

Л. И. ЛЕОНТЬЕВ, О. Ю. ШЕШУКОВ, И. В. НЕКРАСОВ*

*Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия, *ferro1960@mail.ru*

АНАЛИЗ, ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Опыт показал, что для организации эффективной переработки отходов необходимы новые подходы. «Большие» предприятия часто не заинтересованы в получении попутной малотоннажной продукции из собственных отходов до того момента, пока накопленные отходы не начинают сдерживать развитие основного бизнеса. Вопросы экологических платежей, ресурсосбережения – прерогатива государства, а получение попутной продукции более всего интересно предприятиям малого и среднего бизнеса. Таким образом, напрашивается схема аутсорсинга, когда малые предприятия на территории «больших» производят какую-то продукцию из его отходов. Государство может внести свой вклад в обеспечение рентабельности технологий утилизации нормативными, информационными, организационными и другими ресурсами. Участие государства оправдано и тем, что в ряде случаев возможна организация производства стратегической продукции, например, РЗМ.

Ключевые слова: металлургические отходы, экологические платежи, шлаки, пыли, строительные материалы, цинк, редкоземельные металлы.

Введение. За длительный период горно-обогатительного и металлургического производств в мире в целом, и России в частности, на Урале, сформировались техногенные образования в виде отвалов вскрышных пород и некондиционных по основному компоненту минеральных образований (бедных руд, хвостохранилищ, шлаковых отвалов и др.), которые во многих случаях могут считаться перспективными техногенными месторождениями. В течение долгих лет проблемы техногенных образований рассматривались и решались с позицией выбора эффективных и безопасных технологий, их формирования и мониторинга состояния. Начиная с конца XX столетия, в России особенно, в том числе в связи с переходом от плановой к рыночной экономике, во всей остроте встал вопрос о вовлечении их в эксплуатацию. Это связано с необходимостью учета ряда обстоятельств и решения целого ряда проблем, основными из которых являются следующие [1]:

1. Многие комплексные месторождения разрабатывались как мономинеральные по основному полезному ископаемому (железо, медь, золото и др.), а попутные компоненты, в том

числе стратегических видов минерального сырья, вследствие малого содержания или отсутствия в них потребности, а зачастую недостаточной изученности вещественного состава добываемого минерального сырья, не извлекались и уходили в отвалы или в отходы обогатительного передела.

2. За длительный период после утверждения запасов, составления проекта их разработки и в процессе эксплуатации кондиции периодически пересматривались, изменялись показатели бортового содержания, пересматривались границы и объемы промышленных запасов, совершенствовались технологии добычи, рудоподготовки и обогащения, способы последующей переработки минерального сырья. На рынке появлялись новые продукты и технологии, формирующие новые области применения минеральных ресурсов, в связи с чем в техногенных образованиях могут находиться полезные компоненты, извлечение которых становится целесообразным и эффективным.

3. В связи с глобализацией экономики, переходом к рыночным отношениям, изменением форм собственности, колебаниями мировых цен,

а также необходимости покрытия дефицита некоторых видов минерального сырья для предприятий металлургического комплекса возникла необходимость периодической переоценки запасов полезных ископаемых в техногенных объектах.

4. Накопленные за длительный период освоения недр, связанного с добычей, обогащением и металлургическим производством, в отвалах, складах бедных руд и шламохранилищах, объемы отходов оказывают негативное воздействие на экологическую обстановку в районах горно-промышленных и металлургических предприятий, что требует принятия мер по охране окружающей среды.

5. В ряде случаев накопленные отвалы фактически блокируют дальнейшую работу предприятий не столько по причине материальных затрат на содержание отвалов, но также и вследствие физической невозможности дальнейшего складирования отходов производства при полностью заполненных хранилищах.

Анализ и освоение техногенных ресурсов. Несмотря на растущий интерес к проблеме переработки техногенных ресурсов для получения металлов, единой систематизированной терминологии по данной тематике пока не разработано, не сформирована методология исследования и оценки техногенных объектов, неоднозначно трактуется понятие «техногенное сырье». Существующая разрозненность теоретических положений осложняет понимание и проведение экономической оценки различных видов сырья, что предопределяет необходимость уточнения терминологии.

Под *техногенными металлургическими ресурсами* следует понимать всю совокупность накопленных и вновь образуемых производственных отходов отраслей промышленности, вышедших из употребления материалов и товаров производственного назначения, которые содержат в значительных количествах металлические компоненты и потенциально могут быть использованы для извлечения металлов при соответствующем уровне развития техники и технологии. Техногенные металлургические ресурсы являются наиболее общим понятием, обозначающим теоретически возможные объемы и запасы техногенного сырья, которые могут быть использованы для получения металлов в промышленных объемах. В свою очередь, под *техногенным металлургическим сырьем* понима-

ется та часть техногенных металлургических ресурсов, которая соответствует определенным техническим требованиям или стандартам качества, предъявляемым к металлургическому сырью, и использование которой в существующих или вновь создаваемых производствах металлов технологически возможно и экономически эффективно [2].

Проведение классификации и группировки техногенных ресурсов вызвано необходимостью разработки практических рекомендаций по их эффективному освоению и использованию. В связи с этим теоретический и практический интерес представляет выделение классификационных признаков техногенных ресурсов, отражающих ресурсную ценность, выявляющих преимущества и экономическую эффективность их использования. Целесообразно использовать следующие классификационные признаки: масштаб образования, востребованность, техническая идентичность, комплексность использования, рентабельность, эколого-экономическая эффективность использования техногенного сырья (таблица 1) [2].

Ценность техногенных металлургических ресурсов определяется возможностью их непосредственного использования в качестве источников техногенного сырья для промышленного производства. Различные этапы освоения техногенных ресурсов предполагают дифференциацию методических подходов к экономической оценке их использования с различной степенью глубины исследования. На этой основе предлагается методический подход к оценке эффективности использования техногенных металлургических ресурсов, состоящий из четырех этапов: определение перспективных объемов техногенного сырья, оценка эффективности использования техногенного сырья, согласование цены на техногенное сырье с учетом экономических интересов его производителей и потребителей, разработка концептуальной схемы управления техногенными ресурсами. Остановимся более подробно на каждом из указанных этапов [2].

1. Определение перспективных объемов техногенного сырья. В рамках данного этапа осуществляется анализ наиболее перспективных источников техногенного сырья с позиций ресурсной ценности, определяются типы используемых техногенных ресурсов с учетом технологии их освоения и переработки. Устанавливается требуемое и возможное содержание метал-

Таблица 1 – Признаки и классификация техногенных ресурсов

Признак	Характеристика признака	Классификация
Ресурсная ценность	Возможность непосредственного использования в промышленных объемах	Техногенные образования Техногенные месторождения Техногенное сырье
Масштаб образования	Объемы образования (накопления) ресурсов, идентичных по технологическим характеристикам	Массовые Распространенные Уникальные
Востребованность	Состояние рыночного спроса на ресурс	Дефицитные Востребованные Невостребованные
Техническая идентичность	Техническая возможность использования ресурса в рамках имеющихся производственных мощностей	Используется в основном технологическом цикле Используется в дополнительном цикле Используется в отдельном производственном цикле
Комплексность использования	Возможная степень использования всех полезных компонентов ресурса	Монопродуктовые Многопродуктовые Комплексные
Рентабельность использования	Соотношение прибыли и себестоимости продукции, получаемой при использовании ресурса	Рентабельные Нерентабельные
Эколого-экономическая эффективность использования	Соотношение совокупного эколого-экономического эффекта от использования техногенного ресурса и вызвавших его затрат	Эффективные Перспективные Неэффективные

ла и примесей, выявляются факторы, влияющие на количественные и качественные характеристики техногенного сырья, выявляются тенденции его образования и накопления.

2. Оценку эффективности использования техногенного сырья следует проводить на основе последовательного анализа и учета геолого-минералогических, технологических, экологических, экономических факторов. Экономическую оценку предлагается проводить на основе последовательного расширения и уточнения круга анализируемых показателей:

а) *предварительная оценка эффективности* использования техногенного сырья с использованием статических показателей: интегральный экономический эффект, экологический эффект, эффективность использования сырья (отношение эффекта и вызвавших его затрат), показатели рентабельности, простой срок окупаемости, позволяющие определить целесообразность проведения дальнейших этапов оценки;

б) *экономическое обоснование эффективности* проекта использования техногенного сырья на базе динамических показателей, т. е. дисконтированных показателей коммерческой,

экологической, бюджетной и интегральной эффективности;

в) *оценка стратегической гибкости* проекта использования техногенного сырья на основе методологии реальных опционов: с точки зрения методологии реальных опционов, ценность проектов может быть увеличена на величину стоимости заключенных в проект потенциальных возможностей его изменения, иначе говоря, на величину стратегической гибкости проекта; методология реальных опционов, адаптированная к сфере использования техногенного сырья, позволяет выявить проекты, которые по итогам второго этапа были отнесены к неэффективным, но содержат в себе возможности по увеличению доходности и поэтому рекомендуемые к реализации.

3. Согласование цены на техногенное сырье с учетом экономических интересов его производителей и потребителей.

