

В.И.Лотош, А.И.Аксенов.

**Концептуализация проблемы утилизации твердых промышленных отходов
(на примере г. Екатеринбурга)**

Рассмотрены способы переработки основных групп промышленных отходов (пылей, шламов, шлаков металлургического и литейного производств; зол и топливных шлаков; отработанных формовочных смесей; осадков сточных вод гальванических и травильных производств), а также углеводородных материалов (бензинов, масел, нефтешламов), жидких и твердых отходов высокомолекулярных соединений (лаков, красок, пластмасс, резины, бумаги и т.д.).

На основании анализа рассмотренных способов выработана концепция, следование которой позволяет в значительной степени повысить эффективность переработки отходов. Основные положения концепции: 1. Минимизация количества технологий переработки отходов в конкретном регионе со сведением их в предельном случае до единственной. Минимизация достигается за счет использования общих для возможно большего числа отходов способов их переработки; 2. Связанное с предыдущим увеличение объемов и повышение эффективности переработки отходов на единичных установках; 3. Всемерное использование для переработки отходов существующих технологий и оборудования действующих крупнотоннажных производств, что резко сокращает капитальные и текущие затраты по их ликвидации.

На основе изложенной концепции разработана универсальная схема утилизации (УСУ) промышленных отходов г. Екатеринбурга, направленная на их использование в качестве компонента сырьевой смеси на Невьянском цементном заводе.

Твердые отходы промышленных производств в значительной части относятся к числу крупнотоннажных, поэтому проблема их переработки существенно актуализируется в связи со все более суживающимися возможностями их складирования. В настоящее время практически полностью утилизируют лишь пиритные огарки сернокислого производства при выпуске портландцемента и там же – доменные шлаки. Помимо них, во всех регионах России образуются такие, например, промышленные отходы, как железосодержащие ограночные, а также сталеплавильные пыли, шламы, шлаки; золы, топливные шлаки; отработанные формовочные смеси (горелые земли); осадки сточных вод гальванического (ГО) и травильного (ТО) производств; углеводородные материалы (бензины, масла, нефтешламы и др.); жидкие и твердые отходы высокомолекулярных соединений (лаки, краски, эмали, шпатлевки, пластмассы, резина, бумага и картон, стекло и стекловолокно).

Одним из наиболее крупнотоннажных отходов являются металлургические пыли, выход которых в 1990 г. на одну тонну металла составил, кг: 13 – в доменном производстве, 18 – в кислородно-конвертерном, 15 – в электроплавильном [1].

Разработанные к настоящему времени способы утилизации железосодержащих отходов в основном рассчитаны на вовлечение больших объемов пылей и шламов, содержащих цветные металлы как с высокой, так и с низкой концентрацией.

При ощутимых содержаниях вредных примесей (цинка, свинца, калия, натрия и др.) в пылях и шламах необходимы дополнительные мероприятия по их переработке перед утилизацией.

В настоящее время предложен, опробован и внедрен в промышленных масштабах ряд технологических процессов переработки пылей и шламов в кондиционные материалы черной металлургии [2 – 7], зачастую с одновременным выделением примесей цветных металлов в продукт, пригодный для дальнейшего использования на предприятиях цветной металлургии (вельцевание, плавка в жидкой ванне, обжиг в шахтных и вращающихся печах, плазменные технологии и др.).

Разработаны способы гидро-[8] и пирометаллургического [7, 9] обогащения цветными металлами пылей и шламов с целью их последующей утилизации. В этом плане перспективны технологические процессы обогащения цветными металлами пылей и шламов в пирометаллургических агрегатах, традиционно применяемых в черной металлургии (дуговые печи, кислородные конвертеры и др.).

В работе [10] заявлена утилизация шламов мартеновской газоочистки в производстве портландцемента в качестве железосодержащей добавки. В настоящее время аналогичный способ используется на Нижнетагильском цементном заводе применительно к мартеновской пыли Нижнетагильского металлургического комбината.

Шламы и пыли доменного передела за рубежом (Япония) утилизируют как сырье для получения безобжиговых окатышей, используемых в доменном и сталеплавильном производствах [11].

Переработка металлургических шлаков является частью комплексной проблемы внедрения безотходных технологий. Их выход в черной металлургии на 1 т. металла достигает, кг: 270 – в доменном переделе, 121 – в конвертерном, 145 – в электросталеплавильном [1]. Как уже отмечалось, наиболее полно (порядка 90-100%) утилизируются доменные шлаки. Более половины их получают в гранулированном виде, используя для производства портландцемента и его разновидностей; около 20% доменных шлаков перерабатывается в щебень.

Сталеплавильные шлаки, количество которых также велико, для различных нужд расходуют в следующем соотношении, % : на производстве щебня и песка для строительства – 21,2; оборотный продукт для металлургии – 6,2; известковые и фосфорные удобрения – 2,2 [12]. Объем их переработки составляет более 30% от общего выхода, количество извлекаемого из них металла достигало на территории СССР к 1990 г. свыше 1,5 млн тонн. В таких странах как США, Япония, ФРГ, Бельгия объем перерабатываемых сталеплавильных шлаков равен 90-100%.

Из направлений утилизации сталеплавильных и ваграночных шлаков, получивших практическое применение в последнее время, следует отметить производство на их основе шлакощелочных цементов [13, 14], бетонных изделий [15].

Золы и топливные шлаки в больших количествах образуются на ТЭС и котельных при сгорании угля. Основная область их утилизации – получение вяжущих (зольно-известковых и зольно-щелочных) [16, 17]. Они применяются также для изготовления бетона и железобетона, кирпича, пористых заполнителей, керамики, дорожных материалов. Вместе с тем, по различным оценкам [18, 19], в нашей стране перерабатывается лишь 7-15% зол, а в Германии, Франции и Бельгии их утилизация достигает 60-80%.

Использование обработанных формовочных смесей в целом совпадает с применением топливных зол и шлаков [20, 21].

