

**=====СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО=====**

УДК 691+691.4+666.7.004.8

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ И СИТАЛЛОВ***Бурученко А.Е.**Сибирский федеральный университет, Красноярск***THE USE OF RECYCLED FOR BUILDING CERAMICS AND GLASS  
CERAMICS***Buruchenko A.E.**Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

Показана возможность применения пластичных и непластичных отходов промышленности для получения изделий строительной керамики. Отмечено, что основной характеристикой пригодности отходов в качестве сырья для керамики является химический состав, и все попутные продукты промышленности разделены на 4 группы по этому показателю.

**Ключевые слова:** вторичное сырье, строительная керамика, свойства.

The possibility of using plastic and non-plastic waste industry for production of building ceramics. It is noted that the main characteristic of the suitability of wastes as raw materials for ceramics is the chemical composition, and all the by-products of industry are divided into 4 groups according to this indicator.

**Keywords:** recycled materials, building ceramics, properties.

В настоящее время в России разрабатываются и реализуются более 30 крупных экологических региональных и отраслевых программ, в том числе и программа «Отходы», предусматривающая планирование охраны окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов.

На региональном уровне важнейшими составляющими звеньями системы управления экологической безопасностью являются:

1. Экологизация экономики. Это совокупность организационных, технологических, финансово-экономических мероприятий, направленных на снижение загрязнения окружающей среды предприятиями при сохранении цели производства–получение прибыли.

2. Соответствие темпов экономического развития темпам восстановления качества окружающей среды.

3. Использование малоотходных, безотходных, экологически безопасных и чистых технологий.



4. Рациональное и сбалансированное использование природных ресурсов в рамках восстановления возобновляемых ресурсов и комплексного использования невозобновляемых ресурсов.

В настоящее время технологические процессы, являющиеся основными источниками загрязнения окружающей среды, обычно наиболее энергоемки, требуют использования дефицитных невозобновляемых ресурсов, характеризуются большим количеством отходов.

Важным направлением реализации программы по восстановлению качества окружающей среды является создание новых продуктов и производственных процессов с использованием вторичного сырья и чистых технологий.

Увеличение добычи полезных ископаемых, развитие металлургических производств и теплоэнергетики привело к значительному накоплению различных видов отходов, которые образуются как в процессе добычи и обогащения полезных ископаемых, так и на различных стадиях их переработки.

В технологии строительной керамики используются отходы собственного производства, отходы стекла, вскрышные глины угольных разрезов, шлаки фосфорного производства и концентраты, полученные из хвостов обогащения апатито-нефелиновых руд, отсеы дробления гранитных пород, значительное количество различных минеральных отходов, накапливающихся на металлургических, машиностроительных, химических заводах, ТЭЦ, ГРЭС, горно-обогатительных комбинатах. Однако использование вторичного сырья остается незначительным.

Медленное освоение отходов обусловлено недостаточной изученностью как самого сырья, так и физико-химических процессов, протекающих в составах керамических масс и стекольных шихтах при термической обработке.

В Сибирском регионе имеются все виды традиционного и нетрадиционного сырья в необходимых объемах для производства строительной керамики и стекломатериалов. Это легкоплавкие, тугоплавкие и огнеупорные глины; пегматиты, содержащие кварц и полевые шпаты; мелкозернистые кварцевые пески; волластониты и диопсиды, техногенное сырье. Вторичное сырье весьма разнообразно в промышленных районах Сибири (Иркутской области, Красноярском крае, Западной Сибири). К вторичному сырью Красноярского края относятся: вскрышные глинистые породы разработки угольных месторождений, отходы обогащения железных, молибденовых и никелевых руд, золы и шлаки от сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна (КАБ), шлаки и шламы сталеплавильного и глиноземного производств, регенерированные кварцевые пески машиностроительных заводов, отсеы горных пород.