Основой ценообразования на техногенное металлургическое сырье является оценка его потребительских свойств на основе: экономической эквивалентности замены первичного минерального сырья, экономической эффективности

использования техногенного сырья в металлургическом производстве. Ценообразование на техногенное сырье следует проводить на базе параметрического метода ценообразования, с учетом содержания полезных компонентов в сырье, их стоимости на мировом рынке, коэффициентов извлечения и себестоимости переработки.

В целях создания эффективных экономических стимулов для переработки техногенного металлургического сырья, его стоимостную оценку необходимо варьировать в соответствии с конкретной экономической и экологической ситуацией, складывающейся на предприятиях-производителях и потребителях отходов с помощью коэффициента распределения эффекта. В условиях возрастающей неопределенности внешней среды, непредвиденных изменений экономической, экологической ситуации и неполноты информации для принятия решений, предлагается адаптивный метод установления цены (рисунок 1) [2].

Адаптивный метод установления цены на техногенное сырье в целях согласования экономических интересов его производителей и потребителей реализуется посредством:

1) установления общей стратегической цели участников – достижение взаимовыгодного

уровня цены на техногенное сырье на основе эффективного сотрудничества;

2) анализа на основе рационального подхода ключевых параметров ценообразования;

3) использования инкрементных подходов для корректировки уровня цены на основе обратной связи.

4. Разработка концептуальной схемы управления техногенными ресурсами.

Для организации, планирования и координации деятельности по управлению техногенными ресурсами на региональном уровне разрабатывается концептуальная схема управления (рисунок 2).

Для функционирования эффективной системы управления техногенными ресурсами необходима консолидация усилий всех ее участников: организаций, у которых образуются промышленные отходы; предприятий, использующих техногенное сырье, и органов государственной власти в целях обеспечения экологической и экономической безопасности. Объектом управления выступают техногенные ресурсы, субъектами управления на соответствующих уровнях являются организации и органы исполнительной власти субъекта РФ. Целью управления является увеличение объемов переработки техногенных ресурсов, минимизация объемов

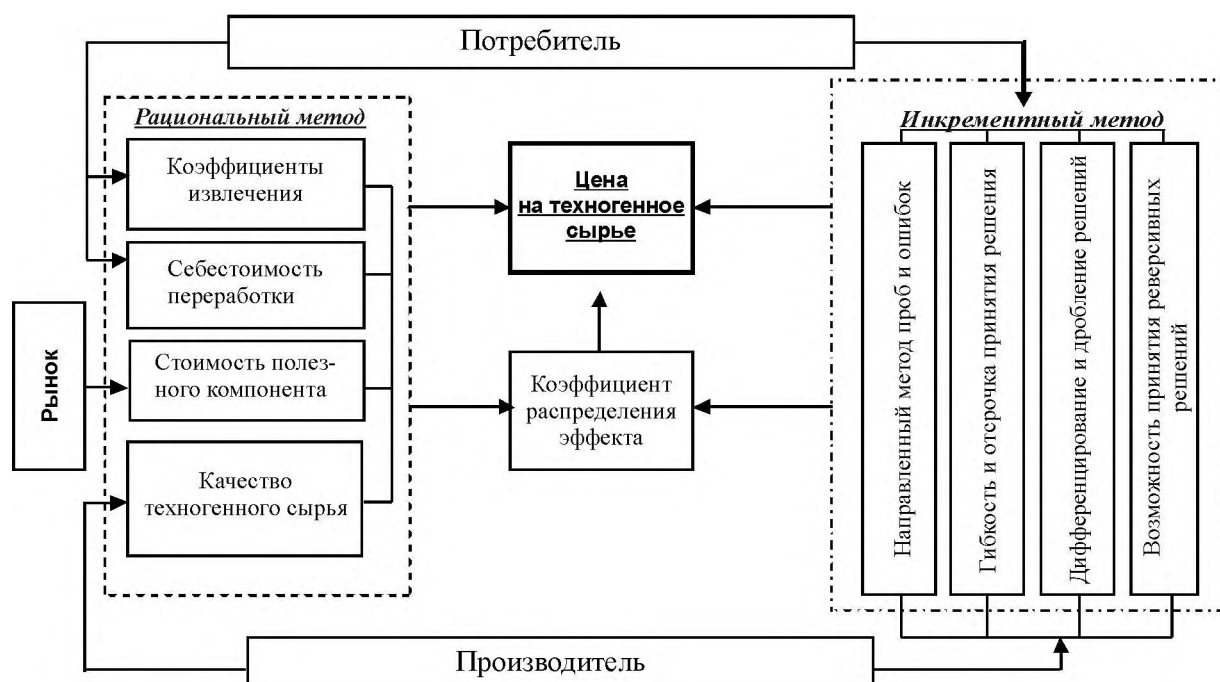


Рисунок 1 – Принципиальная схема ценообразования на техногенное сырье в целях согласования экономических интересов производителей и потребителей на основе адаптивного метода



Рисунок 2 – Концептуальная схема управления техногенными ресурсами на региональном уровне

образования и улучшение экологической ситуации в районах их размещения.

Цель достигается на основе взаимодействия организаций и органов исполнительной власти на базе совещательного органа – Координационного совета по управлению техногенными ресурсами, который включает заинтересованных представителей двух уровней системы управления, а также привлеченных отраслевых экспертов.

Рост производства оцинкованного проката в России вызывает увеличение спроса на цинк на внутреннем рынке, что в условиях дефицита первичного сырья российских производителей обостряет проблему использования цинк содержащих техногенных ресурсов. В этой связи предложенный методический подход апробирован для проведения оценки эффективности вовлечения в промышленную переработку цинк содержащего техногенного сырья. Исследования показали, что запасы цинк содержащих техноген-

ных ресурсов в РФ значительны и при условии разработки эффективных технологий их переработки могут обеспечить альтернативную сырьевую базу для российских производителей цинка. По результатам проведенной предварительной оценки были выявлены наиболее перспективные цинк содержащие техногенные материалы – пыли газоочистки электросталеплавильного производства с содержанием цинка на уровне 15 %.

Выявлены оптимальные технические решения по извлечению цинка из пылей электросталеплавильных печей. Определены перспективные объемы цинк содержащего техногенного сырья, пригодного для производства цинка в РФ. В соответствии с разработанным методическим подходом установлен уровень цены на техногенное сырье, обеспечивающий согласование экономических интересов его производителей и потребителей. Поскольку Урал яв-

ляется одним из старейших и крупнейших центров размещения металлургических производств, разработана концептуальная схема управления цинксодержащими техногенными ресурсами на базе Уральского федерального округа. Учитывая масштабы накопления техногенных ресурсов в РФ и связанные с этим экологические проблемы, эффективное управление техногенными ресурсами следует рассматривать как одно из приоритетных направлений дальнейшего развития российского металлургического комплекса.

Из общего числа проблем формирования и отработки техногенных образований в качестве технологических следует выделить наиболее актуальные [1]:

- оценка целесообразности, экономической и экологической эффективности вовлечения в эксплуатацию стародавних техногенных образований и перевода их в техногенные месторождения на основе доразведки, опробования, установления содержания полезных компонентов;
- разработка технологий добычи и переработки запасов техногенных месторождений;
- разработка технологий формирования техногенных объектов действующих горных и металлургических предприятий с учетом возможностей их последующего или совмещенного с основным производством освоения.

За многолетнюю историю развития горно-металлургического производства в России в последние 60-70 лет, в связи с развитием технологии обогащения руд, созданы запасы отходов в виде складов пульпообразных продуктов (хвостов обогащения). Огороженные намывными дамбами эти хвостохранилища занимают большие территории, чаще всего представленные естественными впадинами, оврагами, руслами пересохших рек. Постепенно дренируя влагу, отравленную химическими реагентами, они создают интенсивную запыленность в районе их нахождения.

В настоящее время горнодобывающая промышленность России накопила громадные объемы хвостов обогащения и имеется четкая тенденция их увеличения. Причем в связи с повышением до мирового уровня цен на цветные металлы эти хвосты обогащения обладают определенной ценностью. В них содержатся, хотя и в небольшом количестве, многие полезные компоненты. Так, в имеющихся на южном Урале 177 млн. т хвостов обогащения медных и

медно-цинковых руд содержится до 470 тыс. т меди, 680 тыс. т цинка, 37,4 млн. т серы и ориентировочно около 177 т золота и 1770 т серебра. Вовлечение в отработку этих хвостохранилищ позволит обеспечить горнодобывающие предприятия цветной металлургии Урала дополнительной сырьевой базой. Отходы можно использовать также в качестве строительного сырья, для производства удобрений и для закладки пустот при подземной разработке. Все это послужило причиной того, что из разряда бесполезных отходов они с полным основанием могут быть отнесены в класс техногенных месторождений. Постепенно качественные показатели некоторых руд и хвостов обогащения сближаются, поэтому на многих предприятиях их вовлекают в переработку.

Проблема использования отходов обогатительного производства представляет собой две практически независимые задачи:

- извлечение из отходов содержащихся в них полезных компонентов;
- использование отходов для завалки отработанных карьеров и освобождение от них площади земель с целью последующей ее рекультивации.