Осадки сточных вод гальванических и травильных производств являются одними из наиболее вредных неорганических загрязнителей, отличающихся весьма пестрым составом и имеющихся практически на каждом металлообрабатывающем предприятии. В них входят цветные (медь, никель, цинк, кадмий и т.п.) и черные (железо, хром) металлы, концентрация которых может меняться от десятых долей до нескольких, а иногда и более процентов, в зависимости от конкретного вида гальванического покрытия протравливаемого материала.

Из намечившихся путей переработки ГО и ТО можно отметить их использование при производстве цементов и безобжиговых строительных материалов [22-25]. Однако ГО и ТО в составе цементов и бетонов или их захоронение на полигонах могут быть опасны для окружающей среды [22, 26-28]. В плане экологической безопасности приемлемо применение ГО и ТО в асфальтобетонных смесях и в обожженных строительных материалах: кирпиче и других стеновых керамических изделиях, черепице, керамзите, пигментах, красителях строительных материалов и т.д. [22, 29-31].

Относительно новым направлением переработки и утилизации ГО и ТО является получение из них сплавленных и окомкованных материалов. Произведенные продукты могут

быть приведены в строительных целях, для последующей переработки или безопасно захоронены [32, 33].

Ряд исследований посвящены металлургической переработке ГО и ТО с извлечением из них цветных металлов [34-37]. Однако, по нашему мнению и в согласии с публикациями [22, 37], относительно небольшой объем этих материалов на единичных установках делает их утилизацию экономически неэффективной.

Из других способов переработки ГО и ТО отметим их использование для изготовления селективных ионообменных материалов и сложных ферритов, применяемых в электротехнической, радиотехнической, химической промышленности и т.д. [29, 38].

Для удаления цветных металлов из загрязненной ими почвы проводят ее кислотную обработку [39] или выращивают на ней специальные сорта растений, сорбирующие загрязнения. Растения затем могут быть удалены обычными способами [40].

Углеводородные материалы включают нефтепродукты, масла, легковоспламеняющиеся и смазочно-охлаждающие жидкости, жиросодержащие соединения. По агрегатному состоянию их разделяют на твердые (пастообразные) и жидкие.

Наиболее крупнотоннажными являются нефтесодержащие отходы (бензины, керосины, нефтезагрязненные осадки и шламы). Зона их массивного присутствия достигает 1-3 километра от предприятия и сказывается на расстоянии не менее 20 километров, в том числе в части поллютации сельскохозяйственных культур, особенно лука, картофеля, редиса и яблок [41].

Для удаления углеводородных загрязнений из почвы широко используют различные термические методы обезвреживания при температурах от 100 до 250° С [42-46]. Химические способы обработки в ряде случаев позволяют иммобилизовать загрязнения и получить строительные материалы для создания дорожных покрытий, фундаментов, облицовок отстойников, обожженного кирпича, керамзита [29, 42, 43]. Применяют также биологические [29, 42, 43, 47, 48] и физико-химические методы: экстракции, дистилляции, адсорбции, фильтрации, выпаривания, кристаллизации и другие [29,42,43,49,50].

Аналогичные способы используются для регенерации и обезвреживания жидких и пастообразных отходов высокомолекулярных соединений типа лаков, красок, эмалей, шпатлевок [29, 51].

Основными направлениями утилизации и ликвидации пластмассовых отходов являются захоронения на полигонах и свалках, переработка в изделия, совместное сжигание с городским мусором, пиролиз и отдельное сжигание в специальных печах [29, 52, 53].

Резиновые отходы включают отработанные изделия типа конвейерных лент, приводных ремней, товарной резины, прорезиненных тканей, шин и т.п. Их используют в качестве компонентов вторичного сырья при производстве шифера, резинокордных плит, рулонной кровли, регенерата, резиновой крошки для дорог с усовершенствованным асфальтобетонным покрытием, гидроизоляции, технического углерода, для выработки тепла и т.д. [29, 54].

Отходы бумаги и картона обычно используют для производства многослойного картона и газетной бумаги, эковаты или сжигаются [29, 55].

Стеклобой и некондиционное стекловолокно утилизируют при варке стекла, как наполнители в дорожном строительстве, при изготовлении строительной керамики, кирпича [29].

В отдельную группу следует выделить промышленные отходы разнообразного состава, относящиеся к первому и второму классу опасности, обладающие ярко выраженным ядовитым воздействием (цианиды, ртутьсодержащие, пестициды, кубовые остатки, химреактивы с просроченным сроком годности и др.). Наиболее распространены методы их нейтрализации сжиганием при высоких температурах (для органических соединений), физико-химическая обработка с образованием нейтральных, не растворимых в воде соединений и их последующее захоронение [56-59].

В практически любом крупном индустриальном центре номенклатура отходов в значительной степени включает их вышерассмотренные группы. Не является исключением и г. Екатеринбург (табл. 1). При этом наблюдается значительное сокращение их количества, которое с 1992 по 1994 г. снизилось с 264 до 114 тыс. тонн. Основную массу в 1994 г. составили твердые неорганические материалы IV класса опасности. В сумме данные отходы составляют почти 90% их массы (позиции 1-5, 8 табл. 1). Оставшаяся часть (10,5%) целиком представлена органическими соединениями. Подавляющая масса их (8,8%) приходится на долю нефтешламов и нефтеотходов. Таким образом, доля неорганических материалов V класса опасности и нефтесодержащих в общем количестве промышленных отходов г. Екатеринбурга превышает 98%.

Примеров реальных действий по переработке промышленных отходов в Екатеринбурге немного.

Определенный вклад в это вносит предприятие " Уралцемент". Им реализуется направление утилизации дисперсных твердых отходов в крупнотоннажных действующих производствах, предусмотренное перспективной программой промышленной экологии города [60]. В рамках данного направления Невьянский цементный завод принимает от Уралцемента отработанные формовочные смеси как компонент цементной сырьевой муки.

Проводились испытания с целью использования ГО в производстве стройматериалов: керамзитового гравия, кирпича, керамической плитки на соответственно Богдановичском керамзитового гравия, Уктусском кирпичном и Екатеринбургском керамзитовом заводах. Отрабатывается также технология, в соответствии с которой обезвоженные и высушенные ГО добавляются в электропечь при переплаве металлической стружки (пятитонная печь Вторчермета) с переводом их в шлак.

