

УДК 666.362.004.8**М.И. РЫЩЕНКО**, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой,**Е.Ю. ФЕДОРЕНКО**, докт. техн. наук, доцент, профессор кафедры,**Г.В. ЛИСАЧУК**, докт. техн. наук, профессор, заведующий НИЧ,**Г.Н. ШАБАНОВА**, докт. техн. наук, профессор, профессор кафедры

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (НТУ «ХПИ»), г. Харьков

ТЕХНОГЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ КАК ИСТОЧНИК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

На основе анализа практического опыта и результатов собственных исследований показаны перспективные направления использования техногенного сырья для получения керамических и вяжущих материалов. Предложены критерии применимости отходов в зависимости от их радиационных свойств, состава, дисперсности, измельчаемости для разных керамических технологий.

Ключевые слова: строительные материалы, промышленные отходы, ресурсосберегающие технологии.

Использование промышленных отходов приобрело в последние десятилетия особое значение в связи со значительным ростом объемов их образования на более чем 3,5 тыс. предприятий горнодобывающей, металлургической, химической, энергетической и др. отраслей отечественной промышленности [1]. В настоящее время общий объем накопленных в Украине отходов достиг 35 млрд т. Отвалы и шламохранилища размещены на отчужденных землях площадью 180 тыс. га [2]. По данным, приведенным в работе [3], до 90 % используемых природных материалов превращаются в промышленные отходы. Накопленные в огромном количестве отвальные породы и хвосты обогащения создают серьезные экономические и экологические проблемы в регионах с развитым горнопромышленным комплексом.

Препятствием для широкого использования имеющихся ресурсов техногенного сырья в производстве силикатных материалов являются нестабильность химико-минерального состава отходов, а также наличие ряда примесей, не свойственных традиционному минеральному сырью. Для устранения негативного влияния указанных факторов необходимо обеспечить контроль качества вторичного сырья при получении высококачественных изделий и создании ресурсосберегающих технологий.

Важность проблемы подтверждается положительным опытом повторного использования ресурсноценных отходов, который иллюстрирует эффективность их употребления взамен первичного минерального сырья в различных технологиях [4], и изданием закона об

отходах [5]. В связи с этим представляет интерес определение перспективных направлений использования многотоннажных отходов различного происхождения, а также разработка системы показателей для объективной прогнозной оценки их применимости.

Значительный опыт работы с отходами различных производств имеет кафедра технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей НТУ «ХПИ». Результатом научных исследований, направленных на изучение возможности утилизации различных отходов, образующихся при производстве широкого спектра цемента, изделий стройкерамики, цветных глазури и других материалов для строительной индустрии, явилось создание ряда высококачественных материалов, нашедших эффективное применение в промышленном производстве.

Сегодня ни одно горнодобывающее предприятие не обеспечивает комплексного использования сырья при разработке месторождений, что приводит к накоплению крупномасштабных отвалов вскрышных пород и отходов переработки, образующихся при обогащении, дроблении руды и т.д. Наиболее перспективное направление использования отходов горнодобычи – технологии строительной керамики. Как известно, для ускорения спекания в состав масс вводят флюсующие материалы – природные щелочные и щелочноземельные алюмосиликаты (пегматиты, сиениты, граниты и др.), основной составляющей которых являются полевые шпаты (преимущественно альбит $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ и микроклин $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$). Учитывая характер плавления полевошпатовых минералов (рис. 1), можно утверждать,



что качественные и количественные характеристики расплава, образующегося при обжиге и интенсифицирующего процесс спекания керамики, зависят не столько от суммарного количества полевых шпатов, сколько от их соотношения.