Техногенные месторождения, в частности отходы обогатительных фабрик – хвосты, становятся все более важными источниками различных видов минерального сырья, что определяется следующими факторами [1]:

- мировое потребление различных видов минерального сырья непрерывно возрастает – около 5-20 % в год, при одновременном снижении качества добываемых полезных ископаемых; в частности, содержание железа в рудах за последние 35 лет снизилось почти в 2 раза, меди в 2,5 раза, свинца в 4,5 раза, а некоторых редких и благородных металлов в 6-8 раз;
- в различного рода техногенных образованиях накопилось значительное количество отходов (в мире около 750 млрд. т, в том числе, в бывшем СССР – 150 млрд. т;) и только в хвостохранилищах медноколчеданных месторождений Южного Урала – 90 млн. т хвостов: в них меди более 260 тыс. т, цинка более 380 тыс. т, около 100 т золота и 1200 т серебра;
- суммарное содержание компонентов, накапливающихся за 20-30 лет на техногенных объектах сопоставимо, а иногда превышает их количество в ежегодно добываемых рудах;

- накопление отходов в техногенных объектах осуществляется непрерывно; так при мировой добыче около 25 млрд. т различных видов полезных ископаемых в качестве готовой продукции используется всего лишь 1-1,5 млрд. (4-6 %), а остальное идет в отходы;

- отходы горно-металлургического производства, сконцентрированные в хвостохранилищах и различных складах, занимают значительные площади, загрязняя атмосферу выбросами пыли, а хвостовые стоки загрязняют подземные и поверхностные воды;

- техногенные минеральные объекты имеют благоприятное географическое расположение, так как находятся в зонах со сложившейся производственной структурой, вблизи действующих предприятий;

- отработка техногенных месторождений требует меньших капитальных вложений и необходимых инвестиций в развитие горной и металлургической промышленности.

Последние два фактора определяют привлекательность техногенных образований для

предприятий малого и среднего бизнеса, развивающихся на базе наукоемких технологий. Это обстоятельство может являться основанием для организации эффективных схем взаимодействия предприятий большого и малого бизнеса по принципу аутсорсинга, поскольку, как показала практика, «большие» предприятия не всегда заинтересованы в производстве малотоннажной попутной продукции из собственных отходов.

Рассмотрим методы и подходы к переработке и утилизации отходов черной и цветной металлургии.

Наиболее крупнотоннажным отходом в металлургии (80-85 % от общего количества твердых отходов) являются шлаки (таблица 2).

Переработка жидких доменных шлаков, в основном, осуществляется на придоменных и отдельно расположенных грануляционных установках [3]. Разработаны решения по совершенствованию этих технологий, повышению качества граншлака, снижению его влажности и серосодержащих выбросов. Заслуживает внимания

Таблица 2 – Основные отходы черной металлургии, способы их переработки и области использования производимой продукции

Вид отхода	Способ переработки	Продукция	Область использования
Доменные шлаки	Грануляция, производство пемзы, производство шлаковаты, слив в траншеи, обработка на дробильно-сортировочных установках (ДСУ)	Граншлак, пемза, шлаковая вата, щебень, скрап, металлоконцентрат, огнеупоры	Производство стройматериалов, строительство, металлургия, огнеупорная промышленность
Сталеплавильные шлаки (конвертерные, марганцовые, электропечные, рафинировочные)	Первичная переработка, переработка на ДСУ, переработка в установках барабанного типа	Щебень, шлакощебечные смеси, оборотный продукт, скрап, металлоконцентрат, абразивы, огнеупоры	Производство стройматериалов, металлургия, строительство, сельское хозяйство, бытовая химия, подготовка поверхности, огнеупорная промышленность
Ферросплавные шлаки	Переработка на ДСУ с разделением металла и шлака по видам ферросплавов, сепарация	Оборотный продукт, щебень, ферросплавы, металлопродукты, минеральный порошок, мелиорант, абразивы, огнеупоры	Металлургия, строительство, производство стройматериалов, бытовая химия, сельское хозяйство, подготовка поверхности, огнеупорная промышленность
Шламы, пыли	Обезвоживание, брикетирование, агломерация, окомкование, обесцинкование	Металлопродукт, аглошихта, брикетированный железосодержащий продукт, сырье для получения цинка, огнеупоров	Металлургия, строительство, производство стройматериалов, огнеупорная промышленность
Окалина (в т. ч. замасленная)	Обезвоживание, обезмасливание, брикетирование, агломерация	Железосодержащий продукт, топливные масла, брикеты	Металлургия, производство стройматериалов

внедренная в практическое производство технология бассейнового способа грануляции доменного шлака с экранами – охладителями, позволяющая в несколько раз снизить в граншлаке остаточную влагу и вредные парогазовые выбросы.

Разработаны и впервые в мировой практике опробованы в опытно-промышленных условиях образцы шлаковозов миксерного типа [4]. По сравнению с существующей технологией уборки шлака это приводит к сокращению шлаковозного хозяйства, полной ликвидации парка чаш, увеличению выхода шлакового расплава, снижению образования коржей и, соответственно, мощности дробильно-сортировочного оборудования, получению дополнительного количества товарного чугуна.

Для переработки твердых доменных, сталеплавильных и ферросплавных шлаков текущего производства разработана и реализована технология первичной переработки с использованием термодробления. Созданы типовые технологические схемы переработки текущих и отвалных шлаков на дробильно-сортировочных установках и комплексах с максимальным извлечением металла, производством щебня и щебеночно-песчаных смесей для строительства. Мощность установок варьируется от 50 тысяч до 3 млн. тонн в год [4].

Дробильно-сортировочные установки закрытого и открытого типа работают на многих предприятиях России и за рубежом. Строительство установок по переработке твердых шлаков позволило предприятиям работать без накопления отвалов, а на некоторых привело к значительному их сокращению. Так, с пуском на ОАО «ЕВРАЗ НТМК» крупнейшего в Европе цеха по переработке техногенных отходов с проектной производительностью первой очереди 3 млн. тонн в год, введенные в Свердловской области мощности по переработке шлаков более чем в два раза превысили годовое производство шлака. Это позволило приступить к ликвидации ранее накопленных отвалов.

При переработке твердых шлаков образуется мелкая фракция (-10 мм), которая находит ограниченное применение в стройиндустрии из-за повышенного содержания металла и временно складывается. Этот вопрос актуален практически для всех предприятий, связанных с переработкой шлаков. Разработанные технологические решения позволяют, наряду с извлечением металла получить минеральную составляющую, пригодную для строительства [5].

Оригинальные технологические схемы созданы для переработки ферросплавных шлаков. Наряду с известными способами сепарации они предусматривают максимальное извлечение металла рентгено- и теплотрическими способами. Реализованная на ОАО «Ключевская обогатительная фабрика» технология позволяет разделять металл и шлак по видам производства и выделять до 20 и более видов продукции, что обеспечивает рациональное использование шлаковых составляющих [6].

Актуальными в настоящее время являются вопросы переработки и использования распадающихся сталеплавильных и ферросплавных шлаков. В последние годы разработаны решения механической переработки пылевидных шлаков, а также их термической и кристаллохимической стабилизации и последующей переработки на дробильно-сортировочных установках [7]. Эти технологические решения особенно актуальны для переработки шлаков производства рафинированного феррохрома и от агрегатов «ковш-печь» (АКП).

Технология кристаллохимической стабилизации внедрена на Актюбинском заводе ферросплавов. Основную долю отходов на всех ферросплавных предприятиях составляют шлаки и различные пыли газоочисток. Анализ работы Актюбинского завода ферросплавов (филиал АО «ТНК «Казхром», г. Актобе, Казахстан) показал, что в технологическом процессе получения феррохрома образуются несколько видов отходов (таблица 3). Химический и гранулометрический составы отходов приведены в таблицах 4 и 5 [8].

Таблица 3 – Количество отходов в 2010 г.

№ п/п	Наименование отхода	Количество, т	Содержание хрома в отходе, т	Извлечено хрома, %
1	Шлаки высокоуглеродистого феррохрома (ВУФХ)	281809	20854	89
2	Шлаки рафинированного феррохрома (РФХ)	186675	7654	29
3	Рукавная пыль газоочисток от производства ВУФХ	25127	4221	0
4	Циклонная пыль газоочисток от производства ВУФХ	17615	5196	0
5	Пыль газоочистки от производства РФХ	3832	935	0

Таблица 4 – Средний химический состав отходов (2010 г.)

№* п/п	Химический состав, %						
	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	FeO	Al ₂ O ₃	C
1	4,3	29,8	2,5	44,2	0,8	17,3	-
2	5,5	25,1	48,3	13,2	1,6	5,3	-
3	20,1	13,4	0,8	35,8	6,3	6,1	4,0
4	43,1	9,3	1,0	20,8	11,1	6,9	6,2
5	30,8	10,0	19,8	17,5	8,9	5,3	1,3

*Номера соответствуют номерам отходов в таблице 3

Для утилизации шлаков феррохрома на Актюбинском заводе ферросплавов (АЗФ) существует цех переработки шлаков, оснащенный дробильно-сортировочными агрегатами, магнитными сепараторами и отсадочной машиной. Перерабатывается 82 % полученных шлаков, из них извлекается 73 % хрома. Из шлаков этих производств получают товарный продукт в виде феррохрома; щебень, реализуемый для строительства дорог и других целей.

