# ОГЛАВЛЕНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 2](#_Toc514171201)

[1. Общая характеристика отходов промышленности 3](#_Toc514171202)

[1.1. Основные понятия отходов 3](#_Toc514171203)

[1.2. Классификация отходов промышленности 3](#_Toc514171204)

[2. Методы хранения отходов промышленности 7](#_Toc514171205)

[2.1. Использование хранилищ промышленных отходов 7](#_Toc514171206)

[2.1.1 Хранение взрывоопасных отходов 8](#_Toc514171207)

[2.2. Наземные полигоны 8](#_Toc514171208)

[3. Термическое обезвреживание токсичных промышленных отходов 9](#_Toc514171209)

[3.3.1 Окислительный пиролиз 10](#_Toc514171210)

[3.3.2 Сухой пиролиз 10](#_Toc514171211)

[3.4 Огневая переработка 11](#_Toc514171212)

[3.5 Переработка и обезвреживание отходов с применением плазмы 12](#_Toc514171213)

[4. Разработка малоотходных и безотходных технологий и методов комплексного использования отходов промышленности 14](#_Toc514171214)

[4.1. Металлургия 15](#_Toc514171215)

[4.2. Топливно-энергетический комплекс 17](#_Toc514171216)

[4.3. Химический комплекс 18](#_Toc514171217)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 19](#_Toc514171218)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 19](#_Toc514171219)

# ВВЕДЕНИЕ

Наука и техника начала третьего тысячелетия развивается в темпах геометрической прогрессии, не является исключением и промышленность как одна из самых (если не самой) масштабных сфер деятельности человека. Подобного рода тенденция распространилась по всему миру и уже захватила развивающиеся, в прошлом слаборазвитые, страны. Российская Федерация обладает одним из мощнейших во всем мире промышленным потенциалом, доставшимся ей в наследие от Советского Союза, после распада которого до сих пор промышленность нашей страны не оправилась в полной мере. Несмотря на это, промышленность России, так или иначе, развивается всё более стабильно и целенаправленно. В связи с не безупречностью технологических процессов на данном этапе неизбежно негативное воздействие промышленности на окружающую среду, промышленных отходов как компонента данного воздействия. Ежегодно во всем мире и в нашей стране миллиарды тонн твердых, пастообразных, жидких, газообразных отходов поступает в биосферу, нанося тем самым непоправимый урон как живой, так и неживой природы. В глобальных масштабах изменяется круговорот воды и газовый баланс в атмосфере. Огромное количество видов живых существ подвержены воздействию опасных веществ, в том числе на генетическом уровне, отсюда вытекает поражения целого ряда поколений организмов, а может и множества. Стало очевидным, что и люди не застрахованы от жатвы плодов своей беспечности и халатного отношения к природе. Так, лишь по прошествию несколько десятилетий после создания крупных промышленных узлов, на которых велся недостаточно или не велся вовсе контроль над выбросами токсичных отходов в биосферу, в окрестностях стали появляться на свет дети с очевидными мутациями. Если люди в состоянии позаботиться о себе, животные и растения сами на это не способны, поэтому необходимо тщательно следить за развитием и жизнедеятельностью организмов в зонах прямого и косвенного воздействия промышленных предприятий и смежных с ними объектов. Несмотря на давность и большое количество исследований в области экологически чистого производства, проблема утилизации и переработки промышленных отходов остается актуальной до сих пор.

Цель же данной работы заключается в рассмотрении основных ныне существующих и перспективных способов утилизации и переработки промышленных отходов. Достижение глобальной цели в процессе выполнения работы достигалось рассмотрением локальных задач. Во-первых, дать понятие промышленных отходов и рассмотреть их классификацию по различным критериям: по их химической природе, технологическим признакам образования, возможности дальнейшей переработке и использования и степени их токсичности. Во-вторых, охарактеризовать способы утилизации, переработки и, при необходимости, условий их захоронения. В-третьих, рассмотреть возможность комплексного использования отходов промышленности как в целом в промышленности, так и на примере металлургического, топливно-энергетического и химического комплексов.

Настоящая работа выполнена на основе анализа учебной и научной литературы из фондов Областной Библиотеки им. М. Горького.

# 1. Общая характеристика отходов промышленности

Негативное воздействие промышленности выражается в воздействии на конкретные части природы и на биосферу в целом отходов от процессов добычи и переработки природных ресурсов. Отходы производства и потребления являются источниками антропогенного загрязнения окружающей среды в глобальном масштабе и возникают как неизбежный результат потребительского отношения и непозволительно низкого коэффициента использования ресурсов. Например, в СССР в год цветная металлургия потребляла около 2 млрд. т. горных пород, а товарная продукция составляла 1 % [22]. В Российской Федерации, так или иначе, переходят в отходы 90 – 95 % [16] или от 80 млрд. т.8 до 120 млрд. т. [21] из них более миллиарда токсичных и являющихся важными источниками экологических эксцессов с ежегодным приростом 10 млрд. т. [21] или 9 – 10 % [16], ежегодно площади, занимаемые отходами, увеличиваются на 250 тыс. га [16]. Основными поставщиками отходов являются горнодобывающая, химическая, , металлургическая, топливно-энергетическая отрасли [21].

## Основные понятия отходов

В общем, отходами называются продукты деятельности человека в быту, на транспорте, в промышленности, не используемые непосредственно в местах своего образования и которые могут быть реально или потенциально использованы как сырье в других отраслях хозяйства или в ходе регенерации. Отходами производства являются остатки материалов, сырья, полуфабрикатов, образовавшихся в процессе изготовления продукции и утратившие полностью или частично свои полезные физические свойства. Отходами производства могут считаться продукты, образовавшиеся в результате физико-химической переработки сырья, добычи и обогащения полезных ископаемых, получение которых не является целью данного производства. Отходы потребления – непригодные для дальнейшего использования по прямому назначению и списанные в установленном порядке машины, инструменты, бытовые изделия.

По возможности использования, различаются утилизируемые и неутилизируемые отходы. Для первых существует технология переработки и вовлечения в хозяйственный оборот, для вторых в настоящее время отсутствует.

## 1.2. Классификация отходов промышленности

Промотходы зачастую являются химически неоднородными, сложными поликомпонентными смесями веществ, обладающими различными химико-физическими свойствами, представляют токсическую, химическую, биологическую, коррозионную, огне- и взрывоопасность [16]. Существует классификация отходов по их химической природе, технологическим признакам образования, возможности дальнейшей переработке и использования [18]. В нашей стране вредные вещества характеризуется по четырем классам опасности, от чего зависят затраты на переработку и захоронение [5, 9, 20, 21]:

1. **Чрезвычайно опасные**. Отходы, содержащие ртуть и ее соединения, в том числе сулему (HgCl2), хромовокислый и цианистый калий, соединения сурьмы, в том числе SbCl3 – треххлорную сурьму, бенз-а-пирен и др.

Токсичность соединений ртути заключается во вредном воздействии иона Hg2+. В организм ртуть попадает, как правило, в неионой форме. Ртуть вступает в соединение с белковыми молекулами в крови, в результате чего образуются более или менее прочные комплексы – металлопротеиды. Страдают тиоловые энзимы и в организме возникают глубокие нарушения функций центральной нервной системы, что приводит к инертности корковых процессов в мозге. Воздействие соединений ртути на животных при остром отравлении проявляется в потере аппетита, жажде, слюнотечение, рвота, общая слабость, позднее кровавый понос, катаракта на слизистой глаз, возможные судороги, внезапная смерть при поражении двигательных узлов сердца и спинного мозга. У выживших через 1 – 2 часа поражение желудочно-кишечного тракта, через 5 суток – поражение почек, перерождение клеток печени.

