

Д. г.-м. н. **В. А. Перепелицын**¹ (✉), к. т. н. **А. В. Яговцев**¹,
В. Н. Мерзляков², **В. В. Кочетков**², к. т. н. **А. А. Пономаренко**³,
З. Г. Пономаренко¹, **А. Ю. Колобов**¹

¹ ОАО «Динур», г. Первоуральск Свердловской обл., Россия

² ООО «Циркон», г. Магнитогорск, Россия

³ ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет»,
Екатеринбург, Россия

УДК 628.4.038:666.76.001.8(470.5)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОГЕННЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

Разработана химико-минеральная классификация техногенного минерального сырья, пригодного для производства и керамики. Рассмотрены вторичные минеральные ресурсы Уральского региона.

Ключевые слова: техногенное сырье, вторичные минеральные ресурсы, классификация ресурсов.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Количество промышленных отходов за последние 100 лет растет по экспоненте. В мире ежегодно образуется только твердых технологических отходов более 25 млрд т. Из этого количества третья часть (>7 млрд т) приходится на Россию. На территории РФ на начало 2013 г. накоплено более 90 млрд т отходов производства. Площадь, занимаемая зонами организованного захоронения отходов, составляет более 400 тыс. га. Геоэкологические проблемы техногенных отходов связаны не только с охраной окружающей среды, но и непосредственно с экономическим развитием регионов. Образование отходов служит также показателем нерационального использования природных ресурсов, в то время как запасы многих из них находятся на грани истощения. Поэтому реабилитация промышленных отходов представляется актуальной природно-ресурсной, природоохранной, геоэкологической и экономической задачей.

Утилизация отходов является, с одной стороны, средством повышения эффективности производства и сбережения ресурсов, а с другой — естественным, обязательным условием восстановления равновесия в биосфере, поскольку позволяет снизить нагрузку на экосистемы и повысить их устойчивость. В России действуют раз-

личные федеральные и региональные программы, основная цель которых — обеспечение базовых условий для экологически безопасного устойчивого развития страны через создание нормативной, естественно-научной и технологической базы, т. е. единой государственной политики в сфере обращения с отходами на всех уровнях, обеспечение стабилизации, а в дальнейшем сокращения и ликвидации загрязнения окружающей среды отходами, а также выход на экономию природных ресурсов за счет максимального вторичного вовлечения отходов в хозяйственный оборот. Одним из перспективных направлений инновационного процесса является полная переработка промышленных отходов в рамках региональных хозяйственных комплексов. Оно включает извлечение из промышленных отходов ценных и дефицитных материалов (чистых оксидов, благородных, цветных, редких, радиоактивных и других элементов) и создание конструкционных и функциональных материалов с высокими эксплуатационными показателями взамен природных традиционных материалов и металлов. Реализация этой стратегии позволит существенно, более чем на 25 %, уменьшить потребление первичных природных ресурсов, а также решить вопросы сырьевой безопасности страны.

ХИМИКО-МИНЕРАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО ОГНЕУПОРНОГО И КЕРАМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Предлагается следующая классификация техногенного сырья по химико-минеральному составу, мас. %:



В. А. Перепелицын
E-mail: pva-vostio@bk.ru

1. Кремнеземистое ($\text{SiO}_2 \geq 90$).
2. Алумосиликатное (система $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, каждого оксида 10–90).
3. Корундовое (глиноземистое, $\text{Al}_2\text{O}_3 > 90$).
4. Магнезиальное ($\text{MgO} \geq 90$).
5. Магнезиально-шпинелидное (система $\text{MgO-R}_2\text{O}_3$, где $\text{R}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Cr}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Ti}_2\text{O}_3, \text{Mn}_2\text{O}_3, \text{MgO} > \sum \text{R}_2\text{O}_3$).
6. Магнезиально-силикатное (система MgO-SiO_2 , $\text{MgO} > 50$).
7. Магнезиально-известковое (система MgO-CaO при соотношении компонентов $(70:30) \div (30:70)$).
8. Известково-силикатное (система CaO-SiO_2 , $\text{CaO} 65\text{-}75$, $\text{SiO}_2 25\text{-}35$).
9. Известково-алюминатное (система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} 8\text{-}30$, $\text{Al}_2\text{O}_3 70\text{-}92$).
10. Известковое ($\text{CaO} \geq 90$).
11. Цирконийсодержащее (система $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3\text{-CaO-MgO-Y}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-C}$, $\text{ZrO}_2 \geq 5$).
12. Карбидкремнийсодержащее (система $\text{SiC-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-C}$, $\text{SiC} \geq 10$).
13. Углеродсодержащее (система $\text{RO-R}_2\text{O}_3\text{-RO}_2\text{-C}$, где $\text{RO} = \text{CaO, MgO, BaO}$; $\text{R}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2, \text{Y}_2\text{O}_3, \text{CeO}_2$; $\text{RO}_2 = \text{ZrO}_2, \text{SiO}_2, \text{TiO}_2$).
14. Азотсодержащее (система $\text{Si-Al-Ti-O}_2\text{-N}_2$, $\text{N}_2 \geq 5$).
15. Специальное (бориды, нитриды, силициды, соединения РЗЭ различных химических классов, оксикарбиды, оксинитриды и др.).