Пыль газоочисток реализуется частично без извлечения хрома, оставшаяся часть размещается на шлакоотвале. По химическому и фракционному составу пыли значительно отличаются друг от друга. Циклонная пыль очень близка по составу к хромовой руде, кроме того, в ней содержится 6 % углерода (таблица 4). Обе пыли обладают высокой дисперсностью, особенно рукавная (таблица 5).

Было проанализировано влияние технологических параметров процесса получения феррохрома на количество пыли газоочисток. Состав, дисперсность пыли связаны с применяемыми компонентами шихты, каждый из которых вносит свою долю в формирование пыли. Количество образующейся пыли зависит от объема производства феррохрома и составляет в разные периоды времени от 20 до 35 % от выпускаемого продукта.

Главным технологическим фактором, влияющим на выход пыли, является марка выплавленного феррохрома, когда меняется грануло-

метрический состав руды, от которого зависит содержание углерода в конечном сплаве. Для выплавки высокоуглеродистого феррохрома марки ФХ800 (~8 % C) обязательным является формирование рудного слоя в ванне печи за счет использования доминирующего количества кусковой руды, содержащей и образующей меньшее количество мелочи. Следовательно, изменение в соотношении образующейся пыли и объема получаемого металла, а также циклонной рукавной пыли объясняется применением разных видов рудных составляющих шихты (руда различных фракций, концентрат, брикеты, окатыши) и углеродистых восстановителей (кокс китайский, магнитогорский, уголь карагандинский, шубаркульский и др.)

При создании ресурсосберегающей технологии получения ферросплавов следует учитывать и снижать потери ведущих элементов за счет образования пыли. Увеличить количество используемой пыли можно различными путями.

Циклонная пыль, содержащая значительное количество Cr₂O₃ (43 %) и углерода (6 %), вполне может быть использована в качестве рудного материала шихты при ее окусковании.

Рукавная пыль обладает высокой дисперсностью. Если цементы марок М400 и М300 имеют дисперсность на уровне 90 % фракции менее 80 мкм, то рукавная пыль имеет выход фракции менее 63 мкм около 93 %, что является хорошей предпосылкой для ее применения в качестве вяжущих материалов.

Известно, что для изготовления огнеупорных, керамических и плавящихся материалов применяют техногенные отходы, имеющие высокую огнеупорность [9]. К таким материалам относятся шлаки и пыли от производства феррохрома. На АЗФ были проведены исследования по использованию смеси рукавной пыли газоочистки и шлака высокоуглеродистого феррохрома для получения огнеупорных изделий. По минеральному составу они имели огнеупорные фазы, состоящие из магнезиальнохромистой шпинели (MgO·Cr₂O₃), шпинелида сложного состава

[MgO(Al,Cr)₂O₃], форстерита (2MgO·SiO₂) и спеченного периклаза (MgO). Полученные изделия имели достаточно высокие для огнеупорных материалов свойства: открытая пористость от 19 до 22 %;

Таблица 5 – Гранулометрический состав пылей газоочисток от производства высокоуглеродистого феррохрома, мм

Наименование пыли	Выход фракции, %						
	>2,5	1,6-2,5	1,0-1,6	0,4-1,0	0,16-0,4	0,063-0,16	<0,063
Циклонная пыль	0,28	0,25	0,42	13,37	17,27	39,74	28,67
Рукавная пыль	-	0,003	0,015	0,51	5,99	46,76	46,62

предел прочности при сжатии 14-21 Н/мм²; теплопроводность на уровне шамотных огнеупоров (4-5 Вт/(м·К)). Области использования огнеупоров из пыли и шлаков производства высокоуглеродистого феррохрома могут являться футеровка ковшей, сливных лотков, нагревательных печей.

Сталеплавильные шлаки содержат значительное количество оксидов железа и других элементов, и могут служить флюсующими материалами. Так конвертерные шлаки на ОАО «ММК», «ЧМК», «Северсталь» и др. возвращаются в доменные печи для частичной замены извести, железа, марганца и др. элементов, а на ОАО «ЕВРАЗ НТМК» с целью доизвлечения ванадия.

Важное значение для металлургов имеет подготовка извлеченного из шлака металла для использования его в качестве металлошихты. Учитывая, что выделяемый из шлаков металл имеет различную степень зашлакованности, не позволяющую использовать металл в качестве металлолома, создана и отработана в промышленном масштабе технология очистки выделяемого скрапа с применением дробильного и галтовочного оборудования.

На предприятиях образуется значительное количество мелкозернистых отходов: пыли газоочистки, шламы, замасленная и сухая окалина и др.

Разработаны комплексные технологические схемы утилизации железосодержащих отходов этого класса на предприятиях черной металлургии, включающие подготовку материалов, агломерацию, брикетирование, металлизацию брикетов, удаление цинка и производство комплексных флюсов.

Перспективным направлением утилизации техногенных образований является производство железофлюса для использования в доменных печах. Сырьем для производства таких флюсов являются: отсев мелочи агломерата, аспирационные пыли, колошниковая пыль и шламы газоочистки [10, 11]. В условиях ОАО «ЕВРАЗ НТМК» ванадийсодержащий железофлюс, производимый на аглофабрике ВГОКа, используется с 2009 года. В результате вывода из шихты доменных печей отсева агломерата и известняка и полной утилизации ванадийсодержащих техногенных образований возросла производительность печей, снизился удельный расход кокса и повысилось извлечение ванадия.

Технология производства брикетов отработана в промышленных условиях, а эффективность их использования в сталеплавильном производстве исследована на ОАО «Северский трубный завод» [12]. Брикеты могут использоваться также в доменном производстве при частичной замене окатышей или агломерата. Внедрение этой технологии создает предпосылки к полной переработке твердых отходов.

Проблема переработки таких отходов заключается в сильной их загрязненности, что заставляет искать пути их предварительной очистки, что, соответственно, может привести к значительным затратам на передел вплоть до полной неэффективности подобного производства при использовании традиционных металлургических технологий. Таким образом, для переработки скоплений промышленных отходов с целью получения качественной металлопродукции необходимо создание технологии получения чистой первородной шихты – железа прямого восстановления (ЖПВ).

Выходом из этой ситуации является разработка процесса прямого восстановления железа в жидком состоянии, основанного на объединении нескольких технологий, а именно получения ЖПВ, газификации угля, выплавке стали с использованием полученного ЖПВ, выработке электрической и тепловой энергии из химической и тепловой энергии отходящих технологических газов. Данный процесс должен реализовываться на энергометаллургическом комплексе нового поколения, сочетающего выплавку ЖПВ, получение из него стали, производство энергии [13].

Процесс предназначен в первую очередь для мини-заводов, не имеющих собственного производства металлошихты и зависящих от конъюнктуры рынка металлолома и его качества. Одновременно достигается обеспечение всей или части потребности мини-завода в электрической и тепловой энергии вплоть до полного самообеспечения и даже отпуске её на сторону.

В качестве агрегата для получения ЖПВ и газификации угля предлагается стандартная дуговая сталеплавильная печь, работающая в тандеме с устройством для выработки электрической и тепловой энергии, сырьём для которого являются перечисленные выше материалы. На следующей стадии использование жидкого ЖПВ при выплавке стали в ДСП в количестве 30-50 % по нашим расчетам снижает

затраты электроэнергии с 350-400 до 200-250 кВт·ч/т стали. В результате меняется тепловой баланс дуговой печи: доля физического и химического тепла в общих энергозатратах на выплавку электростали, равных в среднем 600 кВт·ч/т металла, повышается и становится большей, чем доля вводимой электроэнергии. Данный способ отвечает наивысшим требованиям экологии, ресурс- и энергосбережения, обеспечивая практически полную утилизацию энергопотенциала отходящих газов, что дает также более высокую степень энергетической независимости за счет снижения затрат на приобретение электроэнергии из внешних источников.

Для максимизации эффективности технологического процесса мини-завода нового поколения необходимо применение совмещения процессов непрерывного литья и горячей прокатки. Существует две схемы совмещения. В наиболее распространенной схеме непрерывно-литой слиток разрезают на мерные длины, которые после подогрева в методической печи поступают на прокатку. Во втором случае, слиток подается в прокатный стан без порезки, а проходная печь заменена установкой индукционного подогрева. Однако требуется применение прокатной клетки специальной конструкции,

необходимой для согласования скорости выхода заготовки из МНЛЗ и начальной скорости прокатки.

Преимуществом первой схемы является возможность работы, как холодным, так и горячим посадом, что снижает риски, связанные с отказами и последующими простоями технологического оборудования на участках непрерывной разливки и прокатки. Также возможно достижение очень высоких объемов производства при использовании многоручьевых МНЛЗ. Еще более сократить длину технологической линии помогает использование непрерывной прокатки с разделением полосы методом продольной резки (т. н. «слиттинг»-процесс). Применение данной технологии в совокупности со схемой прямого совмещения обеспечивает повышение производительности линии до 70 %. Пониженная скорость полосы на выходе из непрерывной группы обуславливает меньшие площади, требуемые под холодильники для раската.

Помимо простых равноосных профилей комплекс может выпускать различные метизы, для чего предусматривается соответствующий участок. Общая схема технологического завода приведена на рисунке 3.

