

Состояние и проблемы использования промышленных твёрдых отходов в России

Пинаев В.Е., (pinaev@yahoo.com)

МГУ им. М.В. Ломоносова

Объемы добываемых полезных ископаемых, образующихся и накапливаемых промышленных твердых отходов в России достигли такого высокого уровня, что принимаемые Правительством РФ меры по увеличению количества перерабатываемых отходов представляются более чем необходимыми, хотя и несколько запаздывающими и не вполне достаточными. Деятельность Правительства РФ, направленная на более интенсивную переработку ПТО и вообще отходов, в некоторой степени инициирована все большим вовлечением России в процесс глобализации мировой экономики, а также международными обязательствами России как члена ООН. К сожалению, Россия, как впрочем и большинство других представленных на Всемирном саммите в Рио-де-Жанейро (1992г.) стран, не в полном объеме выполняет предложения саммита. Тем не менее, Россия не отказывается от дальнейшего участия в решении глобальных проблем охраны окружающей среды и по мере сил пытается исправлять неблагоприятное положение с использованием отходов. Об этом свидетельствуют и утвержденные Правительством РФ федеральные целевые программы «Энергоэффективная экономика» на 2002-2005 годы и на перспективу до 2010 года и «Экология и природные ресурсы» (2002-2010 гг.), включающая подпрограмму «Отходы», а также позиция Правительства РФ на Всемирном саммите в Йоханнесбурге (2002г), поддержавшего все инициативы и предложения ООН по устойчивому развитию в XXI веке. Однако практическую деятельность Правительства РФ и других исполнительных органов, направленную на реализацию планов и программ сокращения и переработки отходов, трудно назвать успешной.

Из-за значительного сокращения планового финансирования Федеральная целевая программа «Отходы» (1996-2000 г.г.) [33], оказалась невыполненной. В связи с невыполнением в установленные сроки программа была продлена на 2001 г. Всего на выполнение ФЦП «Отходы» было запланировано выделение 9140,75 млн. рублей, из которых 19% должны были составить средства федерального бюджета, 17% - средства областных бюджетов, 64% - внебюджетные источники финансирования. Фактически к концу 2000 г. ФЦП «Отходы» была профинансирована на 10,21%, что составило 933,8 млн. рублей (в ценах 2001 г.), в основном, за счет внебюджетных средств (71%). Из всех запланированных мероприятий по осуществлению пилотных проектов по переработке и обезвреживанию отходов полностью реализованы только три. Осуществлялись работы еще по двенадцати мероприятиям, но реализация их была приостановлена. Двадцать мероприятий ФЦП «Отходы» не выполнялись в связи с отсутствием финансирования или банкротством предприятий. Пять мероприятий программы исключены из нее ввиду их нерентабельности.

Более благоприятно обстояли дела с проведением запланированных НИОКР в составе программы, для выполнения которых было освоено около 70% предусмотренных средств. [38]. Большинство выполненных работ актуальны и требуют лишь обеспечения свободного доступа всех заинтересованных организаций и лиц к результатам исследований и работ. Составление же некоторых справочников может рассматриваться лишь как предварительная работа из-за незавершенности современной нормативно-правовой базы, хотя потребность в подобного рода изданиях более чем велика.

Незначительным оказался также и объем выполнения ФЦП «Энергосбережение России» (1998-2005 г.г.) [35]. Выполнение программы прекращено в связи с принятием ФЦП «Энергоэффективная экономика на 2002-2005 годы и на перспективу до 2010 года».

Впрочем, несмотря на неполное выполнение программ, некоторые изменения в секторе переработки ПТО имеются. Обнадеживающим примером может служить ход выполнения ФЦП «Переработка техногенных образований в Свердловской области» [34].

Урал является старейшим промышленным районом России. В журнале «Дипломат» № 10-2003 г. (с 10) выражено мнение, что «УрФО в определённом смысле может служить моделью России». Многовековая добыча и переработка полезных ископаемых Урала привели к истощению сырьевой базы этого региона, образованию на его территории больших запасов техногенных отходов. Только в Свердловской области их ежегодное образование составляет более 200 млн. т. (в основном, на предприятиях горно-металлургического комплекса), а количество накопленных твердых отходов – несколько миллиардов тонн. Вполне понятно, что экономике России пока не по силам решить проблему переработки накопленных промышленных твердых отходов не только в стране, но даже и в каком-либо одном неблагополучном регионе. Поэтому эксперимент в Свердловской области сочетает практическую пользу с наглядностью опыта первопроходцев. До этого эксперимента в стране практически не было примеров промышленной переработки техногенных образований в горнодобывающей отрасли. Особенностью выполнения ФЦП «Переработка техногенных образований в Свердловской области» является ее довольно успешная реализация почти без привлечения средств из федерального бюджета. Федеральная целевая программа состоит из 22 проектов, которые объединяют деятельность 17 самых крупных горнодобывающих и металлургических предприятий области. Реализация программы планировалась в два этапа: I этап – 1997-1998 г.г., II этап – 1999-2005 гг. Общие затраты на финансирование ФЦП были запланированы в объеме 2013,3 млн. руб. (в ценах 2001 г.), из них 13% должны были составить средства федерального бюджета, 15% - средства области и местных бюджетов, 72% - внебюджетные источники финансирования. За период реализации программы по 2001 год включительно освоено 1144,53 млн. руб. (56,85%), в том числе 97% за счет средств предприятий и экологических фондов, а около 2% за счет средств областного и местных бюджетов. Из 22 запланированных проектов реализовано десять. Определенный объем работ выполнен еще по 7 проектам, однако в связи с недостаточностью финансирования работы по их

реализации находятся в начальной стадии. Введение пяти проектов отложено на более поздний срок, в основном, из-за необходимости проведения по ним НИОКР, а также из-за отсутствия необходимых для их реализации средств на предприятиях-исполнителях.

Одновременно с ФЦП «Переработка техногенных образований в Свердловской области» осуществлялось выполнение областной программы с таким же названием. В областную программу включены 149 проектов и работ (в том числе включенных в ФЦП), охватывающих переработку практически всех видов отходов.

Общий объем переработанных техногенных образований в Свердловской области в 1997-2001 гг. составил более 38 млн. т. *, в том числе 10,7 млн. т. отходов черной и цветной металлургии, 24,2 млн. т. отходов добычи и обогащения. Стоимость произведенной из отходов продукции составила около 12 млрд. рублей (в ценах 2001 года) [38]. Некоторые виды продукции, полученной за период реализации программы (1997-2000 гг.) представлены в таблице 1 (данные в тоннах).[4; 38].

Таблица 1

Годы	2000 г.	1997-2000 гг.
Продукция		
Рафинированная медь	4698	8895
Феррохром	4467	11470
Черновая медь	13776	40763
Медный концентрат	13870	31902
Металлопродукт	658397	948785
Асбест	39700	121000
Щебень	5206700 (более 4 млн. м ³)	12146793 (почти 9,5 млн. м ³)

Примечание. В таблицу включены результаты выполнения областной программы

В 2002 г. выполнение ФЦП «Переработка техногенных образований в Свердловской области» прекращено. Основные, наиболее крупные, неосуществленные проекты федеральных целевых программ «Отходы» и «Переработка техногенных образований в Свердловской области» включены в состав подпрограммы «Отходы», входящей в ФЦП «Экология и природные ресурсы» (2002-2010 гг.). Общий объем затрат на финансирование подпрограммы «Отходы» должен составить более 44 млн. рублей (в ценах 2002 г.), в том числе 1,18% должны составить средства федерального бюджета, 25,22% - средства бюджетов субъектов РФ и местных бюджетов, 72,9% - средства из внебюджетных источников. Подпрограмма «Отходы» предусматривает строительство опытно-промышленных установок, способных ежегодно перерабатывать 70 млн.т. отходов различных видов. В соответствии с ФЦП «Энергоэффективная экономика» (2002-2010 гг.) утилизация золошлаковых отходов ТЭС должна увеличиться с 3 млн. т. в 2000 г., до 6-8 млн. т. в 2005 г. и может быть доведена до 40 млн. т. в 2006-2010 гг. Несложные вычисления показывают, что для достижения запланированных показателей ежегодно утилизация золошлаковых отходов

* без учета результатов выполнения в 2001 г. областной программы «Переработка техногенных образований в Свердловской области»

ТЭС должна увеличиваться не менее чем на 1 млн. т.

Всего к 2010 году количество перерабатываемых золошлаковых отходов ТЭС должно увеличиться примерно на 7 млн. т. в год, или более чем в три раза. Общее количество перерабатываемых в России твердых промышленных отходов к 2010 г. должно увеличиться более чем на 77 млн. т./год. Таким образом, при успешной реализации подпрограмм «Энергоэффективность топливно-энергетического комплекса» и «Отходы» значительная часть промышленных твердых отходов в различных отраслях будет перерабатываться в полезную продукцию.

По сообщению НИЦПУРО, образование твердых отходов в экономике России в 2000 году составило 3,4 млрд. т., в том числе промышленных отходов – 2,6 млрд. т. (76%). Промышленные твердые отходы добычи и обогащения в 2000 году составили 2,45 млрд. т. (94% от общего количества ПТО). В различных отраслях промышленности в 2000 году образовалось 123 млн. т. отходов, в том числе золы и шлаки ТЭС – 19,3%, галитовые отходы (отходы добычи каменной соли NaCl) – 18,3%, лом черных металлов – 20,4%, древесные отходы – 15,5%, шлаки доменные – 11,5%, фосфогипс – 5,2%, шлаки сталеплавильные – 4,3%, пиритные огарки – 1%, макулатура – 0,9%, шины изношенные – 0,6%, остальное – 3%. [4, с. 50-53]

Эти сведения не совпадают с сообщениями других источников. По мнению Саймона Пау, руководителя группы проекта «Поддержка деятельности в области обращения с отходами в России» в рамках программы «Тасис», финансируемой Европейским Союзом, годовой объем образования отходов в России составляет 7 млрд. т., из которых 2 млрд. т. (29%) используются повторно и/или перерабатываются. [4, с. 26-29] Работа по проекту проводилась с января 2001 года по январь 2003 года с целью оказания содействия Министерству природных ресурсов России в постепенном создании комплексной системы обращения с отходами. Сведения С. Пау совпадают со сведениями В.Ф. Протасова [23, с.426-429], что, наверное, неслучайно, так как В.Ф. Протасов использует данные, характеризующие потенциальные, максимально возможные, объемы образования твердых отходов в России. Именно на эти данные и ориентируется С. Пау, а не на сообщения других современных источников.

Наибольшее развитие в России утилизация и переработка отходов получили в таких отраслях промышленности, как металлургия, машиностроение, деревообработка.

Рассмотрим более подробно современное состояние проблемы сокращения и использования твердых отходов в различных отраслях отечественной промышленности.

а) Горнодобывающая промышленность

Горнодобывающая промышленность России является главным источником образования промышленных твердых отходов в стране. Оценки количества образующихся и накопленных твердых отходов в горнодобывающей промышленности, их доли в общем количестве ПТО в

различных источниках не совпадают и колеблются в значительных пределах. По мнению разных авторов, в России ежегодно образуется 2,45 – 4,76 млрд. т. отходов добычи и обогащения, а в отвалах и хранилищах горнодобывающей отрасли страны накоплено 80 – 90 млрд. т. твердых отходов. Считается, что в этой отрасли образуется и накапливается 85-90% всех промышленных твердых отходов страны [23, с.427; 20, с.96; 36] . Доля перерабатываемых твердых отходов в горнодобывающей промышленности незначительна. Наибольшее количество твердых отходов образуется при добыче и обогащении металлических руд, твердых горючих ископаемых, а также при добыче естественных строительных материалов. В настоящее время из руд месторождений извлекаются и используются в промышленности более 70 металлов.

Металлические руды могут быть монометальными (железные, хромовые, золотые и др.), из которых извлекается в основном один металл, биметальными, содержащими промышленные концентрации двух металлов (свинцово-цинковые, медно-молибденовые, сурьмяно-ртутные и др.) и полиметальными, служащими сырьем для получения нескольких металлов (полиметаллические, медноколчедановые, медно-никелевые). Для руд многих месторождений типично присутствие редких и рассеянных элементов, которые при возможности их извлечения значительно повышают ценность добываемого минерального сырья. По содержанию основного компонента выделяются руды богатые, рядовые и бедные (убогие), но для разных видов полезных ископаемых границы сортов руд весьма различны. Например, для железа богатыми считаются руды с содержанием железа более 60% (отходы – 40% и менее), для меди – 3% (отходы – до 97%), олова – 1% (отходы – до 99%), золота – 10 г/т. (отходы – до 99,999%) [11, с.40]. Использование в металлургии рядовых и бедных руд вследствие недостатка богатых руд приводит к росту используемых сырья и энергии, образующихся твердых отходов, значительному удорожанию продукции. С целью повышения в металлических рудах концентрации полезного элемента их подвергают обогащению, т.е. процессу удаления максимально возможного количества пустой породы.