Предлагаемый вариант химико-минеральной классификации включает 15 потенциальных групп материалов вторичных ресурсов неорганического состава, которые могут быть использованы в той или иной мере при производстве огнеупоров и керамики в качестве главного компонента шихты или функциональных добавок. Эта классификация, безусловно, не может претендовать на полное включение в систематику всех известных и применяемых в настоящее время при производстве новых тугоплавких соединений других химических классов (частично отнесенных к 15-й группе): хромитов (LaCrO_3), сложных оксидов ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ – иттрий-алюминиевый гранат), фосфатов (AlPO_4 и др.), титанатов ($\text{CaTiO}_3, \text{SrTiO}_3$ и др.), а также ряда металлов с высокой температурой плавления (W, Mo, Cr и др.), всего более 150 веществ. Каждая группа вторичного минерального сырья, в свою очередь, содержит, как правило, несколько техногенных материалов, каждый из которых обладает не только достаточной огнеупорностью, но и комплексом других ценных свойств. По современной полифункциональной концепции, любое первичное (природное и синтетическое) или вторичное (техногенное) сырье имеет совокупность физико-химических свойств, позволяющих его использование в качестве сырьевого материала в двух и более отраслях промышленности. Например, корунд и карбид кремния не

только изнаноустойчивые огнеупорные материалы, но и качественные абразивы и керамика, а карбид кремния еще и отличный высокотемпературный электронагреватель. Следовательно, каждый минерал (неорганическое соединение) и тем более полифазные материалы, в том числе техногенные, являются многофункциональным сырьем.

ТЕХНОГЕННОЕ СЫРЬЕ УРАЛА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ И КЕРАМИКИ

После распада СССР в огнеупорной и керамической промышленности России резко обострились проблемы обеспечения качественным магнезиальным, алумосиликатным, высокоглиноземистым, цирконовым сырьем, а также графитом и хромитом. Многолетний опыт деятельности Восточного института огнеупоров показал, что одним из путей выхода из сырьевого кризиса является использование техногенных минеральных ресурсов.

За последние 90 лет в Уральском регионе накоплено более 20 млрд т техногенных образований, среди которых более 70 % могут быть утилизированы в качестве вторичного минерального сырья. Главными поставщиками техногенного сырья являются горнодобывающая и металлургическая промышленность, а также теплоэнергетика, использующая твердое топливо. Среди многочисленных разновидностей вторичного минерального сырья кроме огнеупорного лома отработанной футеровки тепловых агрегатов имеются разнообразные неорганические материалы и вещества, которые могут быть использованы в огнеупорной промышленности. В связи с жесткими требованиями по огнеупорности (не ниже 1580 °С) только около 1,0 % общего объема вторичных минеральных ресурсов может быть использовано в качестве сырья для производства огнеупоров. Для грубой и тонкой керамики пригодно около 5 % техногенных образований.

В настоящее время отечественная и зарубежная промышленность использует для этого более 150 различных первичных сырьевых материалов, в том числе более 100 веществ неорганического состава. Вещественный состав сырья представлен соединениями различных химических классов: оксидами, силикатами, карбидами, нитридами, элементами, фосфатами, гидроксидами, в меньшей степени боратами, сульфатами и др. В зависимости от происхождения (генезиса) неорганические разновидности сырья можно объединить в три большие группы: природное, синтезированное и техногенное.