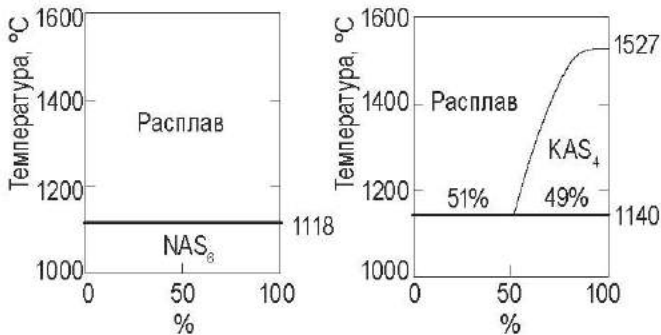


Рисунок 1 – Диаграммы плавления альбита и микроклина

Как видно из рис. 1, калиевый полевой шпат, в отличие от натриевого, плавится incongruently – с образованием расплава и лейцита ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$), полностью переходящего в расплав при температуре свыше 1500 °С, что обуславливает широкий интервал плавления. Данный пример хорошо иллюстрирует тот факт, что применимость природных плавней определяется характеристиками плавкости их составляющих, от которых зависит флюсующая способность материала в конкретных производственных условиях при заданных температуре и продолжительности термообработки.

В отличие от технологий тонкокерамических изделий, реализующих мокрый помол сырья, в производстве изделий грубой строительной керамики (стеновых, кровельных, облицовочных и др.) стадия тонкого измельчения не предусмотрена. В то же время необходимым условием жидкофазового спекания керамики является высокая дисперсность флюсующих материалов. В работе [6] исследовали возможность применения в качестве интенсификаторов спекания горнопромышленных отходов, образующихся при механической обработке гранитов различных месторождений в процессе изготовления архитектурно-облицовочных материалов из натурального камня, а также отсеков добычи и переработки щелочноземельных сиенитов Южно-Кальчикского массива (Донецкая обл.). Такой выбор был обусловлен повышенным содержанием в составе указанных отходов полевошпатовой составляющей, а также кальций- и железосодержащих минералов, присутствие которых ускоряет образование жидкой фазы при термообработке материалов. Следует также отметить, что перечисленные выше отходы являются тонкоизмельченными порошками с удельной поверхностью 100–170 м²/кг, что позволя-

ет сократить время и энергозатраты на подготовку флюсующих компонентов сырьевой смеси. Установлено, что исследуемые отходы относятся к 1-му классу радиационной опасности (суммарная эффективная активность природных радионуклидов $C_{эф}$ в этих отходах удовлетворяет условию $C_{эф} \leq 350 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$), благодаря чему их можно применять при производстве строительных материалов без ограничений. Положительные результаты получены при использовании в качестве компонента керамической массы 10–15 % отходов обогащения пегматитов, что позволило интенсифицировать спекание полиминеральных трудноспекающихся глин и получить при пониженной температуре (1050 °С) клинкерный кирпич широкой цветовой гаммы с комплексом высоких эксплуатационных свойств (водопоглощение $W \leq 4 \%$, предел прочности при сжатии $\sigma_{сж} = 38\text{--}40 \text{ МПа}$). Эффективность разработки по введению указанных отходов в состав керамических масс подтверждена получением клинкерных стеновых изделий марки М350 в промышленных условиях ООО «Керамейя».

В последнее время растет спрос на плотноспеченные облицовочные материалы, к числу которых относятся керамогранит. Керамогранитные плитки отличаются от других видов облицовочной керамики влаго- и газонепроницаемостью, стойкостью к агрессивным средам, повышенной прочностью, износостойкостью и морозостойкостью. Благодаря их долговечности и комплексу высоких эксплуатационных свойств, многообразию форм, фактур и декора они позволяют решать уникальные дизайнерские задачи в строительстве. При разработке составов керамических масс для получения керамогранита в качестве флюсующего компонента использовали отходы обогащения пегматитов Лозоватского месторождения Кировоградской области, образующиеся при электромагнитной сепарации породы [7]. Установлено, что эти отходы содержат значительное количество щелочных оксидов ($\Sigma R_2O = 9,0 \%$) и характеризуются калиевым модулем K_2O/Na_2O , равным 1,52. В интервале температур 1150–1200 °С, соответствующем условиям обжига керамогранитных плит, данный техногенный продукт плавится с образованием 80–90 % расплава. Проведенные исследования показали, что введение в состав керамогранитных масс отходов обогащения пегматитов в количестве 40–60 % существенно интенсифицирует спекание огнеупорных глин и позволяет достичь необходимого для керамогранита уровня водопоглощения ($W < 0,5 \%$) и прочности (предел прочности при изгибе $\sigma_{изг} > 27 \text{ МПа}$).