Около 90-95% общего объема производимых в России металлов приходится на долю черных металлов. В 2002 г. добыча железной руды в России составила 84,2 млн. т [41, с.61]. В качестве сырья для получения черных металлов используют железные руды, содержащие оксиды, гидроксиды, карбонаты железа и пр. Содержание железа в рудах различных месторождений России колеблется от 14% до 60%, в концентрате – от 48% до 69%. Пустая порода большинства железных руд состоит в основном из SiO_2 , в меньших количествах присутствуют Al_2O_3 , CaO , MgO . Часто в железных рудах есть в небольших концентрациях примеси: полезные: Mn , V , Cr , Ni и др.; вредные: S , P , As , Zn [13, с.182].

Экономическую и экологическую эффективность обогащения железных руд можно проиллюстрировать таким примером [13, с.66]:

Таблица 2

Содержание железа в рудном материале, %	45	65
Расход на выплавку 1 т. чугуна, кг:		
рудного материала	2089	1469
известняка	605	155
Удельный выход шлака, кг/т. чугуна	1211	292

Экономическую эффективность выплавки чугуна (1 т.) из обогащенной руды в рассмотренном примере определяют:

- экономия на транспортировке 0,62 т. пустой породы от места добычи железной руды до металлургического комбината;
- экономия на покупке и транспортировке 0,45 т. известняка;
- экономия на оборудовании, энергоресурсах и других затратах, необходимых для переработки 0,62 т. пустой породы и 0,45 т. известняка в шлак;
- экономия на размещении 0,92 т. шлака;
- экономия на платежах и штрафах за загрязнение окружающей среды металлургическим комбинатом.

Экологическую эффективность выплавки чугуна из обогащенной руды определяют:

- отсутствие необходимости в добыче 0,45 т. известняка;
- уменьшение выхода шлака на 0,92 т. (с 1211 кг до 292 кг);
- уменьшение пылевых и газовых выбросов в атмосферу.

Эколого-экономические издержки выплавки чугуна из обогащенной руды составят:

- добыча дополнительного количества руды для компенсации потерь металла при обогащении (0,31 т. при 15% потерь)
- размещение 0,93 т. отходов (пустой породы), образовавшихся на обогатительной фабрике (0,62 т. + 0,31 т.);
- платежи и штрафы за загрязнение окружающей среды обогатительной фабрикой.

Расчёт содержания железа в получаемом концентрате и образующихся при обогащении железной руды отходах осуществляется по формулам [13, с.184]:

$$\gamma = \frac{\alpha - v}{\beta - v} \text{ — выход концентрата, т.е. доля концентрата, получающегося из единицы массы исходной}$$

руды

$$\varepsilon = \gamma \frac{\beta}{\alpha} \text{ — степень извлечения железа в концентрат (показывает, какая его часть, содержащаяся в}$$

руде, перешла в концентрат

$\gamma_v = (100\% - \gamma)$ – выход хвостов, т.е. доля отходов, получающихся из единицы массы исходной руды

$\varepsilon_v = (100\% - \varepsilon)$ – потери железа в хвостах (показывают, какая его часть, содержащаяся в руде, перешла в хвосты), где: α - содержание железа в руде; β - содержание железа в концентрате; ν – содержание железа в хвостах;

Еще больший технологический и экономический эффект достигается при обогащении руд цветных металлов. Например, при обогащении медных руд, содержащих около 1% меди, получают концентраты с 15-30% меди, т.е. удельный расход рудного материала для получения 1 т. меди сокращается в 20-25 раз с соответствующим снижением затрат на топливо, электроэнергию и оборудование [13, с.66]. Обогащение делает более рентабельной переработку многих комплексных руд, когда из одной руды еще до собственно металлургического передела удается получать концентраты 2 – 4 металлов.

Технологии обогащения руд довольно сложны. О технической и экономической целесообразности полного извлечения всех компонентов из полиметаллических руд можно судить по количеству наименований получаемых из них металлов и других полезных веществ: например, из цинкового концентрата медно-цинковой руды получают цинк, селен, кадмий, индий, германий, золото, серебро, свинец, медь, серу [23, с.383]. В настоящее время в России руды всех металлов, кроме богатых железных руд, подвергаются обогащению.

Интересен факт получения медного концентрата, содержащего до 25% меди, из высокосернистых хвостов обогащения железных руд с концентрацией меди до 0,2% на Высокогорском ГОК (г. Нижний Тагил). В 2001 году переработано 330,7 тыс. т. отходов, получено 4,3 тыс. т. медного концентрата. С пуском комплекса на полную мощность переработка отходов обогащения железной руды достигнет 2 млн. т. в год, а производство медного концентрата – 11 тыс. т. Для сравнения, обогатительные фабрики Южного и Среднего Урала из природного сырья производят более дорогой медный концентрат с содержанием меди 18-20% [4, с.42-45; 38].

Одним из основных источников образования твердых промышленных отходов и вредного воздействия на окружающую среду является добыча, обогащение и сжигание твердых топлив. Доля твердых горючих ископаемых, каменного и бурого углей, горючих сланцев и торфа, в топливноэнергетическом балансе страны не превышает 30% [6, с.23, 26,36, 54; 14, с.144]. Однако, они имеют большое значение для обеспечения энергетической независимости и безопасности России. Прогнозные, общегеологические запасы углей в России составляют несколько трлн. т. (по оценкам некоторых исследователей до 30% общемировых запасов) [11, с.377; 28, с.171].

Низкий уровень использования твердых отходов на стадии добычи и обогащения углей можно объяснить многими факторами:

- огромными объемами образования твердых отходов;
- большой удаленностью источников образования твердых отходов от потенциальных

- потребителей отходов;
- отсутствием высокопроизводительных технологий переработки отходов;
 - высокими тарифами на транспортирование отходов или продукции из них к потенциальным потребителям;
 - нежеланием производителей продукции из традиционного сырья переходить на новые (альтернативные) виды сырья (твердые промышленные отходы) из-за необходимости некоторой перестройки технологических процессов;
 - отсутствием или недостаточностью экономических стимулов к переходу производителей от использования традиционного сырья к использованию твердых промышленных отходов для производства равноценной продукции;
 - несовершенством или отсутствием законов, регулирующих вопросы охраны окружающей среды, налогообложение, платежи за загрязнение окружающей среды, стимулирование использования отходов и т. д.;
 - психологической неготовностью населения покупать продукцию из твердых промышленных отходов;
 - незавершенностью процесса приватизации и модернизации предприятий угледобывающей отрасли;
 - недостаточностью финансирования технического переоснащения предприятий угольной отрасли;
 - конкуренцией угледобывающих предприятий (и угольной отрасли целом) с производителями других энергоресурсов (нефти, газа, электричества и др.).

Основными видами твердых отходов, образующихся на угледобывающих предприятиях являются: шахтная порода и порода вскрыши. На каждую тонну угля, добываемого подземным способом, на поверхность выдается в среднем 0,25 т. породы, а при открытой добыче угля – 7,1 т [14, с. 138]. Компонентный состав шахтных и вскрышных пород в большинстве случаев позволяет считать рассматриваемые отходы как потенциальное сырье. По составу отходы добычи подразделяются на три группы: каменные материалы, глинистые породы, песок и гравий. Отходы добычи углей могут использоваться в качестве естественных строительных материалов, в качестве сырья для производства строительных материалов (для изготовления кирпича и черепицы, огнеупорных изделий, стекла, штукатурно-кладочных растворов, цемента и других изделий). По оценке автора, объем образования твердых отходов при добыче углей в России составляет 1-1,5 млрд. т. (более 50% всех образующихся твердых промышленных отходов в России).

Большие количества твердых отходов образуются на обогатительных фабриках угольной и коксохимической промышленности, на которых осуществляется облагораживание углей по золе.

Необходимость обогащения углей вызывается следующими причинами:

- Увеличением зольности добываемых углей, т. к. качественные характеристики почти всех добываемых углей постепенно ухудшаются в процессе эксплуатации угольных месторождений в связи с их выработкой, ухудшением горно-геологических условий добычи, а также повышением уровня механизации работ. Поэтому в добываемых в настоящее время углях содержится большое количество золы (см. таблицу 3).
- При современных технологиях металлургический кокс, отвечающий требованиям потребителей, может быть получен из смеси углей, содержащей не более 10% золы. Угли с таким содержанием золы практически не добываются.
- Экономической целесообразностью, т. к. наличие золы в технологическом топливе для производства чугуна увеличивает расход кокса и флюсов и оказывает негативное влияние на производительность доменных печей, а ее присутствие в энергетическом топливе вызывает преждевременный износ оборудования, снижение КПД тепло- и электроэнергетических установок, снижает экологическую и экономическую эффективность работы ТЭС и ТЭЦ.

Таблица 3

Качественные характеристики добываемых в России углей [6, с.85; 14, с.26]

Угли	Теплота сгорания, МДж/кг	Содержание на рабочую массу, %			Удельные выбросы, г/(кВт·ч)		
		золы	серы	азота	золы	SO ₂	NO _x
Подмосковный бурый	10,4	25,2	2,7	0,6	242	53,9	2,15
Донецкий каменный	24,2	23,8	2,8	0,9	97	21,6	2,8
Кузнецкий каменный	22,6	18,9	0,4	1,5	82	3,5	3,7
Канско-Ачинский бурый	15,7	4,7-9,0	0,2-0,4	0,6	29	2,6	1,5

В настоящее время почти все угли, используемые для производства металлургического кокса (около 20% от всех добываемых в России углей), проходят стадию облагораживания с применением различных технологий (обогащение в отсадочных машинах, тяжелых средах, флотация и др.). Некоторая часть углей энергетического назначения (около 17%) также подвергается обогащению.

Выход отходов (по массе) в среднем составляет около 25% от общего объема перерабатываемых на стадии обогащения углей. В 2000 г. на обогатительных фабриках страны образовалось около 20 млн. т. твердых отходов. Наибольшее количество отходов получается на обогатительных фабриках, перерабатывающих кузнецкие и печорские угли (около 60% от общего выхода), т.к. на этих фабриках обогащается большая часть углей для черной металлургии страны. Значительная удаленность Кузнецкого и Печорского угольных бассейнов от наиболее густонаселенных районов страны, способных потребить произведенную из отходов продукцию, снижает конкурентоспособность такой продукции на российском рынке.

В состав отходов обогащения входят окислы кремния (50-70%), алюминия, железа и др., по содержанию которых твердые отходы большинства обогатительных фабрик примерно аналогичны глинистому сырью, традиционно используемому для производства строительных материалов. Специфической особенностью твердых отходов обогатительных фабрик является присутствие в них органического компонента (остаточного угля). Содержание углерода в отходах в среднем составляет 9-12%. Наличие остаточного угля способствует сокращению расхода первичного технологического топлива в различных термических процессах и на этой основе снижению затрат на производство продукции, вырабатываемой из отходов обогащения углей. По мнению некоторых специалистов, именно твердые отходы обогащения углей представляют наибольший интерес для производства строительных материалов [14, с.с.99, 100, 138-144].

Многочисленные исследования, проведенные в России (в том числе до 1991 г.), подтверждают техническую возможность, высокую экологическую и экономическую эффективность переработки отходов угольного производства в такие широко распространенные строительные материалы, как кирпич и аглопорит, используемый при производстве бетона в качестве легкого заполнителя. Технология производства продукции будет почти такой же, как и при переработке традиционного сырья – глины. Это способствует сокращению сроков разработки проектной и технологической документации и строительства промышленных объектов.

Для сравнительного экономического анализа можно использовать расчетные нормы расхода сырья и энергии при производстве продукции из отходов. Для производства 1000 шт. кирпича потребуется 4 т. отходов, 214 кВт·ч электроэнергии и 128,3 кг. технологического топлива [11, с.157]. На производство 1 м³ аглопорита будет расходоваться 0,815 т. отходов, 0,042 т. глины, 58 кВт·ч электроэнергии, 0,023 т. мазута [11, с. 167].