Химические составы исследуемого сырья приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Химический состав вторичного сырья Красноярского края**

Виды сырья	Содержание, мас. %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п
Глинистое сырье									
Вскрышная глинистая порода КАБ (озерного отложения)	57,38-65,73	13,18-18,21	0,69-0,89	4,52-7,87	1,3-5,42	1,21-3,52	1,82-2,57	1,2-2,3	6,35-12,84
Вскрышная глинистая порода КАБ (покровного отложения)	55,74-73,68	11,27-16,8	0,73-0,96	3,07-9,4	1,08-5,79	0,6-3,21	1,6-2,8	1,7-2,5	7-13,2
Вскрышная глинистая порода Изыхских каменных углей	58,26-64,8	13,5-17,8	0,75-1,2	1,74-4,56	1,2-3,6	0,32-1,84	0,39-1,93	1,2-2,4	8,8-11,9
Подстилаящая глинистая порода Дубининского угольного месторождения	63,79-71,86	19,1-22,95	1,01-1,24	1,1-2,12	0,39-0,71	0,24-0,97	0,31-2,81	0,08-0,2	2,23-3,71
Высококремнеземистое сырье									
Отсевы обогащения кварцевых песков Верхне-Агашульского месторождения	74,2-83,7	9,8-12,1	0,2-0,4	1,3-1,8	0,9-1,4	0,5-0,8	3,2-4,5	1,5-3,4	0,9-1,76
Регенерированный песок завода «Сибтяжмаш»	93,2-97,6	2,1-3,9	-	1-2,5	0,1-0,3	-	-	-	-
Полевощатовое сырье									
Отсевы ортофира Курагинского месторождения	65,54-69,9	14,2-14,92	0,18-0,42	3,71-6,77	1-1,24	0,63-0,95	5,42-5,58	4,12-4,44	0,66-0,96
Полевощатовый продукт обогащения СМК	66,2-68,8	13,1-13,7	-	2,07-5,71	3,35-5,67	1,02-2,83	2,5-3,9	4,43-5,96	0,19-1,6
Железосодержащее сырье									
Отходы обогащения коренных железных руд Краснокаменского месторождения	46,1-50,2	10,5-11,9	-	16,7-21,9	14,6-16,8	3,9-5,2	-	-	-
Отходы обогащения валуных железных руд Краснокаменского месторождения	37,5-42,8	12,3-14,6	-	29,8-34,7	8,3-12,5	2-2,9	-	-	-

В соответствии с химическим составом вторичное сырье разделяется на четыре группы:

1. Высококальциевое (CaO – 20-55 %)
2. Высокожелезистое (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 20-44 %)
3. Высококремнеземистое (SiO<sub>2</sub> – 78-95 %)
4. Алюмосиликатное.

Высококальциевое, высокожелезистое и высококремнеземистое сырье является непластичным; алюмосиликатное сырье может быть как пластичным, так и непластичным.

К пластичному силикатному сырью относятся вскрышные глинистые породы озерного, покровного отложений бурых углей КАБ, вскрышные



глинистые породы каменных углей Изыхского месторождения, подстилающие глинистые породы КАБ и другие.

Основными минералами, слагающими вскрышные глинистые породы покровного отложения, являются монтмориллонит, гидрослюда, каолинит,  $\beta$ -кварц. Породы озерного отложения состоят преимущественно из монтмориллонита, каолинита и  $\beta$ -кварца.

Вскрышные глинистые породы подразделяются на умеренно- и среднепластичные. Относятся к классу полуокислого, среднедисперсного, с высоким содержанием красящих оксидов, легкоплавкого керамического сырья.

Вскрышные глинистые породы каменных углей Изыхского месторождения в основном состоят из каолинита, монтмориллонита и  $\beta$ -кварца. Они полуокислые, средне- и умереннопластичные, среднедисперсные, среднеспекающиеся. Огнеупорность – 1450°C.

К непластичному высококальциевому сырью относятся золы и шлаки Красноярских ТЭЦ от сжигания бурых углей КАБ, шлак Ачинского глиноземного комбината. Преобладающими минералами зол ТЭЦ является оксид кальция,  $\beta$ -кварц, двухкальциевый силикат. Под микроскопом просматривается стеклофаза переменного состава. В шлаках стеклофаза является преобладающей составляющей. Шлам Ачинского глиноземного комбината на 80-90 % состоит из двухкальциевого силиката.