Согласно ГОСТ 28874 огнеупоры классифицируются по химико-минеральному составу на 17 типов: кремнеземистые, алумосиликатные,

глиноземистые, глиноземоизвестковые, магнезиальные, магнезиальноизвестковые, известковые, магнезиальношпинелидные, магнезиально-силикатные, хромистые, цирконистые, оксидные, углеродистые, карбидкремниевые, бескислородные, сиалоны и специальные сложного состава. С учетом этой стандартной классификации и наличия доступных исходных материалов нами разработана вещественно-генетическая классификация главных (массовых) разновидностей минерального сырья, применяемого для изготовления огнеупоров (табл. 1). Среди многочисленных разновидностей природного и искусственного огнеупорного сырья условно выделены 12 химических классов, которые включают 36 групп природных минералов и искусственных соединений. Природное, синтезированное и техногенное минеральное (неорганическое) сырье представлено кремнеземистыми, алюмосиликатными, корундовыми, магнезиальными, магнезиально-шпинелидными, магнезиально-силикатными, магнезиально-известковыми,

углерод-, цирконий-, карбидкремнийсодержащими, глинозем-известковыми и оксидными (специальными) материалами.

Общая характеристика главных видов техногенного огнеупорного минерального сырья приведена в табл. 2. Наиболее *высокоогнеупорное* техногенное сырье представлено преимущественно некондиционным отвальным магнезитом, магнезитовыми отходами обогащения талька, пылеуносом обжиговых и плавильных печей (каустический магнезит), осыпью и корковой зоной блоков плавящего периклаза, а также магнезиальными продуктами химического производства (хлориды, сульфаты и карбонаты магния).

К числу *магнезиально-силикатных* отходов относятся: некондиционные хромовые руды Сарановского месторождения и нерудные продукты их обогащения, серпентиновые отходы обогащения талька и асбеста, циклонная пыль печей для обжига дунита, форстеритшпинельные ферросплавные шлаки и др. Суммарный годовой

Таблица 1. Классификация главных разновидностей огнеупорных сырьевых материалов

Огнеупоры, система (состав, мас. %)	Генетическая разновидность сырья		
	природное	синтезированное	техногенное
Кремнеземистые, SiO ₂	Кварцит, маршаллит, кварц, опал, диатомит, песок кварцевый	Кремнеземистое стекло SiO ₂ (лешательерит), стекловолокно SiO ₂	Микрокремнезем, шламовый кварцит
Алюмосиликатные, Al ₂ O ₃ -SiO ₂ ; корундовые, Al ₂ O ₃ (Σ(Al ₂ O ₃ + SiO ₂) > 70)	Глина огнеупорная, каолин, топаз, кианит, андалузит, силлиманит, боксит маложелезистый, песок кварцевый	Корунд табулярный, корунд плавильный. Муллит плавильный. Стекловолокно алюмосиликатное	Шламовый корунд, пиррофиллит, пылеунос глинозёмов, отходы катализаторов оргсинтеза, вторичные огнеупоры, алюмотермические шлаки, зола алюмосиликатная
Магнезиальные, MgO (MgO ≥ 85)	Магнезит, брусит, гидромагнезит, хунтит, бишофит	Периклаз: спеченный, плавильный, магнезия	Пылеунос от обжиговых печей (каустический магнезит), некондиционные брусит и магнезит
Магнезиальношпинелидные, MgO-Cr ₂ O ₃ , MgO-Al ₂ O ₃ , MgO-FeO-Al ₂ O ₃	Магнезит, хромит, хромшпинелиды: магнохромит, алюмохромит, феррихромпикотит, хромит	Периклазохромит: спеченный, плавильный, шпинель: спеченная, плавильная, герцинит, хромглиноземошпинелид плавильный	Алюмохромовые катализаторы нефтехимии, шлаки углеродистого феррохрома (силикатно-шпинельные)
Магнезиальносиликатные, MgO-SiO ₂ (Σ(MgO+SiO ₂) ≥ 60)	Дунит, оливинит, серпентинит, тальк, талькомагнезит	Доломит: спеченный, плавильный, дунит: спеченный, плавильный, форстерит: спеченный, плавильный	Шлаки феррохрома, отходы флотации талька и обогащения хромруды
Магнезиальноизвестковые, MgO-CaO (MgO ≥ CaO)	Доломит, магнезит доломитизированный, известняк, мел и др.	Доломит: спеченный, плавильный	Пылеунос от обжиговых печей, карбидный ил Ca(OH) ₂
Углеродсодержащие, C + RO + RO ₂ + RO ₂ + R ₂ O ₃ (C = 4÷40)	Графит, шунгит, антрацит, кварц	Искусственные графиты, технический углерод, смеси с MgO, Al ₂ O ₃ , шпинелью, ZrO ₂ , SiO ₂ и др.	Графитовая спель, электроды печей, вторичные огнеупоры, отходы графитации электродов
Цирконийсодержащие, ZrO ₂ -SiO ₂	Бадделеит, циркон	Бадделеит: спеченный, плавильный, бакор	Вторичные огнеупоры
Карбидкремнийсодержащие, SiC	Кварц, шунгит, графит, уголь	Карбид кремния: зеленый, черный, графит силицированный	Отходы графитации электродов (SiC + SiO ₂)
Глиноземоизвестковые, Al ₂ O ₃ -CaO (CaO = 8÷30)	Известняк, мел, боксит	Бонит, ВГЦ, ГЦ	Алюмотермические шлаки
Оксидные специальные RO, R ₂ O ₃ , RO ₂	Берилл, касситерит	BeO, Cr ₂ O ₃ , Y ₂ O ₃ , SnO ₂	Вторичные огнеупоры, вторичная керамика