У человека при отравлении сулемой и другими солями ртути – головные боли, поражение десен, стоматит, набухание лимфатических и слюнных желез, иногда повышенная температура. В тяжелых случаях нефроз в почках и через 5 – 6 дней смерть. В достаточно легких случаях – потеря аппетита, тошнота, рвота (иногда с кровью), слизистый понос (чаще с кровью), язва желудка и двенадцатиперстной кишки. Сначала может возникнуть усиленное мочеотделение, потом почти полное его прекращение. При хроническом отравлении у людей и животных поражается нервная система (резкая переменчивость активности), изменения в клетках коры больших полушарий мозга, ствола спинного мозга, периферийных нервах. Среди людей, больных туберкулезом, высокая смертность.

Общее воздействие на организм цианистого калия (KCN) и других солей синильной кислоты (HCN) вызывает нарушение дыхания, резкое понижение способностей тканей потреблять доставляемый кислород. При хроническом отравлении возможно нарушение продуцирование гормона щитовидной железой, тяжелое поражение дыхательных путей, головная боль, похудение, нарушение потенции и либидо, снижение функции половых желез развитие анемии, лейкопения, поражение почек, ухудшение зрения и слуха, на коже образуется хроническая экзема. Смертельная доза KCN для человека – 0.12 г, иногда переносятся бóльшие дозы, замедление действия возможно при заполнении желудка пищей.

Соединения сурьмы вызывают раздражения слизистых дыхательных путей и пищеварительного тракта, кожи. При хроническом отравлении данные вещества способны вызывать нарушение обмена веществ, негативно влияющие на нервную систему и сердце. При гидролизе SbCl3 в организме образуется HCl, приводящая с острому воспалению легких и дыхательных путей и опасному воздействию на пищеварительную систему (хотя несколько меньше). SbCl3 раздражает глаза, вызывает тошноту, рвоту, понос, мышечную слабость при попадании в желудок, задерживает мочеиспускание, в результате – судороги, сердечная слабость, коллапс, смерть.

Бенз-а-пирен (1,2-бензпирен) – сильное канцерогенное вещество, получаемое при производстве каменноугольной смолы (содержание 0.001–1 %), каменноугольного пека (1.5 – 2 %), сланцевой смолы (до 0.2 %), сланцевых масел, – содержится в сырой нефти, нефтепродуктах, древесном дыме, продуктах пиролиза древесины и торфа. 1,2-бензпирен обладает канцерогенной активностью в отношении человека и животных. Возможно развитие раковых опухолей самых различных органов: легких, желудка, молочных желез и многих других. Действие канцерогенов на организм происходит при его взаимодействии с элементами клетки. Существуют гипотезы, что такие соединения не играют самостоятельной роли, а только создают условия для онкогенных вирусов. ПДК бенз-а-пирена в атмосферном воздухе составляет 0.01 мкг/м3.

1. **Высоко-опасные**. Отходы, содержащие хлористую медь, содержащие сульфат меди, щавелевокислую медь, трехокисную сурьму, соединения свинца.

Свинец – яд, действующий на все живое, в особенности на нервную систему, кровь, сосуды; в меньшей степени действует на эндокринную и пищеварительную системы. Активно влияет на синтез белка, энергетический баланс клетки и ее генного аппарата, возможно денатуративное действие, подавление ферментативных процессов, выработка неполноценных эритроцитов из-за поражения кроветворных органов, нарушение обмена веществ.

Медь содержится в организме главным образом в виде комплексных органических соединений и играет важную роль в кроветворении. Во вредном действии избытка решающую роль, по-видимому, играет реакция Cu2+ с SH-группами ферментов (фриден). С колебаниями содержания Cu в сыворотке и коже связано появление депигментации кожи. Реакции соединений меди с белками тканей верхних дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта.

Токсичность CuCl2 проявляется как действие Cu2+ и образующейся в организме соляной кислотой.

Попадание в желудок животных сульфата меди (CuSO4) вызывает анемию, язву желудка, изменения в печени, кровоизлияние в почках и семенниках, смерть. При вдыхании – воспаление верхних дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта, поражение центральной нервной системы.

У людей попадание CuSO4 или Cu(CH3COO)2 в желудок вызывает тошноту, рвоту, боли в животе, понос, быстрое появление гемоглобина в крови и моче, желтуха, анемия, при почечной недостаточности – смерть. При хронической интоксации медью и ее солями – функциональное расстройство нервной системы, нарушение функции печени и почек.

1. **Умеренно-опасные**. Отходы, оксиды свинца (PbO, PbO2, Pb3O4), хлорид никеля, четыреххлористый углерод.

При остром травлении хлоридом никеля (NiCl2) возникает возбуждение, угнетение; покраснение слизистых оболочек и кожи; понос. Длительное воздействие вызывает снижение числа эритроцитов, но многими животными это переносится не очень болезненно.

1. **Малоопасные**. Отходы, содержащие сульфат магния, фосфаты, соединения цинка, отходы обогащения полезных ископаемых флотационным способом с применением аминов.

Mg способствует изменениям содержания SH-групп во внутренних органах, нарушению нуклеинового обмена. У людей поражается носовая полость, выпадают волосы. Действие собственно MgSO4 на кожу приводит к дерматологическим заболеваниям.

Фосфаты – смеси различных веществ, среди которых все или часть соединения фосфора; многие из них применяются в качестве удобрений. Поскольку анион фосфорной кислоты является физиологическим, общая токсическое действие ее солей возможна лишь при весьма высоких дозах.

Попадание пыли фосфатов в организм развивает пневмосклероз, сокращение бронхов и кровеносных сосудов. Токсичность многих фосфоритов зависит от примеси фтора. Наиболее ядовита нитрофоска – смесь моно- и диаммония фосфатов с KNO3.

При контакте с фосфатами у человека могут развиваться дерматиты: сыпь, жжение и зуд, отек кожи лица – жжение в глазах, слезоточивость, выпадение радужной оболочки, хотя быстро отходящие. Возможно нарушение менструального цикла. Течение в целом благоприятное, но при осложнениях возможно развитие пневмонии бронхита.

Хлорид цинка (ZnCl2), используемый для консервирования древесины и в целлюлозно-бумажной промышленности, у животных вызывает развитие злокачественных опухолей в легких и половых органах, нарушение твердости костей и зубов. У человека поражаются дыхательные пути, иногда желудочно-кишечный тракт, реже язва желудка. ПДК хлорида цинка – 1 мг/м2.

Сульфат цинка или цинковый купорос (ZnSO4 · 7H2O) – раздражитель дыхательных путей животных, желудочно-кишечного тракта. Вызывает малокровие, задержку роста. У человека может развиться повышенная заболеваемость органов дыхания, пищеварения, кровообращения, кожи.

Принадлежность к группам определяется по классификатору промышленных отходов, расчетным путем, если известны гигиенические параметры вещества (например, ПДК) и экспериментальным путем. Отходы всех классов делятся на твердые, пастообразные, жидкие, пылевидные или газообразные. Твердые отходы: пришедшая в негодность тара из металлов, дерева, картона, пластмасс, обтирочные материалы, отработанные фильтроматериалы, обрезки полимерных труб, кабельной продукции [1]. Пастообразные: шламы, смолы, осадки с фильтров и отстойников от очистки емкостей теплообменников. Жидкие: сточные воды, содержащие органические и неорганические, не подлежащие приему на биоочистку ввиду высокой токсичности [1]. Пылевидные (газообразные): сдувки от дыхательных трубок емкостного оборудования, выбросы из участков обезжиривания, окраски продукции [1]. По химической устойчивости отходы различаются: взрывоопасные, самовозгорающиеся, разлагающиеся с выделением ядовитых газов, устойчивые. Отходы могут быть растворимые и нерастворимые в воде. По происхождению: органические, неорганические, смешанные отходы.