На заводе резинотехнических изделий пущены технологические мощности по утилизации резиноотходов.

На Уральском заводе тяжелого машиностроения практикуют уничтожение нефтешламов биологическими методами с использованием технологии "Путидойль". Часть отходов типа легковоспламеняющихся жидкостей потребляется как разжижитель асфальтовой массы на асфальтовом заводе; они же применяются при производстве керамзитового гравия в качестве вспучивающей добавки. Небольшое количество жидких нефтееотходов расходуется для смазки форм при производстве железобетонных изделий.

Анализ известных методов и практики обращения с отходами в Екатеринбурге и других городах показывает, что основной тенденцией является их обработка на отдельных установках. Поскольку для каждого отхода, как правило, известно несколько технологий переработки и типов оборудования, то число предлагаемых к освоению вариантов чрезмерно велико. Это практически исключает экономически обоснованный выбор конкретной технологии, приводит к распаду единой проблемы утилизации промышленных отходов на отдельные фрагменты. Ориентирование на переработку в отдельных сравнительно небольших установках вследствие влияния масштабного фактора резко увеличивает стоимость операций.

Неперспективными для переработки и захоронения отходов представляются также заводы-полигоны. В значительной степени они являются "дурной бесконечностью", т.е. суммой отдельно взятых технологий, реализуемой в одном месте. Синергический эффект такого мероприятия не слишком велик, зато в значительной степени осложняется экологическая обстановка на территориях, прилегающих к полигону [27, 28, 61-63].

Нами выработана концепция, следование которой позволяет в значительной степени повысить эффективность переработки отходов. В основе концепции лежат следующие положения:

1. Минимизация количества технологий переработки отходов в конкретном регионе со сведением их в предельном случае до единственной. Минимизация достигается за счет общих для возможно большего числа отходов способов их переработки.

2. Связанное с предыдущим увеличение объёмов и повышение эффективности переработки отходов на единичных установках.

3. Всемерное использование для переработки отходов существующих технологий и оборудования действующих крупнотоннажных производств, что резко сокращает капитальные и текущие затраты по их ликвидации.

На основе изложенной концепции возможно создание универсальных схем утилизации (УСУ) промышленных отходов для определенной территории. Под универсальной понимается единая схема (технология), в рамках которой в утилизацию может быть вовлечена основная масса отходов. Тип УСУ зависит от их количества и номенклатуры в регионе, его промышленной инфраструктуры. В основе разработки УСУ лежит выявление таких технических решений, которые являются общими для большей части отходов конкретного промышленного узла. Покажем технологию разработки универсальной схемы на примере г. Екатеринбурга.

В соответствии с таблицей 1, 90% ПО города представлено твердыми неорганическими веществами IV класса опасности, подавляющую долю которых составляют отработанные формовочные смеси, шлаки металлургического и литейного производств, шламы газоочисток, а также топливные золы и осадки сточных вод. Оставшаяся часть – органические соединения, преобладающая масса которых приходится на долю нефтешламов и нефтеотходов.

Из этого следует, что логичным является принятие за основу УСУ одной из технологий переработки твердых неорганических отходов. Поскольку среди последних весьма существенную часть (>80%) составляют отработанные формовочные смеси и металлургические шлаки, то предлагаемая технология прежде всего должна быть пригодна для этих материалов.

Анализ известных способов их утилизации показывает, что такая общая технология заключается в применении отработанных формовочных смесей и металлургических шлаков в производстве цемента в качестве кремнеземноизвесткового компонента его сырьевой смеси. Принятие такого решения позволяет также использовать как составляющую цементной сырьевой смеси шламы газоочистки, топливные золы, шламы и осадки сточных вод, то есть всю массу твердых неорганических промышленных отходов г.Екатеринбурга.

Более того, цементной промышленности можно переработать подавляющую массу органических отходов, прежде всего, нефтесодержащих, а также резины, пластмассы и особотоксичных.

Реальность предлагаемой утилизации органических отходов в цементной промышленности подтверждается новейшей зарубежной практикой высокоразвитых стран [64-69].

В США [65] в цементных печах перерабатывают:

- нефтешламы и нефтеотходы, распыляя и сжигая их в зоне горения;
- изношенные автопокрышки на 25 заводах, в том числе на 14 заводах – целые, на 11 – изрезанные на куски в 25 – 50 мм;
- отходы обработки бумаги с повышенным содержанием кальция;
- отходы пищевой и пивоваренной промышленности, содержащие диатомитовую землю (основа – SiO_2);
- отработанные катализаторы нефтепереработки (Al_2O_3) и низкосортные бокситовые руды, содержащие глинозем;
- низкощелочные стекла.

Сопоставление эффективности мусоросжигательных установок (заводов) и цементнообжигательных печей при переработке горючих отходов показывает очевидные преимущества второго варианта. Так, сжигание одной бочки горючих отходов в цементной печи обходится в 160 долларов, а в мусоросжигательной установке – 500 долларов. Гораздо выше также и инвестиции в мусоросжигательные установки. Поэтому в настоящее время в США из ~2 млн. т горючих отходов в цементных печах перерабатывается уже 1,2 млн. т, а в мусоросжигатели попадает не более 1 млн. т [66].

Сжигание бумажных отходов в печах по производству цементного клинкера экономит 8% тепла, поскольку его расход снижается с 860 до 790 ккал/кг клинкера. Такая технология с 1991 г используется на одном из заводов Германии, на котором утилизируется до 150 т/сутки (до 55 тыс. т/год) бумажных отходов [67].

Состояние окружающей среды при сжигании органических (топливных) отходов в печи для обжига цементного клинкера не вызывает опасений. В частности, при сжигании автопокрышек, других резиновых отходов, бытового мусора, биогаза, полихлоринбифенилов и других хлорингидрокарбонатов в печи длиной 56 м с запечным теплообменником степень разложения указанных соединений достигает 99,9999%, а в отходящих печных газах не содержится даже следов токсичных соединений [68].

Более того, сжигание угольного топлива и угля в смеси с опасными жидкими отходами и смолами не представляет угрозы при их использовании даже в подогревателях цементной печи. В этом случае вредные выделения всех органических соединений очень незначительны, так как степень их разложения и удаления достигает 99,99%.