Таблица 2. Главные техногенные ресурсы огнеупорного и керамического сырья

Виды и источники вторичного сырья	Вещественный состав (основа)	Минеральный (фазовый) состав	Запасы (порядок), т	Возможное использование
<i>Магнезиальные</i>				
Отвальные бруситы	Брусит, магнезит	MgO(OH) ₂ , MgCO ₃ , CaMg(CO ₃) ₂	n·10 ³	Периклазовые огнеупоры
Некондиционный магнезит	Магнезит, доломит	MgCO ₃ , CaMg(CO ₃) ₂	n·10 ⁵	–
Доломитовые отвалы	Доломит, кальцит, глина	CaMg(CO ₃) ₂ , CaCO ₃	n·10 ⁷	–
Талькомагнезитовые отходы	Магнезит, гематит, хлорит	MgCO ₃ , Fe ₂ O ₃	n·10 ⁴	Заправочные порошки
Магнезиальный пылеунос	Периклаз, магнезит	MgO, MgCO ₃		Магнезиальные огнеупоры и цементы
Хлоридные и карбонатные магнезиальные отходы	Бишофит, карналлит, гидромагнезит	MgCl·6H ₂ O, KCl·MgCl ₂ ·6H ₂ O	n·10 ⁴	Периклазовые огнеупоры и бетоны
Магнезиальные вторичные огнеупоры	Периклаз, примеси	MgO, CaMgSiO ₄ , Ca ₂ SiO ₄ , MgFe ₂ O ₄	–	Основные огнеупоры
<i>Алюмосиликатные и глиноземсодержащие</i>				
Отходы глиноземистых катализаторов оргсинтеза	Глинозем, оксид хрома, кремнезем	γ-Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Cr ₂ O ₃	n·10 ⁵	ВГ-огнеупоры* ¹
Алюмотермические шлаки	Алюминаты кальция, шпинель, корунд	CaO·Al ₂ O ₃ , CaO·2Al ₂ O ₃ , CaO·6Al ₂ O ₃ , MgAl ₂ O ₄	n·10 ³	ВГ-цемент
Шламовые отходы электрокорунда	Электрокорунд, железо	α-Al ₂ O ₃ , α-(Al,Cr) ₂ O ₃	n·10 ³	ВГ-огнеупоры
Алюмосиликатные золы теплоэнергетики	Алюмосиликатное стекло	Al ₂ O ₃ ·3SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄	n·10 ⁷	Шамотный легковес
Пирофиллитсодержащие породы	Пирофиллит, кварц	Al ₂ O ₃ ·4SiO ₂ ·H ₂ O, SiO ₂ , FeS ₂	n·10 ³	Шамот
Алюмосиликатные вторичные огнеупоры	Муллит, стекло	–	–	–
Пыль от ШОУ* ² и ВПП* ³	Каолинит, метакаолинит, глинозем	Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O, Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ , Al ₂ O ₃	n·10 ⁵	–
<i>Магнезиально-силикатные</i>				
Отходы обогащения хромруды	Серпентин, брусит	3MgO·2SiO ₂ ·2H ₂ O, Mg(OH) ₂	n·10 ⁷	Форстеритовые огнеупоры, стеатитовая керамика
Отходы обогащения асбеста	–	3MgO·2SiO ₂ ·2H ₂ O, Mg(OH) ₂ (Mg,Fe)(Cr,Fe,Al) ₂ O ₄	n·10 ⁹	Стеатитовая керамика
Некондиционная хромруда	Хромит, серпентин	3MgO·2SiO ₂ ·2H ₂ O	n·10 ⁶	ХФ-огнеупоры* ⁴
Отходы обогащения талька	Тальк, магнезит, хлорит	3MgO·4SiO ₂ ·2H ₂ O·MgCO ₃	n·10 ⁴	Форстеритовые огнеупоры
Оливиновые концентраты от обогащения	Оливинит, кальцит	(Mg,Fe) ₂ [SiO ₄], CaCO ₃	n·10 ⁴	–