В промышленно развитых странах доля расходов на реализацию экологичных способов производства от стоимости конечной продукции 30 – 50 % [8]. В нашей стране до сих пор экономика промышленного производства недостаточно учитывает или не учитывает совсем убытки от деградации природной среды, себестоимость продукции определяется без учета стоимости природы [16].

# 2. Методы хранения отходов промышленности

При разработке новых ресурсосберегающих и экологичных технологических процессов, необходимо обезвреживание отходов на стадии вывода из технологического процесса, но при современном развитии науки и техники невозможно исключить образование неутилизируемых, не подлежащих сжиганию, не поддающихся нейтрализации токсичных отходов. В этом случае целесообразно захоронение отходов такого рода в специально создаваемых для этого хранилищах, где можно будет захоронить промышленные отходы для их использования в будущем.

В приложении данной работы имеется краткая схема на основе работы [8] по использованию объектов для неутилизируемых отходов.

## 2.1. Использование хранилищ промышленных отходов

Для захоронения отходов промышленности целесообразно использовать резервуары в геологических формациях: гранит, вулканические породы, туфы, базальты, соляные толщи, гипс, ангидрит, доломит, глина, гнейсы [8; 21]. Такого рода хранилища могут существовать как самостоятельно, так и совместно с горнодобывающими предприятиями на его шахтном поле [21].

В течение последних 70-ти лет наша страна была и остается сейчас крупнейшим поставщиком разнообразных полезных ископаемых, при добыче которых образуются порядка нескольких миллиардов м3 пустот [8], непогашенных или постепенно погашаемых выработанных пространств, пригодных в большей или меньшей степени для захоронения промышленных отходов, в том числе радиоактивных. При размещении отходов необходимо соблюдать ряд определенных условий и ограничений [8]:

1. Водонепроницаемость толщ и наличие над и под ними обильных водоносных толщ;
2. Полное исключение возникновения деформаций, способных сделать толщу водопроводящей (сдвиг под действием собственной массы, динамические нагрузки, вызванные землетрясениями, газодинамическими явлениями, наземными взрывами и т.п.);
3. Размещение вдали от населенных пунктов, территорий возможных появлений наводнений, селей, прорыва дамб и плотин, оседание земной поверхности в результате горных работ;
4. Наличие способов и средств, позволяющих при необходимости оперативно и с полной гарантией навечно перекрыть выработки, через которые отходы будут подаваться в выработанные пространства.

Подземное захоронение отходов может осуществляться на различных глубинах и гидродинамических зонах литосферы, согласно этому хранилища подразделяются [21]:

* + - * **Неглубокие** – В зоне аэрации и активного водообмена;
      * **Среднеглубокие** – Ниже зоны активного водообмена, в пределах пластовых температур 50 – 70º С;
      * **Глубокие** – на глубине свыше 2000 м.

Необходим учет мощности зоны аэрации и фильтрационные свойства пород, интенсивность экзогенных геологических процессов (карст, эрозия, оползень и др.), влияющих на герметичность хранилищ.

Существуют предложения по нетрадиционным способам создания подземных емкостей посредством энергии камуфлетного взрыва [6] и ядерного взрыва [19].

В итоге: хранилище токсичных промышленных отходов – сложная геотехническая система, составными элементами которой являются компоненты геологической среды (массив горных пород, подземные воды) и наземно-подземные инженерные сооружения (выработки, скважины, коммуникации).

### 2.1.1 Хранение взрывоопасных отходов

Хранение взрывоопасных отходов, представляющих некоторую ценность в будущем после создания технологий их переработки и использования, наиболее целесообразно в подземных хранилищах с повышенными мерами безопасности и возможной флегматизацией [21]. Уничтожение взрывоопасных отходов связано со значительными затратами на обеспечение безопасности процесса. Требования к размещению хранилищ взрывоопасных отходов аналогичны общим защитным мероприятиям для хранения промышленных отходов. Воздействиями, инициирующими возможный их взрыв, являются механические удары, трение, высокие температуры, электрическая искра или блуждающие токи, химическая реакция между компонентами, близкий взрыв [21]. Для предотвращения негативных последствий захоронения взрывоопасных отходов, помимо общих требований для изоляции промотходов из биосферы, необходимо [21]:

1. Помещение взрывоопасных отходов в тару для предохранения от всех видов инициирующих воздействий;
2. Достаточное удаление от системы ЛЭП;
3. Использование качественной электропроводки для освещения подсобных помещений;
4. Предохранение от нежелательных химических реакций, в том числе путем низкой температуры хранения и уже упомянутой флегматизации;
5. Безопасные транспортировка, погрузки-разгрузки взрывоопасных отходов.

Взрывоопасные вещества и смеси:

* 1. Соли тяжелых металлов (СТМ) гремучей кислоты – фульминаты;
  2. СТМ и органические производные азотоводородной кислоты – азиды, циниануразиды;
  3. СТМ ароматических оксинитросоединений – пикраты, стивриаты (нитрорезорцинаты);
  4. Производные 5-членного гетероциклического соединения тетразола;
  5. Некоторые производные азотоводорода тетразена, например гунилнитрозоамингуанилтетразен;
  6. Производные аминов ароматического ряда, соли диазопроизводных диазооксы, хинодизаиды;
  7. Органические перекиси;
  8. Ацетилениды некоторых тяжелых металлов;
  9. Динитробензофуроксены тяжелых металлов;
  10. Нитросоединения – тротил, тетрил, гексоген;
  11. Нитроэфиры – тиланин, нитроглицерин и др.;
  12. Нитропарафины – нитрометан;
  13. Гидраты гликолей – этиленгликоль;
  14. Хлораты и перхлораты щелочных металлов;
  15. Нитраты целлюлозы, некоторых металлов и газов;
  16. Смеси горючих элементов с окислителями;
  17. Газово-воздушные смеси горючих летучих веществ.

## 2.2. Наземные полигоны

Наземные полигоны для хранения промышленных отходов являются и должны использоваться в качестве временных, промежуточных пунктов на пути в хранилища. Согласно действующим положениям по проектированию и созданию наземных полигонов их размещение запрещено [16]:

* Вблизи месторождений пресных подземных вод и их водо-охранных зон;
* Вблизи месторождений минеральных лечебных и промышленных вод;
* На территории зон охраны курортов
* На территории заповедников
* В пределах селитебных и рекреационных зон населенных пунктов.

# 3. Термическое обезвреживание токсичных промышленных отходов

На современном этапе открывается всё больше возможностей существенно сократить количество не утилизируемых отходов, которые имеют сложный химический состав, и, как правило, их переработка в полезные продукты или весьма затруднительна современном этапе, или экономически нецелесообразна.

3.1. Жидкофазное окисление

Жидкофазное окисление токсичных отходов производства используется для обезвреживания жидких отходов и осадков сточных вод. Суть его заключается в окислении кислородом органических и элементоорганических примесей сточных вод при температуре 150 – 350° С и при давлении 2 – 28 МПа [4, 23].