Оценка по девяти возможным путям воздействия на организм человека свидетельствует, что нет существенных различий в показателях риска при использовании в качестве топлива только угля и угля с добавками органических отходов [69].

В целом, по заключению работы [69], применение опасных отходов в качестве добавок к топливу при обжиге цементов становится все более значимым фактором в их переработке.

Специального рассмотрения заслуживает целесообразность переработки в составе цементной сырьевой смеси ГО и ТО-средоточия тяжелых (медь, никель, цинк, свинец, олово) и других (кадмий, кобальт, мышьяк) цветных металлов, хрома, фосфора и т.п. Ряд этих элементов и их соединений является веществами I-III классов опасности и представляет значительную угрозу состоянию окружающей среды. Их присутствие в цементно-сырьевой смеси ставит несколько вопросов: влияние указанных элементов на процесс спекания цементного клинкера и выбросы загрязнителей в окружающую среду; изменение строительно-технических свойств портландцемента; возможность перехода загрязнителей в окружающую среду при использовании вяжущего.

Известно, что обжиг клинкера производится при коэффициенте избытка воздуха на горение топлива 1,05-1,15 [70], т.е. в печи обжига поддерживается окислительная атмосфера. Значительная длина вращающихся печей (60-230 м) и окислительная атмосфера обуславливают присутствие в них в качестве стабильных преимущественно простых или сложных (в виде силикатов, алюминатов, ферритов и т.д.) оксидов металлов. Однако даже наиболее летучие простые оксиды (свинца, кадмия, цинка) могут лишь в незначительной степени переходить в газовую фазу. Так, по данным [71], при 100° С упругость паров оксида свинца составляет 3,7 мм рт. ст., оксида кадмия – лишь 1 мм рт.ст., а оксида цинка при 1300° С – всего 1,5 мм рт.ст. Летучесть сложных оксидов этих металлов на несколько порядков ниже. Таким образом, теоретические предпосылки перехода цветных металлов и хрома в газовую фазу и заметного загрязнения ими окружающей среды несущественны.

Относительно влияния металлосодержащих компонентов шламов на процесс клинкерообразования известно следующее. Присутствие в сырье оксидов титана, фосфора, марганца, трехвалентного хрома не регламентируется. Оксид цинка и другие его соединения являются катализаторами минералообразования, соединения меди, никеля, кобальта ускоряют клинкерообразование. В количестве до 1-2% большинство перечисленных веществ находится в виде твердых растворов с основными минералами клинкера [70, 72, 73].

Присутствие оптимальных (0,2-0,5%) количеств оксидов фосфора и хрома и 0,5-2% оксидов титана, марганца сопровождается ускорением гидратации цемента и повышением

начальной прочности цементного камня [70, 74, 75]. Аналогично влияют добавки силиката никеля [76]. Замедляет гидратацию цемента в ранние сроки твердения введение значительных (более 0,4% от его массы) количеств оксида цинка [77]. Его отрицательное влияние устраняется введением небольших количеств гипса [78], т.е. практически во всех случаях, поскольку 3-5% последнего служат стандартной добавкой в цемент. Отрицательно действует оксид двухвалентного свинца в количестве более 0,5% от массы портландцемента [79, 80], но такое его содержание в практических условиях не встречается.

Загрязнение окружающей среды примесными цветными металлами и хромом при гидратации портландцемента отсутствует, так как он является отличным иммобилизатором вводимых в него ГО и их соединений [81-83].

Обычное содержание цветных металлов и хрома в гальванических осадках варьирует в широких пределах: от десятых долей до единиц процентов. Как максимально возможный вариант примем концентрацию каждого из этих элементов на уровне 5%. Соотношение масс подлежащих переработке ГО (500 т/г по твердому) и сырьевой смеси на цементных заводах Свердловской области составит в этом случае 1:3000. Отсюда следует, что максимальная доля цветных металлов и хрома, вносимая в сырьевую смесь, составит 0,001-0,002%. Такая концентрация близкая к содержанию этих элементов в стандартных сырьевых материалах цементного производства [84] не будет оказывать реального влияния ни на качество портландцемента, ни на экологическое состояние окружающей среды как при обжиге клинкера, так и при последующем его использовании.

В целом, состав твердых неорганических отходов г.Екатеринбурга и их соотношение позволяют получить смеси, пригодные к утилизации в производстве цементного клинкера (табл. 2). В ней 95% представляют клинкерообразующие минералы (оксиды кремния, алюминия, кальция, магния, железа). По их сумме и по содержанию отдельных компонентов смесь соответствует легкоплавким глинам. Как известно, последние состоят в основном из, %: 70 – 80 кремнезема, 3 – 10 глинозема, 3 – 6 оксидов железа, небольших количеств карбонатов кальция и магния. В отдельных случаях содержание оксидов кальция может достигать 10 – 25, а оксидов магния – 3 – 5% [85].

Изложенное показывает, что определяющим мероприятием в решении проблемы переработки твердых промышленных отходов г.Екатеринбурга должно стать создание общегородской установки по их подготовке к утилизации в цементном производстве. Установка подготовки к утилизации (УПУ) в кооперации с цементным заводом составляет суть универсальной схемы переработки промышленных отходов г.Екатеринбурга (рисунок).

Основные технологические операции УПУ представляются следующими:

- извлечение из отработанных формовочных смесей металлических включений и арматуры;
- подсушка (при необходимости) некоторых компонентов смеси, например, шламов, до влажности, обеспечивающей их дозирование из бункеров;
- доизмельчение неорганических отходов, прежде всего шлаков, до крупности, достаточной для их окомкования;
- дозирование отдельных твердых промышленных отходов для обеспечения постоянного химического состава смеси;
- окомкование смеси (это исключает ее пыление при перевозках и смерзание в зимний период).

Данная схема подготовки позволяет вовлечь в утилизацию пыли и шламы сталеплавильных печей, отработанные формовочные смеси, шлаки металлургические, литейные и топливные, золы, все шламы и осадки сточных вод, то есть 90% промышленных отходов г.Екатеринбурга.