Шлаки углеродистого феррохрома	Форстерит, шпинель	Mg ₂ [SiO ₄], Mg(Al,Cr) ₂ O ₄	n·10 ⁵	ФШ-огнеупоры* ⁵
<i>Цирконийсодержащие</i>				
Бакоровые изделия от футеровки стекловаренных печей	Бадделейт, корунд, стекло	ZrO ₂ (мон), Al ₂ O ₃	n·10 ⁵	Бакор, шпинель
Лом изделий из МНЛЗ	Бадделейт, корунд	ZrO ₂ (мон), ZrO ₂ (куб)		ВГ-огнеупоры, спецкерамика
Лом изделий КМЦ* ⁶	муллит			
<i>Кремнеземистые</i>				
Пыль кремнистых сплавов	Аморфный кремнезем	SiO ₂	n·10 ⁵	Кремнеземистые массы
Кварцевые отходы обогащения руд каолина, глины и др.	Кварц, глина	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O	n·10 ⁴	Монолитная футеровка
Пирофиллитовые отходы	Кварц, пирофиллит, пирит	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ ·4SiO ₂ ·H ₂ O, FeS ₂	n·10 ⁶	–
Кварцево-слюдистые отходы	Кварц, мусковит	SiO ₂ , K ₂ (OH) ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)	n·10 ⁶	–
Отходы формовочных земель (песков)	Кварц, кристобалит, стекло, железо	SiO ₂ , Fe, Fe ₃ O ₄	n·10 ⁴	–
<i>Известьесодержащие</i>				
Пылеунос от известковых и доломитообжиговых печей	Известь, периклаз, доломит	CaO, MgO, CaMg(CO ₃) ₂	n·10 ⁴	Известковопериклазовые огнеупоры
Доломитовые отвалы	Доломит, известняк	CaMg(CO ₃) ₂ , CaCO ₃	n·10 ⁷	–
Самораспадающиеся ферросплавные шлаки	Ортосиликаты кальция	γ-Ca ₂ (SiO ₄), Mg(Al,Cr) ₂ O ₄	n·10 ⁵	Известково-силикатные огнеупоры
Рафинировочные сталеплавильные шлаки	Алюминаты кальция	Al ₂ O ₃ ·CaO, 12CaO·7Al ₂ O ₃	n·10 ⁴	–
Электротермофосфорные шлаки	Волластонит, анортит	CaSiO ₃ , CaO·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	n·10 ⁴	Шлакообразующие смеси
Шламы бокситовые и нефелиновые	Силикаты кальция, кальцит, гематит, алюминаты	Ca ₂ SiO ₄ , CaCO ₃ , Fe ₂ O ₃ , NaAlO ₂	n·10 ⁶	–
Известковые и доломитовые шламы	Гашеная известь, брусит	Ca(OH) ₂ , MgO, Mg(OH) ₂	n·10 ⁵	Известковопериклазовые огнеупоры
<i>Углеродсодержащие</i>				
Лом оксидуглеродистых огнеупоров	Графит, периклаз, корунд, шпинель	C, Mg, Al ₂ O ₃ , MgAl ₂ O ₄	n·10 ³	Оксидуглеродистые огнеупоры
Графитовая спель	Графит, железо, шлак	C, α-Fe	n·10 ⁵	Углеродсодержащие огнеупоры
Отходы графитации электродов	Графит, карбид кремния	C, SiC, SiO ₂	n·10 ⁴	Карбидкремниевые огнеупоры
Шламовый карбид кремния	Карбид кремния, железо	SiC, α-Fe	n·10 ³	–
Карбидкремниевые капсулы	Карбид кремния, стекло	SiC, SiO ₂	n·10 ²	Углеродсодержащие огнеупоры
Электродные огарки электролизеров	Графит, углерод	C _{кр} , C _{аморф}	n·10 ²	–

*¹ Высокоглиноземистые.

*² Шамотообжиговые печи.

*³ Вращающиеся печи для обжига глинозема.