Интенсивность окисления в жидкой фазе способствует высокая концентрация растворенного в воде кислорода, значительно возрастающая при высоком давлении. В зависимости от давления, температуры, количества примесей и кислорода, продолжительности процесса органические вещества окисляются с образованием органических кислот (в основном CH3COOH и HCOOH) или с образованием CO2, H2O и N2 [4].

Элементоорганические соединения в щелочной среде окисляются с образованием водных растворов хлоридов, бромидов, фосфатов, нитратов и оксидов металлов, а при окислении азотосодержащих веществ, помимо нитратов, образуется значительное количество аммонийного азота [23].

Для жидкоплазменного окисления требуется меньше энергетических затрат, чем другие методы, но является более дорогостоящим, кроме этого к недостаткам метода относится высокая коррозионность процесса, образование накипи на поверхности нагрева, неполное окисление некоторых веществ, невозможность окисления сточных вод с высокой теплотой сгорания [4].

Применение метода целесообразно при первичной переработке отходов.

3.2. Гетерогенный катализ

Метод применим для обезвреживания газообразных и жидких отходов. Существуют три разновидности гетерогенного катализа промышленных отходов.

Термокаталитическое окисление можно использовать для обезвреживания газообразных отходов с низким содержанием горючих примесей. Процесс окисления на катализаторах осуществляется при температурах меньших, чем температура самовоспламенения горючих составляющих газа. В зависимости от природы примесей и активности катализаторов окисление происходит при температуре 250 - 400° С и в установках различных размеров [4].

В термокаталитических реакторах успешно окисляются CO, H2, углеводороды (УВ), NH3, фенолы, альдегиды, кетоны, пары смол, канцерогенные и др. соединения с образованием CO2, H2O, N2. Степень окисления вредных веществ 98 – 99.9 %. Для увеличения удельной поверхности катализации используется пористые керамические устройства из Al2O3 и оксидов других металлов, тоже обладающих каталитической активностью [24].

Современные промышленные катализаторы глубокого окисления при температуре до 600 – 800° С не следует применять при большом содержании пыли и водяных паров. Неприменим метод и для переработки отходов, содержащих высококипящие и высокомолекулярные соединения, вследствие неполноты окисления и забивания поверхности катализаторов. Нельзя применять термокаталитическое окисление при наличии в отходах даже в небольших количествах P, Pb, As, Hg, S, галогенов и их соединений, так как это приводит к дезактивации и разрушению катализаторов [4].

Термокаталитическое восстановление используется для обезвреживания газообразных отходов, включающих в себя нитрозные газы – содержащие NOX [4].

Профазное каталитическое окисление применимо для перевода органических примесей сточных вод в парогазовую фазу с последующим окислением кислородом. При содержании в сточных водах неорганических и нелетучих веществ возможно дополнение данного процесса огневым методом или другими видами обезвреживания отходов [4].

В целом методы гетерогенного катализа нецелесообразно использовать в качестве самостоятельного способа обезвреживания токсичных отходов, а только как отдельную ступень в общем, технологическом цикле.

3.3 Пиролиз промышленных отходов

Существует два различных типа пиролиза токсичных промышленных отходов.

### 3.3.1 Окислительный пиролиз

Окислительный пиролиз – процесс термического разложения промышленных отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Данный метод применим для обезвреживания многих отходов, в том числе «неудобных» для сжигания или газификации: вязких, пастообразных отходов, влажных осадков, пластмасс, шламов с большим содержанием золы, загрязненную мазутом, маслами и другими соединениями землю, сильно пылящих отходов. Кроме этого, окислительному пиролизу могут подвергаться отходы, содержащие металлы и их соли, которые плавятся и возгарают при нормальных температурах сжигания, отработанные шины, кабели в измельченном состоянии, автомобильный скрап и др.[4] .

Метод окислительного пиролиза является перспективным направлением ликвидации твердых промышленных отходов и сточных вод.

### 3.3.2 Сухой пиролиз

Этот метод термической обработки отходов обеспечивает их высокоэффективное обезвреживание и использование в качестве топлива и химического сырья, что способствует созданию малоотходных и безотходных технологий и рациональному использованию природных ресурсов.

Сухой пиролиз – процесс термического разложения без доступа кислорода. В результате образуется пиролизный газ с высокой теплотой сгорания, жидкий продукт и твердый углеродистый остаток.

В зависимости от температуры, при которой протекает пиролиз, различается [4]:

1. **Низкотемпературный пиролиз или полукоксование** (450 - 550° С). Данному виду пиролиза характерны максимальный выход жидких и твердых (полукокс) остатков и минимальный выход пиролизного газа с максимальной теплотой сгорания. Метод подходит для получения первичной смолы – ценного жидкого топлива, и для переработки некондиционного каучука в мономеры, являющиеся сырьем для вторичного создания каучука. Полукокс можно использовать в качестве энергетического и бытового топлива.
2. **Среднетемпературный пиролиз или среднетемпературное коксование** (до 800° С) дает выход большего количества газа с меньшей теплотой сгорания и меньшего количества жидкого остатка и кокса.
3. **Высокотемпературный пиролиз или коксование** (900 - 1050° С). Здесь наблюдается минимальный выход жидких и твердых продуктов и максимальная выработка газа с минимальной теплотой сгорания – высококачественного горючего, годного для далеких транспортировок. В результате уменьшается количество смолы и содержание в ней ценных легких фракций.

Метод сухого пиролиза получает все большее распространение и является одним из самых перспективных способов утилизации твердых органических отходов и выделении ценных компонентов из них на современном этапе развития науки и техники.

## 3.4 Огневая переработка

В основу огневого метода положен процесс высокотемпературного разложения и окисления токсичных компонентов отходов с образованием практически нетоксичных или малотоксичных дымовых газов и золы. С использованием данного метода возможно получение ценных продуктов: отбеливающей земли, активированного угля, извести, соды и др. материалов. В зависимости от химического состава отходов дымовые газы могут содержать SOХ, P, N2, H2SO4, HCl, соли щелочных и щелочноземельных элементов, инертные газы.

Огневой метод переработки токсичных промышленных отходов классифицируется в зависимости от типа отходов и способам обезвреживания [4]:

1. Сжигание отходов, способных гореть самостоятельно – наиболее простой способ; горение происходит при температурах не ниже 1200 - 1300° С. (следует отметить, что данный способ не является целесообразным ввиду некоторой (большей или меньшей) ценности горючих отходов и возможности их использования в данное время или в будущем).
2. Огневой окислительный метод обезвреживания негорючих отходов – сложный физико-химический процесс, состоящий из различных физических и химических стадий. Огневое окисление применимо в большей степени по отношению к твердым и пастообразным отходам.
3. Огневой восстановительный метод используется для уничтожения токсичных отходов без получения каких-либо побочных продуктов, пригодных для дальнейшего использования в качестве сырья или товарных продуктов. В результате образуются безвредные дымовые газы и стерильный шлак, сбрасываемый в отвал. Так можно обезвреживать газообразные и твердые выбросы, бытовые отходы и некоторые другие.
4. Огневая регенерация предназначена для извлечения из отходов какого-либо производства реагентов, используемых в этом производстве, или восстановления свойств отработанных реагентов или материалов. Эта разновидность огневого обезвреживания обеспечивает не только природоохранные, но и ресурсосберегающие цели.

Для достижения требуемой санитарно-гигиенической полноты обезвреживания отходов необходимо, как правило, экспериментальное определение оптимальных температур, продолжительности процесса, коэффициента избытка кислорода в камере горения, равномерности подачи отходов, топлива и кислорода [1]. Протекание процесса обезвреживания в неоптимальных условиях приводит к появлению компонентов в продуктах сгорания и, в первую очередь, в дымовых газах.