Дополнительно должен быть изучен вопрос введения в состав сырьевой смеси УПУ нефтесодержащих отходов. Имеются в виду возможные затруднения с их равномерным перемешиванием с основной (неорганической) частью промышленных отходов. Положительные результаты проверки позволят поднять уровень использования отходов на УПУ до 98%.

Оставшихся 2% отходов (резиновых, пластмасс) могут быть подготовлены к утилизации в цементном производстве как в рамках УПУ (на специальных ее участках), так и на отдельных локальных установках.

По некоторой части решений УСУ следует узнать и принять во внимание производителей цемента:

- в каком виде (окомкованом или неокомкованном) целесообразно поставлять им сырьевую смесь;
- каковы требования к отходам резины и пластмасс по крупности, где участки по их подготовке целесообразно расположить – на УПУ или цементном заводе;
- что предпочтительнее – вводить нефтесодержащие шламы в сырьевую смесь УПУ или использовать непосредственно на цементном заводе?

Как видим, рассмотренные на примере г. Екатеринбурга принципиальные решения утилизации промышленных отходов логичны, обоснованы опытом России, передовых в экологическом отношении стран и решают основную концептуальную задачу – сведение многочисленных решений к весьма ограниченному их числу. Несомненным достоинством

УПУ является последующая переработка основной массы отходов в крупнотоннажном действующем производстве.

Преимущества предложенного решения были весьма быстро оценены. Администрация г. Екатеринбурга, глобально решая проблему переработки промышленных отходов, достигла соглашения с ОАО "Уралцемент" и Невьянским цементным заводом (НЦЗ) о подготовке отходов (номенклатуру см. в таблице 2) на базе Уралцемента с последующим их использованием в цементной сырьевой смеси. Одновременно администрация г. Екатеринбурга, стимулируя заинтересованность НЦЗ, выступила с ходатайством перед правительством Свердловской области о присвоения заводу статуса ведущего предприятия по переработке промышленных отходов с предоставлением ему предусмотренных законодательством налоговых и финансовых льгот.

Следует отметить, что альтернативным переработке промышленных отходов на цементном заводе решением является их плавка (в вагранках, электропечах и т.п.) с производством шлаковых литых изделий или плавленого цемента [86, 87]. Для реализации этого направления в Екатеринбурге имеются свободные мощности печей (завод «Вторчермет», Верхисетский завод и др.).

Наличие УПУ не исключает при необходимости возможности переработки некоторых видов отходов на ряде локальных установок, если это в каком-то частном случае окажется более целесообразным с точки зрения решения общей проблемы ликвидации промышленных отходов данной территории.

23.08.2002

Лотош Валерий Ефимович, докт. техн. наук, профессор

Аксенов Валентин Иванович, канд. техн. наук, доцент

Таблица 1

Динамика образования промышленных отходов
в г. Екатеринбурге (ориентировочно)

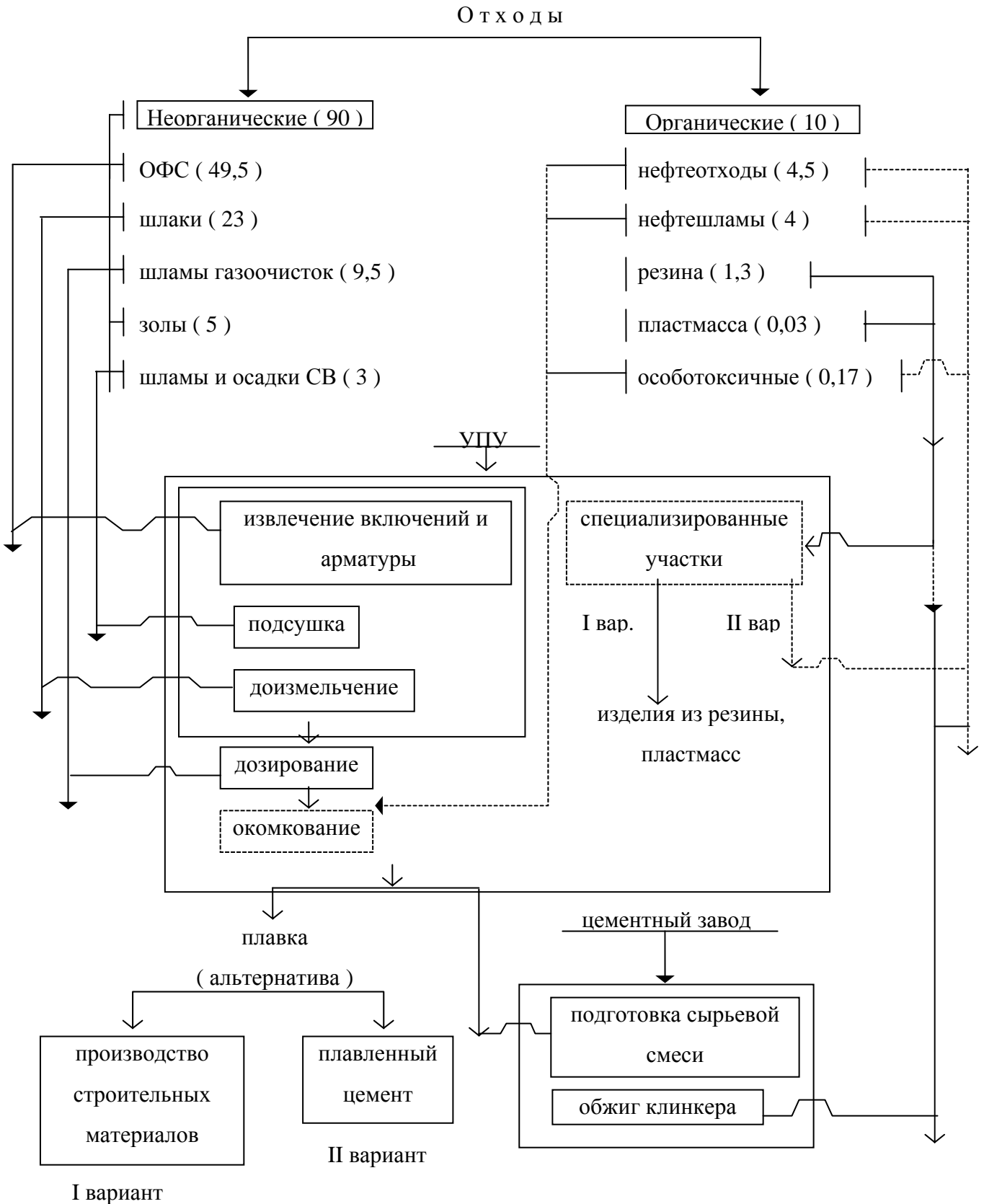
N	Отходы	1992 г.,	1993 г.,	1994 г.	
		тонн	тонн	тонн	%
1	Шлаки металлургического производства кл. оп. IV	37941	25847	25641	22,45
2	Шлаки литейного производства кл. оп. IV	1225	976	488	0,43
3	Земли литейные (отр. формовочные смеси) кл. оп. IV	164250	108617	55895	48,93
4	Шламы и осадки сточных вод кл. оп. IV	13538	8060	3374	2,95
5	Шламы газоочистки кл. оп. IV	15536	11974	10765	9,42
6	Резиноотходы кл. оп. III	2435	1641	1530	1,34
7	Красители и растворители кл. оп. II	554	549	524	0,46
8	Золы (ТЭЦ, котельные) кл. оп. IV	8432	7642	5789	5,07
9	Нефтеотходы кл. оп. II	10550	7179	5298	4,64
10	Нефтешламы кл. оп. III	8433	7717	4726	4,14
11	Отходы пластмасс кл. оп. III	66	40	34	0,03
12	Особотоксичные отходы кл. оп. I – II	1068	315	171	0,15
13	Итого	264028	180557	114235	100