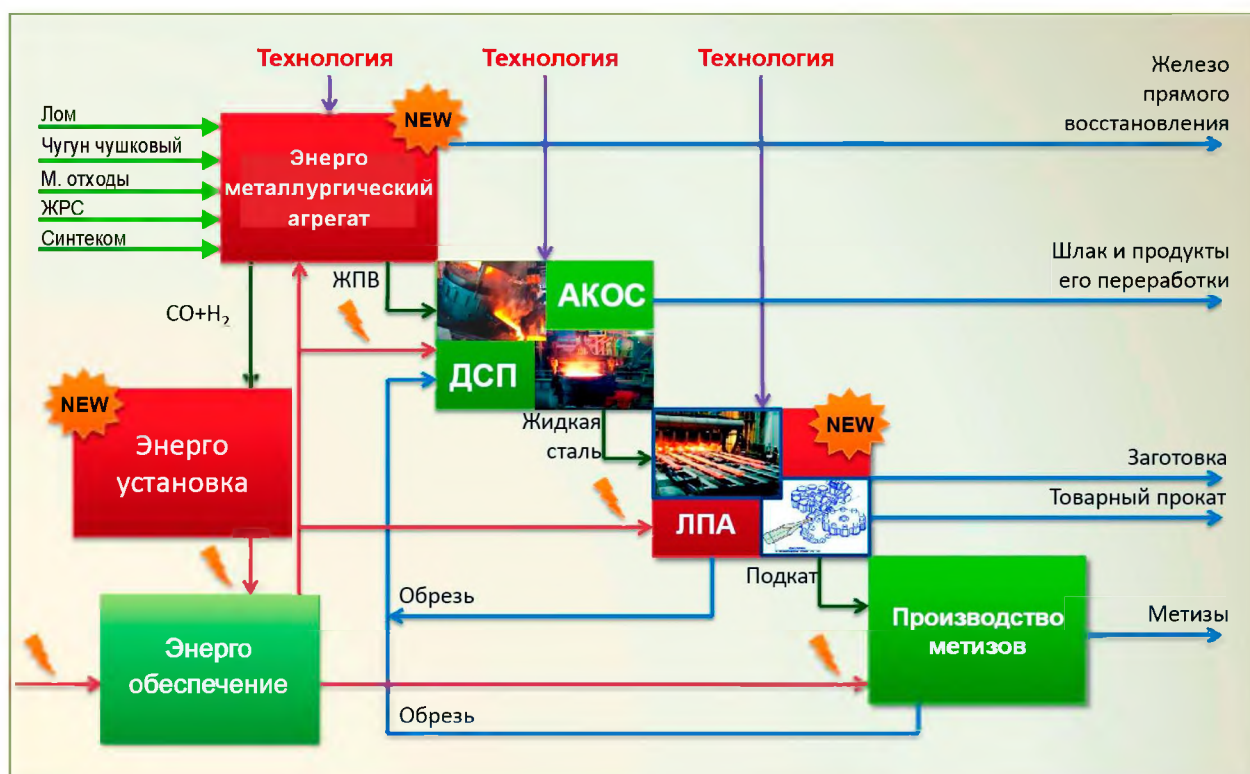


Рисунок 3 – Схема технологического процесса энергометаллургического комплекса

Еще одной отличительной особенностью нового предприятия является использование современных технологий переработки вторичных отходов, образующихся при выплавке стали. К ним относятся сталеплавильный и рафинировочный шлак, а также пыль, образующаяся в процессе выплавки стали в ДСП.

Несмотря на высокое содержание в шламах и пыли газоочистки оксидов железа, их рециклинг затруднен из-за большой концентрации цинка.

Разработана сквозная технология, позволяющая удалить из доменных печей накопившийся цинк и выводить доменные шламы с высоким содержанием цинка из общего потока. Выведенные из оборота доменные шламы могут быть использованы в качестве сырья для цветной металлургии.

Важную проблему представляет переработка и использование цинксодержащей пыли газоочистки электропечей. Известно, что при производстве тонны электростали образуется 15-20 кг пыли, причем годовое образование электросталеплавильной пыли в мире достигает 4 млн. тонн. Содержание цинка в ней составляет 3-32 %. Возможности обогащения пыли по цинку, в основном, заключаются в сортировке и целенаправленной переработке оцинкованного лома (содержание цинка в оцинкованных изделиях составляет около 2 %) [14].

В России образуется около 168 тыс. тонн/год электросталеплавильной пыли, однако ее переработка в промышленном масштабе не ведется. В связи с этим нужно отметить первый пример успешной реализации подобной технологии в РФ. В 2012 году на базе вельц-комплекса ОАО «Челябинский цинковый завод» впервые было переработано более 300 тонн пыли ОАО «Северсталь» на вельц-печи большой мощности (350 т/сутки). Пыль имела состав, %: 14-22 Zn; 1,7-2,2 Pb; 0,1-0,2 Cu; 26-32 Fe; 1,6-1,7 Mn; 3,7-4,6 Ca; 0,9-1,0 Mg; 2,3-2,9 Cl; 0,05-0,35 F; 6,7-8,2 SiO₂. Следует отметить, что в отличие от обычно перерабатываемых цинковых кеков электропечные пыли практически не содержат медь, сульфидную и сульфатную серу, что благоприятно сказывается на ведении вельц-процесса [14].

Схема переработки пылей представлена на рисунке 4. В ходе двухстадийного вельцеования получались следующие продукты (таблица 6):

Таблица 6 – Химический состав продуктов и полу-продуктов, масс. % [14]

Элемент	Клинкер	Вельц-окись	Цинксо-держа-щий клинкер	Возгоны
Цинк	0,04	49,3	56,7	8,0
Медь	0,70	—	—	—
Железо	34	—	—	—
Углерод	3-4	—	—	—
Хлор	0,01	4,8	0,04	17,0
Фтор	0,03	0,09	< 0,01	0,40



Рисунок 4 – Технологическая схема переработки электросталеплавильных пылей вельцеованием [14]

Конечный продукт – цинксодержащий клинкер – имеет вид гранул размером от 0,5 до 8 мм. Перед гидрометаллургическим извлечением цинка выполняется измельчение клинкера. Возгоны в зависимости от содержания свинца и цинка могут перерабатываться гидро- или пирометаллургическими способами. Кроме того, клинкер, получаемый на первой стадии вельцеования, может использоваться как добавка при агломерации железорудного сырья или в качестве инертного материала при рекультивации горных выработок и строительстве [14]. Полученные результаты позволили разработать технологический регламент, обеспечивающий принципиальную возможность внедрения технологии переработки цинк- и свинецсодержащих отходов на предприятиях, имеющих трубчатые печи, в т. ч. не находящиеся в эксплуатации. Благоприятные особенности пыли как сырья приво-

дят к повышению производительности вельц-печи и сокращению расхода коксовой мелочи, что позволяет экономически эффективно перерабатывать пыли с относительно низким содержанием цинка (15 %) [14].

Разработаны технологии и освоены промышленный выпуск нескольких групп новых металлургических флюсов из некондиционного сырого магнезита, отходов производства магнезитовых огнеупоров, алюминийсодержащих шлаков, железосодержащих шламов от производства стали для использования в сталеплавильном производстве в качестве шлакообразующих добавок. Это позволило повысить стойкость футеровки конвертеров и электропечей и увеличить их производительность. В настоящее время эти разработки используются на большинстве металлургических предприятий России [15, 16].

В последние годы в черной металлургии России интенсивно развивается электросталеплавильное производство. Однако внедряемые в комплексе электропечей варианты слива шлакового расплава на площадку под печь с последующей разработкой застывшего шлака автопогрузчиками на резиновом или гусеничном ходу сопровождаются значительными неорганизованными тепловыми и парогазовыми выделениями, оказывают серьезное отрицательное воздействие на окружающую среду, не обеспечивают нормальных условий труда.

В этой связи представляют интерес новые технологические решения по переработке шлаков в жидком состоянии в агрегатах барабанного типа с шаровой насадкой и воздушной грануляции расплавов компрессорным или вентиляторным воздухом.

Различные варианты технологии воздушной грануляции шлаковых расплавов отработаны в опытно-промышленных условиях на комбинате «Северсталь», Серовском и Аксуском ферросплавных заводах, выполнен технический проект промышленной установки воздушной грануляции шлака с утилизацией тепла [17].

Сравнение затрат показывает, что воздушная грануляция шлаковых расплавов в 1,5-2,0 раза экономичнее водных способов грануляции. Материал имеет низкие влажность и пористость при высокой гидравлической активности, слабо смерзается в зимних условиях, может быть использован в производстве строительных материалов, традиционных и шлакощелочных цемента.

Особый интерес представляют разработки технологии и установок переработки шлаковых расплавов в агрегатах барабанного типа с шаровой насадкой. В опытно-промышленных условиях она опробована практически на всех видах шлаков (доменных, сталеплавильных, ферросплавных, ваграночных и шлаках цветной металлургии).

В ходе опытно-промышленных испытаний агрегаты хорошо зарекомендовали себя при переработке не только жидкого шлака, но и шлакового расплава с включениями металла и даже одного жидкого металла. Эти агрегаты можно рекомендовать и для очистки твердого зашлакованного скрапа. В этом случае на выходе получают скрап с существенно меньшей степенью зашлакованности, например, содержание чугуна в скрапе после обработки возрастает с 20-40 до 60-75 %.

