe_2O_3(FeO)=5,2-10,1$ %, $RO/R_2O=0,6-1,25$

при содержании Al_2O_3 25,0-28,3 %. Здесь $\text{RO}=\text{CaO}+\text{MgO}$, $\text{R}_2\text{O}=\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$.

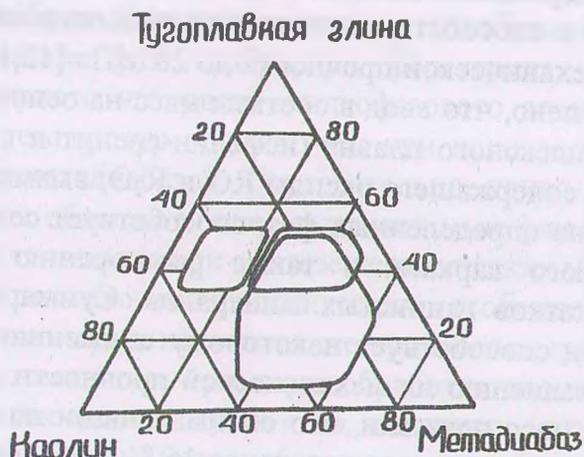


Рис.2. Области составов керамических масс в системе каолин - тугоплавкая глина – метадиабаз: 1 - плотнospекающиеся каменно-керамические изделия; 2 - каменно-керамические изделия с водопоглощением до 3,5%; 3 - изделия облицовочной керамики низкотемпературного обжига

Область 2 включает составы, содержащие, %: 40-55 глины огнеупорной, 10-40 каолина “Глушковичи”, 20-50 метадиабазы. При температуре обжига 1100-1150 °С на основе данных составов получены керамические материалы с водопоглощением черепка до 3,5 %. Эти составы рекомендуются для синтеза фасадной керамики и плиток для полов. С целью повышения эксплуатационных характеристик данных изделий они могут быть декорированы в процессы однократного обжига ангобом и нефритованными глазурями. Составы области 2 отвечают следующим соотношениям оксидов: $\text{RO}+\text{R}_2\text{O}+\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{FeO})=12,9-15,9$ %, $\text{RO}/\text{R}_2\text{O}=1,45-1,65$ при содержании Al_2O_3 не менее 22,7-23,7 %.

Наиболее обширная область 3 отвечает составам с содержанием, %: глины огнеупорной 10-50, каолина “Глушковичи” 10-70, метадиабазы 30-70. Эти составы отвечают керамическим массам для плиток внутренней облицовки с температурой обжига 1000-1100 °С. Высокая деформационная устойчивость данных керамических масс достигается введением небольших добавок доломита (до 5 %). Соотношение основных оксидов в составах этой области составляет:

$RO+R_2O+Fe_2O_3(FeO)=16,8-24,2$ %, $RO/R_2O=2,7-3,1$ при содержании Al_2O_3 не менее 19,4 %.

Перекрытие областей 2 и 3 связано с тем, что в зависимости от условий синтеза, и в первую очередь максимальной температуры обжига, на основе одних и тех же составов могут быть получены как каменно-керамические изделия (температура обжига 1100-1150 °С), так и плитки для внутренней облицовки стен (температура обжига 1000 - 1100 °С).

Практическое значение представленной диаграммы заключается в возможности проектирования составов керамических масс различного назначения, существенно различающихся по показателям спекаемости и соответственно физико-химическим и эксплуатационным свойствам. Данные показатели определяются как положением состава на диаграмме каолин - глина тугоплавкая - метадиабаз, так и температурно-временными параметрами обжига.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность и целесообразность использования полиминерального сырья Республики Беларусь в качестве составляющих керамических масс различного назначения, что позволит значительно расширить сырьевую базу керамической промышленности и частично решить проблему импортозамещения сырьевых материалов. Проведенная апробация составов в заводских условиях показала реальную возможность получения материалов путем структурно-управляемого синтеза.

Проведенные исследования могут служить основой при выборе наиболее рациональных типов минерального алюмосиликатного сырья по его химико-минералогическому составу, основных технологических режимов при проектировании технологии и разработке составов масс для керамических изделий различного назначения с заданным комплексом свойств.