При сжигании на свалках пластмасс, синтетических волокон, хлороуглеводородов в дымовых газах могут образовываться токсичные вещества: CO, бенз-а-пирен, фосген, диоксины.

Сибирским филиалом НПО «Техэнергохимпром» разработаны камерные, барабанные, циклонные, комбинированные печи, используемые в зависимости от состава, физико-химических свойств и агрегатного состояния отходов. Дополнительно был разработан дожигатель, предназначенный для обезвреживания газовых выбросов, содержащих органические вещества с концентрацией не более 10 г/м3. После полного обезвреживания содержание в выбросах СО не более 40 мг/м3, NOХ не более 10 мг/м3[1].

По мнению авторов [15] огневое обезвреживание (чисто термическое или с применением катализаторов) промышленных отходов приводит к уничтожению органических веществ, которые могли бы явиться ценным сырьем целевых продуктов.

## 3.5 Переработка и обезвреживание отходов с применением плазмы

Для получения высокой степени разложения токсичных отходов, особенно галоидосодержащих, конструкция сжигающей печи должна обеспечивать необходимую продолжительность пребывания в зоне горения, тщательное смешение при определенной температуре исходных реагентов с кислородом, количество которого также регулируется. Для подавления образования галогенов и полного их перевода в галогеноводороды необходим избыток воды и минимум кислорода, последнее вызывает образование большого количества сажи. При разложении хлорорганических продуктов снижение температуры ведет к образованию высокотоксичных и устойчивых веществ – диоксинов [7, 26]. Как утверждает автор работы [15], недостатки огневого сжигания стимулировали поиск эффективных технологий обезвреживания токсических отходов.

Применение низкотемпературной плазмы – одно из перспективных направлений в области утилизации опасных отходов. Посредством плазмы достигается высокая степень обезвреживания отходов химической промышленности, в том числе галлоидосодержащих органических соединений, медицинских учреждений; ведется переработка твердых, пастообразных, жидких, газообразных; органических и неорганических; слаборадиоактивных; бытовых; канцерогенных веществ, на которые установлены жесткие нормы ПДК в воздухе, воде, почве и др.

Плазменный метод может использоваться для обезвреживания отходов двумя путями [12]:

* Плазмохимическая ликвидация особо опасных высокотоксичных отходов;
* Плазмохимическая переработка отходов с целью получения товарной продукции.

Наиболее эффективен плазменный метод при деструкции углеводородов с образованием CO, CO2, H2, CH4. Безрасходный плазменный нагрев твердых и жидких углеводородов приводит к образованию ценного газового полуфабриката в основном водорода и оксида углерода – синтез-газ – и расплавов смеси шлаков, не представляющих вреда окружающей среде при захоронении в землю, а синтез-газ можно использовать в качестве источника пара на ТЭС или производстве метанола, искусственного жидкого топлива. Кроме этого, путем пиролиза отходов возможно получение хлористого и фтористого водорода, хлористых и фтористых УВ, этанола, ацетилена [15]. Степень разложения в плазмотроне таких особо токсичных веществ как полихлорбифенилы, метилбромид, фенилртутьацетат, хлор- и фторсодержащие пестициды, полиароматические красители достигает 99.9998 % [12] с образованием CO2, H2O, HCl, HF, P4O10.

Разложение отходов происходит по следующим технологическим схемам:

* Конверсия отходов в воздушной среде;
* Конверсия отходов в водной среде;
* Конверсия отходов в паро-воздушной среде;
* Пиролиз отходов при малых концентрациях.

Выбор того или иного способа переработки, возможность вариаций по количественному соотношению реагентов позволяют оптимизировать работу установки для широкого спектра отходов по их химическому составу.

Существуют самые разнообразные модификации плазмотронных установок, принцип их конструкции и порядка работы заключается в следующем: основной технологический процесс происходит в камере, внутри которой находятся два электрода (катод и анод), обычно из меди, иногда полые. В камеру под определенным давлением, в заранее установленных количествах поступают отходы, кислород и топливо, может добавляться водяной пар. В камере поддерживается постоянное давление и температура. Возможно применение катализаторов. Существует анаэробный вариант работы установки [15]. При переработке отходов плазменным методом в восстановительной среде возможно получение ценных товарных продуктов: например, из жидких хлорорганических отходов можно получать ацетилен, этилен, HCl и продуктов на их основе [4]. В водородном плазмотроне, обрабатывая фторхлорорганические отходы, можно получить газы, содержащие 95 – 98 % по массе HCl и HF [27].

Для удобства возможно брикетирование твердых отходов и нагрев пастообразных до жидкого состояния [15].

Переработка горючих радиоактивных отходов была разработана технология с использованием энергии плазменных струй воздуха с введенным активированным углеводородным сырьем, чистые, или содержащим галениды. Такой способ получил широкое применение при сжигании органических отходов низкой и средней активности, что позволяет перевести опасные отходы в инертную форму и уменьшить их объем в несколько раз; образуется коксовый остаток и негорючие материалы – шлак, относящийся к категории кислых и улавливающий до 98 % радионуклидов (137Cs, 90Sr, 37Fe, 60Co) [14].

Высокая энергоемкость и сложность процесса предопределяет его применение для переработки только отходов, огневое обезвреживание которых не удовлетворяет экологическим требованиям.

# 4. Разработка малоотходных и безотходных технологий и методов комплексного использования отходов промышленности

Важность экономного и рационального использования природных ресурсов не требует обоснований. В мире непрерывно растет потребность в сырье, производство которого обходится всё дороже. Будучи межотраслевой проблемой, разработка малоотходных и безотходных технологий и рациональное использования вторичных ресурсов требует принятия межотраслевых решений.

Вторичные материалы и ресурсы (ВМР) – отходы производства и потребления, которые на данном этапе развития науки и техники могут быть использованы в народном хозяйстве как на предприятии, где они были образованы, так и за его пределами [28]. К ВМР не относятся возвратные отходы производства, используемые повторно в качестве сырья технологического процесса, в котором образуются.

Побочные продукты и отходы – возможное сырье для других производств. Побочные продукты могут быть планируемыми и давать прибыль с их продажи или использования. Отходы – нежелательные, но неизбежные продукты [28].

Классифицируются ВМР по следующим критериям [28]:

1. По отраслям промышленности или откуда исходят отходы;
2. По технологическим процессам;
3. По видам ресурсов;
4. По степени и возможности использования;
5. По агрегатному состоянию.

В зависимости от возможности использования ВМР подразделяются [2]:

1. Реально возможные к использованию, т.е. существуют эффективные условия переработки и использования;
2. Потенциально возможные к использованию, ВМР, использование которых пока экономически и технически нецелесообразно.

По источникам своего появления существуют ВМР [2]:

* 1. Отходы промышленного производства и строительства – остатки сырья, материалов или полуфабрикатов, пригодные к использованию в качестве сырья, вспомогательных материалов или готовой продукции;
  2. Отходы сферы потребления:
     1. Отходы средств производства, потерявшие непригодность для дальнейшего использования,
     2. Отходы предметов потребления – изделия непригодные для использования по назначению, но потенциально годные как вторичное сырье,
     3. Твердые бытовые отходы, образующиеся у населения в процессе жизнедеятельности и вряд ли имеющие пригодность;

1. Отходы сферы обращения, т.е. материалы, пришедшие в негодность из-за неосторожной транспортировки, складирования и погрузки-разгрузки.