Установки барабанного типа позволяют осуществлять термостабилизацию распадающихся шлаков от АКП [18]. Полученная продукция после помола по активности соответствует цементу. Конструкция агрегатов обеспечивает существенное снижение уровня тепловыделения от расплавленного шлака, что позволяет размещать их непосредственно около плавильных печей и способствует в целом улучшению условий труда на рабочих местах. Предлагаемые агрегаты барабанного типа требуют в 5-10 раз меньших площадей, при этом энергозатраты в 5-7 раз, а капитальные вложения в 1,5-3 раза ниже по сравнению с традиционной двухстадийной схемой переработки сталеплавильных шлаков. После усовершенствования и соответствующей разработки дополнительного оборудования технологические решения позволяют утилизировать тепло шлакового расплава.

Технология и соответствующая техническая документация по лицензионному соглашению приобретены фирмой «Баосталь» (КНР), которая успешно применяет ее для переработки конвертерных шлаков от большегрузных (250 т) конвертеров и в настоящее время широко рекламирует [4].

К разработанной технологии переработки металлургических шлаков в жидком состоянии в установках барабанного типа с подачей шлака непосредственно из плавильного агрегата или с помощью шлаковозов проявляют интерес крупные производители черных и цветных металлов в Российской Федерации, в Украине, Казахстане, Индии и других странах.

Одно из наиболее перспективных направлений развития Российской промышленности связано с возможностью организации производства на Урале продукции РЗМ на местной сырьевой базе. По данным Комитета природных ресурсов по Свердловской области Урал располагает существенными запасами техногенных источников редких (РМ) и редкоземельных (РЗМ) металлов. Большое количество (десятки тысяч тонн) оксидов РЗМ, например, имеется в фосфогипсе, находящемся в отвалах Среднеуральского и Красноуральского медеплавильных заводов ООО «УГМК-Холдинг». Достаточно сказать, что с момента начала производства суперфосфата на этих заводах в отвал с фосфогипсом отправляли ежегодно 6000 тонн РЗМ. По данным Гиредмета, Унипромеди и ИМЕТ УрО РАН содержание суммы РЗМ в фосфогипсе составляет 0,5-0,6 %, т. е. в 3-5 раз больше, чем в рудах.

Редкоземельные металлы, находящиеся в фосфогипсе, характеризуются большой долей оксидов наиболее ценной иттриевой группы. Работы по извлечению РЗМ из фосфогипса проводили Гиредмет, Унипромедь, Уралредмет, ИМЕТ УрО РАН. По имеющимся данным кислотным выщелачиванием из фосфогипса может быть извлечено до 90 % РЗМ. Использование фосфогипса в качестве сырья для производства РЗМ привлекательно по следующим причинам:

- не требуется больших капитальных вложений на разработку месторождений;
- решается проблема утилизации фосфогипса путем использования кека от его выщелачивания для получения известными технологиями гипсовых вяжущих или другой товарной продукции на основе гипса.

Одновременно с получением из фосфогипса концентратов оксидов РЗМ (ориентировочный состав, %: 1,2-2,0 Y; 30-35 Ce; 20-25 La; 10-12 Nd; 2,5-3,0 Pr; 1,0-1,5 Sm; 0,3-0,4 Gd; 2,0-2,5 сумма остальных РЗ) может быть решен вопрос организации производства по разделению оксидов РЗМ и получению отдельных чистых оксидов и, возможно, другой высокотехнологичной продукции. Технологией и технической документацией по переработке концентрата РЗМ на высокочистые оксиды РЗМ обладает ОАО «Уралредмет», на котором ранее было производство по получению высокочистых оксидов РЗМ.

Таким образом, в Уральском регионе имеются все необходимые условия для организа-

ции производства продукции РЗМ, в которой могут быть заинтересованы такие компании, как, например, «Росатом» и «Казатомпром».

Еще одним видом РЗМ-содержащего сырья являются т. н. красные шламы (КШ), значительные объемы которых сконцентрированы на Урале. В 2012 г. силами ИМЕТ УрО РАН в содружестве с рядом научных и проектных организаций (ОАО «Уралмеханобр», ИМЕТ РАН им. А.А.Байкова РАН, ИХТТ УрО РАН, НИТУ «МИСиС», ОАО «Уралпромэнергопроект») при непосредственном участии Объединенной Компании «РУСАЛ» проведены работы по комплексной переработке КШ.

В результате проведенных исследований были сформулированы требования к утилизируемому техногенному промежуточному продукту:

- содержание общего железа в промпродукте должно быть не менее 60-65 %, и чем выше содержание Fe_2O_3 в КШ, тем меньше образуется шлака на 1 т получаемого чугуна (металлического железа), и тем ниже производственные расходы и потребление тепло- и электроэнергии;

- содержание щелочи (Na_2O) крайне желательно иметь меньше 1,0 % в условно сухом КШ, т. к. значительное содержание оксида натрия отрицательно действует на футеровку печных агрегатов;

- влажность транспортируемого для использования в различных отраслях народного хозяйства красного шлама не должна превышать 12-15 % и промпродукт должен быть в окомкованном и/или гранулированном виде;

- попутное извлечение редкоземельных металлов, содержащихся в красном шламе, существенно улучшает технико-экономические показатели опытно-промышленного производства.

Выводы. В результате проведения работ по указанному проекту выполнено следующее:

- 1 С целью использования КШ в качестве сырья в аглодомной схеме на Филиале «УАЗ-СУАЛ» ОАО «СУАЛ» разработана и запущена установка по известковому обесщелачиванию КШ, позволяющая довести содержание влаги в красном шламе до уровня, пригодного к транспортировке и перегрузке, особенно в зимнее время (применительно к России), повысить содержание железа, снизить содержание щелочей, серы и фосфора до уровня требований потребителей, обеспечить однородность по физико-хи-

мическим свойствам, обеспечить круглогодичную равномерную поставку.

2 По результатам исследований разработана принципиальная технологическая схема получения оксида скандия из бедного скандиевого концентрата содощелочной обработки КШ и общая аппаратурно-технологическая схема получения оксида скандия (содержание Sc_2O_3 99.0 %) в непрерывном режиме (рисунок 5).

3 Предложена схема полной комплексной пирометаллургической переработки КШ с получением чугуна и/или ферросилиция; алюмокальциевого шлака; металлоотсева и цемента (рисунок 6).

В результате разработана комплексная тех-

нология переработки КШ с получением товарных продуктов. Однако реализация такой схемы невозможна только силами Объединенной Компании «РУСАЛ». По-видимому, необходимо участие новых малых инновационных компаний и предприятий.

Таким образом, к настоящему времени разработаны основные технологические решения по массовой переработке многих видов отходов черной и цветной металлургии, что позволяет ставить перспективную задачу по переводу предприятий на безотвальную работу. Целесообразно на каждом предприятии разработать конкретные программы по переработке и использованию отходов.