На заводе «Химреактивы» НПО «Институт монокристаллов» НАНУ (г. Харьков) синтез аминокaproновой кислоты осуществляют путем осаждения углекислого

бария из бариевой соли этой кислоты. При этом образуются отходы, основными компонентами которых, по данным химического анализа, являются карбонат бария (~95 масс. %) и β -глинозем (~4 масс. %). Рентгенофазовый и дифференциально-термический анализы подтвердили преимущественное содержание в таких отходах BaCO_3 , а последующие исследования показали перспективность их использования в качестве добавки для связывания водорастворимых сульфатов в производстве стеновой керамики (вместо технического карбоната бария, импортируемого из Китая). Комплексная органоминеральная добавка [8], разработанная на основе отходов производства аминокaproновой кислоты и нефтешлама, образующегося при переработке газового конденсата и нефти, полностью исключает появление высолов на лицевом керамическом кирпиче. Установлена также эффективность использования указанных отходов в производстве барийсодержащих специальных цементов – радиационностойких, огнеупорных, кислотостойких, тампонажных [9, 10].

При добыче и обогащении каменного и бурого углей основными побочными продуктами являются вскрышные породы, которые представлены преимущественно аргиллитами и алевролитами, а также отходы флотационного и гравитационного обогащения. Для производства плотноспеченной керамики (клинкерного кирпича, фасадной плитки, черепицы и др.) наибольший интерес представляют отходы угледобычи, содержащие до 15 % (по массе) углистой части, а для изготовления традиционной стеновой керамики (рядовых и лицевых изделий) перспективным является введение в керамические массы отходов углеобогащения, которые более чем на 20 % состоят из углерода. В естественном состоянии отходы добычи и обогащения угля пригодны для получения легких заполнителей бетонов – керамзита и аглопорита. Использование этих материалов в производстве строительной керамики позволяет значительно сократить расход природного газа на обжиг изделий, снизить себестоимость продукции и утилизировать отходы углеобогажительных фабрик.

Разработаны технологии получения каменно-керамических материалов строительного и бытового назначения с использованием в качестве основного сырья углистых аргиллитов – отходов угледобычи Чумаковской ЦОФ (Донецкая обл.) и Нововолынской шахты (Волынская обл.) [11]. Путем комплексного исследования, включающего гамма-спектрометрический, термогравиметрический и рентгенофазовый методы анализа, установлена экологическая безопасность применения данных отходов в производстве изделий широкого потребления, разработаны технологические параметры, позволяющие реализовать различные способы формо-

образования, установлены оптимальные режимы термообработки изделий, массовая доля отходов в которых составляет 90–95 %. Результаты исследования свидетельствуют о высокой эффективности использования отходов угледобычи в качестве основного сырья в технологии создания каменно-керамических изделий разного функционального назначения. Организация производства, ориентированного на переработку отходов по описанным выше технологиям, позволит угледобывающим предприятиям утилизировать огромное количество отходов, скопившихся в отвалах, и получить значительный экономический эффект.

В работе [12] приведены результаты разработки ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии производства керамических архитектурно-фасадных материалов на основе отходов флотационного обогащения угля. Исследована возможность применения в качестве базового техногенного сырья отходов флотации угля, содержащих 22–45 масс. % углерода, крупнейших углеобогажительных фабрик Луганской и Донецкой областей. Установлены оптимальные параметры прессования полуфабриката и обоснованные условия термообработки, включая низкотемпературную термopодготовку отходов. Разработана технология получения высококачественной фасадной керамики (лицевые изделия, керамические плитки) со значительной степенью утилизации многотоннажных промышленных отходов (до 80–85 масс. %).