Таблица 2.

Химический состав (мас%) твердых неорганических отходов
и их смеси для использования в цементной сырьевой шихте.

N	Материал	Кол-во, тонн	Доля, %	CaO, Ca(OH) ₂	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Оксиды,гидр оксиды Fe	Другие
1	Отработанные формовочные смеси	56000	54,90			95	3	1	1
2	Шлаки металлурги- ческого и литейного производства	26000	25,49	45	8	20	5	15	7
3	Шламы газоочистки	11000	10,78	1,5	6	2	1	78	11,5
4	Золы	6000	5,88	10	1,5	55	15	10	8,5
5	Шламы и осадки сточных вод	3000	2,94	30			25	5	40
	Всего	102000	100	13,2	2,8	60,7	4,6	13,5	5,2

Рисунок. Принципиальные решения УСУ



Цифры в скобках - доля, %.

----- требует дополнительных обоснований

Л и т е р а т у р а.

1. JICI survey of ferruginous iron and steelmaking by-product. – Steel Times, 1994. – 222. – № 11. – с. 431-432.
2. Худяков И.Ф., Дорошкевич А.П., Корелов С.В. Комплексное использование сырья при переработке лома и отходов тяжелых цветных металлов. – М.: 1985. – 155 с.
3. Романец В.А. Процесс жидкофазного восстановления железа: разработка и реализация. – Сталь, 1990. – № 8. – с. 20-27.
4. Гарина И.М. Результаты эксплуатации промышленной установки по переработке пыли процессом плазмодаст. – М.: 1989 (экспресс-информация / ин-т "Черметинформация", сер. 3), вып. 9. – с. 1.
5. Стрелец А.И., Княжанский М.М., Гевеке И.П. Перспективы развития процессов удаления вредных примесей из железосодержащих отходов предприятий черной металлургии. – Черная металлургия. Бюл. ин-та "Черметинформация", 1991. – №6. – с. 37-41.
6. Herley S. Dust recycler sees a more demanding market. – Metal Bull. Mon, 1995, June.
7. Zinc recovery from zinc-bearing dust by use of sensible heat of hot metal / N. Sakamoto, K. Takemoto, N. Yamamoto, etc. – JCIJ Int., 1995. – 35. – N11. – p. 1323-1330.
8. Haucke M., Meuer R. Neues Aufbereitungsverfahren für Siemens-Martin-Ofenstaub. – Werk und wir, 1979. – Vol 27. – N1, S. 723-732.
9. Krishnan E.R., Kemmer W.F. Recycling of dust from electric arc furnace – an experimental evaluation // 44th Electric furnace conference. Warrendale. – Pa. – December 9-12. – 1986.
10. А.С. 381626 (СССР).
11. Лотош В.Е., Окунев А.И. Безобжиговое окускование руд и концентратов. – М.: Наука, 1980. – 216 с.
12. Вторичные материальные ресурсы черной металлургии (справочник) /А.Е.Юрченко. – М.: Экономика, 1986. – Т 2. – 344 с.
13. Петропавловский О.Н. Структурообразование и синтез прочности шлакощелочных вяжущих на основе шлаков сталеплавильного производства. – Цемент, 1990. – № 11. – с. 5-7.
14. Кривенко П.В., Ростовская Г.С., Петропавловский О.Н. Шлакощелочные вяжущие на основе ваграночных шлаков. – Строит. матер. и конструкции, 1992. – № 3-4. – с. 16-17.