Отходы обогащения коренных и железных руд Краснокаменского, Ирбинского и других месторождений, сталеплавильные шлаки завода «Сибэлектросталь», АО «Зерноуборочных комбайнов» и прочие относятся к высокожелезистому техногенному сырью.

Представителями высококремнеземистого вторичного сырья являются регенерированные пески (Сибирский завод тяжелого машиностроения, «Вагонмаш») и отсеvy кварцевых песков (Верхне-Агашульского, Рассохинского и других месторождений).

К непластичному алюмосиликатному сырью относятся «хвосты» обогащения Сорского молибденового комбината, отсеvy ортофира Курагинского месторождения, золы и шлаки ТЭЦ, ГРЭС от сжигания бурых углей КАБ. По минералогическому составу «хвосты» и отсеvy на 60-70 % состоят из полевого шпата и на 15-20 % из  $\beta$ -кварца, поэтому данный вид вторичного сырья может рассматриваться как кварц-полевошпатовый продукт.

Для изучения сырья применялись дифференциально-термический, рентгенофазовый, петрографический методы анализа, ИК-спектроскопия, электронная микроскопия и другие. Исследованы физико-химические процессы, протекающие в отходах при нагревании от 500 до 1400°C.

Анализ полученных результатов показал, что рассмотренное сырье может быть использовано керамической промышленностью. С целью определения конкретной области применения техногенных отходов произведена разработка составов и технологий изготовления строительных материалов и изделий.

Для получения строительных материалов из вторичного сырья низкотемпературным обжигом (до 1000°С) (кирпича, стеновых блоков, черепицы, плитки для внутренней облицовки и других материалов) использовались вскрышные глинистые породы КАБ. Глинистая порода обеспечивает пластичные свойства формовочной смеси. Зола и шлаки ТЭЦ, полевошпатовые продукты обогащения Сорского молибденового комбината (СМК), отсева ортофира, регенерированные пески применяли, в основном, как отошители.

Исследованы системы: «вскрышная глинистая порода–зола ТЭЦ», «вскрышная глинистая порода–кварц-полевошпатовый продукт». Содержание отошителя в керамических массах довели до 50 %.

Определение свойств образцов, изготовленных из композиций «порода–зола», «порода–шлак» и обожженных при 900-1000°С показало, что количество вводимой золы и шлака не должно превышать 30 %. Оптимальная температура обжига – 980°С. При этой температуре структура керамического черепка наиболее совершенна.

Исследованиями системы «вскрышная глинистая порода–кварц-полевошпатовый продукт» установлено, что для получения керамических изделий низкотемпературного обжига лучшие результаты по механической прочности достигаются при содержании кварц-полевошпатового продукта до 30%. При этом огневая усадка составляет 1,3-1,5 %, водопоглощение 14-14,5%, прочность при сжатии 16-18 МПа.

При моделировании составов масс для керамики высокотемпературного обжига (выше 1000°С) использовался широкий спектр сырья Красноярского края: вскрышные глинистые породы Изыхского угольного месторождения, каолин и глина Балайского месторождения, подстилающие глинистые породы Дубининского угольного месторождения КАБ, полевошпатовые продукты (СМК), отсева ортофира Курагинского месторождения, регенерированные кварцевые пески завода «Сибтяжмаш», отсева кварцевых песков Верхне-Агашульского месторождения и др.

Для получения керамической плитки рассматривались модельные составы на основе Изыхской вскрышной породы. В качестве плавня использовался полевошпатовый продукт СМК, зола и шлаки ТЭЦ, стеклобой, которые предварительно размалывались. В составы вводили до 50 % техногенного сырья.