Наиболее эффективным способом получения цветных архитектурно-фасадных изделий традиционно считается их объемное окрашивание добавками, содержащими оксиды элементов с переменной валентностью. Целесообразным, на наш взгляд, является использование в качестве красящих добавок отходов разных производств, содержащих оксиды железа, хрома, марганца и других переходных элементов. Так, для получения лицевого кирпича различных оттенков коричневого цвета авторы работы [13] использовали отходы гальванического производства ХРП «АвтоЗАЗ-Мотор» (г. Мелитополь), а также гранулированный шлак ПАО «Никопольский завод ферросплавов» (ПАО «НЗФ»), образующийся при производстве марганцевых ферросплавов. Первый из указанных отходов содержит 80–90 масс. % оксидов железа, а второй – 15–25 масс. % оксидов марганца. Установлено влияние количественных соотношений красящих оксидов железа и марганца на формирование цветонесущих кристаллических фаз, цветовые характеристики и эксплуатационные свойства фасадной керамики. Определены оптимальные дозировки добавок для получения изделий коричневого цвета теплых (терракотового, желто-коричневого, красно-коричневого) и холодных (шоколадного,



мокко) тонов. Разработанные составы масс обеспечили выпуск в условиях ХФ ЗАО «Слобожанская строительная керамика» коричневого лицевого кирпича разных оттенков с высокими эксплуатационными свойствами ($W = 8-9\%$, $\sigma_{сж} = 23-25$ МПа).

Для получения насыщенного коричневого цвета также могут быть использованы хвосты флотации никопольской марганцевой руды, а в перспективе – руды Большеотокмакского месторождения (Запорожская обл.). Марганецсодержащий шлам, образующийся при обогащении руды, относится к крупнотоннажным отходам и характеризуется следующим химическим составом (масс. %): $SiO_2 - 52-54$; $Al_2O_3 - 7,3-7,5$; $Fe_2O_3 - 3,0-3,15$; $TiO_2 - 0,21-0,27$; $MnO - 6,0-6,5$; $MnO_2 - 7,73-8,15$; $P_2O_5 - 0,15-0,30$; $CaO - 3,06-3,7$; $MgO - 1,17-1,30$; $\Sigma (Na_2O + K_2O) - 2,8-3,0$; п.п.п. – $10,92-11,05$.

В результате проведенных исследований установлена целесообразность использования отходов отработанных катализаторов (ПАО «Концерн Стирол», г. Горловка Донецкой обл.), шлаков конвертерного и мартеновского производства стали (ПАО «Металлургический комбинат «Азовсталь», ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ПАО «Макеевский металлургический комбинат», ПАО «Алчевский металлургический комбинат») и отходов электрополировки металлов (ГП «Завод им. Малышева», г. Харьков) как для расширения цветовой гаммы керамических лицевого изделий, керамического клинкера, тротуарной плитки, так и для синтеза пигментов.

В [14] изучены отходы флотационного обогащения титансодержащих руд Малышевского месторождения, на территории которого за 50 лет эксплуатации накоплено свыше 120 млн т отходов. Установлено, что минеральный состав этих отходов представлен преимущественно плагиоклазами, что предопределяет эффективность их использования при производстве керамической плитки в качестве плавней, относящихся в соответствии с ISO 13006 к группе плотноспеченных материалов (Bla, B1b) [15]. Показано, что хвосты флотации могут служить основным сырьем главным образом в композициях с полиминеральными глинами. Определены оптимальные технологические параметры, позволяющие получить изделия с высокими эксплуатационными свойствами ($W = 0,5-1,2\%$, $\sigma_{сж} = 65-157$ МПа, $\sigma_{изг} = 16-21$ МПа) при температуре $1100-1150$ °С.

В отвалах ЧАО «Северодонецкое объединение Азот» (Луганская обл.) скопились тысячи тонн отходов, образовавшихся в процессе водоочистки сточных промышленных вод методом химической нейтрализации. Исследования химического и фазового составов отходов водоочистки ПАО «Концерн Стирол» позволили установить преимущественное содержание

$CaCO_3$ (75–85 масс. %) при концентрациях $MgCO_3$ и SiO_2 5–14 масс. % и 5–9 масс. % соответственно. В примесном количестве в отходах содержатся также $CaSO_4$ (до 3 масс. %) и Fe_2O_3 (до 5 масс. %). Кальцийсодержащие отходы водоочистки предприятий ЧАО «Северодонецкое объединение Азот» и ПАО «Концерн Стирол» рекомендуется использовать как сырьевой компонент в производстве жаростойких цементов. В результате комплексных исследований этих отходов разработаны рецептура и технологические параметры получения модифицированных глиноземистых цементов с высокой прочностью ($\sigma_{сж} = 100-105$ МПа) и огнеупорностью ($1700-1730$ °С) [16, 17].