Проведенные исследования выполнены в содружестве со специалистами Института геологии НАН, ПО "Беларусгеология", ГП "НИИСМ". Большую помощь в отборе проб сырья и проведении исследований оказали д.г.н. Аксаментова Н.В., к.г.н. Мурашко Л.В., Носуля А.П., Хомич П.З. Часть исследований проводилась при поддержке Республиканского фонда фундаментальных исследований, в рамках программы "Наука-М".

ЛИТЕРАТУРА

1. Hinckly D.N. Clays and clay minerals.-1963.- Vol.11.- P.229-233.
2. Исследование каолинов Беларуси с целью оценки возможности их использования в производстве керамических изделий / И.А. Левицкий, В.А. Бирюк, А.П. Черняк, Ю.Г. Павлюкевич // Весті Нацыянальнай Акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. - 1998. - № 2. - С. 98-102.
3. Свойства белорусских каолинов различных месторождений и рекомендации по их применению / И.А. Левицкий, Е.М. Дятлова, Г.Я. Миненкова, В.А. Бирюк // Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химико-лесном комплексе : Тр. Международн. научно – технич. конференции, Минск, 27-28 окт. 1997г. / Белорус. госуд. технологич. ун-тет. - С. 90-93.
4. Aspetti particolari nella formazione di materiali ceramici a basso assorbimento d'acqua a partire da argille poliminerali bassofondenti / I.A.Levitsky, E.M.Dyatlova, V.A.Biryuk, Y.G.Pavlyukevic // Ceramica Acta. Organo ufficiale del Centro Ceramico di Bologna. - 1998. - № 2-3. - P. 117.
5. Августиник А.И. Керамика. - Л.: Стройиздат, 1975.-592 с.
6. Павлов В.Ф. Легкоплавкие глины в керамических массах // Стекло и керамика. - 1983. - № 9. - С. 17-18.
7. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики.- М.: Стройиздат.- 1977.- 240 с.
8. О некоторых возможностях использования легкоплавких глин РБ в керамическом производстве / И.А. Левицкий , Г.Я. Миненкова, В.А. Бирюк, Ю.Г. Павлюкевич // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Материалы III-ей научн.-техн. конф., Гродно / Академия наук РБ, Министерство образ. РБ.- Гродно, 1997.- С. 64 - 65.
9. Павлюкевич Ю.Г. Использование глауконитов в керамической промышленности // Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химической промышленности : Матер. Межд. науч.-техн. конф., Минск, 20-22 октября 1999 г. / Бел. гос. технол. ун-тет. - С.12-15.
10. Левицкий И.А., Павлюкевич Ю.Г. Диабазы - перспективное сырье для производства керамических изделий // Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химико-лесном комплексе : Тр. Межд. научно – технич. конф., Минск, 27-28 окт. 1997 г. / Бел. гос. технол. ун-тет. – С. 138-141.

11. Комплексное исследование горных пород основного состава в качестве сырья керамической промышленности / Ю.Г.Павлюкевич, И.А. Левицкий, Н.В.Аксаментова, Ю.С.Радченко // Стекло и керамика. - 1998. - № 11. - С. 6-10.
12. Левицкий И.А., Бирюк В.А. Керамические массы для майоликовых изделий с улучшенными физико-химическими свойствами // Стекло и керамика. - 1997. - № 6. - С. 13-14.
13. Использование местных глин и отходов производства в изготовлении плиток для полов и тонкокаменных изделий / И.А. Левицкий, Е.М. Дятлова, С.А. Гайлевич, В.А. Бирюк // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Материалы II-ой научн.-техн. конф., Гродно / Академия наук РБ, Министерство образ. РБ. - 1997.-С.182-187.
14. Павлюкевич Ю.Г., Левицкий И.А. Фазообразование в керамических массах, содержащих метадиабазы // Стекло и керамика. - 1999. - № 8. - С. 19-23.
15. Левицкий И.А., Павлюкевич Ю.Г., Аксаментова Н.В. Получение керамических облицовочных материалов повышенной износостойкости на основе местного минерального сырья // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии : Тез. III-ей Межд. научн.-технич. конф., Гродно, 25-26 июня / Академия наук РБ, Министерство образ. РБ. - 1998,- С. 294-295.
16. Левицкий И.А., Павлюкевич Ю.Г., Радченко Ю.С. Особенности формирования железосодержащих фаз в керамических массах и глазурных стеклах на основе диабазов // XVI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: Рефераты докладов и сообщений. - Москва, 1998 .- Т. 2.- С.107-108.