Кроме этого ВМР могут быть использованы в местах своего образования или в других отраслях хозяйства.

Малоотходные и безотходные технологии (МБТ), как правило, ориентированы на наиболее важные отрасли народного хозяйства: производство и рациональное использование металлов, стройматериалов, древесины, полезных ископаемых. Существует несколько основных направлений по осуществлению МБТ [10]:

1. Создание и внедрение процессов комплексной переработке сырья без образования отходов;
2. Переработка всех видов отходов производства и потребления с получением товарной продукции;
3. Выпуск новых видов продукции с учетом требований ее повторного использования;
4. Применение замкнутых систем промышленного водоснабжения с использованием осадков очистных сооружений;
5. Организация безотходных территориально-промышленных комплексов и экономических регионов.

При этом необходимо соблюдать ряд условий [3]:

1. Самоочевидное использование всех компонентов того или иного сырья, которые обычно не находят применения вследствие отсутствия необходимых производственных условий и навыков обработки, и причисляются к отходам;
2. Взаимосвязь с экологической обстановкой, в которой реализуются проекты (выбросы в атмосферу, водоемы, почву, отчуждение пахотных или пригодных для других целей земель под захоронение или складирование);
3. Возможность вовлечения в хозяйственный оборот ресурсов, ранее не использовавшихся;
4. Применение одной или минимума прогрессивных операций в общей технологической цепи приводит к необходимости переводить всю технологическую систему на новый уровень;
5. Возможность получения новых материалов с необходимыми характеристиками;
6. Улучшение условий труда за счет сокращения процессов, сопровождаемых выделением вредных газов и пыли. Устранение вредных компонентов в качестве промежуточных продуктов и катализаторов.

Многостороннее и глубокое освоение безотходных производств – долговременное и кропотливое дело, которым предстоит заниматься ряду поколений ученых, инженеров, техников, экологов, экономистов, рабочих разного профиля и многих других специалистов. Полностью безотходное производство – далекая перспектива, но необходимо уже сейчас решать эту задачу, как на общеэкономическом уровне, так и в отдельных отраслях хозяйства.

## 4.1. Металлургия

Переработка руд черных и цветных металлов, их обогащение, литье, прокат, металлообработка – источник потерь колоссального количества металлов.

Задача комплексного использования сырья в металлургии – рациональная полнота извлечения основных и сопутствующих элементов, утилизация отходов добычи, обогащения руд без нанесения урона окружающей среде. Кроме этого металлургия является весьма земле- и водоемкой отраслью [11]. Несмотря на наличие технологий извлечения ценных попутных компонентов из железной руды на большинстве комплексных месторождений, полезные материалы сбрасываются в отвалы. Среди ценных компонентов руд черных металлов (Fe, Mn, Cr) встречаются W, Ti, Co, Ni, Zn, Cu, редкие металлы [11]. При обогащении и обработке руд большое количество отходов при соответствующей обработке может стать товарными продуктами. Часто в попутно извлекаемой породе (особенно при открытом способе добычи) содержатся многие нерудные полезные ископаемые, среди них [10, 11]: мел, пригодный для известкования почв и наполнителя при производстве красок; сланцы для изготовления щебня; глины и суглинки – сырье для фаянсовой промышленности и изготовления технической керамики, эмалей, цветного стекла; кварцевые пески для стекольной промышленности; мергель, являющийся сырьем для изготовления извести и цемента; граниты и гнейсы.

В доменной печи образуется за счет пустой породы руды и золы кокса шлаки, в состав которых входят CaO, SiO2, FeO, MgO, Al2O3, CaS, MnS, FeS, TiO2, соединения P, в зависимости от соотношения компонентов шлаки могут быть основные, нейтральные и кислые. При мартеновском способе основные шлаки способны удалять в процессе выплавки из металла примеси серы и фосфора.

Шлак – ценное сырье для строительной и дорожно-строительной отраслей. Шлаковый щебень в 1.5 – 2 раза дешевле природного, шлаковая пемза – втрое дешевле керамзита и требует меньше удельных затрат. Использование гранулированного шлака в цементной промышленности увеличивает выход цемента, снижает себестоимость и удельные затраты на его производство по сравнению с естественным сырьем – цементным клинкером. Применение шлаков при вторичной переработке металлов для раскисления стали, сокращает расход дефицитного ферросилиция. Допустимо даже применение металлургических шлаков в качестве абразивного материала для очистки днищ судов. Конвертерные шлаки могут использоваться в гидротехническом строительстве для обсыпки дамб вместо грунта. [10]

Для доизвлечения железа из отходов применяется обратная флотация хвостов, прямая флотация руды, сухая магнитная сепарация, магнитно-флотационный способ [11].

Использование шламов уменьшает содержание железа в доменной шихте, снижает производительность доменных печей, увеличивает расход кокса [13].

Истощение богатых месторождений хромовых руд вызвало необходимость постоянно наращивать мощности по добыче и обогащению бедных руд или руд, недостаточно эффективно обогащаемых механическими методами. Для этого был разработан специальный процесс, предусматривающий прокалку на воздухе (630 – 750° С) дробленой руды (частицы менее 15 мм), измельчение пека (до 0.1 мм), приготовления водной суспензии, ее карбонатизация – так можно получить углеродистый феррохром вместо кондиционной руды и кварцита [13].

Во всех металлургических процессах образуется значительное количество пыли, которую необходимо улавливать и утилизировать с целью извлечения содержащихся в них металлов и поддержания необходимого уровня охраны окружающей среды.

Для этого применимы системы сухого и мокрого пылеулавливания. Основная проблема при улавливании металлургической пыли – повышенное содержание цинка и свинца, которые нарушают процессы пылеулавливания и собственно выплавки.

В США Zn и Pb выделяются путем сбора пыли, содержащей кроме них железо, и последующего дробления так, что более мелкие частицы состоят в основном из соединений цинка и свинца, а более крупные в основном из Fe2O3, что основано на различной хрупкости упомянутых соединений. Кроме этого используется восстановительный обжиг окускованной пыли, возгонка с улавливанием конденсата, магнитная сепарация и флотация. В Германии для данных целей используются растворы серной, азотной или уксусной кислот, которые способны растворить почти весь Zn, но при малых его концентрациях раствориться может и железо. В Японии разделение Fe- и Zn-содержащих отходов обычной магнитной сепарацией. В Бельгии и Люксембурге цинк и свинец из Fe-содержащих отходов выделяются методом флотации и экстракции щелочными растворами. [11]

Кроме оксидов железа, свинца и цинка пыль и шламы содержат оксиды Mn, Mg, Ca, Cr, Ni, Cd и других элементов, которые можно использовать.

Пыли и шламы ферросплавного производства, состоящие главным образом из аморфного диоксида кремния, пригодного для промышленного и жилищного строительства.

Особое место занимают установки улавливания SOX и NOX, т.к. этот процесс весьма затруднителен вследствие низких концентраций данных веществ.

В работах [10 и 13] упоминается, что существует опыт использования шламов сероочистки после мокрой известковой обработки для мелиорации почв, что увеличивает содержание в почве кальция, магния, кремния и уменьшает количество алюминия, меди, цинка, мышьяка, марганца. Действие подобного рода удобрений не ослабевает в течение пяти лет и прибавляет урожай зерновых и кормовых культур на 25 – 30 % (4 – 5 т шлама на 1 га).