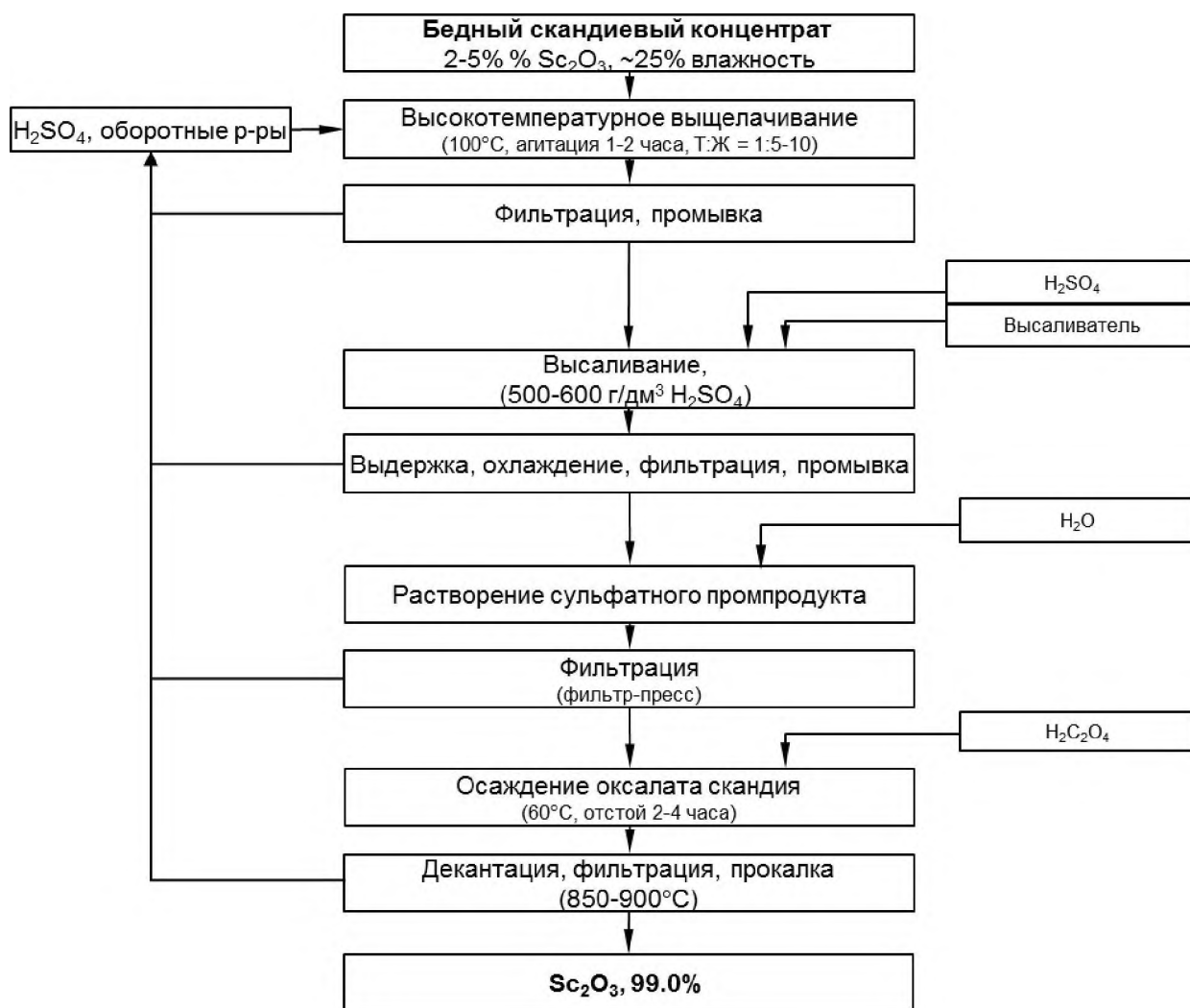


Рисунок 5 – Принципиальная технологическая схема получения оксида скандия из бедного скандиевого концентрата содощелочной обработки КШ

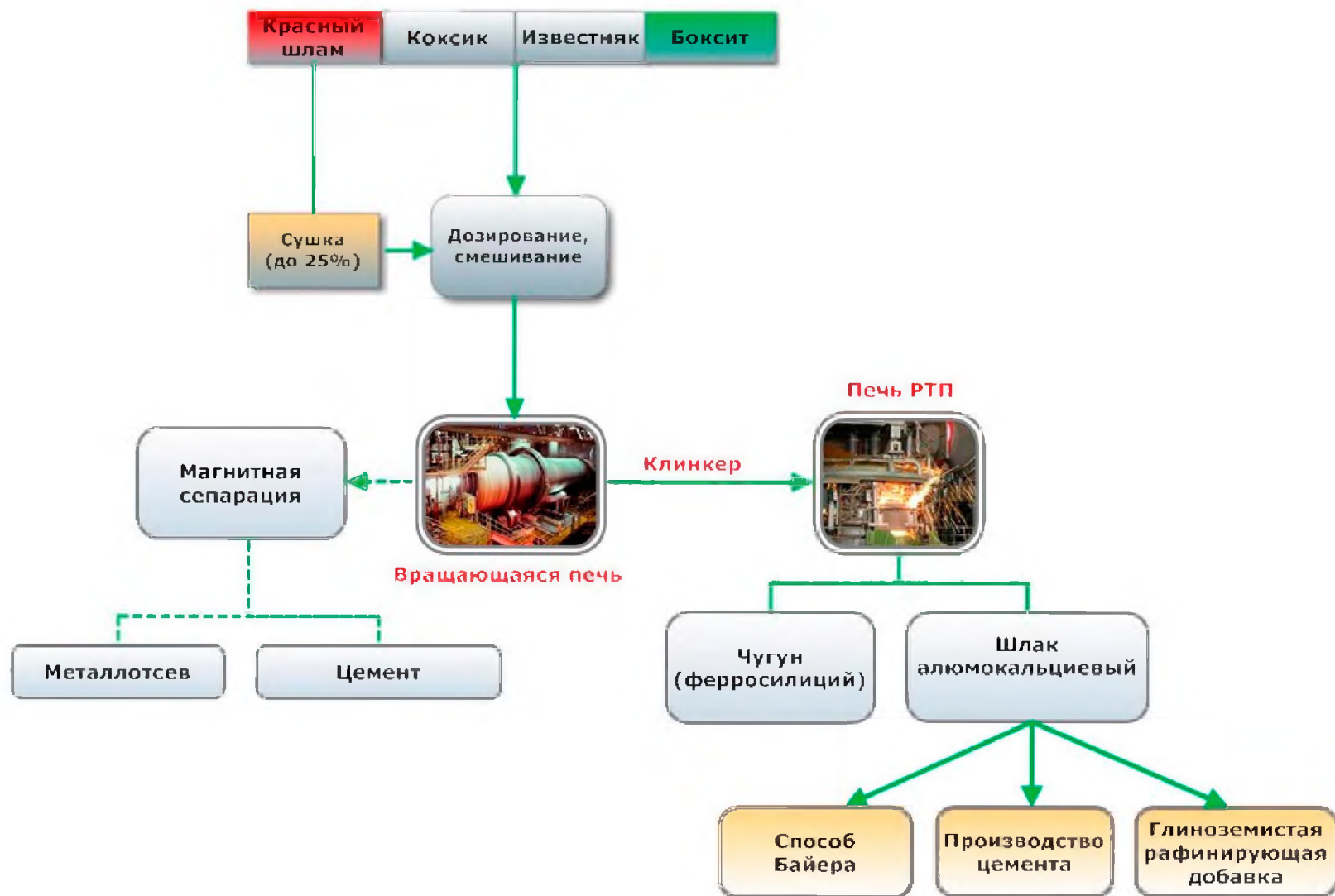


Рисунок 6 – Принципиальная схема полной комплексной переработки КШ

ЛИТЕРАТУРА

1 Корнилов С.В., Яковлев В.Л., Саканцев М.Г., Селиванов Е.Н. Технологии формирования и обработки техногенных месторождений. Проблемы и решения // Труды Международного Конгресса «Фундаментальные основы технологии переработки и утилизации техногенных отходов» 13-15 июня 2012. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – С. 31-41.

2 Татаркин А.И., Романова О.А., Брянцева О.С., Дюбанов В.Г. Теоретико-методологические основы эффективного вовлечения в переработку техногенных ресурсов (на примере цинкосодержащего сырья) // Труды Международного Конгресса «Фундаментальные основы технологии переработки и утилизации техногенных отходов» 13-15 июня 2012. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – С. 23-27.

3 Вторичные материальные ресурсы черной металлургии. Т. 2. Шлаки, шламы, отходы обогащения железных и марганцевых руд, отходы коксохимической промышленности, железный купорос. Справочник – М.: Экономика, 1986. 297 с.

4 Смирнов Л.А., Леонтьев Л.И., Сорокин Ю.В. Переработка и использование техногенных отходов металлургического производства // Труды Международного Конгресса «Фундаментальные основы технологии переработки и утилизации техногенных отходов» 13-15 июня 2012. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – С. 15-20.

5 Демин Б.Л., Сорокин Ю.В. Переработка и использование шлака фракции 0-10 мм, получаемой в ЦПТО ОАО «НТМК» // Исследования в области переработки и утилизации техногенных образований и отходов: Труды Всеросс. конф. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – С. 112-119.

6 Сорокин Ю.В., Демин Б.Л., Рывтин В.М. Переработка шлаков алюмотермического производства ферросплавов // Расплавы – 2011. – № 3. – С. 15-16.

7 Демин Б.Л., Грабеклис А.А., Сорокин Ю.В. Переработка ферросплавных шлаков // Проблемы и перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершённых фундаментальных исследований и НИОКР: Труды научно-технич. конф. – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – Т. 2. – С. 595-602.

8 Досеменов М.С., Жучков В.И., Избембетов Д.Д., Заякин О.В. Образование и использование техногенных отходов в ферросплавном производстве // Труды Международного Конгресса «Фундаментальные основы технологии переработки и утилизации техногенных отходов» 13-15 июня 2012. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – С. 46-49.

9 Кашеев И.Д., Стрелов К.К., Мамыкин П.С. Химическая технология огнеупоров. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 752 с.

10 Пат. 103358 РФ. Комплекс для производства ванадиевого чугуна / Киричков А.А., Гильманов М.Р., Загайнов С.А., Тлеугабулов Б.С., Михалев В.А., Николаев Ф.П., Филатов С.В., Филиппов В.В.; опубл. 10.04.2011, Бюл. № 10.

11 Пат. 2419658 РФ. Железофлюс ванадийсодержащий / Киричков А.А., Гильманов М.Р., Загайнов С.А., Тлеугабулов Б.С., Михалев В.А., Николаев Ф.П., Филиппов В.В., Кушнарев А.В.; опубл. 27.05.2011, Бюл. № 15.

12 Сорокин Ю.В., Демин Б.Л., Степанов А.И., Щербakov Е.Н. Опыт использования в электропечах мелкодисперсных отходов металлургического производства // Труды Международного Конгресса «Фундаментальные основы технологии переработки и утилизации техногенных отходов» 13-15 июня 2012. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – С. 240-243.

13 Косырев К.Л., Паршин В.М., Фоменко А.П. Предпосылки и концепция создания энергометаллургических комплексов для переработки техногенных отходов // Труды Международного Конгресса «Фундаментальные основы технологии переработки и утилизации техногенных отходов» 13-15 июня 2012. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – С. 41-46.