Отметим, что во многих случаях нецелесообразно было бы приводить доводы, доказательства, расчеты в денежном выражении, т.к. динамика соотношений цен, масштабов денежных единиц, валютных курсов в России после 1991 г. столь стремительна, что весьма затруднительно корректное сравнение конкретных экономических показателей для процессов, явлений, фактов, отличающихся по времени их фиксирования. В таких случаях предпочтительнее сравнение выбранных натуральных показателей, позволяющих относительно достоверно судить об экономической эффективности происходящих изменений.

К сожалению, о промышленном производстве в России строительных материалов и другой продукции из отходов добычи и обогащения углей информации в доступных автору источниках не имеется. Подпрограммой «Отходы» предусматривается строительство в течение 2002-2010 гг. опытно-промышленных установок по переработке отходов углеобогащения общей мощностью 1,6 млн. т. в год. В 2000-2002 г. это составляло бы около 8% от общего ежегодного выхода отходов углеобогащения в стране. Если к 2010 г. количество обогащаемых в стране углей возрастет (например, в связи с увеличением добычи углей, ростом потребности черной металлургии в коксе,

увеличением общей мощности углеобогачительных фабрик), доля перерабатываемых отходов углеобогащения будет несколько меньше даже при полном выполнении подпрограммы «Отходы». О производстве продукции из отходов добычи углей в промышленном масштабе речь пока не идет.

Одним из рациональных и вполне приемлемых в техническом и экономическом отношении направлений массового использования отходов добычи углей должно быть их повсеместное применение для закладки выработанных пространств шахт и карьеров, а также для обустройства нарушенных рельефов местности [10]. При грамотном использовании восстановленные территории помимо экологического могут давать ощутимый экономический эффект. Возможно, следует в законодательном порядке включить такие работы в качестве обязательных при добыче полезных ископаемых. Затраты на проведение этих работ следует включать в себестоимость продукции. С другой стороны, пустующие объемы выработанных шахт могут использоваться для захоронения твердых отходов других отраслей и бытовых отходов, не подлежащих вторичному использованию. За размещение таких отходов необходимо брать экономически обоснованную плату, что способствовало бы некоторому снижению себестоимости добываемого сырья.

б) Топливо-энергетический комплекс

Основным источником образования твердых отходов в ТЭК являются каменные и бурые угли, наиболее массовым потребителем которых являются электрические станции (ТЭС). Направления использования углей: электростанции – 43,8%, коксовое производство – 14,7%, население – 3,4%, коммунальное хозяйство – 4,2%, агро-промышленный комплекс – 1,0%, остальные потребители – 23,3%, экспорт – 9,8% [14, с.144]. Как правило, тепловым электростанциям поставляется уголь более низкого качества, чем другим потребителям. Поэтому ТЭС являются одними из самых мощных загрязнителей окружающей среды отходами сжигания углей: золой и шлаками, оксидами углерода, серы и азота. Количество накопленных золошлаковых отходов в России разными исследователями оценивается почти одинаково: в 1999 г. – около 1,3 млрд. т., в 2003 г. – около 1,5 млрд. т., из них в Европейской части и на Урале – более 60%. Количество образующихся ежегодно золошлаковых отходов в разных источниках оценивается по-разному, от 25 до 50 млн.т [5, с.51; 6, ч.2с.4; 14, с.145]. Количество используемых золошлаковых отходов ТЭС невелико и составляет: в 1992 г. – 3,2 млн. т. (6,4% годового выхода), в 1993 г. – 2,1 млн. т. (4,2%), в 1994 г. – 2,2 млн. т. (4,4%), в 1995 г. – 1,9 млн. т. (3,8%), в 1996 г. – 1,8 млн. т. (3,6%), в 1997 г. – 2,1 млн. т. (4,0%), в 1998 г. – 2,0 млн. т. (3,9%), в 2000 г. – 3,0 млн. т [8, с.144, 198; 6, с.36; 36].

Возможность и целесообразность переработки золошлаковых отходов ТЭС в товарную продукцию убедительно обоснована и подробно описана в технической и экономической литературе. Главными причинами, определяющими необходимость государственного участия в решении проблемы эффективного использования ЗШО ТЭС можно считать:

1. Особую, ключевую роль электроэнергетики в эффективном функционировании экономики страны.
2. Суммарный эффект негативного воздействия на человека и ОС тепловых электростанций РФ, работающих на твердом топливе.
3. Большую межотраслевую значимость проблемы утилизации ЗШО, решение которой выходит за границы интересов ТЭК [8, с.116].

В соответствии с поручением Правительства РФ от 25.08.1992 г. №ВШ-011-31987 под руководством И.В. Дубова была разработана подпрограмма «Переработка золошлаковых отходов тепловых электростанций», показатели которой были включены в состав ФЦП «Топливо и энергия», утвержденной Постановлением Правительства РФ от 6.12.1993 г. №1265. Реализация подпрограммы была намечена на 1993 – 2000 гг. Подпрограмма предусматривала строительство 50 установок отбора сухой золы и 10 крупнотоннажных заводов золоаглопоритового гравия. Суммарная проектная мощность к 2000 г. должна была составить:

- 50 установок отбора сухой золы – 8,54 млн. т.
- 10 крупнотоннажных заводов по переработке ЗШО ТЭС – 6,35 млн. м³.

Переработка золошлаковых отходов с 4 млн. т. в 1993 г. должна была увеличиться до 40 млн. т. в 2000 г., что должно было обеспечить экономию до 15 млн. т. цемента и до 20 млн. т. природных инертных материалов [8, с.197-221].

Достоинствами подпрограммы можно считать попытку решения проблемы использования ЗШО ТЭС на государственном уровне, подробную разработку мероприятий и проектов, не потерявших актуальности даже при их неосуществлении в установленные сроки, а главное, убедительное обоснование высокой экономической и экологической эффективности переработки ЗШО ТЭС. Невыполнение ФЦП «Топливо и энергия» (1993-2000 гг.) привело к тому, что в ФЦП «Энергоэффективная экономика на 2002-2005 годы и на перспективу до 2010 года» фигурируют те же 40 млн. т. перерабатываемых золошлаковых отходов, 15 млн. т. сэкономленного цемента и 20 млн. т. сэкономленных природных материалов. В лучшем случае это свидетельствует о том, что во вновь разработанные ФЦП автоматически включены все невыполненные мероприятия и проекты прежних, невыполненных программ, в худшем – просто перенесены указанные количественные показатели.

При всех сложностях реализации правительственных программ экономическая и экологическая эффективность переработки ЗШО ТЭС в товарную продукцию подтверждена практической деятельностью пока немногих, но успешно функционирующих предприятий и производств, использующих золу и шлаки в качестве сырья (Рязанская ГРЭС и др.), ТЭЦ-22 Мосэнерго (зола – для Щуровского цем. завода).

Наиболее приемлемым можно считать следующий классифицированный перечень направлений утилизации золошлаковых отходов ТЭС [9, с.100]:

1. Строительный комплекс: устройство ездого полотна, насыпей и слоя против промерзания

- основания при строительстве дорог; планировочные работы (отсыпка и устройство заданного ландшафта); рекультивационные работы; заполнение горнорудных выработок; утепление кровли.
2. Комплекс промышленности строительных материалов: добавка в бетон; производство шлакоблоков; производство кирпича; производство цемента; производство керамзита; производство зольного гравия; производство ячеистого бетона; производство рубероида; производство керамики.
 3. Химический комплекс: обработка кож.
 4. Metallургический комплекс: извлечение черных металлов; извлечение редкоземельных металлов.
 5. Агрехимический комплекс: производство химических удобрений; известкование почв; рыхление почв.

И.П. Крапчин и Ю.С. Кудинов приводят экономическое обоснование возможности и целесообразности производства из ЗШО ТЭС глинозема (сырья для производства алюминия) и коагулянта для очистки питьевых и сточных вод. Содержание глинозема в ЗШО ТЭС ниже, чем в бокситах, но, как правило, выше, чем в нефелинах. В частности, в состав золы различных углей входит от 22 до 38% окиси алюминия [14, с.173].

На производство 1 т. глинозема требуется 3,76 т. золы, 8,0 т. известняка, 0,15 т. соды, 1,479 т. топлива (условного) или 1294 м³ природного газа, 1000 кВт·ч электроэнергии, 1,51 Гкал водяного пара.

На производство 1 т. коагулянта требуется 3,76 т. золы, 8,0 т. известняка, 0,15 т. соды, 1294 м³ природного газа, 1186 кВт·ч электроэнергии, 1,71 Гкал водяного пара, 1120 м³ сжатого воздуха [14, с.172-185].

Об эколого-экономической эффективности использования ЗШО ТЭС с достаточной степенью точности можно судить с учетом коэффициентов замены традиционного сырья отходами, приведенных в таблице 4:

Таблица 4

Коэффициенты замены первичного сырья золошлаковыми отходами при производстве строительных материалов и в строительстве [8, с.176].

Направление использования золошлаковых отходов	Вид отходов	Заменяемое первичное сырье	Коэффициент замены
Производство бетона	сухая зола	цемент	0,8
	золошлаковая смесь	щебень	0,7
		песок	0,3
Производство ячеистого бетона	сухая зола	песок	1,2
	золошлаковая смесь	песок	1,1
Производство глиноземного керамзита	золошлаковая смесь	глина	1,0
Производство зольного гравия	золошлаковая смесь	глина	0,72
Производство кирпича	золошлаковая смесь	глина	1,0
Производство шлакоблоков	золошлаковая смесь	песок	1,0
Дорожное строительство	сухая зола	цемент	0,13
	золошлаковая смесь	грунт	1,0
	шлак	щебень	1,0
Обвалование дамб	золошлаковая смесь	грунт	1,0

Технологии производства перечисленных видов продукции из ЗШО ТЭС разработаны, частично внедрены. Государство должно стимулировать инвестирование финансовых средств в их внедрение за счет внебюджетных источников, региональных и местных бюджетов. Однако бюджетное финансирование мероприятий и проектов переработки отходов должно быть минимальным. Разнообразным и эффективным должно быть поощрение государством такой деятельности.

Достаточно эффективной можно считать деятельность российского правительства по реструктуризации угольной промышленности, согласованную с Международным банком реконструкции и развития (МБРР). МБРР и Эксимбанк до конца 2001 г. выделили для этих целей кредиты в общей сложности 1,9 млрд. долларов США. В результате, за счет уменьшения средств государственной поддержки отрасли снизилась нагрузка на федеральный бюджет (с 1,4% ВВП в 1993 г. до 0,12% в 2001 г.), доля бюджетных средств в суммарных финансовых ресурсах организаций отрасли снизилась с 70% в 1993 г. до 10-11% в 2001 г. На 153 убыточных шахтах, прекративших добычу угля, в основном, завершены технические работы по их ликвидации. Процесс ликвидации убыточных и особо убыточных шахт продолжается. Доля перспективных и стабильно работающих шахт в общем объеме подземной добычи превышала 70%. Более 60% добычи угля обеспечивается частными компаниями [27, с.22].

Естественно полагать, что реконструкция угольной отрасли осуществляется с учетом декларируемой Правительством политики энерго- и ресурсосбережения. При правильном руководстве Правительству РФ не потребуются значительных затрат бюджетных средств для того, чтобы и поощрять, и вынуждать предприятия угледобывающей отрасли и ТЭС к сокращению отходов и максимальной переработке неизбежно образующихся твердых отходов. В последнее десятилетие в качестве топлива для ТЭС России во все большей степени используется природный газ. В настоящее время сложилась следующая структура производства электроэнергии на ТЭС в целом по России по видам используемых энергоресурсов: уголь – 30%; природный газ – 60%; мазут – 10%. [6, ч.1 с.6, 23].

В основном, применяется комбинированный способ использования энергоресурсов, что способствует повышению надежности функционирования ТЭС. В последние годы в российских научных, деловых и политических кругах идет полемика по вопросу соотношения использования угля и газа для обеспечения работы ТЭС.

В 1999 г. ОАО «Газпром» обратилось в правительство Российской Федерации и в РАО «ЕЭС России» с предложением сократить потребление на ТЭС природного газа в 2002 г. на 30 млрд. м³ (35 млн. т у.т.). Газпром предложил это количество газа заменить альтернативными видами топлива, в первую очередь углем. Это предложение предназначалось для ТЭС, расположенных в Европейской части России, что должно было привести к существенному изменению их топливного баланса, а также к изменению топливного баланса ТЭС России.