Нефелин – один из компонентов аппатито-нефелиновых руд, являющихся сырьем для химической промышленности, содержит, помимо фосфора, алюминий, натрий, калий, титан, железо, стронций, редкие металлы. Нефелин является альтернативой бокситам, сырью для алюминиевой промышленности и месторождения которых постоянно истощается. Из попутных продуктов, получающихся при переработке нефелиновых руд в глинозем, можно производить и уже производятся содовые продукты и цемент. Существуют два основных способа переработки нефелиновых руд [11]:

Спекательно-щелочной способ. Сущность метода заключается в высокотемпературном разложении нефелина в присутствии СаСО3. При этом содержащиеся в нефелине глинозем щелочи образуют алюминаты Na и K, а кремнезем – дикальциевый силикат. Путем дальнейшей переработки получаемых продуктов обеспечивается получение глинозема, содо-поташного раствора, используемого для производства соды и поташи, и нефелинового шлама – сырья для производства цемента.

Гидрохимический способ. Данный метод основан на автоклавном разложении нефелина концентрированным раствором едкой щелочи в присутствии извести. В результате образующиеся из алюминатов и силикатов щелочные алюмосиликаты остаются в осадке. Процесс оптимально протекает при 260 – 300° С и 3 МПа. Однако гидрохимический способ переработки нефелиносодержащего сырья требует большое количество щелочи, высокий расход тепла и повышенного водного баланса.

На пути к созданию экологичной и малоотходной металлургии зарубежными государствами был накоплен немалый опыт. В разных странах мира применяются различные методы утилизации и переработки отходов металлургии: в автодорожном и железнодорожном строительстве, в сельском хозяйстве в качестве удобрений, в строительной промышленности и других отраслях.

Несомненное лидерство в этом принадлежит Японии. При выплавке марганцевых сплавов образуется большое количество газов (700 м3/г углеродистого ферромарганца), часть которого (СО2) весьма эффективно (на 84 %) используется в качестве источника тепла сушки сырых материалов, что позволяет сэкономить до 16 млн. т в год мазута. Доменный газ применяется для производства метанола, этанола, этиленгликоля, этилена, пропилена, уксусной кислоты, коксовый газ – в производстве метанола и аммиака.[11]

Ярким примером использования безотходной технологии в нашей стране может служить Пикалевский глиноземный комбинат [22].

## 4.2. Топливно-энергетический комплекс

ТЭК – один из крупнейших загрязнителей окружающей среды твердыми, жидкими и пылевидными отходами, т.к. сам процесс производства тепловой или электрической энергии подразумевает сжигание органического топлива с неизбежным образованием токсичных компонентов. Кроме этого с отходами добычи и обогащения топлива теряется большое его количество.

Существует классификация на основе литологического состава отходов добычи и обогащения углей [29]:

* Глинистые (> 50 % глин);
* Песчаные (> 40 % песчаника и кварцита);
* Карбонатные (> 20 % карбонатов).

Кроме этого отходы различаются по физико-химическим и теплофизическим свойствам, по характеристике органического вещества и др.

Породы вскрыши, отличающиеся высоким содержанием минеральных веществ, могут быть использованы для энергетических целей после предварительного обогащения с получением кондиционного по зольности продукта. Породы вскрыши могут применяться как закладочный материал для рекультивации земель, а шахтные – для закладки шахтного пространства. Возможно применение даже без селективной обработки слагающих литологических разностей как сырье для производства пористых заполнителей для легких бетонов, керамических материалов, при строительстве дамб и других сооружений [29], кислотостойких мастик, в строительстве домов и дамб, в фильтровых установках [11].

Шахтные породы часто содержат большое число микроэлементов, необходимых для питания растений, поэтому могут применяться в качестве удобрений почв, разбалансировка которых происходит в результате интенсификации и химизации сельского хозяйства [11].

Отходы углеобогащения, содержащие большое количество горючей массы, могут быть подвергнуты дополнительному обогащению с получением кондиционного по зольности твердого топлива или непосредственно использованы для сжигания и газификации. Возможно сжигание высокозольных отходов углеобогащения в пылеватом состоянии на электростанциях, в том числе на крупных, при этом уменьшаются выбросы SOX и NOX в окружающую среду. В некоторых зарубежных странах нашли применение плазменные печи для переплавки легированных отходов и восстановительной плавки. Для этой цели разработаны и используются разнообразные генераторы плазмы и дуговые плазменные горелки разной мощности, где возможно восстановление руд отходами углеобогащения и выработка некоторого количества электроэнергии за счет отходящих газов.[29]

В результате гравитационной сепарации некоторых углей можно определить высокозольные фракции, в которых содержатся ряд микроэлементов (Ag, As, Cd, Mn, Mo, Ni, Pb и другие) в 1.3 – 1.4 раза выше, чем в исходных углях. Бóльшая часть микроэлементов может быть извлечена из продуктов термической обработки или обогащения твердого горючего.

С помощью биологических методов можно извлекать из углей и части угольных отходов пиритную и органическую серу, различные металлы (Mn, Ni, Co, Zn, Ca, Al, Cd) золу, кислород- и азотсодержащие соединения. Очистка угля может осуществляться за 6 суток на 93 % при применении термофильных бактерий и 18 суток мезофильными бактериями.[11]

В связи с грядущим в ближайшие десятилетия истощением запасов угля, нефти, природного газа возникла потребность поиска менее дорогих, но технологически более простых в переработке и использование. Важнейшим, в связи с этим, источником для восполнения энергобаланса, производства чистых энергосистем и многих, остро необходимых стране продуктов становятся горючие сланцы. Из сланцев можно получить [11]: мазут, автомобильный бензин, газ для бытовых нужд, жидкое синтетическое топливо.

## 4.3. Химический комплекс

Из всех видов минерального сырья особое место занимают агрохимические фосфорсодержащие руды, от которых в значительной мере зависит плодородие почв, а с учетом истощения богатого фосфором сырья важнейшей проблемой является эффективное использование полезных компонентов недр и руды.

Значение фосфора в природе крайне важно. Минеральный фосфор входит в состав костной ткани позвоночных и наружных скелетов ракообразных и моллюсков. Фосфор присутствует в мягких тканях растений и животных. Фосфорсодержащие органические соединения обеспечивает превращение химической энергии в механическую энергию мышечных тканей. Этот элемент входит в состав нуклеиновых кислот, регулирующих наследственность и развитие организмов.

Производство фосфорных минеральных удобрений – главная сфера применения фосфатного сырья. Более полная выемка попутных полезных компонентов из фосфоритов и апатитов путем флотации, т.е. использовать различную плотность материалов относительно плотности воды.

Один из важнейших попутных компонентов апатитовых руд – нефелин[[1]](#footnote-1).

Еще один минерал, имеющий большое значение и содержащийся в апатитовых рудах, – сфен. В состав данного соединения входит титан (CaTiSiO4(O,OH,F)), а диоксид титана – важный компонент при производстве лакокрасочных изделий. Перспективность сфена как сырья связана с большими запасами этого минерала в нашей стране (главным образом в Хибинах [11]) и, с учетом комплексной переработки апатитовых руд, низкой себестоимостью содержащегося в них TiO2.

В настоящее время существуют различные технологические системы и способы переработки сфенового концентрата: хлорная; азотнокислая; сернокислая; спекание с поваренной солью, кремнефторидом, сульфатом аммония. Однако наиболее приемлемой является сернокислая технология, когда как другие методы очень сложны и не получили промышленного развития.