*⁴ Хромфорстеритовые.

*⁵ Форстеритошпинельные.

*⁶ Корундомуллитоциркониевые.

объем прироста таких отходов 20 млн т, запасы в отвалах более 4,5 млрд т, в том числе от добычи и обогащения асбеста около 4,0 млрд т.

Алюмосиликатное техногенное сырье представлено большой группой каолин- и глиноземсодержащих материалов: высокоглиноземистые отходы катализаторов химической промышленности, вскрышные породы и отходы углеобогащения (каолин + уголь), пылеунос ТЭС и вращающихся печей для обжига глинозема и шамота, шламовые отходы электрокорунда абразивного производства, высокоглиноземистые ферросплавные алюмотермические шлаки, травильные алюминийсодержащие растворы предприятий цветной металлургии и синтеза органических соединений (фосфаты, алкоголяты алюминия и др.). Суммарный годовой прирост этих материалов в регионе составляет 500–600 млн т.

В группу техногенных высококремнеземистых материалов входят некондиционные и шламовые кварциты, микрокремнеземдисперсная пыль от производства кристаллического кремния и кремнийсодержащих ферросплавов (до 98 % SiO₂), а также весьма крупномасштабные кварцитовые (некондиция) и кварцевые отходы огнеупорной и горнодобывающей промышленности и другие материалы.

Наиболее распространенными и тугоплавкими кальций(известь)содержащими материалами являются доломитовые и известняковые отвалы, самораспадающиеся ферросплавные рафинировочные шлаки, бокситовые («красные») и нефелиновые шламы, известково-алюминатные

Библиографический список

1. **Перепелицын, В. А.** Техногенное сырье Урала для производства огнеупоров / В. А. Перепелицын, И. В. Юксеева, Л. В. Остряков // Огнеупоры и техническая керамика. — 2009. — № 6. — С. 50–54.
2. **Перепелицын, В. А.** Техногенное минеральное сырье Урала / В. А. Перепелицын, В. М. Рытвин, В. А. Коротеев [и др.]. — Екатеринбург : УрО РАН, 2013. — 332 с.
3. **Перепелицын, В. А.** Ферросплавные алюмотермические шлаки / В. А. Перепелицын, В. М. Рытвин, С. И. Гильварг [и др.]. — Екатеринбург : Уральский рабочий, 2014. — 368 с.

(алюмотермические) ферросплавные шлаки, пылеунос печей для обжига доломита и извести. Из группы *углеродсодержащих* отходов для огнеупорной промышленности представляют интерес графитовая спель доменного производства, графитовые и карбидкремниевые отходы металлургической, химической и керамической промышленности. Наиболее ценными являются отработанные оксидоуглеродистые футеровки.

Помимо традиционного использования неметаллических компонентов в качестве дешевого сырья для стройиндустрии технически и экономически намного эффективнее применение огнеупорных и тугоплавких техногенных материалов для производства огнеупоров, керамики, цементов и других, более наукоемких и дорогих видов продукции. Именно при переработке техногенных образований в огнеупорной и керамической промышленности можно быстро получить экономический эффект и возврат вложенных средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен вариант химико-минеральной классификации техногенного минерального сырья, включающей 15 групп вторичных минеральных ресурсов, пригодных после дополнительной переработки для производства огнеупоров и керамики. Рассмотрены вторичные минеральные ресурсы преимущественно Уральского региона. Ориентировочные суммарные запасы данных сырьевых материалов в Уральском регионе превышают 140 млн т.

4. **Перепелицын, В. А.** Минерально-сырьевая база Первоуральского динасового завода (ОАО «Динур») и направления ее рационального использования / В. А. Перепелицын, Ф. А. Табулович // Минеральное сырье Урала. — 2007. — № 5/6 (13). — С. 3–29. ■

Получено 17.05.19

© В. А. Перепелицын, А. В. Яговцев,
В. Н. Мерзляков, В. В. Кочетков,
А. А. Пономаренко, З. Г. Пономаренко,
А. Ю. Колобов, 2019 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

EUROMAT 2019

EUROPEAN CONGRESS AND EXHIBITION
ON ADVANCED MATERIALS AND PROCESSES

[HTTP://EUROMAT2019.FEMS.EU/](http://EUROMAT2019.FEMS.EU/)
1–5 сентября 2019 г.
Стокгольм, Швеция

FEMS
FEDERATION OF EUROPEAN
METALLURGICAL SOCIETIES

30
1987–2017
www.fems.org