В 2000 году по заданию ОАО «Газпром» исследование возможностей совершенствования

работы ТЭС России с одновременным увеличением доли угля в их топливном балансе было проведено группой ученых и специалистов Неправительственного экологического фонда им. В.И. Вернадского, Университета природы, общества и человека «Дубна» и др., результаты которого изложены в книге «Экологические аспекты устойчивого развития теплоэнергетики России» (части 1 и 2) под общей редакцией Р.И. Вяхирева. Главную проблему авторы исследования увидели в том, что в связи с ограниченными (по сравнению с углем) запасами природного газа России в ближайшем будущем (авторы полагают, что уже к 20-ым годам начавшегося века) придется изменить соотношение газа и угля в топливном балансе теплоэлектростанций страны. Авторы ссылаются на мировой опыт, свидетельствующий об увеличении доли угля в топливном балансе стран, имеющих большие природные запасы угля (США, Германия, Великобритания, Австралия и др.). Они ссылаются также на доклад «Перспективы развития мировой энергетики до 2020 г.», подготовленный Международным энергетическим агентством (1998 г.), в котором утверждается, что в течение периода до 2020 г. основной рост мирового спроса на уголь произойдет именно в области производства электроэнергии [6, ч.1 с.106].

Авторы исследования сделали вывод о технической и экономической возможности перевода значительной части ТЭС России с природного газа на уголь в интересах энергетической безопасности страны и без существенного ухудшения состояния окружающей среды. По их мнению, для этого необходимо: увеличение объема обогащаемых углей до максимально возможного уровня на местах их добычи; регулирование тарифов на перевозку угольного топлива; осуществление технического переоснащения и реконструкции выработавших ресурсы агрегатов тепловых электростанций на органическом топливе; инвестирование финансовых средств для внедрения природоохранных мероприятий; строгое соблюдение теплоэлектростанциями экологических требований; увеличение доли перерабатываемых отходов и т.д. Проведенное исследование содержит много ценной информации технического, экологического и экономического характера.

Однако следует учесть, что реализация предложения «Газпрома» о сокращении потребления теплоэлектростанциями природного газа на 30 млрд. м³ представляется трудноосуществимой в короткий срок из-за необходимости огромных затрат финансовых средств на организацию добычи дополнительных 35 млн. т у.т. твердого топлива, его перевозку на значительное расстояние (в Европейскую часть России и на Урал), техническое переоснащение ТЭС и установку дополнительного экологического оборудования, а также из-за значительного увеличения вредных выбросов в атмосферу в районах расположения ТЭС, переведенных на уголь. Полемика о соотношении природного газа и угля, применяемых на российских ТЭС, ведется, возможно, вследствие конкуренции участников российского энергетического рынка. А так как использование углей на ТЭС связано с образованием отходов, требующих размещения и переработки, представляется нецелесообразным резкое увеличение добычи углей в России.

Следует обратить внимание и на то, что ужесточение экологических требований к промышленным

предприятиям России, введенное с 1 января 2001 года, требует значительных средств для установки более совершенного экологического оборудования.

Необходимо отметить также, что переработка золошлаковых отходов ТЭС со временем может стать безальтернативной из-за высокой стоимости земли под золошлакоотвалы, необходимости значительных платежей за загрязнение окружающей среды твердыми отходами и уплаты штрафов за превышение нормативов на выбросы вредных веществ, высокой стоимости золошлакоудаления.

в) Атомная электроэнергетика

Несколько лет в российском обществе идет полемика о целесообразности, а главное, безопасности ввоза в Россию отработанного ядерного топлива (ОЯТ). С одной стороны, размещение ОЯТ дает довольно большое, хотя и одноразовое, вливание в бюджет страны, с другой – эти отходы представляют опасность для многих поколений. Принятие Государственной Думой РФ в 2001 году поправок к законодательству, разрешающих ввоз ОЯТ в Россию, не успокоило общественного мнения. Представляется целесообразным, чтобы хранение столь опасных отходов было организовано в минимальном количестве технически совершенных сооружений, обеспеченных надежной охраной и под строгим международным контролем. С точки зрения глобалистики совершенно не имеет значения, в какой стране размещаются отходы. Считается, что ущерб может быть нанесен всей планете. Поэтому размещение ОЯТ на хранение должно быть безопасным для окружающей среды, надежным и долговечным. Совершенно естественно напрашивается вывод, что предпочтительнее не накапливать ОЯТ в хранилищах, а по возможности найти ему лучшее применение, то есть перерабатывать в полезную продукцию. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

В 2002 г. количество накопленного в мире ОЯТ составило около 200 тыс. т. Считается, что ежегодно количество ОЯТ увеличивается на 3,0 – 3,5 тыс. т [15, 12]. Уже через несколько лет многие страны, где работают АЭС, могут иметь проблемы с размещением их отходов. По мнению специалистов, Россия может рассчитывать на 10% мирового рынка ОЯТ, т.е. на размещение примерно 20 тыс. т отходов АЭС. Средняя цена переработки иностранного отработанного топлива – 1000 долларов США за килограмм [15, 12]. Даже при некоторой условности и возможных колебаниях цен на размещение ОЯТ присутствие России на мировом рынке этого уникального вида отходов может оказаться для нее очень выгодным. В течение длительного времени Россия была практически изолирована от мирового рынка ОЯТ – в страну завозили только то топливо, которое было в свое время произведено в России для построенных по нашим технологиям за рубежом АЭС. По плану Фонда ядерного нераспространения должно быть выделено на безвозмездной основе более 10 млрд. долларов для строительства хранилища ОЯТ на территории России [15].

Определенный интерес для экономики страны ОЯТ представляет в качестве специфического вторичного сырья. Свежее ядерное топливо, загружаемое в реакторы ядерно-энергетических

установок АЭС, имеет простой химический состав – окись урана в виде таблеток, заключенных в циркониевую оболочку. Ядерное топливо обогащено изотопом U-235 до концентрации примерно 4,0 % (в природном материале содержится 0,71% U-235) [3, с.33-34]. Через несколько лет работы реактора исходное ядерное топливо в результате интенсивного облучения нейтронами и происходящих вследствие этого разветвленных и сложных физико-химических процессов преобразуется в высокорadioактивную смесь сложнейшего элементного и изотопного состава, включающую тяжелометаллическую фракцию от свинца до кюрия. Эта высокорadioактивная смесь и называется облученным (или отработанным) ядерным топливом (ОЯТ). До 95% этой смеси составляет невыгоревший уран понизившегося обогащения (1,2 – 1,5%, что в 1,7-2,1 раза выше содержания урана в природном материале). Именно наличие в ОЯТ непрореагировавшего урана не позволяет относиться к нему как к безвозвратным вредным отходам. До 1,0% ОЯТ составляет плутоний с обогащением близким к 65%. Среди продуктов деления, накапливающихся в ОЯТ, содержатся три металла платиновой группы: родий, рутений и палладий. Родий и рутений содержат только относительно короткоживущие радиоизотопы, поэтому после выдержки в течение 50-60 лет они становятся практически нерадиоактивными и могут использоваться наряду с металлами, полученными из природного сырья. Так как природные запасы родия ограничены (около 700 т), то техногенный родий, накопленный в ОЯТ, является важным стратегическим ресурсом этого элемента. Палладий, накапливающийся в ОЯТ, содержит радиоизотоп Pd-107 с периодом полураспада более миллиона лет. По этой причине техногенный палладий будет иметь хоть и невысокую, но постоянную радиоактивность, что позволит использовать его только в контролируемых условиях, исключающих его смешение с природным палладием. Одновременно в ОЯТ накапливается до 0,5% осколочного циркония, который также может использоваться в качестве вторичного сырья. Цирконий, содержащийся в оболочках ОЯТ (около 300 кг/т ОЯТ), загрязнен долгоживущими продуктами деления, продуктами активации и актиноидами. Разрабатываемые способы регенерации оболочечного циркония могут позволить его вторичное использование в контролируемых условиях. В таблице 5 приведены оценочные данные, характеризующие экономическую эффективность использования ОЯТ в качестве вторичного сырья [3, с.34].

Таблица 5

Материал	Масса на тонну ОЯТ, кг	Цена, \$/кг материала	Цена, \$ на тонну ОЯТ	Цена в пересчете на 20 тыс. т ОЯТ, \$ млн
Уран	До 950	140	133000	2660
Плутоний	10	8000	80000	1600
Рутений	2,6	8000	20800	416
Родий	0,5	9000	4500	90
Палладий	1,6	12000	19200	384
ИТОГО				5150

Примечание. Вторичный цирконий не учтен, т.к. оценка затрат на обращение с ним затруднительна, а его вклад в итоговую сумму незначителен

Оценка экономической эффективности выделения из ОЯТ потенциально полезных фракций сделана очень приближенно по следующим причинам:

- широкое промышленное применение разрабатываемых методов переработки ОЯТ в пригодную для использования продукцию начнется, наверное, не скоро;
- уровень эффективности таких методов, автоматизация и роботизация процессов могут существенно повлиять на стоимость основных операций;
- может повыситься общественная приемлемость ядерных технологий, вследствие чего будут устранены искусственные препятствия, неоправданно повышающие стоимость переработки ОЯТ;
- могут существенно измениться цены на все энергетическое сырье – как органическое топливо, так и природный уран.

Следует также иметь в виду, что состав выгруженного из реактора ОЯТ вследствие радиоактивного распада непрерывно меняется и, следовательно, зависит от времени, прошедшего от выгрузки до начала переработки. Этот промежуток времени может составлять от нескольких лет до десятков лет. Из таблицы следует, что теоретически ОЯТ почти полностью может быть переработано в полезную продукцию, находящую применение как в ядерной энергетике (уран, плутоний, цирконий), так и в других отраслях промышленности (родий, рутений и палладий). При нынешнем уровне цен на природное сырье и размещение ОЯТ стоимость вторичных металлов, полученных при переработке ОЯТ, может превышать четверть стоимости размещения ОЯТ. Кроме того, каждый килограмм экстрагированного из ОЯТ урана позволит экономить 1,7-2,1 кг естественного урана, что может привести к значительному сокращению отходов добычи и обогащения урана (в те же 1,7-2,1 раза). Следует иметь в виду, что если в ближайшие десятилетия внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) не достигнет достаточно высокого уровня, то при значительном истощении запасов ископаемого органического топлива ядерная энергетика в мире вынужденно может получить новый импульс развития в качестве переходной к более прогрессивным видам энергетике (термоядерной, водородной и др.). В таком случае участие России в размещении иностранного ОЯТ может стать более значительным, а использование вторичных металлов, полученных из перерабатываемого ОЯТ, будет способствовать повышению экономической и экологической эффективности российской ядерной энергетике.

2) Черная и цветная металлургия.

Более трети образующихся в российской промышленности твердых отходов приходится на черную и цветную металлургию, а также на машиностроение.

Металлургическое производство – это сложный комплекс разнообразных технологий, которые условно можно разделить на три этапа [13, с.10]:

I – подготовка добытой из недр руды;

II – извлечение металла из руды;

III – изготовление различных изделий из металлов и сплавов.

На всех этапах металлургического производства образуется значительное количество твердых отходов. По объемам производства и потребления первые три места занимают железо,

алюминий и медь. Особое положение среди всех металлов занимает железо, и по объему производства и потребления, и по его роли в современной человеческой цивилизации. Следует отметить, что используется не чистое железо, а его сплавы с другими элементами, так называемые черные металлы.

В зависимости от содержания углерода черные металлы разделяют на три группы: техническое железо (до 0,02% С); сталь (0,02 - 2,14% С); чугун (2,14 – 7,0% С). Основное количество получаемого чугуна идет на передел в сталь. При производстве чугуна образуется большое количество шлака. Выход шлака в зависимости от состава исходных материалов и хода плавки составляет 300-600 кг/т чугуна. В состав шлака входят: 35-45% CaO; 36-40% SiO₂; 7-15% Al₂O₃; 4-10% MgO; 0,5-1,0% MnO; 0,4-0,8% FeO; 1-2% S.

Образующиеся при выплавке чугуна твердые отходы, доменные шлаки и колошниковая пыль являются ценным техногенным сырьем для переработки в полезную продукцию. Большая часть доменных шлаков используется для производства гранулированного шлака (до 57%), около одной трети – для производства щебня (более 31%), и около 4% - для производства шлаковой пемзы. Доменные гранулированные шлаки используют: в качестве заменителей песка в составе бетонов; как активную минеральную добавку при производстве шлакопортландцемента; как сырьевой компонент при производстве цементного клинкера. Щебень из доменного шлака является эффективным заполнителем для бетона, он улучшает некоторые технологические характеристики бетонной смеси. Используемый для строительства и ремонта автомобильных дорог шлаковый щебень по своим свойствам не уступает, а иногда и превосходит щебень твердых пород.