Образцы готовились полусухим способом и формовались при давлении 15-17 МПа. Обжиг производился при 950-1250°С с интервалом 50°С, после чего определялись огневая усадка, водопоглощение, механическая прочность, изучался фазовый состав. На основании полученных результатов установлены оптимальная температура обжига и интервал спекания для составов керамических масс, предназначенных для получения плитки, фарфора и фаянса.



### **ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ**

<b>Высококальциевое</b>	<b>Высокожелезистое</b>	<b>Высококремнеземное</b>	<b>Алюмосиликатное</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Золоы и шлаки теплоэнергетики</li> <li>○ Шлам нефелиновый</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Золоы и шлаки теплоэнергетики</li> <li>○ Отходы обогащения железных руд</li> <li>○ Сталеплавильные шлаки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Отсевы кварцевых песков</li> <li>○ Регенерированные кварцевые пески</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Вскрышные и подстилающие глинистые породы</li> <li>○ Полевошпатовый продукт</li> <li>○ Золоы и шлаки теплоэнергетики</li> <li>○ Отсевы горных пород</li> </ul>	
<b>Виды строительных материалов и изделий</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Изделия стеновой керамики</li> <li>○ Керамическая плитка</li> <li>○ Керамзит, аглопорит</li> <li>○ Строительное стекло</li> <li>○ Золоситалл</li> <li>○ Шлакоситалл</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Изделия стеновой керамики</li> <li>○ Керамическая плитка</li> <li>○ Глазурь</li> <li>○ Керамзит, аглопорит</li> <li>○ Керамические трубы</li> <li>○ Строительное стекло</li> <li>○ Золоситалл</li> <li>○ Шлакоситалл</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Глазурь</li> <li>○ Строительное стекло</li> <li>○ Пеностекло</li> <li>○ Стеклокристаллический материал</li> <li>○ Керамическая плитка</li> <li>○ Фарфор</li> <li>○ Фаянс</li> <li>○ Санитарно-технические изделия</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Изделия стеновой керамики</li> <li>○ Керамическая плитка</li> <li>○ Керамзит, аглопорит</li> <li>○ Керамические трубы</li> <li>○ Фарфор</li> <li>○ Фаянс</li> <li>○ Строительное стекло</li> <li>○ Стеклокристаллический материал</li> </ul>	
<b>ПРОГНОЗИРУЕМЫЙ МАТЕРИАЛ</b>				
Кровельный материал	Фритты	Насыпной теплоизоляционный материал	Пеноситалл	Шлакоситалл

**Виды строительных материалов и изделий, разработанных на основе вторичного сырья Красноярского края**

Одним из перспективных направлений применения высококальциевого, высокожелезистого и другого алюмосиликатного вторичного сырья в производстве строительных материалов является его использование через

высокотемпературный расплав. Получаемое при этом строительное стекло имеет разнообразную окраску. Цветовая гамма может быть расширена путем введения в шихту красителей.

Стекло обладает хорошими прочностными и декоративными свойствами и может широко использоваться в качестве отделочного строительного материала.

Физико-механические свойства материала значительно возрастают, если стекло закристаллизовать, то есть получить шлако-, золо- или петроситаллы.

При моделировании составов шихт для получения стеклокристаллических материалов использовались золы и шлаки от сжигания бурых углей КАБ, шлак Ачинского глиноземного комбината, регенерированные кварцевые пески, полевошпатовый продукт СМК, отсеvy горных пород, отходы обогащения железных руд Краснокаменского месторождения и др.

Из данного сырья получены пироксеновые стеклокристаллические материалы. Для их производства определены составы шихт, установлены эффективные катализаторы кристаллизации, режимы термической обработки, которые позволяют получить (в зависимости от вида используемого сырья) материал, обладающий прочностью при изгибе 120-150 МПа, при сжатии 540-720 МПа, потерей массы при истирании 0,14-0,25 кг/м<sup>2</sup>, химической стойкостью к 96 %-ной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 99,2-99,9 %.

Таким образом, проведенные исследования показали, что вскрышные и подстилающие глинистые породы каменных и бурых углей Канско-Ачинского бассейна могут служить сырьем для производства широкого спектра строительной керамики.