При изготовлении мелющих тел из природного кремния на ПАО «Славянский мелоизвестковый завод» (г. Славянск, Донецкая обл.) образуются отходы, содержащие до 92 масс. % SiO_2 в форме β -кварца, что дает основание использовать данные отходы в составе цементной сырьевой смеси для производства строительных материалов специального назначения [16].

Процесс обогащения хромовых руд по технологии ПАО НИПИ «Механобрчермет», применяемой на ООО «Побужский ферроникелевый комбинат», сопровождается образованием отходов, спек которых содержит преимущественно монокроматы натрия. При кристаллизации растворов, получаемых путем водного выщелачивания спека, образуется бихромат натрия – полупродукт в производстве хрома. Химический состав шлама представлен такими соединениями, как Fe_2O_3 , $MgFeAlO_4$ и $FeCr_2O_4$, что позволяет эффективно использовать его для производства специальных цементов [18].

В результате синтеза и исследования вяжущих специального назначения с использованием в качестве исходного сырья отходов химических производств ПАО «Концерн Стирол» установлено, что безобжиговые материалы, полученные на основе отходов, являются как гидравлическими, так и воздушными вяжущими, и характеризуются следующими свойствами: водоцементное отношение – $0,12-0,25$; начало схватывания – от 50 мин до 1 час 50 мин; конец схватывания – от 2 час 15 мин до 3 час 25 мин; прочность при сжатии после трех суток твердения – $30-60$ МПа; прочность при сжатии после 28 суток твердения – $50-85$ МПа. Разработанные материалы обладают также специальными свойствами: например, коэффициент сульфатостойкости после шести месяцев твердения в агрессивной среде достигает $1,1-1,2$ [15, 17].

При исследовании вариантов применения отходов химической промышленности установлена возможность использования в качестве основного сырья кремнийсодержащих отходов (для получения силикатного кирпича)

и барийсодержащих отходов (в производстве специальных цементов – жаропрочных, радиационностойких, тампонажных и сульфатостойких), а в качестве добавки к специальным бетонам (для получения тяжелых заполнителей) – хромсодержащих отходов [10, 16–18].

Как показывают приведенные выше примеры, в производстве строительных материалов возможно использование в больших объемах самых разных отходов. Однако для этого необходим системный подход к оценке их применимости, основанный на ряде критериев, отражающих основные характеристики материалов. Для предварительного выбора возможных путей утилизации техногенных отходов можно использовать классификацию побочных продуктов производства и техногенных материалов, предложенную П.И. Боженовым [19, 20], основными критериями которой являются агрегатное состояние веществ, а также степень изменения природных свойств в результате физико-химических процессов при переработке или длительном хранении в отвалах.

Между тем данная классификация не дает ответов на вопросы, касающиеся технических требований, предъявляемых современным производством строи-

тельных материалов и изделий. В обобщенном виде эти требования заключаются в наличии у отходов следующих свойств (показателей качества):

- высокое содержание силикатов и алюмосиликатов;
- относительно высокая дисперсность (ограниченное содержание зерен размером 1,5–2,5 мм);
- ограниченное содержание карбонатов и других соединений, разложение которых при термообработке сопровождается выделением газов;
- отсутствие хлоридов, фторидов и других соединений, выделяющих при нагревании токсичные газы и образующих при взаимодействии с водяным паром агрессивные среды;
- низкое содержание серы (до 1 % в пересчете на SO_3).

Учитывая широкую видовую гамму техногенных материалов, отвечающих этим требованиям, и основываясь на анализе полученных положительных результатов по использованию отходов различных отраслей промышленности в разных керамических технологиях, авторы сформулировали критерии пригодности техногенных отходов и определили сферу их эффективного применения в производстве керамики (рис. 2).