15. Леонтьев Е.Н., Молчанова В.С. Производство изделий из бесцементного плотного силикатного бетона на основе отходов литейного производства // В кн.: Опыт и перспективы использования отходов в производстве сборного железобетона и строительных материалов. – М.: Моск. дом НТП им. Дзержинского, 1989. – с. 96-99.
16. Глуховский В.Д. Грунтосиликатні вироби і конструкції. Киев: Будивельник, 1967. – с. 41-42.
17. Бабаев Ш.Т., Башлыков Н.Ф., Фаликман В.Р. Высокоэффективные бесцементные вяжущие из золошлаковых отходов ТЭС и бетоны на их основе. – Строит. матер., 1991. – № 6. – с. 17-18.
18. Рыбьев И.А. Современное строительное материаловедение в решении экологических проблем. – Изв. вузов. Строительство, 1992. – № 9-10. – с. 121-125.
19. Уткин Ю.В. Вторичные ресурсы – важный резерв черной металлургии. – Сталь, 1994. – № 3. – с. 1-6.
20. Новые комплексные добавки в цемент из отходов металлургического производства / О.П. Мчедлов-Петросян, И.В. Боровская, М.В. Бабич, В.Л. Берштейн. – Цемент, 1983. – № 6. – с. 6-7.
21. Рогожина Р.Я. Оценка возможности применения отходов литейного производства в качестве заполнителей для бетона. – Энергетическое строительство, 1992. – № 4. – с. 62.
22. Утилизация шламов гальванических производств / Л.Н. Губанов, В.А. Войтович, Е.В. Масанкин и др. – Водоснабжение и санитарная техника, 1993. – № 8. – с.20-24.
23. Основы создания безотходных технологий химических процессов, основанных на использовании отходов, для производства шлакощелочных цементов и бетонов / В.Д. Глуховский, Б.М. Емельянов, И.П. Чернобаев, А.П. Семенюк. Журн. прикл. химии, 1984. – № 12. – с. 2649-2652.
24. Коренькова С.Ф., Сухов Ю.В., Шеина Т.В. Шламы гальванических производств – добавка в цементные материалы. – Строит. матер. и конструкции, 1992. – № 2. – с. 12-14.
25. Скурчинская Ж.В., Кривенко П.В., Лавриненко С.Д. Утилизация гальванических шламов при производстве шлакощелочных вяжущих. – Цемент, 1993. – № 3. – с. 37-39.
26. Комплексная оценка технологий утилизации осадков сточных вод гальванических производств / С.С. Тимофеева, А.Н. Баранов, А.Э. Балаян, Л.Д. Зубарева. – Химия и технология воды, 1991. – № 3.
27. Иванов А.Н. Эколого-гигиеническая оценка полигона для захоронения промышленных отходов предприятия цветной металлургии по переработке вторичного сырья. – Гигиена и санитария, 1993. – № 8. – с.21-24.

28. Грубанова Л.П., Портнова Т.Г. Контроль подземных и поверхностных вод в районах полигонов твердых бытовых отходов Московского региона. – Экологический вестник Подмосквья, 1993. – № 4. – с. 27-29.

29. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат, 1990. – 352 с.

30. Санитарно-гигиеническая оценка асфальтобетона, изготовленного с добавками гальванических шламов / Н.Ф. Копейкин, Г.Н. Белова, Н.Н. Виноградов и др. – Гигиена и санитария, 1993. – № 11. – с. 52-53.

31. Азаров Г.М., Зырянов М.Н., Чепурных Н.И. Нейтрализация вредного воздействия на окружающую среду тяжелых металлов, содержащихся в гальванических осадках. – Цветная металлургия. Бюл. ин-та "Цветметинформация", 1993. – № 3. – с.26-27.

32. Галкин Ю.А., Лотош В.Е., Аксенов В.И. Технология утилизации осадков сточных вод машиностроительных предприятий. – Химия и технология воды, 1990. – № 6. – с. 563-567.

33. Wasay S.A., Das H.A. Immobilisation of chromium and mercury from industrial wastes. – J. Environ. Sci and Health, 1993. – 28. – № 2. – p. 285-287.

34. Коган Б.И., Воробьев Л.Ф. Утилизация и обезвреживание мышьякосодержащих кеков, образующихся при очистке сточных вод. – Цветная металлургия. Бюл. ин-та "Цветметинформация", 1992. – № 1. – с. 43-45.

35. Пат 1820915 (СССР).

36. Заявка 52-88520 (Япония).

37. Баранов А.Н., Тимофеева С.С. Пирометаллургический способ извлечения металлов из отходов гальванического производства. – Изв. вузов. Цветная металлургия, 1995. – № 1. – с. 27-29.

38. Использование гальваношламов для изготовления селективных ионообменных материалов / М.В. Зильберман, Е.Г. Налимова, И.А. Елизарова, Л.Ф. Гафиева // В кн.: Загрязнение окружающей среды: проблемы токсикологии и эпидемиологии. – Пермь, 1993. – с. 353-53.

39. Acid cleans in heavy metals. – Chem. Eng. (USA), 1991. – 98. – № 4. – p. 17,19.

40. Пат. 5364451 (USA).

41. Влияние предприятий нефтехимической и нефтеперерабатывающей отрасли на санитарное состояние почвенного покрова / Р.А. Сулейманов, С.М. Сафонникова, М.Р. Яхина, С.А. Могжанова. – Гигиена и санитария, 1996. – № 3. – с. 12-15.

42. Антонова Н.Б., Туманова Н.А. Зарубежный опыт ликвидации свалок. – Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 1994.- № 2. – с. 88-94.
43. Chapuls R., Roudier P. Les techniques de depollution. – Face risque, 1994. – № 3. – p. 13-15.
44. Заявка 4111868 (ФРГ).
45. Le traitement thermique de sols. Dix ans d'experience aux Pays-Bos. – Courants, 1993. – № 23. – p. 24-30.
46. In situ vitrification gains ground in soil treatment. – Chem. Eng., 1994.- 101. – №11. – p. 26-27.
47. Fungal technology for soil decontamination. – Chim oggi, 1994. – 12. – № 7-8. – p.80.
48. Bulman T.L., Newland M., Wester A. Decontamination of polluted with diesel combustible soil in situ and using of bioventilation. – Hydrol. Sci., J., 1993. – 38. – № 4. – p.297-308.
49. McGovern W.E., Kakaria V. The use of solvent extraction with propan for treatment of contaminated soils and sludges. – Amer. Inst. Chem. Eng. Spring Nat Meet. – New York, 1992. – p.27.
50. Aachener atlastensanierung technikumsanlage erfolgrush / K. Hudel, M. Klein, F. Forge, etc. – Energie (BRD), 1993. – 45. – № 12. – s. 20-26.
51. Werwertungswege fur lackslamme. – Galvanotechnik, 1995.- 86.-№ 2.- s. 534-536.
52. Аксенов В.И. Замкнутые системы водного хозяйства металлургических предприятий. – М.: Металлургия, 1991. – 128 с.
53. Kunststoffe in Hocholen // Kunststoffe, 1995. – 85. – № 3. – s. 362.
54. Руденский А.В., Морев А.И. Возможность утилизации и использования отходов металлокорда в дорожном строительстве. – Автомоб. дороги, 1994. – № 5. – с.13-16.
55. Иванов Г.В. Новый экологически чистый теплоизоляционный материал. – Строит. матер., 1995. – № 1. – с. 21.
56. Санитарные правила. Порядок накопления, транспортирования, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов. – М.: Минздрав СССР, 1985.
57. The treatment toxic sediments. – Process. Eng. (Austral), 1993. – 21. – № 5. – p. 14.
58. Riese B. Thermisch reinigen. – Ind. – Anz., 1995. – 17. – № 23. – p. 68,70.
59. Сафонов Г.А., Штомпель В.А. Новая технология демеркуризации люминесцентных ламп и других ртутьсодержащих изделий. – Вестник МГТУ. Сер. машиностр., 1992. – № 4. – с. 45-49.

