Комплексное устойчивое управление отходами

Металлургическая промышленность

Tempus

TIWaSiC

Комплексное устойчивое управление отходами

Металлургическая промышленность

Москва 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Иркутский национальный исследовательский технический университет
Забайкальский государственный университет
Российская Академия Естествознания

КОМПЛЕКСНОЕ УСТОЙЧИВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ

Металлургическая промышленность

Учебное пособие

Рекомендовано УМО РАЕ по классическому
университетскому и техническому образованию
в качестве учебного пособия для обучающихся
высших учебных заведений по направлениям:
05.03.06 – «Экология и природопользование»;
20.04.01 и 20.03.01 – «Техносферная
безопасность»;
22.04.02 и 22.03.02 – «Металлургия»;
для аспирантов, обучающихся по направлениям:
05.00.00 – «Науки о земле»;
19.00.00 – «Промышленная экология
и биотехнологии»;
20.00.00 – «Техносферная безопасность
и природообустройство»;
22.06.01 – «Технологии материалов»;
38.00.00 – «Экономика и управление»

Москва
2016

УДК 669: 658.567.1(075.8)
ББК 34.309 73
К607

Авторы:

Немчинова Н.В. – доктор технических наук, профессор (введение; гл. 2, разд. 2.1–2.3; гл. 3–5, гл. 7; заключение);

Шумилова Л.В. – доктор технических наук, профессор (гл. 2, разд. 2.2, подразд. 2.3.2; гл. 3; гл. 4, разд. 4.4; гл. 5, разд. 5.1, 5.3, 5.4, 5.6);

Салхофер С.П. – доктор технических наук, профессор (гл. 5, разд. 5.2, 5.3, 5.7; гл. 6; гл. 7, подразд. 7.2.1, 7.2.2);

Размахнин К.К. – кандидат технических наук, доцент (гл. 1, разд. 1.2; гл. 2, подразд. 2.1.2; гл. 3, разд. 3.1; гл. 4, разд. 4.1–4.3; гл. 7, разд. 7.1, подразд. 7.2.3, разд. 7.3–7.5);

Чернова О.А. – научный сотрудник (гл. 1, разд. 1.1; гл. 2, подразд. 2.1.1, 2.3.1)

Рецензенты:

Кристенсен Т. – доктор технических наук, профессор, руководитель Департамента инженерной экологии (Технический университет, Копенгаген, Дания);

Тыминский В.Г. – кандидат геолого-минералогических наук, профессор, президент Европейской академии естественных наук (Европейская академия естественных наук, Ганновер, Германия).

К607 **Комплексное устойчивое управление отходами. Металлургическая промышленность:** учебное пособие / Н.В. Немчинова, Л.В. Шумилова, С.П. Салхофер, К.К. Размахнин, О.А. Чернова. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 494 с.

ISBN 978-5-91327-433-5

DOI 10.17513/np.215

В пособии рассматриваются вопросы законодательства РФ и ЕС в области обращения с отходами, законодательная и нормативная база НДТ в ЕС и России, наилучшие доступные технологии в алюминиевой и золотоперерабатывающей отраслях промышленности и существующие технологии получения первичного алюминия дан анализ проблем переработки техногенного минерального сырья, полученного из золотосодержащих руд и концентратов, экологический менеджмент и программы управления отходами на предприятии.

Учебное пособие адресовано сотрудникам предприятий металлургической отрасли, госслужащим, специалистам в области обращения с отходами, слушателям курсов повышения квалификации, преподавателям, обучающимся и всем тем, кто интересуется вопросами управления отходами и наилучшими доступными технологиями.

Библиогр. 197 назв., табл. 57, рис. 117, прил. 3

Tempus

Учебное пособие (книга) издано в рамках реализации Темпус-проекта 543962-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPHES «Комплексное устойчивое управление отходами» для сотрудников промышленных предприятий и госслужащих регионов Сибири. Сайт: www.tiwasic.de

Проект финансируется при поддержке Европейской Комиссии.

Содержание данной публикации является предметом ответственности авторов и не отражает точку зрения Европейской Комиссии.

This project has been funded with support from the European Commission.