Полевошпатовый продукт СМК и отсеvy ортофира Курагинского месторождения являются готовым качественным полевошпатовым сырьем для керамического производства.

Высококальциевые золы и шлаки от сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна, шлам Ачинского глиноземного комбината представляют собой готовое сырье для получения золо-, шлако- и петроситаллов.

Железосодержащие отходы обогащения железных руд Краснокаменской и Ирбинской обогатительных фабрик, а также сталеплавильные шлаки завода «Сибэлектросталь» являются сырьевой базой для производства стеклокристаллических материалов.

Рассмотренные отходы производств расширяют сырьевую базу строительной индустрии, широкое их использование керамической и стекольной промышленностью способствует решению региональной экологической проблемы.

#### **Библиографический список**

1. Гальперина М.К., Тарантул Н.П. Использование вторичных ресурсов в производстве керамических изделий. // Промышленность строительных материалов. Сер. 5. Керамическая промышленность. ВНИИЭСМ. М. 1991. С. 90.
2. Овчеренко Г.И. Золы углей КАТЭКа в строительных материалах. Изд-во Красноярского университета. Красноярск. 1991. С. 33-48.
3. Лясин А.Ф., Сарнисов П.Д. Новые облицовочные материалы на основе стекла. М.: Стройиздат, 1987. С. 193.



4. Бурученко А.Е. Использование отходов промышленности для изготовления стеклокристаллических материалов. // Изд. Вузов. Строительство. 1996. № 2. С. 61-66.

5. Верещагин В.И., Капчук И.В. Обоснование целесообразности выполнения работ по решению вопросов комплексного использования сырья Сибирского региона в производстве строительных материалов и изделий. // Сб. науч. тр. Экономика и предпринимательство в строительстве. Вып. 5. – Новосибирск: НГА- СУ, 1999. С. 20-24.

#### **Bibliograficheskij spisok**

1. Galperina M.K., Tarantul N.P. Ispolzovanie vtorichnykh resursov v proizvodstve keramicheskikh izdelij. // Promyshlennost stroitelnykh materialov. Ser. 5. Keramicheskaya promyshlennost. vniiesm. M. 1991. S. 90.

2. Ovcherenko G.I. Zoly uglej kateka v stroitelnykh materialakh. Izd-vo Krasnoyarskogo universiteta. Krasnoyarsk. 1991. S. 33-48.

3. Lyasin A.F., Sarnisov P.D. Novye oblitsovochnye materialy na osnove stekla. M.: Strojizdat, 1987. S. 193.

4. Buruchenko A.E. Ispolzovanie otkhodov promyshlennosti dlya izgotovleniya steklokristallicheskikh materialov. // Izd. Vuzov. Stroitelstvo. 1996. № 2. S. 61-66.

5. Vereschagin V.I., Kaschuk I.V. Obosnovanie tselesoobraznosti vypolneniya работ по решению вопросов комплексного использования сырья Сибирского региона в производстве строительных материалов и изделий. // Сб. науч. тр. Экономика и предпринимательство в строительстве. Вып. 5. - Новосибирск: NGA- SU, 1999. S. 20-24.

*Бурученко Александр Егорович* – доктор технических наук, профессор, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, E-mail: BuruchenkoAI@mail.ru

*Buruchenko Alexander* – doctor of technical sciences, professor Siberian Federal University, Krasnoyarsk, E-mail: BuruchenkoAI@mail.ru

УДК 691+691.261

## **ОЦЕНКА СОСТАВОВ И КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНОСТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ**

*Верещагин В.И.*

*Томский политехнический университет, Томск*

## **ASSESSMENT OF STRUCTURES AND COMPONENTS FOR PENOSTEKLOKRISTALLICHESKIH MATERIAL BASED ON MATERIAL ALUMINOSILICATE**

*Vereshchagin V.I.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

Показано влияние химического состава компонентов на температуру расплавления массы при получении пеностеклокристаллических материалов. Выявлено, что