Оптимально сфеновый концентрат разлагается при использовании 50 – 55 %-ой серной кислоты с расходом 1.5 т на 1 т концентрата и протекании процесса в течение 20 – 30 часов и в температурных условиях 130° С. В результате получается 1 т товарного TiO2 на каждые 4 т сфенового концентрата и 6 т серной кислоты.

В нашей стране и за рубежом проводятся работы по получению из горючих сланцев битумов, масляных антисептиков для древесины, ядохимикатов, серы, гипосульфита, бензола, лаков, клеев, дубителей, шлаковой ваты, матов для строительной индустрии, портландцемента и многого другого. [11]

В химической промышленности также используются отходы производства диметилтереоргалата для синтеза алкидных полимеров. Отходы катализаторов производства мономеров используется в строительных лакокрасочных пигментах. Отходы гидроксилсодержащих соединений от производства ксилита идут на изгототовление простых и сложных олигоэфиров – компонентов лакокрасочных материалов, отходы производства меланина – ПАВ-диспергаторов. Катализаторы алкинирования бензола изготавливаются из аллюминесодержащих отходов кабельной промышленности. Отходы производства капролактама – компоненты смазочных материалов или пластифицирующие добавки к бетонным смесям. Из катализаторов нефтепереработки выделяются металлические компоненты: Mo(SO4)3, VO5, тригидрит оксида алюминия, Ni-Mo концентрат и др. Возможно использование кислых гудронов для выработки из воды аммонийных солей, пригодных для использования, как в пресной воде, так и в морской. Кислые гудроны можно применять совместно с нефтяными шлаками в дорожном и коммунальном строительстве.[28]

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог всему вышесказанному, можно сказать, что, несмотря на длительность изучения настоящей проблемы, утилизация и переработка отходов промышленности по-прежнему не ведется на должном уровне.

Острота проблемы, несмотря на достаточное количество путей решения, определяется увеличением уровня образования и накопления промышленных отходов. Усилия зарубежных стран направлены, прежде всего, на предупреждение и минимизацию образования отходов, а затем на их рециркуляцию, вторичное использование и разработку эффективных методов окончательной переработки, обезвреживания и окончательного удаления, а захоронения только отходов, не загрязняющих окружающую среду. Все эти мероприятия, бесспорно, уменьшают уровень негативного воздействия отходов промышленности на природу, но не решают проблему прогрессирующего их накопления в окружающей среде и, следовательно, нарастающей опасности проникновения в биосферу вредных веществ под влиянием техногенных и природных процессов. Разнообразие продукции, которая при современном развитии науки и техники может быть безотходно получена и потреблена, весьма ограничено, достижимо лишь на ряде технологических цепей и только высокорентабельными отраслями и производственными объединениями.

Несмотря на длительную ориентацию промышленности нашей страны на ресурсосберегающие технологии, отображало это скорее экономические цели производства, нежели предотвращение вредного воздействия на природу. В СССР на уровне Госснаба была разработана система сбора вторичных ресурсов: макулатуры, текстиля, пиломатериалов, битого стекла, пищевой кости, металлолома и др. – главным образом бытовых отходов.

Ранее считавшееся перспективным способом снижения загрязнения окружающей среды сжигание токсичных бытовых и промышленных отходов, при котором исключение загрязнения окружающей среды высокотоксичными веществами, возможно только на крайне специальных дорогостоящих заводах, не окупающих в результате своей деятельности затраты на строительство и эксплуатацию. Движение к минимизации негативного воздействия промышленных отходов на окружающую среду следует осуществлять по двум магистральным направлениям:

* **Технологическое** – повышение экологической безопасности производства;
* **Экозащитное** – стабилизация и изоляция опасных отходов от природной среды.

Многостороннее и глубокое решение проблемы утилизации и переработки промышленных отходов – длительный и кропотливый процесс, которым предстоит заниматься ряду поколений ученых, инженеров, техников, экологов, экономистов, рабочих разного профиля и многих других специалистов.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багрянцев Г.И., Черников В.Е. Термическое обезвреживание и переработка промышленных и бытовых отходов // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки - аналитические обзоры. Новосибирск, 1995, серия Экология.
2. Байкулатова К.Ш. Вторичное сырье - эффективный резерв материальных ресурсов. Алма-Ата, Казахстан, 1982.
3. Безотходная технология. М., Знание, 1983.
4. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. М., Химия, 1990.
5. Вредные вещества в промышленности. Л., Химия, 1967.
6. Глоба В.Н., Яковлев Е.И., Борисов В.В. Строительство и эксплуатация подземных хранилищ. Киев: Будивельник, 1985.
7. Дмитриев В.И., Коршунов Н.Н., Соловьев Н.И. Термическое обезвреживание отходов хлорорганических производств // Химическая технология, 1996, №5.
8. Избавление биосферы от токсичных отходов. Проблемы и пути ее эффективного решения. Соликамск, 1995.
9. Инструкции о порядке единовременного учета образования и обезвреживания токсичных отходов. М, 1990.
10. Комплексное использование сырья в промышленности. Хайбулина Н.Е. Челябинск, Южноуральское книжное издательство, 1986.
11. Комплексное использование сырья и отходов. Равич Б.М., Окладников В.П., Лыгач В.Н. и др. М., Химия, 1988.
12. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы. Л., Химия, 1981.
13. Ласкорин Б.Ч и др. Безотходные технологии переработки минерального сырья. М., Недра, 1984.
14. Литвинов В.К., Дмитриев С.А., Киярв Ч.А. и др. Плазменная шахтная печь для переработки радиоактивных отходов средней и низкой активности. Магнитогорск, Магнитогорский горно-металлургический институт, НПО "Радон", 1993.
15. Лукашов В.П., Янковский А.И. Переработка и обезвреживание промышленных и бытовых отходов с применением низкотемпературной плазмы. //Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки - аналитические обзоры. Новосибирск, 1995, серия Экология.
16. Максимов И.Е. Состояние и перспективы использования экозащитных систем в решении проблем отходов // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки - аналитические обзоры. Новосибирск, 1995, серия Экология.
17. Малоотходные и безотходные технологии. Материалы конференции. М.: Секретариат, 1990.
18. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов технологии органических веществ. М.: Химия, 1984.
19. Подземные ядерные взрывы… для улучшения экологической обстановки. ВасильевА.П., Приходько Н.К., Симоненко В.А. // Природа, 1991, №2.
20. Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов. М.: Минздрав СССР, 1985.
21. Размещение промышленных отходов в подземных хранилищах. Пермь, ПГТУ, 1995.
22. Снуриков А.П. Комплексное использование сырья в цветной металлургии. М.: Металлургия, 1986.
23. Термические методы обезвреживания отходов. Беспамятнов Г.П., Ботушевская К.К., Зеленская Л.А. Л., Химия, 1975.
24. Торопкина Г.Н., Калинкина Л.И. Технико-экологические показатели промышленной очистки газообразных выбросов органических веществ. М., 1983.
25. Управление процессами обработки производственных отходов. М. 1991.
26. Фокин А.В., Коломиец А.Ф. Диоксины - проблема научная или социальная? // Природа, 1985, №3.
27. Фролов К.И., Шайдуров В.С. Химическая и технологическая защиты окружающей среды. Л., ГИПХ, 1980.
28. Хмельницкий А.Г. Использование вторичных материальных ресурсов в качестве сырья для промышленности // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки - аналитические обзоры. Новосибирск, 1995, серия Экология.
29. Шпирт М.Л. Безотходные технологии. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых. М., Недра, 1986.

1. Подробнее об использовании нефелина рассказано в разделе 4.1. [↑](#footnote-ref-1)