Шлаковая пемза используется для изготовления легких бетонов. Бетон на этом заполнителе характеризуется более высокой плотностью и меньшей теплопроводностью по сравнению с равнопрочным легким бетоном.

Одним из эффективных теплоизоляционных материалов является минеральная вата и изделия на ее основе. Главным сырьевым компонентом минераловатного производства являются кислые доменные шлаки, богатые кремнеземом и глиноземом.

На Магнитогорском, Кузнецком и Нижнетагильском металлургических комбинатах разработана технология переработки ковшовых остатков. Куски более 300 мм разрушают падающим грузом, дробят и из шлака извлекают металл магнитными отделителями. Остающийся щебень используют в строительстве. Из жидких доменных шлаков получают различные литые строительные материалы и изделия: дорожную брусчатку, базальтовые трубы и др [18, с.39-40].

Основу металлической части шихты сталеплавильных агрегатов составляют чугун и стальной лом. Доля чугуна в кислородно-конверторном процессе доходит до 80%, в мартеновском - до 60%, в электросталеплавильном – 5%. Источниками стального лома являются отходы самих металлургических предприятий: бракованные слитки, скрап, обрезь в прокатном производстве, отходы машиностроительных заводов (стружка, отходы, штамповочного производства), а также

отслужившие свой срок металлические изделия (машины, металлоконструкции, рельсы и др.). Главным способом производства стали в России является кислородно-конвертерный. Для производства 1т. стали расходуется: кислорода – 45-60м³, огнеупоров – 2,5-15 кг, скрапа – до 250 кг, извести – 50-80кг, боксита – 5-15 кг. При выплавке стали образуется до 15% шлака. Кроме того, в ходе плавки производят скачивание промежуточного шлака. При переработке высокофосфористых чугунов эту операцию повторяют 2-3 раза. Эти промежуточные шлаки, так называемые фосфатшлаки (они образуются также и при мартеновском способе передела высокофосфористых чугунов в сталь), являются ценным фосфорным удобрением, содержащим 16-19% P₂O₅ в усваиваемой растениями форме. Фосфатшлаки наиболее пригодны для кислых почв в качестве основного удобрения под все сельскохозяйственные культуры [2, т.27 с.559, 567].

Образование шлаков в черной металлургии не является чрезмерным, а технологии их переработки в товарную продукцию разработаны и успешно применяются в течение многих лет на Новолипецком, Череповецком, Магнитогорском и других металлургических комбинатах. К 1990г. доменные шлаки на всех металлургических предприятиях России полностью перерабатывались в товарную продукцию. По оценке НИЦПУРО уровень переработки доменных шлаков снизился со 100-120% (с учетом вовлечения в переработку накопленных отходов) в 1990г. до 53% в 2000г [4, с.40; 5, с.51]. Это вызвано экономическими трудностями в металлургической отрасли, но еще более – снижением спроса на шлаки и продукцию из них у потенциальных потребителей. Вследствие этого с 1991 года в России снова стали увеличиваться объемы накапливаемых в отвалах металлургических шлаков. По некоторым источникам общее количество накопленных в России шлаков за последние 100 лет работы металлургических заводов составляет 300 млн. тонн, что в 5 раз меньше накопленных ЗШО ТЭС [4, с.40; 29, с.772]. Одной из проблем сокращения количества накопленных металлургических шлаков является отсутствие достаточных мощностей для их переработки. Весьма сложно также использование шлаков, содержащих серу и фосфор. Требуется разработка технологий для переработки некоторого количества застывших сложных смесей, образовавшихся на местах одновременного слива доменных и сталеплавильных шлаков.

Следует отметить, что структура производства черных металлов в России не может быть признана рациональной. Во-первых, чрезмерно высокая концентрация металлургического производства в России, когда семь крупных предприятий производят около 70% всей выплавляемой в стране стали (в 2002 г. это составило 41,3 млн. тонн из общего производства 59,8 млн. тонн), привела к серьезному нарушению экологического равновесия в районах размещения этих предприятий.

Во-вторых, довольно большое количество стали (27,4%) в России продолжает выплавляться мартеновским способом, от которого полностью отказались в наиболее экономически развитых странах (США, Японии, Германии и др.). Основным достоинством этого способа выплавки стали является его универсальность – можно получать любые марки стали при использовании любых типов чугунов при любом соотношении жидкого и твердого металла (чугуна и скрапа). Но

существенными недостатками мартеновского способа являются высокие капитальные затраты на сооружение оборудования и необходимость расходования большого количества топлива, а также большая продолжительность плавки (6-10 часов). Наилучшим способом переработки стального лома является электроплавка. Ее достоинствами являются относительная простота регулирования теплового режима плавки и значительно меньшие капитальные затраты на строительство электропечей (по сравнению с мартеновскими). Но в электропечах выплавляется менее всего стали в России (в 2000г. – 14,7%) [25, с. 362].

И наконец, только часть выплавляемой стали используется эффективно, вследствие чего можно сказать, что в России производится «излишнее» количество стали, соответственно «излишнее» количество чугуна, железной руды и коксующегося угля, которые фактически являются отходами. А при переработке в «излишнюю» сталь «излишних» чугуна, железной руды, кокса и коксующихся углей образуется «излишнее» количество отходов, твердых, жидких и газообразных.

Поясним это следующим расчетом (в качестве примера). Из 59,2 млн. тонн выплавленной в 2000 году стали 50% разливалось традиционным способом в изложницы, а 50% на машинах непрерывного литья заготовок [25, с.359, 362]. Можно считать, что из 29,6 млн. тонн жидкой стали ($0,5 \cdot 59,2$), разлитой в слитки, годного проката получится 22,2 млн. тонн. При непрерывной разливке стали выход годного проката составит 28,12-28,71 млн. тонн проката. Примем среднее значение 28,4 млн. тонн. Всего получилось 50,6 млн. тонн годного проката (85% от выплавленной в стране стали). Отходы при разливке стали составили 8,6 млн. тонн, что сопоставимо с годовым производством стали крупного российского металлургического комбината.

«Российский статистический ежегодник, 2001» (стр. 362) приводит отношение производства готового проката к выплавке стали равным 0,79 (79%), что соответствует производству в стране в 2000 году примерно 46,8 млн. тонн проката, т.е. реальные отходы при производстве проката в стране еще выше, чем в рассматриваемом примере. Около 20% годового количества проката уходит в стружку, обрезь и т.д. В результате масса готовых изделий, полученных из 59,2 млн. тонн жидкой стали, составит $0,8 \cdot 50,6 = 40,5$ млн. тонн. Отходы стали при обработке проката в машиностроении составили 10,1 млн. тонн. Из-за низкого качества российских сталей отечественные конструкторы закладывают в проектируемые конструкции определенный запас прочности. Коэффициенты запаса прочности обычно принимают равными 1,5-3,0. Если принять этот коэффициент в среднем равным 2, то оказывается, что эффективно используется лишь $40,5/2 = 20,25$ млн. тонн из 59,2 млн. тонн выплавленной стали. Другие 20,25 млн. тонн стали для изготовления конструкций были расходованы напрасно и могут считаться скрытыми отходами.

Ситуация существенно меняется, если применяются только самые совершенные в мире технологии, которые позволяют эффективно использовать из выплавленных 59,2 млн. тонн стали 45-50 млн. тонн, что в 2,2-2,5 раза лучше существующего положения в отечественной черной

металлургии. Т.е. при тех же объемах выпуска чугуна и стали в России можно было бы увеличить выпуск продукции равного или даже лучшего качества в 2,2-2,5 раза. При этом в стране значительно сократилось бы производство твердых отходов в виде металла, не поступавшего в сферу потребления, так называемого «нового скрапа». Правда, общее количество металлолома, необходимого для функционирования черной металлургии не уменьшится. Просто, большая часть металлолома будет поступать из сферы потребления через организации, занимающиеся сбором и сортировкой «старого скрапа», объем и характер работы которых несколько изменятся. Но обществу это обойдется гораздо дешевле.

Таким образом можно утверждать, что несмотря на немалые достижения отечественной черной металлургии в повышении качества металлопродукции, сокращении твердых и других отходов на всех стадиях производства, переработке твердых отходов, особенно металлолома, ресурсосбережение в отрасли продолжает оставаться актуальным. Следует ожидать, что уже к концу первого десятилетия начавшегося века металлургические предприятия России, не принимающие мер для конкретного улучшения экологической обстановки на своих предприятиях, не смогут успешно конкурировать на внутреннем и мировом рынках металлопродукции, а то и попросту будут закрыты властями из-за несоответствия экологическим требованиям. Поэтому крупнейшие металлургические предприятия в стране осуществляют модернизацию основного производства и совершенствование экологического оборудования. Так, по сообщению Б.С. Федорова [Диссертация, 2002 г.], фирмой «ФИНГО-инжиниринг» в 1998-1999 годах для Новолипецкого, Череповецкого, Магнитогорского, Западно-Сибирского металлургических комбинатов выполнены проекты систем пылегазоочистки, плата за каждый из которых составила несколько сотен тысяч долларов США.

В сентябре 2001 года автору довелось принять участие в выездном заседании Координационного Совета металлургического комплекса России, проходившем на Новолипецком металлургическом комбинате. В ходе заседания обсуждались экологическая ситуация в металлургическом комплексе и основные направления по охране окружающей среды. Автор имел возможность наблюдать, как осуществляется реализация «Программы технического переоснащения и развития НЛМК на 2000-2005 годы». Программа технического переоснащения НЛМК уникальна для российской промышленности как по объему капитальных вложений, так и по долгосрочности планирования.

Для выполнения программы предусматриваются инвестиции в современные технологии и оборудование на сумму в 1,1 млрд. долларов США. Основную долю капитальных вложений (76%) составляют средства компании. На осуществление экологических мероприятий программы выделяется 168 млн. долларов, что составляет 15-17% стоимости всей программы. В 2000 году затраты на усовершенствование экологического оборудования составили 500 млн. рублей, в 2001 году - 730 млн. рублей. На основных и реконструируемых производственных объектах внедряются экологически безопасные и малоотходные технологии.

В частности, НЛМК активно реализует масштабную программу по утилизации промышленных отходов. В 1995 году предприятие перерабатывало лишь 36 % из образующихся 4 млн. тонн отходов в год. В настоящее время комбинат полностью перерабатывает металлургические шлаки в товарную продукцию, которая реализуется предприятием строительной индустрии. Полностью утилизируются отходы коксохимического производства, ртутьсодержащие лампы и аккумуляторные батареи. Динамика объемов накопления отходов на комбинате в 1995 – 2000 годах представлена в таблице 6:

Таблица 6

Годы	1995	2000
Виды отходов (тыс. тонн)		
Шламы железосодержащие	6744	5168
Шламы прочие основных и вспомогательных цехов	2740	2502,7
Смесь замасленной окалины и шламов доменной печи №6	390	258

Баланс образования, использования и размещения отходов НЛМК в 2000 году представлен в таблице 7:

Таблица 7

Виды отходов (тыс.т.)	Образовалось	Использовано	Размещено на хранение
Шлаки доменные и сталеплавильные	3500	3500	нет
Шламы железосодержащие	472	335	137 (29%)
Шламы прочие основных и вспомогательных цехов	32	9,6	22,4 (70%)
Твердые технологические отходы	370	Не использовались	370 (100%)
Смесь шламов и замасленной окалины	68	16	52 (76,5%)
Пыль металлургическая	180	180	нет
Твердые бытовые отходы	5,8	Не использовались	5,8 (100%)
Строительные отходы	37	Для рекультивации оврага 35	нет
Отходы после очистки хозбытовых стоков	220	Не использовались	Складируются неорганизованно

В соответствии с «Программой технического переоснащения и развития НЛМК на 2000-2005 годы» намечено: закончить переработку накопленных железосодержащих шламов, построить печь для сжигания твердых сгораемых отходов, соорудить полигон для складирования обезвоженного ила очистных сооружений хозяйственно-бытовых вод, расширить полигон накопления твердых технологических отходов, построить установку сжигания твердых отходов утилизации тепла, организовать отдельный сбор отходов подобных бытовым с выделением в отдельный поток отходов, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья.