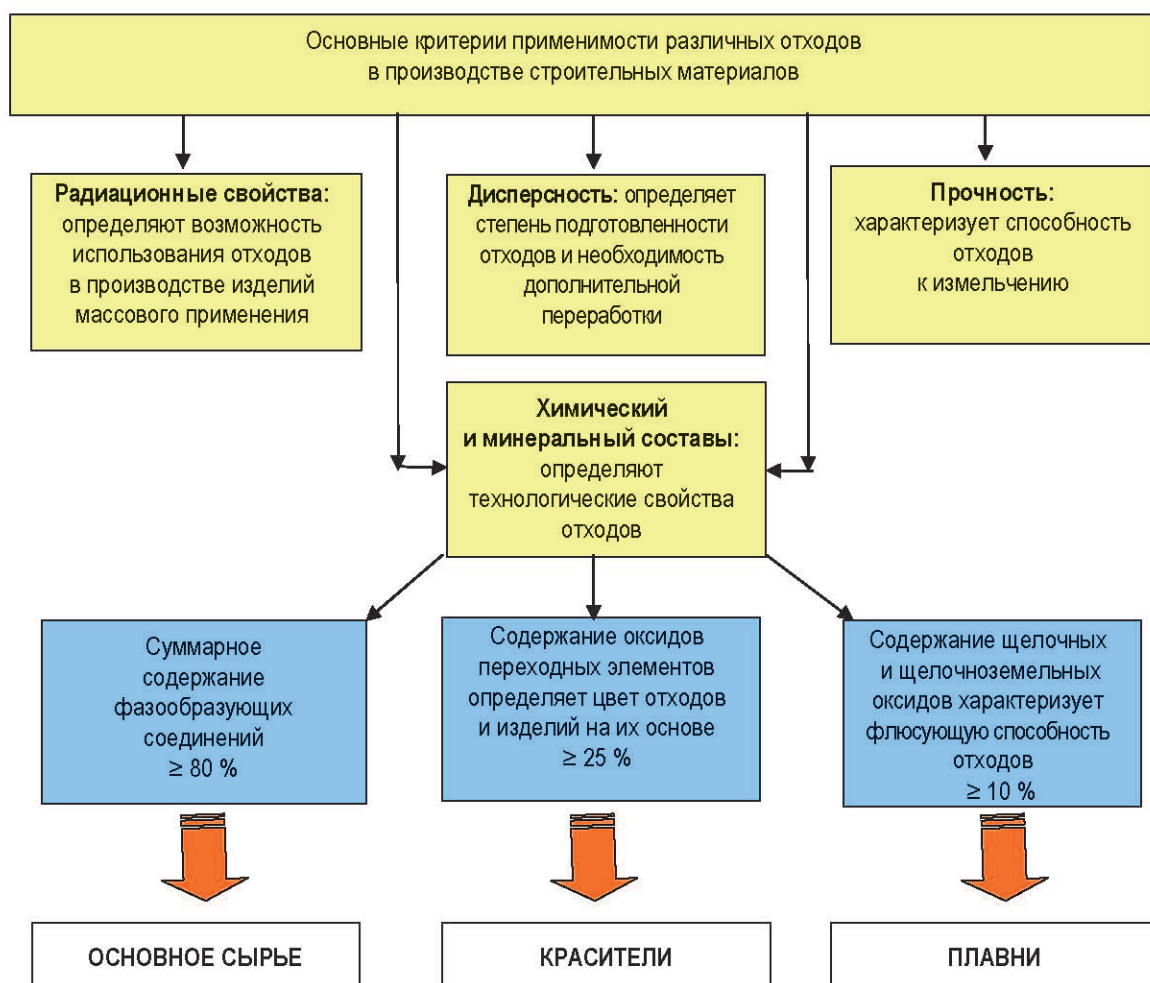


Рисунок 2 – Критерии применимости техногенных материалов в технологии производства керамики



Основные критерии применимости промышленных отходов в технологиях получения стройматериалов, на наш взгляд, следующие:

- суммарная эффективная активность природных радионуклидов $C_{эф}$ в отходах, определяющая возможность их использования в производстве изделий массового потребления. В соответствии с требованиями Государственного гигиенического норматива [21] она должна удовлетворять условию $C_{эф} \leq 370 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- дисперсность отхода, определяющая степень его подготовленности для производства, а также необходимость дополнительного измельчения. Учитывая отсутствие (в большинстве случаев) в производстве грубой керамики оборудования для тонкого измельчения каменистых материалов, предпочтительнее использовать в технологии стеновой и клинкерной керамики тонкодисперсные отходы;
- твердость отхода, характеризующая его способность к измельчению. Данный показатель определяет выбор способа измельчения и измельчающего оборудования;
- химический и минеральный составы отхода, определяющие его технологическое предназначение (наиболее весомый критерий). При содержании в отходе более 80 масс. % основных фазообразующих оксидов он может использоваться как базовый сырьевой материал в производстве конкретного продукта. Повышенное суммарное содержание оксидов элементов с переменной валентностью (более 25 масс. %) свидетельствует об эффективности применения отхода в качестве красящей добавки. Высокое содержание щелочных и щелочноземельных оксидов (более 10 масс. %) определяет возможность его использования как флюсующей составляющей керамических масс.

ВЫВОДЫ

В результате исследований, проведенных с использованием широкого спектра отходов горнодобывающих, химических, металлургических и других производств, разработаны рецептуры и технологические параметры изготовления строительных материалов разного функционального назначения. Показана перспективность применения исследованных отходов в качестве основного и вспомогательного сырья.

Внедрение новых разработок позволит комплексно использовать первичные и вторичные сырьевые ресурсы, сократить импорт дорогостоящего сырья, существенно снизить себестоимость готовой продукции, уменьшить накопление отходов и значительно улучшить экологическую обстановку в промышленных регионах Украины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сталинский Д.В. Оценка эколого-экономического ущерба окружающей природной среде при размещении крупнотоннажных промышленных отходов, пути его предотвращения, компенсации и ликвидации / Д.В. Сталинский, А.М. Касимов // КАЗАНТИП-ЭКО-2013. Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения : сб. тр. XXI Междунар. науч.-практ. конф., 3–7 июня 2013 г., г. Щелкино, АР Крым : в 3 т. Т. 1 / ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». – Х. : НТМТ, 2013. – С. 348–359.
2. Сталинский Д.В. Анализ проблемы образования и накопления отходов в Украине / Д.В. Сталинский, А.М. Касимов // Экология и промышленность. – 2009. – № 1. – С. 9–13.
3. Сталинский Д.В. Перспективные процессы утилизации отходов предприятий промышленной энергетики и химической промышленности Украины / Д.В. Сталинский, А.М. Касимов, В.Ю. Джафаров // КАЗАНТИП-ЭКО-2012. Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения : сб. тр. XX Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., 4–8 июня 2012 г., г. Щелкино, АР Крым : в 3 т. Т. 3 / ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». – Х. : НТМТ, 2012. – С. 193–203.
4. Каптюша А.Г. Использование отходов в производстве строительных материалов / А.Г. Каптюша, Г.В. Бондаренко // Строительные материалы. – 2008. – № 2. – С. 38–40.
5. Закон Кабинету Міністрів України «Про відходи» // Збірник нормативних документів з питань поводження з відходами виробництва і споживання. – Черкаси, 2004. – С. 223–267.
6. Федоренко Е.Ю. Технологические аспекты повышения качества клинкерных керамических материалов / Е.Ю. Федоренко, М.И. Рыщенко, Л.В. Присяжная // Сборник научных трудов ПАО «УКРНИИОГНЕУПОРОВ им. А.С. Бережного». – 2011. – Вып. № 111. – С. 199–207.
7. Блискун С.П. Комплексне використання кварцпольовошпатової сировини Лозуватського родовища в керамічному виробництві / С.П. Блискун, М.І. Рищенко, О.Ю. Федоренко // Будівельні матеріали та вироби. – 2009. – № 4 (57). – С. 19–22.
8. Пат. 31327 Україна, МПК⁸ C04B 33/00. Комплексна добавка для нейтралізації ванадій-сульфатних висолів при виробництві лицьової цегли / [Рищенко М.І., Щукіна Л.П., Федоренко О.Ю., Пітак О.Я., Стрельнікова О.О.]; заявник та патентовласник НТУ «ХПІ». – u 2007 07130; заявл. 25.06.2007; опубл. 10.04.2008, Бюл. № 7.
9. Применение барийсодержащих отходов органического синтеза для получения тампонажных цементов / [Кожанова А.Н., Тараненкова В.В., Шабанова Г.Н., Васютин Ф.А.] // Вісник НТУ «ХПІ». – 2002. – Вип. 9, Т. 2. – С. 65–68.