60. Перспективная программа по промышленной экологии г. Екатеринбурга. – Екатеринбург, 1993. – 49 с.
61. Case-control assessment of the short-term health effect of an industrial toxic waste landfill / A. Delorain, D. Zmirou, C. Tillier, etc. – *Envir. Res.*, 1995. – 68. – № 2. – p. 124-132.
62. Ли С.К., Григорьев В.Я., Герливанов В.Г. Оценка токсикологической опасности полигонов захоронения отходов кремнийорганических производств и рекультивация загрязненных территорий. – *Химическая промышленность*, 1995. – № 12. – с. 44-48.
63. Robin D., Martin M., Haerdi W. Metaux lourds dans le sol au voisinage d'une usine d'incineration. Bilan apres 10 annees de prelevement. – *Arch. Sci*, 1995. – 48. – № 1. – p. 19-28.
64. Demonstrative testing of recycling cement plant. – *Techno Jap.*, 1995. – 28. – № 5. – p. 112.
65. MacGregor M. Emerging technologies for utilising waste in cement production. – *World Cem.*, 1994. – № 1. – p. 49-51.
66. Trene K. Incinerator and cement kiln face off. – *Chem. Eng. (USA)*, 1994. – № 4. – p. 5.
67. Отходы бумажного производства – это не отбросы. *Цемент*, 1993.- № 4. – с. 5.
68. Neumann E., Duerr M., Kreft W. Combustion wastes incinerating in cement kiln. – *World Cem.*, 1990. – 21. – № 3. – p. 80-82.
69. Detailed determination of organic emissions from a preheated cement kiln co-fired with liquid hazardous wastes. – *Hazardous Waste and Hazardous Mater*, 1994. – 11. – № 1. – p. 201-216.
70. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
71. Основы металлургии / отв. редакторы Н.С. Грейвер, Д.Н. Клушин, И.А. Стригин, А.В. Троицкий. – М.: Госметаллургиздат, 1962. – 792 с.
72. Balasoin H., Teoreanu T. Changes in composition of major phases in portland cement clinker induced by microaddition of Cr_2O_3 , MnO_2 and TiO_2 . – *Rev. roum. chim.*, 1994. – 39. – № 8. – p. 899-907.
73. Older J., Schmidt O. Structure and properties of portland cement clinker with addition of ZnO . – *J. Amer. Ceram. Soc.*, 1980. – 63. – № 1. – p. 13-16.
74. Rao Subba W.V., Narang K.C. Potential of making active belite cements with chromium oxide as modifier. – *Zem-Kalk-Gips*, 1987. – 40. – № 8. – p. 434-437.
75. Klemm P., Szulc J., Prytulski S., Supera A. Zastosowanie odpadów garbowania chromowego jako dodatki do cementów. – *Lesz. nauk, Plodz: Bud.*, 1984. – № 33. – с. 123-129.

76. Влияние особенностей электронной конфигурации 3d-катионов на твердение цементных паст / Л.Г. Лукина, И.Н. Степанова, Л.Б. Сватовская, М.М. Сычев. – Журн. прикл. химии, 1983. – № 6. – с. 1322-1325.

77. Гидратационное твердение вяжущих веществ в присутствии неорганических добавок / Т.А. Козленко, И.И. Крыжановский и др. – Коллоид. журнал, 1973. – № 5. – с.949-952.

78. Arliguie G., Grandef J. Etude de l'hydratation du ciment en presence de zinc, influence de la teneur en gypse. – Cem. and Concr. Res. – 1990. – № 3. – p. 346-354.

79. Влияние процессов окисления на твердение цемента / Л.Б. Сватовская, М.М. Сычев, Е.С. Досмагомбетова, В.Е. Кряжова. – Цемент, 1980.- № 10. – с. 8-9.

80. Tashiro C., Ohba I. Effect of Cr_2O_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, ZnO and PbO in compressive strength and character of hydrated new formations into hardened paste of C_3A . – Cem. and Concr. Res., 1979. – 9. – № 12. – p. 253-258.

81. Чубирко М.И., Басова Г.М., Виноградов Н.Н. Обезвреживание тяжелых металлов гальванических осадков при изготовлении цементобетона. – Гигиена и санитар., 1994. – № 4. – с. 22-24.

82. Гигиеническая оценка новой технологии обезвреживания гальванических отходов / Чубирко М.И., Басова Г.М., Виноградов Н.Н. и др. – Гигиена и санитар., 1996. – № 1. – с. 12-13.

83. Sprung S., Reshenberg W., Bachmann G. Umweltvertraglichkeit von Zement. – Zem-Calk-Gips, 1994. – 47. – № 8. – s. 456-461.

84. Коугия М.В., Беляева В.И. Редкие элементы в материалах цементного производства. – Цемент, 1996. – № 1. – с. 23-24.

85. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.

86. Бобров Б.С. Плавленые клинкера, получаемые в электродуговых печах, и цементы на их основе. – М.: Стройиздат, 1968. – 143 с.

87. Шапкарин С.Н., Кузьмин В.Н. Анализ энергетической и экономической эффективности использования огненно-жидких металлургических шлаков в производстве плавленого цементного клинкера // В кн.: Науч. тр. Московского энергетического института, 1988. – № 176. – с. 10-14.