В результате осуществления программных мероприятий объем отходов, направляемых на размещение, сократится в 2 раза. Места размещения будут соответствовать требованиям экологической безопасности и санитарно-гигиенических нормативов. К концу 2002 года НЛМК намеревался первым получить сертификат соответствия международному экологическому

стандарту ISO – 14000 –1 [39]. Справедливости ради следует отметить, что, первым из металлургических предприятий России сертификат ISO – 14000 –1 получило ОАО «Северсталь» (Череповецкий металлургический комбинат) в сентябре 2001 г. [40]

При том, что ОАО «Северсталь» осуществляет полный цикл металлургического производства, включая производство кокса (4,02 млн. т.), агломерата (7,62 млн. т.) и проката (8,08 млн. т.), выбросы загрязняющих веществ предприятиями можно признать умеренными [40]. Руководством ОАО «Северсталь» вложены значительные средства в природоохранное оборудование. А достигнутый уровень использования ПТО (более 90 %) следует признать одним из самых высоких не только в отечественной металлургии, но и во всей промышленности России. Вместе с тем, для производства стали недостаточно используется вторичное сырьё. Например, в 2000 году только около 2 млн. т. стали было выплавлено из металлолома (около 21 % от общего производства, в то же время как в мире в среднем –более 40%, в США –около 60%). Выплавка электростали ОАО «Северсталь» в 2000 г. составила чуть более 11% от общего производства (в России в среднем –14.7%, в наиболее развитых промышленных странах –30-40%)[40; 13, с. 227]. Для увеличения использования металлолома при производстве стали требуется привлечение значительных инвестиций в модернизацию производственных мощностей ОАО «Северсталь».

Из сравнения различных технологий выплавки чугуна и стали, а также достижений НЛМК и ОАО «Северсталь» в сокращении и переработке твердых отходов, неизбежно следует вывод о том, что генеральным направлением в решении проблемы сокращения ПТО на предприятиях черной металлургии должно быть все-таки не столько увеличение перерабатываемых отходов, сколько совершенствование технологий выплавки металлов, направленное в первую очередь на повышение качества отечественных сталей.

Кроме того, некоторые российские ученые считают, что в стране становится неотложной задача рассредоточения металлургического производства путем создания значительного количества предприятий небольшой мощности, когда природа способна нейтрализовать отрицательные последствия их деятельности [13, с.71-72]. Предприятия небольшой мощности могут быть вполне конкурентоспособными, т.к. лучше приспособлены к условиям быстроменяющихся требований рынка и способны к быстрой смене номенклатуры металлов и металлургических изделий. Для мини- и микрозаводов (годовой мощностью 5-50 тыс. тонн металлопродукции) требуются относительно небольшие капиталовложения, а срок их окупаемости незначителен. Сроки строительства таких мероприятий в несколько раз меньше, чем заводов с полным металлургическим циклом. Технологически такие предприятия представляют современные электросталеплавильные производства. Актуальной проблемой для минизаводов является повышение качества стали, так что о вытеснении с рынка металлургических комбинатов полного цикла речь не идет.

Такие мини-металлургические заводы могут решить и другую проблему – оперативного обеспечения металлопродукцией отдаленных районов страны, а также проблему переработки

металлоотходов в районах с развитым машиностроением. Продукция, получаемая при переработке различных шлаков также быстрее сможет найти потребителя. Одним из направлений создания экологически чистого производства является формирование промышленных комплексов, куда вместе с металлургическими предприятиями будут входить строительные, химические, энергетические и др. На этой основе возможно создание промышленных кластеров, в которых отходы одного производства станут сырьем для другого.

Проблемы сокращения и использования твердых отходов цветной металлургии отличаются от аналогичных проблем черной металлургии, помимо чисто технологических моментов, также номенклатурой и объемами производства металлов и образования твердых отходов. Рассмотрим производство алюминия, самого распространенного металла в земной коре и второго по производству и использованию в промышленности. Основным рудным сырьем для производства алюминия являются бокситы. В России алюминий получают также из нефелинов [14, с.173]. Из бокситов и нефелинов извлекают Al_2O_3 , затем глинозем восстанавливают электролизом. Образующийся при извлечении глинозема красный шлам, содержащий 15-20% Al_2O_3 , 5-11% SiO_2 , и около 50% Fe_2O_3 , может служить для извлечения железа и алюминия, редких элементов.

Для алюминиевой отрасли цветной металлургии характерно объединение горных предприятий с производством глинозема и расположением заводом по производству металлического алюминия вблизи мощных электростанций. По сведениям из различных источников, производство первичного алюминия в 2001 году составило 3,25 млн. тонн (точных данных Госкомстат России не сообщает) [25, с.363; 3, с.56-58]. Из отходов, образующихся при выплавке первичного алюминия, производят соду, поташ, цемент. Сведений о переработке красных шламов алюминиевого производства в доступных автору источниках обнаружить не удалось.

Чисто теоретически, накопленные в хвостохранилищах запасы красных шламов могут составлять несколько десятков млн. тонн. Экономическая эффективность использования красных шламов для получения железа и алюминия в настоящее время считается недостаточной, т.к. содержание железа в них меньше, чем в богатых или обогащенных железных рудах, а алюминия меньше, чем в нефелинах. Количество накопленных красных шламов невелико, а в хвостохранилищах конкретных алюминиевых заводов не слишком значительно. Сами хвостохранилища красных шламов размещены на значительных расстояниях от предприятий черной металлургии, где они могли бы быть переработаны в чугун и сталь, что еще более снижает экономическую эффективность их использования в металлургии. Красные шламы имеют химический состав, отличный и от железных руд, и от бокситов и нефелинов, а, значит, требуют применения специальных технологий для их переработки в черные металлы и алюминий. Однако использование красных шламов, как и некоторых других отходов черной и цветной металлургии, без предварительного извлечения из них металлов сразу для производства строительных металлов следует считать неоправданным расточительством. Пока они могут быть отнесены к техногенным

месторождениям полезных ископаемых (резервным), с не очень значительными запасами сырья. Составление общероссийского кадастра ПТО позволит определить пригодность хвостохранилищ красных шламов к промышленной разработке.

Гораздо более острой является для России проблема производства вторичного алюминия, который обходится гораздо дешевле и экологичнее произведенного из природного сырья. Сведений (даже косвенных) о количестве выплавляемого в стране вторичного алюминия Госкомстат России не сообщает. С учетом того, что в 2000 году Россия экспортировала 3203 тыс. тонн алюминия, импортировала 154 тыс. тонн, а для внутреннего потребления было использовано 420 тыс. тонн [25, с.363, 613, 616; 3, с.56-58], производство в стране в том же году вторичного алюминия составило не менее 220 тыс. тонн. Вполне естественно, что при незначительном внутреннем потреблении алюминия в России в 90-х годах образование отходов и металлолома также было незначительным (в 2000 году примерно 120-125 тыс. тонн) [3, с.56-58]. И если до 2000 года алюминиевые заводы для производства вторичного алюминия обходились алюминиевым ломом, образовавшимся от произведенного еще в СССР первичного алюминия, то уже в 2001 году алюминиевая отрасль явно испытывала недостаток вторичного сырья. Отметим, что большое количество лома и отходов алюминия экспортировалось из страны. В 1991-1999 годах его экспорт ежегодно составлял в среднем 350,0 тыс. тонн [3, с.56-58]. А уже в 2001 году это количество сократилось до 4,655 тыс. тонн [5, с.69]. Таким образом, можно считать, что Россия практически прекратила экспорт этого вида сырья, что лишь отчасти можно объяснить увеличением таможенных пошлин на вывоз металлолома. С другой стороны, низкий уровень внутреннего потребления алюминия в совокупности с высокими ценами на алюминий на мировом рынке привели к тому, что большая часть произведенного в России алюминия идет на экспорт. А отходы производства первичного алюминия и сокращение сырьевой базы для выплавки вторичного алюминия усугубляют и экологические, и экономические проблемы алюминиевой отрасли России.

Выход из этой ситуации возможен при общем подъеме промышленности в стране. Следует возможно более широко применять алюминий в отечественной промышленности: авиастроении, судостроении, автомобилестроении, производстве строительных материалов и конструкций, пищевой отрасли и т.д. Тогда по мере накопления в стране алюминиевого лома можно будет значительно снизить долю первичного алюминия в общем количестве производимого алюминия, что позволит экономить природные ресурсы и существенно сократить количество образующихся отходов, в том числе и ПТО. До того с той же целью следует прекратить экспорт алюминиевого лома и даже, возможно, наладить его импорт для переработки. Кроме того, вместо собственно алюминия следует экспортировать гораздо более дорогую высокотехнологичную продукцию из алюминия: самолеты, вертолеты, легкие морские и речные суда, автомобили и т.д., в чем убеждены большинство специалистов. В этом случае незначительный по физической массе экспорт алюминия (в виде товаров различного назначения) принесет гораздо больше прибыли России, чем вывоз из страны большого количества алюминия в качестве сырья для зарубежной

промышленности, для покупки продукции которой приходится тратить огромные денежные средства.

Третье место по объемам производства металлов в России занимает медь. Сведений о количестве выплавляемой в стране меди Госкомстат России не сообщает. При том, что внутреннее потребление меди, как и алюминия, очень сократилось после 1991 года, и может считаться незначительным, косвенно об объеме ее производства в стране можно судить по следующим данным: в 2000 году экспорт меди составил 649 тыс. тонн, руд и концентратов медных – 25,2 тыс. тонн, отходов и лома медных – 19,04 тыс. тонн, а импорт меди в том же году составил 9,0 тыс. тонн, руд и концентратов медных 127,0 тыс. тонн [25, с.611-616; 3, с.56-58].

Поскольку содержание меди в медных рудах невелико, черновая медь вырабатывается в местах добычи, чем достигается существенная экономия на перевозках отходов механического и отходов химического обогащения. Примеров промышленной переработки отходов обогащения медных руд в России не имеется.

О количестве выплавляемой в России вторичной меди информации в доступных источниках автору обнаружить не удалось. Увеличение ее производства можно считать самым грамотным решением проблемы сокращения и использования всех видов отходов медной промышленности, что косвенно подтверждается и сравнением средних экспортных цен меди и медного лома (1676 и 1216 долларов США в 2001 году) [25, с.613; 5, с.69]. Это сравнение убедительно свидетельствует об экономической и экологической эффективности выплавки металлов из вторичного сырья. Затраты на сбор, сортировку и транспортировку всех видов металлолома относительно невелики, а самые дорогостоящие и экологически вредные стадии производства металлов отсутствуют.

Проблемы использования твердых отходов производства никеля, свинца, цинка и других цветных металлов аналогичны, и здесь рассматриваться не будут. Сведений об их производстве в России Госкомстат не сообщает. Даже количество выплавляемых в России никеля, свинца, цинка меньше, чем меди, а тем более алюминия. Так, в 1998г. из России было экспортировано 214 тыс. т. никеля, что составило большую часть всего отечественного производства этого металла. В 2000г. Россия экспортировала 197 тыс. т. никеля по цене 8619 долларов США за тонну, отходов и лома никелевых – около 450 т. по цене 2478 долларов США за тонну [25, с.613]. Возможно, из-за низкой цены экспорт из России отходов и лома никелевых в 2001 году сократился почти в 13 раз. В 2001 году Россия также экспортировала 787 т. отходов и лома свинцовых, 140 т. отходов и лома цинковых, 56 т. отходов и лома вольфрамовых, 5 т. отходов и лома танталовых, 395 т. отходов и лома магниевых, 2081 т. опилок, стружек и гранул магниевых [25, с.613; 5, с.69].

Продажа на экспорт значительных количеств отходов и лома производимых в России черных и цветных металлов свидетельствует о большой полезности и ценности вторичного сырья, но еще больше о нерациональном распоряжении природными ресурсами страны. Вывоз из страны отходов и лома металлов можно рассматривать как скрытое принуждение отечественной металлургии к сокращению объемов производства в стране вторичных металлов вследствие

сокращения ресурсной базы вторичного сырья и увеличению производства металлов из природного сырья (со всеми экономическими и экологическими проблемами добычи и обогащения руд, очистки, переработки и хранения ПТО), что неминуемо приводит к увеличению количества ПТО. При этом следует иметь в виду, что количество образующихся отходов и лома металлов зависит только от общего объема производства в стране металлов, а не от соотношения объемов производства первичных и вторичных металлов. Поэтому факт образования отходов и лома от металлов, произведенных из природного сырья, не следует считать положительным, если эти отходы и лом не используются для производства вторичных металлов в стране, а направляются на экспорт. Только за счет прекращения экспорта отходов и лома металлов можно существенно сократить извлечение из недр природного сырья без сокращения поставок товарной продукции на мировой рынок металлов.