10. Установлення можливості використання відходів промисловості в виробництві глиноземистого цементу / [Шабанова Г.Н., Костыркин О.В., Корогодська А.Н., Ворожбян Р.М.] // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2011. – Вип. 122. – С. 288–292.
11. Федоренко О.Ю. Кам'яно-керамічні матеріали з відходів вугільної промисловості / О.Ю. Федоренко, С.М. Миколаєнко, Л.В. Руденко // Кераміка: наука і життя. – 2011. – № 2 (12). – С. 10–23.
12. Розробка технологічних параметрів виробництва лицевої цегли на основі відходів флотаційного збагачення вугілля / [Лісачук Г.В., Шукіна Л.П., Цовма В.В., Колеснік Є.В., Пилипчатін О.В.] // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Хімія і хімічна технологія. – 2013. – Вип. № 2 (21). – С. 145–149.
13. Розробка технологічних сумішей для отримання забарвлених в масі архітектурно-фасадних виробів / [Федоренко О.Ю., Карабцова Ю.П., Тараненкова В.В., Гасимова І.В.] // Вісник НТУ «ХПІ». – 2007. – № 9. – С. 104–108.
14. Будівельні матеріали на основі кварц-польовошлатової та плагіоклазової сировини / [Лісачук Г.В., Федоренко О.Ю., Білостоцька Л.О., Трусова Ю.Д., Павлова Л.В., Блудова І.І.] // Кераміка: наука і життя. – 2009. – № 3 (5). – С. 43–51.
15. Ceramic tiles – Definition, classification, characteristics and marking: International Standard ISO 13006 : 1998 (E.). – First edition 1998-12-01. – 56 p.
16. Шабанова Г.Н. К вопросу об использовании отходов водоочистки в производстве глиноземистого цемента / Г.Н. Шабанова, А.Н. Корогодская, Р.М. Ворожбян // Вісник НТУ «ХПІ». – 2011. – Вип. 27. – С. 164–173.
17. Шабанова Г.Н. Комплексное использование отходов содового производства в строительной индустрии / Г.Н. Шабанова, Я.Н. Питак, Е.А. Семенченко // Цемент. – 1997. – № 1. – С. 11–13.
18. Теоретичні принципи створення сучасних поліфункціональних матеріалів з використанням відходів промисловості / [Шабанова Г.М., Корогодська А.М., Цапко Н.С. та ін.] // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. – 2006. – Вип. 22. – С. 105–110.
19. Боженков П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология / П.И. Боженков. – М. : Ассоциация строительных вузов, 1994. – 268 с.
20. Классификация отходов и терминология [Электронный вариант]. – Режим доступа: <http://biblioteka.ru>.
21. Державний гігієнічний норматив. Норми радіаційної безпеки України: НРБУ-97. – К. : Міністерство охорони здоров'я України, 1998. – 159 с. – (Державні нормативи).

Поступила в редакцію 22.10.2013

На основі аналізу практичного досвіду і результатів власних досліджень показано перспективні напрями використання техногенної сировини для отримання керамічних і в'язучих матеріалів. Запропоновано критерії застосовності відходів для різних керамічних технологій залежно від їх радіаційних властивостей, складу, дисперсності, подрібнюваності.

Based on analysis of practical experience and results of own research it is shown promising trends of using of technogenic raw materials for producing ceramic and cementing materials. Criteria of waste using depending on its radiation properties, composition, dispersion, grindability for different ceramic technologies were proposed.