14 Паньшин А.М., Леонтьев Л.И., Козлов П.А., Дюбанов В.Г., Затонский А.В., Ивакин Д.А. Технология переработки пыли электродуговых печей ОАО «Северсталь» в вельц-комплексе ОАО «ЧЦЗ» // Экология и промышленность России, 2012. № 11. – С. 4-6.

15 Демидов К.Н., Смирнов Л.А., Возчиков А.П., Борисова Т.В., Аксельрод Л.М., Одегов С.Ю., Тахутдинов Р.С., Сарычев Б.А., Воронина О.Б., Данилин Ю.А., Ерошкин С.Б., Терентьев Е.А. Технология производства высокомагнезиальных флюсов и повышение стойкости футеровки при их использовании в конвертерной плавке (Сообщение 1) // Сталь – 2011. – № 11. – С. 37-41.

16 Демидов К.Н., Смирнов Л.А., Возчиков А.П., Борисова Т.В., Аксельрод Л.М., Одегов С.Ю., Тахутдинов Р.С., Сарычев Б.А., Воронина О.Б., Данилин Ю.А., Ерошкин С.Б., Терентьев Е.А. Технология производства высокомагнезиальных флюсов и повышение стойкости футеровки при их использовании в конвертерной плавке (Сообщение 2) // Сталь – 2011. – № 12. – С. 25-26.

17 Смирнов Л.А., Сорокин Ю.В., Демин Б.Л., Мясник А.А. Технологические приемы переработки шлаков в жидком состоянии // Бюллетень «Черная металлургия» – 2008. – № 7. – С. 35-38.

18 Сорокин Ю.В., Демин Б.Л., Смирнов Л.А., Иванова С.И., Гуненков В.Ю., Волошин Ю.А. Переработка шлаков ЭСПЦ в опытной установке барабанного типа с шаровой насадкой // Сталь – 2012. – № 3. – С. 27-31.

REFERENCES

1 Kornilov S.V., Jakovlev V.L., Sakancev M.G., Selivanov E.N. *Trudy Mezhdunar. Kongressa «Fundamental'nye osnovy tehnologii pererabotki i utilizacii tehnogennyh othodov» June, 13-15, 2012, Ekaterinburg, 2012.* 31-41 (in Russ.)

2 Tatarkin A.I., Romanova O.A., Brjanceva O.S., Djubonov V.G. *Trudy Mezhdunar. Kongressa «Fundamental'nye osnovy tehnologii pererabotki i utilizacii tehnogennyh othodov» June, 13-15, 2012, Ekaterinburg, 2012.* 23-27 (in Russ.)

3 *Vtorichnye material'nye resursy chernoj metallurgii. V. 2. Shlaki, shlamy, othody obogashheniya zheleznyh i margancevyh rud, othody koksohimicheskoy promyshlennosti, zheleznyj kuporos. Spravochnik.* – M.: Ekonomika, 1986. 297 (in Russ.)

4 Smirnov L.A., Leont'ev L.I., Sorokin Ju.V. *Trudy Mezhdunar. Kongressa «Fundamental'nye osnovy tehnologii pererabotki i utilizacii tehnogennyh othodov» June, 13-15, 2012, Ekaterinburg, 2012. 15-20 (in Russ.)*

5 Demin B.L., Sorokin Ju.V. *Issledovaniya v oblasti pererabotki i utilizacii tehnogennyh obrazovaniy i othodov: Trudy Vserossiyskoj konferencii – Ekaterinburg: UrO RAN, 2009. 112-119 (in Russ.)*

6 Sorokin Ju.V., Demin B.L., Rytvin V.M. *Rasplavy, 2011. 3. 15-16 (in Russ.)*

7 Demin B.L., Grabeklis A.A., Sorokin Ju.V. *Problemy i perspektivy razvitiya metallurgii i mashinostroyeniya s ispol'zovaniem zavershennyh fundamental'nyh issledovaniy i NIOKR: Trudy nauchno-tehnicheskoy konferencii – Ekaterinburg: UrO RAN, 2011. 2. 595-602 (in Russ.)*

8 Dosekenov M.S., Zhuchkov V.I., Izbembetov D.D., Zajakin O.V. *Trudy Mezhdunar. Kongressa «Fundamental'nye osnovy tehnologii pererabotki i utilizacii tehnogennyh othodov» June, 13-15, 2012, Ekaterinburg, 2012. 46-49. (in Russ.)*

9 Kashcheev I.D., Strelov K.K., Mamykin P.S. *Himicheskaya tehnologiya ogneuporov – M.: Internet Inzhiniring, 2007. 752 (in Russ.)*

10 Patent na poleznuju model' № 103358 RU. *Kompleks dlya proizvodstva vanadiyevogo chuguna. I Kirichkov A.A., Gil'manov M.R., Zagajnov S.A., Tleugabulov B.S., Mihalev V.A., Nikolaev F.P., Filatov S.V., Filippov V.V. opubl. 10.04.2011, Bul. 10. (in Russ.)*

11 Patent na izobretenie № 2419658 RU. *Zhele-*

zoflyus vanadijsoderzhashhij / Kirichkov A.A., Gil'manov M.R., Zagajnov S.A., Tleugabulov B.S., Mihalev V.A., Nikolaev F.P., Filippov V.V., Kushnarev A.V. opubl. 27.05.2011, Bul. 15 (in Russ.)

12 Sorokin Ju.V., Demin B.L., Stepanov A.I., Shherbakov E.N. *Trudy Mezhdunar. Kongressa «Fundamental'nye osnovy tehnologii pererabotki i utilizacii tehnogennyh othodov» June, 13-15, 2012, Ekaterinburg, 2012. 240-243 (in Russ.)*

13 Kosyrev K.L., Parshin V.M., Fomenko A.P. *Trudy Mezhdunar. Kongressa «Fundamental'nye osnovy tehnologii pererabotki i utilizacii tehnogennyh othodov» June, 13-15, 2012, Ekaterinburg, 2012. 41-46.*

14 Pan'shin A.M., Leont'ev L.I., Kozlov P.A., Djubjanov V.G., Zaton'skij A.V., Ivakin D.A. *Ehkologiya i promyshlennost' Rossii, 2012. 11. 4-6 (in Russ.)*

15 Demidov K.N., Smirnov L.A., Vozchikov A.P., Borisova T.V., Aksel'rod L.M., Odegov S.Yu., Takhautdinov R.S., Sarychev B.A., Voronina O.B., Danilin Yu.A., Eroshkin S.B., Terent'ev E.A. *Stal', 2011. 11. 37-41 (in Russ.)*

16 Demidov K.N., Smirnov L.A., Vozchikov A.P., Borisova T.V., Aksel'rod L.M., Odegov S.Yu., Takhautdinov R.S., Sarychev B.A., Voronina O.B., Danilin Yu.A., Eroshkin S.B., Terent'ev E.A. *Stal', 2011. 12. 25-26 (in Russ.)*

17 Smirnov L.A., Sorokin Ju.V., Demin B.L., Myasnik A.A. *Byulleten' «Chernaya metallurgiya», 2008. 7. 35-38 (in Russ.)*

18 Sorokin Ju.V., Demin B.L., Smirnov L.A., Ivanica S.I., Gunenkov V.Ju., Voloshin Ju.A. *Stal', 2012. 3. 27-31 (in Russ.)*

ТҮЙІНДЕМЕ

Тәжірибе көрсеткендей, қалдықтарды нәтижелі түрде қайта өңдеу үшін жаңа көзқарас қажет. «Үлкен» кәсіпорындар жинақталған қалдықтар негізгі бизнес дамуына кері әсер ете бастамайынша, өз өндірісінің қалдықтарынан ілеспе азотнажды өнімдер алуға қызығушылықты көрсетпейді. Экологиялық төлемдер, қорсақтау мәселелері мемлекеттің айрықша құқығы болса, ілеспе өнімдерді алу – кіші және орта бизнес кәсіпорындарының қызығушылығын көрсетеді. Сонымен, кіші кәсіпорындар «үлкен» кәсіпорының аумағында солардың өнеркәсіп қалдықтарынан небір өнімдер шығару үшін аутсорсинг сұлбасын қажет етеді. Өндіріс қалдықтарын кәдеге жарату технологиясының табысты болуына: нормативті, информациялық және ұйымдастыру мәселелері арқылы мемлекет өз үлесін қосады. Кейбір жағдайларда стратегиялық өнімдерді (сирекжер металдар) ұйымдастыруда мемлекеттің қатысуы өте орынды болып табылады.

Түйін сөздер: металлургиялық қалдықтар, экологиялық төлемдер, қождар, шаңдар, құрылыс материалдары, цинк, сирекжер металдар.

SUMMARY

It is obvious that new approaches are necessary for the organization of effective processing of industrial waste. «The big» plants are not interested in small volume passing production from own waste until the waste does not constrain basic business development. Establishment of ecological payments, environment control – a state prerogative, and reception of passing production is interesting to small business. Thus the following scheme is preferable: small business make production from «big» plant waste in territory of «big» plant. The state can bring the contribution to maintenance of profitability of recycling technologies with standard, information, organizational and other resources. State participation is justified also by the organization in some cases of strategic production, for example rare-earth metals.

Keywords: metallurgical waste, ecological payments, slags, dust, building materials, zinc, rare-earth metals.

Поступила 20.10.2014