В настоящее время возрастает значение вторичной металлургии платино-, золото-, и серебросодержащих отходов, в большинстве из которых относительное содержание благородных металлов выше, чем в рудах, из которых извлекаются первичные платина, золото и серебро. Экологическая и экономическая эффективность переработки таких отходов значительно выше, чем руд, содержащих драгоценные металлы. Но даже переработка отходов с низким содержанием благородных металлов все же рентабельна вследствие высокой стоимости извлекаемых платины, золота и серебра. Для примера, в 1 т. лома отечественных телевизоров и другой радиоэлектронной аппаратуры содержится около 30 г. золота и более 300г. серебра. Для сравнения, в 1т. западного компьютерного лома содержится более 700г. золота [30, с.295]. Основными источниками золотосодержащих отходов и лома являются цветная металлургия, электротехническая и электронная отрасли промышленности. Основными источниками серебросодержащих отходов и лома являются электротехническая, электронная и химическая отрасли промышленности, зеркальное, часовое и ювелирное производства, фото- и кинопромышленность, полиграфическая промышленность, лечебные учреждения.

Сведений о количестве драгоценных металлов, произведенных в России из вторичного сырья, Госкомстат не сообщает. По сообщению журнала «Металлургический бюлетень» № 13, июля 2003 г. (с. 49) в январе – мае 2003 г. производство вторичного золота в России составило 1 т. 672,4 кг. (4,23 % от общего производства) и увеличилось более чем в 2 раза по сравнению с аналогичным периодом 2002 г. Добыча попутного золота в январе – мае 2003 г. составила 3 т. 878,1 кг (9,8 %).

д) Химическая промышленность.

Химическая промышленность является источником около 7% образующихся промышленных твердых отходов. Это – гипсовые отходы, пиритные огарки и др.[5,с 51]

Гипсовые отходы химической промышленности содержат сульфат кальция в той или иной форме и могут быть заменой традиционного гипсового сырья. При производстве фосфорных удобрений из апатитов и фосфоритов образуется значительное количество твердых отходов в виде

фосфогипса, представляющего собой $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с примесями неразложившегося апатита (или фосфорита) и неотмытой фосфорной кислоты. В 2000 году производство в России фосфатных минеральных удобрений составило около 2,4 млн. т. (в пересчете на 100% питательных веществ). Физический вес произведенных удобрений значительно больше, т.к. различные виды удобрений содержат от 14 до 45% P_2O_5 [25, с.364; 20, с.97-100; 2, т. 27, с.567]. Количество образующегося в химической промышленности фосфогипса соизмеримо с производством фосфорных удобрений и могло бы в значительной степени удовлетворить потребности нашей страны в гипсе. Два огромных хранилища неиспользуемого фосфогипса в окрестностях г. Воскресенска (Московская область) можно наблюдать из электропоездов рязанского направления. Источник ПТО – «Воскресенский завод химических удобрений».

Помимо фосфогипса в промышленности образуется незначительное количество фторгипса, борогипса, сульфогипса и титаногипса. Фторгипс (фторангидрит) образуется в качестве отходов при производстве фтористоводородной кислоты, безводного фтористого водорода и фтористых солей. Борогипс является отходом производства борной кислоты. Сульфогипс образуется при улавливании серного ангидрида из газообразных отходов (дымов) ТЭС. Титаногипс является отходом химического производства цветной металлургии.

В химической промышленности образуется ежегодно более 1,2 млн. т. пиритных огарков, являющихся отходами при получении серной кислоты из пирита FeS . Их состав, в основном представлен железом (40-63%), имеются золото и серебро (1г на тонну отходов) и некоторые редкие элементы. Для складирования пиритных огарков требуется отчуждение больших земельных площадей. При хранении они оказывают вредное и неуправляемое воздействие на окружающую среду. Под действием атмосферных осадков из хранящихся под открытым небом пиритных огарков выщелачивается ряд токсичных веществ, в том числе мышьяк [25, с.363; 5, с.51; 20, с.98-100].

Пиритные огарки находят применение в качестве корректирующей добавки при производстве портландцемента. Применение пиритных огарков в производстве строительных материалов является ярким примером эффективного использования твердых промышленных отходов, т.к. снижение вредного воздействия одного из отходов производства серной кислоты на окружающую среду является не просто безубыточным, но и практически не требующим затрат на капитальное строительство. Единственным фактором, ограничивающим применение пиритных огарков, являются транспортные расходы (включая и расходы на выполнение погрузочно-выгрузочных работ). При ужесточении экологических требований к промышленности страны этим фактором (экономическим) со временем, возможно, придется пренебречь вследствие высокой вредности захоронения или хранения под открытым небом пиритных огарков. В таком случае потребителями этого вида ПТО могут стать все без исключения цементные заводы России независимо от их размещения.

Использование пиритных огарков для производства серого цемента на «Щуровском

цементном заводе» (город Коломна, Московская область) свидетельствует о технической возможности полного потребления ежегодно образующихся в стране пиритных огарков цементной промышленностью. В 2000 году для производства 668,2 тыс. тонн серого цемента на заводе было использовано 9355 тонн пиритных огарков, что составило 13,97 кг пиритных огарков на одну тонну цемента (при плане 27,03 на тонну цемента). С учетом того, что производство цемента в России в 2000 году составило 32 млн. т., а в 1990 году достигало 83,0 млн. т, цементная промышленность была способна использовать 864 тыс. т., или 70%, образовавшихся в 2000 году в химической промышленности пиритных огарков, а при достижении уровня производства цемента 1990 года цементная промышленность страны способна использовать не менее 2,25 млн.т. пиритных огарков[31; 25, с.373].

Ценным вторичным сырьем следует считать электротермофосфорные шлаки, являющиеся отходами производства фосфорной кислоты, получаемой электрическим способом. В гранулированном виде они содержат 95-98% стекла. Электротермофосфорные шлаки находят применение для производства портландцемента (в качестве компонента сырьевой смеси), сульфатостойкого шлакопортландцемента, литого щебня, шлаковой пемзы, стеновой керамики (в качестве компонента шихты). Технологии использования этого вида отходов хорошо разработаны, например, в японской промышленности. В настоящее время в России они не используются, одной из причин чего, является удаленность потенциальных потребителей.

Для химической промышленности весьма актуален вопрос ресурсосбережения. Оно может достигаться за счет использования вторичного сырья или продления срока службы продукции: синтетических смол и пластических масс (2000 год – 2,6 млн. тонн), автомобильных и прочих шин (в 2000 г. – 29,9 млн. шт.) [25, с.363]. Вследствие неоднородности морфологического состава и сложности технологических проблем переработки использованных изделий из синтетических смол и пластических масс в последние годы большое значение уделяется разработке и производству пластмасс с заранее заданными свойствами. Целью этих разработок является значительное увеличение сроков службы пластмассовых изделий, что должно существенно сократить образование отходов в сфере потребления, или же, наоборот, их быстрое и безвредное для окружающей среды самоуничтожение (саморазложение), что делает ненужными сами технологии переработки используемых изделий.

Несмотря на то, что метод восстановления изношенных автомобильных покрышек известен более 20 лет, в России он не получил достаточного развития. Миллионы отечественных и импортных автомобильных покрышек выбрасываются на свалки или сжигаются. В качестве положительного примера можно привести восстановление изношенных автомобильных покрышек на «Коломенском авторемонтном заводе резиново-технических изделий» (город Коломна, Московская область). Производительность цеха ремонта автомобильных покрышек составляет 30 шт. в день, или 7-8 тыс. шт. в год, что не решает проблемы восстановления автомобильных покрышек даже этого подмосковного города. Некоторые выборочные данные, сведенные в

таблицу 8, позволяют судить об экономической эффективности восстановления покрышек на этом автозаводе.

Таблица 8

Тип автопокрышек	Марка автобуса, автомобиля	Стоимость восстановления, руб.	Гарантийная наработка автопокрышек тыс. км.		Рыночная стоимость новых автопокрышек, руб
			1-й класс	2-й класс	
11R 22,5	Мерседес-Бенц	1200	34	26	7380
300 R – 508	«Икарус-280»	1000	32	25	3500
260X508	Зил – 130	750	29	23	2024
205 R – 14	Газ – 24	260	17	-	1150
185 R – 14		260	22	-	1100
165 R – 13	«Москвич»	180	20	-	390-600
155 R – 13	ВАЗ	180	17	-	540-580

Примечания: 1) Сведения получены в коммерческом отделе «Коломенского опытного авторемонтного завода РТИ» и на автомобильном рынке г. Коломна в августе 2002 года.

2) Гарантийная наработка новых автопокрышек для легковых автомобилей составляет: диагональных – 24 тыс.км., радиальных – 48 тыс. км.

В целом же, твердые отходы химической промышленности можно считать пригодными для использования в качестве промышленного сырья почти в полном объеме, хотя и требующими некоторой осторожности при обращении с ними и даже проведения мероприятий по выборочному обезвреживанию. Некоторая, не очень значительная часть, токсичных отходов в химической промышленности из-за отсутствия экономически разумных технологий обезвреживания подлежит захоронению.

е) Деревообрабатывающая промышленность.

Леса являются одним из главных элементов национального богатства России. На долю России приходится более 20% лесного покрова планеты [3, с.13]. По официальным данным, вывозка древесины в 2000 г. составила 94,8 млн. плотных м³. Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность является источником значительного количества ПТО. На долю ствольной древесины, являющейся главным объектом эксплуатации, приходится 70% общей массы дерева, кора составляет 9%, сучья – 8%, пни и корни – 13 % [16, с.11]. Древесные отходы в России успешно используются уже несколько десятков лет.

В качестве сырья в целлюлозно-бумажном производстве используются балансы (круглый лесоматериал) и технологическая щепка из древесных отходов. Коэффициент замены балансов технологической щепкой принимается 1,11. Выход технологической щепки при переработке окоренных отходов в рубильных машинах составляет 82-85%. Таким образом, 1000 м³ используемой в целлюлозно-бумажной промышленности технологической щепки из отходов заменяет 1150 м³ балансов, что уменьшает площадь вырубляемых лесов на 9 га., а также снижает затраты на лесовосстановительные работы. Экономическая и экологическая эффективность использования древесных отходов для производства тарного картона может быть оценена с

учетом коэффициента эквивалентности тарного картона пиломатериалам (для изготовления тары), принимаемого равным $10 \text{ м}^3/\text{т}$. Расход технологической щепы на 1 тонну картона составляет $3,4 \text{ м}^3$. Таким образом, картон, получаемый из 1 тыс. м^3 отходов, заменяет 2500 м^3 пиломатериалов, что соответствует уменьшению площади вырубаемых лесов на 30 га. Одновременно достигается экономия капитальных вложений и снижение затрат на лесовосстановительные работы.

Аналогично, 1000 м^3 древесных отходов, используемых для производства древесноволокнистых плит (ДВП), дает экономию 1850 м^3 круглого леса, уменьшает площадь вырубаемых лесов на 15 га., а используемых для производства древесностружечных плит (ДСП), дает экономию 1500 м^3 пиломатериалов.

На гидролизно-спиртовых заводах древесные отходы используются для получения этилового спирта и кормовых дрожжей. При комплексной переработке 1 тонны абсолютно сухой древесины (из отходов) получают 150-180 л. этилового спирта, 30-40 кг. кормовых дрожжей, 300 кг. технического лигнина, 25-30 кг. жидкой углекислоты, 4-7 кг. фурфурола и 5-8 кг. других видов продукции [16, с.38-41; 21, с.31-33, 49-51].

Важным продуктом лесохимического производства является древесный уголь, который широко применяется для производства кристаллического кремния, сероуглерода, активированного угля и др. Низкое содержание в древесном угле фосфора и серы делает его необходимым в некоторых металлургических процессах. Использование отходов позволяет полностью исключить деловую древесину для получения древесного угля. Из 1 м^3 древесины (отходов и дров) получают 93-132 кг древесного угля [21, с.54].

Древесина является одним из основных видов материалов в строительстве. Древесные отходы представляют основу для производства эффективных заменителей деловой древесины и других строительных материалов, таких как клееные панели и щиты, щитовой паркет, опилкобетон и др.

Многолетняя практика подтверждает эффективность использования древесных отходов для производства мебели, школьно-письменных и канцелярских принадлежностей, спортивного оборудования, игрушек и др. Например, до 2000 года почти вся отечественная мебель производилась из ДСП, т.е. практически из отходов.

Тот факт, что древесные отходы являются ценным вторичным сырьем, в полном объеме пригодным для использования, в том числе для переработки в полезную продукцию различного назначения, может служить убедительным примером для всех отраслей отечественной промышленности, побуждающим к более интенсивному решению проблем переработки ПТО.

Несмотря на некоторые достижения в использовании древесных отходов, в России продолжает сохраняться проблема сбережения лесного фонда, требующая комплексного подхода к ее решению. Труднодоступность значительной части покрытой лесом территории страны привела к чрезмерной вырубке лесов на более доступной территории, особенно в Европейской части России. Более рациональное и дальновидное размещение лесозаготовительных и

деревнообрабатывающих предприятий в сочетании с достаточно высоким уровнем использования древесных отходов и проведения необходимых лесовосстановительных мероприятий должно привести не только к прекращению сокращения площади лесов России, но и к улучшению качества лесов.

Серьезную опасность представляет практически неконтролируемая в настоящее время нелегальная вырубка лесов в сельской местности в некоторых регионах, где для многих жителей это является основной статьей дохода. При этом лесовосстановительные работы не проводятся, а отходы лесозаготовок остаются на лесосеке. Эта проблема может быть решена только одновременным введением строгого контроля за вырубкой леса и повышением занятости населения в других отраслях. Одновременно следует обратить внимание на отходы уже произошедших вырубок, которые могут быть переработаны в полезную продукцию (в т.ч. отопительные брикеты, зольные удобрения) на заводах малой и средней мощности. Для этого требуется государственное финансирование или создание режима максимального благоприятствования для работы таких предприятий.

Проблему в использовании древесных отходов представляет высокая стоимость транспортировки древесных отходов (вследствие больших расстояний до перерабатывающих предприятий и малой плотности отходов), что делает ее экономически невыгодной, а в некоторых случаях является основной причиной отказа от использования части отходов. Переработка их на предприятиях малой мощности могла бы решить эту проблему.

Отметим, что по ряду параметров (прочности, долговечности, возможности обработки, эстетичности и др.) натуральные пиломатериалы (особенно ценных пород) даже при более высокой цене могут быть предпочтительней материалов из древесных отходов. Значительное улучшение товарных качеств изделий из древесных отходов при большей доступности по цене может существенно повысить их без того высокую конкурентоспособность.

Не лучшим следует считать использование древесных отходов в качестве топлива, тем не менее, топливо из отходов предпочтительнее деловой древесины и дров в качестве топлива. Следует учитывать, что традиционно в районах, богатых лесом, в качестве топлива используется кондиционная древесина. Для преодоления этой традиции требуется время и просветительская работа в сочетании с контролем за рубками.

ж) Строительство и производство строительных материалов.

Как и другие отрасли промышленности, строительная отрасль также является источником ПТО. Это цементная пыль, каменная пыль, крошка, кирпичный бой, бракованный и старый бетон и т.д. Эти отходы могут утилизироваться самой строительной отраслью в качестве сырья для портландцемента, заполнителей для бетона, минерального наполнителя, добавок, смешанных вяжущих веществ и пр. Проблему здесь представляет необходимость сбора и сортировки этих отходов, что зачастую не осуществляется.

Промышленность строительных материалов является наиболее емкой из отраслей,

потребляющих промышленные отходы, образующиеся в других отраслях. Даже черная и цветная металлургия уступает промышленности строительных материалов в потреблении ПТО. В перспективе же объем производства строительных материалов из промышленных отходов может значительно превосходить объем производства вторичных металлов [20, с.99-100].

Так, использование в России шлаков от сжигания углей для производства строительных материалов (шлакоблоков) и жилищного строительства имеет многолетнюю, еще довоенную историю. Например, на учете в ЖКО №12 в поселке Щурово (ныне в черте города Коломна) числятся жилые дома (шлакоблочные или шлакозаливные):

- пять 8-квартирных домов постройки 1930 г. (площадью 290 м², 290 м², 366 м², 368,8 м², 372 м²);
- два 30-квартирных дома постройки 1931 г. (оба площадью 1698 м²);
- один 57-квартирный дом постройки 1931 г. (площадью 2426,3 м²);
- два 30-квартирных дома постройки 1936 г. (площадью 1600 м², 1604 м²);
- один 30-квартирный до постройки 1938 г. (площадью 1616,3 м²);
- один 8-квартирный дом постройки 1950 г. (площадью 374 м²);
- два 12-квартирных дома постройки 1951 г. (площадью 510 м², 531,7 м²);
- три 8-квартирных дома постройки 1952 г. (площадью 378 м², 383,4 м², 396,6 м²);
- два 8-квартирных дома постройки 1953 г. (площадью 391 м², 424 м²);
- один 8-квартирный дом постройки 1954 г. (площадью 406,3 м²);
- один 4-квартирный дом постройки 1958 г. (площадью 441,4 м²);
- один 6-квартирный дом постройки 1958 г. (площадью 437 м²)

Все эти дома двух- и трехэтажные и, по отзывам жильцов, очень теплые. Радиационный уровень в них не превышает фоновый. Снос этих домов в ближайшие 30-50 лет не планируется, так как они вполне пригодны для жилья. Более чем 70-летний отечественный опыт почти повсеместного использования шлаков в жилищном строительстве подтверждает их высокую ценность и пригодность к замещению традиционных материалов. К сожалению, увлечение с начала 60-х гг. панельным жилищным строительством привело к почти полному прекращению промышленного использования шлаков от сжигания углей для жилищного строительства, что, возможно, явилось основной причиной накопления неиспользованных отходов ТЭС.

В настоящее время представляется вполне перспективным использование шлаков ТЭС для малоэтажного жилищного строительства и производства отделочных материалов, что будет способствовать как решению жилищной проблемы, так и развитию малого и среднего бизнеса в стране. Использование шлаков, нефелинов и других ПТО для производства строительных материалов настолько общепризнано, что некоторые цементные заводы завозят их из довольно отдаленных источников. Например, ОАО «Щуровский цемент» для использования в качестве добавок при производстве цемента закупает пирит (огарки) у ОАО «Аммофос» (г. Череповец) или ОАО «Новомосковсказот» (Тульская область), шлак – у ОАО «НЛМК» (г. НовOLIпецк) или у ОАО «Северсталь» (г. Череповец), золу – у ТЭЦ 22 Мосэнерго и даже барду (отходы производства спирта) у Архангельского ЦБК [31; 32].

В России практически отсутствует цивилизованный рынок строительных отходов, часть которых является кондиционными строительными материалами, а значительная часть – ценным вторичным сырьем. Пока же строительные отходы используются стихийно, а большей частью вывозятся на полигоны ПТО или стихийные свалки. Большое жилищное строительство в Москве, Санкт-Петербурге и других крупных российских городах, осуществляемое одновременно с частичным обновлением жилого фонда, является удобным моментом для формирования отечественного рынка строительных отходов и ПТО других отраслей, применяемых в производстве строительных материалов. При достаточном содействии руководства страны, энерго- и ресурсосбережении и экономическом поощрении переработки ПТО, большая часть которых пригодна для использования в производстве стройматериалов и строительстве, в России будут сохранены значительные запасы природных материалов (песка, гравия, глины и др.), являющихся к тому же естественными очистителями грунтовых и подземных вод.

Отметим в заключение, что стоимость продукции, которую возможно произвести из образующихся и накопленных в России ПТО, изменяется в широких пределах и может составлять:

А) для образующихся ПТО: 2.6 млрд. т. * (60 – 600) руб. = 156 млрд. руб. – 1,56 трлн. руб. (2 – 20 % ВВП)

Б) для накопленных ПТО: (44 - 85) млрд. т. * (60 – 600) руб. = 2,7 – 51 трлн. руб. (в ценах 2000 г.) [7; 19; 22; 26; 37].

Литература:

1. Блохин А.И., Зарецкий М.М., Стельмах Г.П., Эйвазов Т.С. Новые технологии переработки высокосернистых сланцев. М., «Светлый СТАН», 2001, 192 с.
2. Большая советская энциклопедия. 3-е издание в 30 томах. М., «Советская энциклопедия», 1970-1978
3. «Вторичные ресурсы» №3-4, 2001
4. «Вторичные ресурсы» №1, 2002
5. «Вторичные ресурсы» №2, 2002
6. Вяхирев Р.И. и др. Экологические аспекты устойчивого развития теплоэнергетики России. В 2-х частях, М. «Ноосфера», 2001
7. Горелов В.И., Евстегнеев Д.В., Ледашева Т.Н. Комплексная оценка стран мира по уровню развития. Научно-практический журнал «Московский оценщик», №5(24) октябрь 2003
8. Дубов И.В. Многоуровневая система решения проблемы использования отходов. М., «Универсум», 1995, 322 с.
9. Дубов И.В. Ресурсосберегающая система комплексного использования золошлаковых отходов ТЭС в народном хозяйстве РФ. М., «Универсум», 1994, 162 с.
10. Ельчанинов Е.А. и др. Охрана окружающей среды при подземной разработке угольных месторождений. М., «Наука», 1995, 240 с.
11. Ермолов В.А. (Под ред.) Месторождения полезных ископаемых. М., «МГГУ», 2001, 568с.
12. «Итоги» от 12 ноября 2002 г.
13. Коротич В.И. и др. Начала металлургии. Екатеринбург, «УГТУ», 2000, 392 с.

14. Крапчин И.П., Кудинов Ю.С. Уголь сегодня, завтра. Технология. Экология. Экономика. М., «Новый век», 2001, 216 с.
15. «Коммерсантъ» от 10 сентября 2002 г.
16. Коробов В.В., Брик М.И., Рушнов Н.П. Комплексная переработка низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок. М., «Лесная промышленность», 1978, 270с.
17. Крылов Д.А., Путицева В.Е., Крылов Е.Д. Исследование экологических последствий использования угля вместо природного газа в энергетике России. (Отчет по заданию Международного центра по энергетической безопасности Минатома России). М., 2000г.
18. Кудрин В.А. Ресурсосбережение в металлургии и проблемы охраны природы. М., «МГВМИ», 56 с.
19. «Металл прайс» № 19 - 2003
20. Микульский В.Г. Строительные материалы. М., «АСВ», 2002, 536 с.
21. Михайлов Г.М., Серов Н.А. Пути улучшения использования вторичного древесного сырья. М., «Лесная промышленность», 1988, 224 с.
22. «Прейскурант завода ЖБК и СД (ст. Щурово)», август 2003 г.
23. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М., «Финансы и статистика», 2001, 672 с.
24. Российский статистический ежегодник. Статистический сборник. М., «Госкомстат России», 1995, 976 с.
25. Российский статистический ежегодник. Статистический сборник. 2001. М., «Госкомстат России», 2001, 688 с.
26. Россия. 2003. Статический справочник. М. «Госкомстат России», 2003, 56с.
27. «Русский фокус» от 3-9 декабря 2001 г.
28. Советский Союз. Географическое описание в 22 томах. М., «Мысль», 1968-1971. Том «Общий обзор»
29. Советский Союз. Географическое описание в 22 томах. М., «Мысль», 1968-1971. Том «Российская Федерация»
30. Стрижко Л.С. Металлургия золота и серебра. М., «МИСиС», 2001, 336 с.
31. Финансовый отчет ОАО «Щуровский цемент» за 2000г.
32. Финансовый отчет ОАО «Щуровский цемент» за 2001 г.
33. ФЦП «Отходы». (1996-2000 г.г.) Постановление Правительства РФ от 13.9.1996. №1098
34. ФЦП «Переработка техногенных образований в Свердловской области». Постановление Правительства РФ от 24.6.1996 г. № 738.
35. ФЦП «Энергосбережение России». (1998-2005 г.г.) Постановление Правительства РФ от 24.1.1996. №80
36. ФЦП «Экология и природные ресурсы» (2002-2010 г.г.) Постановление Правительства РФ от 7.12.2001. №860. Подпрограмма «Отходы».
37. Цены в России. 2002: Стат. Сб. /Госкомстат России. М., 2002, 171 с.
38. www.mnr.gov.ru
39. www.nlmk.ru

40. www.severstal.ru

41. «The Russian Journal», March 2003