This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

ISBN 978-5-91327-433-5

© Коллектив авторов, 2016
© ИД «Академия Естествознания»
© АНО «Академия Естествознания»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ... 7

INTRODUCTION ... 9

Глава I. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ ... 11

1.1. Структура законодательства Европейского Союза ... 11

1.1.1. Рамочная директива ЕС об отходах ... 16

1.1.2. Критерии для утраты металлоломом статуса отхода и перехода в режим продукта в ЕС ... 22

1.1.3. Директива ЕС о полигонах ... 25

1.1.4. Директива ЕС о промышленных выбросах ... 29

1.1.5. Европейские справочники и заключения по НДТ ... 34

1.2. Основы российского законодательства в металлургической отрасли ... 37

1.2.1. Правовые аспекты эксплуатации объектов хранения и размещения отходов в металлургической отрасли ... 37

1.2.2. Правовые нормативные документы, регулирующие вопросы обращения с металлургическими отходами в Российской Федерации ... 39

1.2.3. Организация надзорной деятельности на объектах металлургической отрасли ... 40

1.2.4. Правовые нормативные документы по обращению с ломом черных и цветных металлов ... 41

Глава II. ВИДЫ ОТХОДОВ ... 45

2.1. Классификация отходов ... 45

2.1.1. Место металлургических отходов в Европейском каталоге отходов ... 46

2.1.2. Место металлургических отходов в Федеральном классификационном каталоге отходов Российской Федерации ... 51

2.2. Классификация отходов по происхождению. Качественный и количественный сравнительный анализ отходов Европы и России ... 53

2.2.1. Отходы черной металлургии ... 53

2.2.2. Отходы цветной металлургии ... 59

2.2.2.1. Общие сведения об отходах предприятий цветной металлургии в России ... 59

2.2.2.2. Отходы алюминиевой промышленности ... 59

2.2.2.2.1. Красные шламы производства глинозема ... 61

2.2.2.2.2. Отходы производства первичного алюминия ... 62

2.2.2.3. Отходы золотодобывающих и золотоперерабатывающих предприятий горного кластера ... 65

2.2.3. Лом черных и цветных металлов ... 107

2.3. Количественная характеристика металлургических отходов ... 108

2.3.1. Количественная характеристика образования металлургических отходов в Европе ... 112

2.3.1.1. Алюминиевая промышленность в Евросоюзе ... 112

2.3.1.2. Производство золота в Евросоюзе ... 119

2.3.2. Количество образования металлургических отходов в Восточно-Сибирском регионе и Забайкальском крае России ... 120

Глава III. АНАЛИЗ СОСТАВА И СВОЙСТВА ОТХОДОВ ... 142

3.1. Аналитические и технологические исследования отходов предприятий цветной металлургии ... 142

3.1.1. Подготовка пробы техногенных отходов к исследованиям вещественного состава ... 150

3.1.2. Химический анализ отходов 153
3.1.3. Изучение гранулометрической характеристики отходов 162
3.1.4. Методы определения фазового состава отходов 163
3.1.5. Минералогический анализ и изучение свойств отходов 168
3.1.6. Определение природной сорбционной активности отходов 175
3.1.7. Технологические исследования отходов 175
3.1.8. Морфологический состав отходов 185
3.1.9. Биотестирование отходов 187
3.1.10. Анализ состава отходящих газов 187
3.2. Состав и основные физико-химические свойства отходов металлургического производства 188
3.2.1. Состав и свойства основных отходов при производстве первичного алюминия 189
3.2.2. Состав и свойства отходов золотопромышленных горно-металлургических комплексов 198
Глава IV. НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 231
4.1. Логистика металлургических отходов в России 232
4.1.1. Сбор и накопление металлургических отходов 232
4.1.2. Вывоз металлургических отходов 233
4.2. Хранение металлургических отходов в России 234
4.2.1. Нормативные акты по хранению металлургических отходов 234
4.2.2. Открытые площадки для специализированного хранения твердых отходов 234
4.2.3. Закрытые помещения для хранения отходов 234
4.2.4. Площадки сбора и временного хранения отходов, производственные площадки 235
4.3. Размещение металлургических отходов в России 235
4.4. Наилучшие доступные технологии по обращению с отходами металлургической промышленности в Российской Федерации 235
4.4.1. Наилучшие доступные технологии в производстве первичного алюминия электролизом криолито-глиноземных расплавов 248
4.4.1.1. Улавливание пылегазовой смеси и ее очистка 250
4.4.1.2. Производство регенерационного криолита из фторсодержащих растворов систем газоочистки 252
4.4.1.3. Производство флотационного криолита из электролитной (угольной) пены 255
4.4.1.4. Утилизация отработанной футеровки алюминиевых электролизеров 259
4.4.1.5. ЭкоСодерберг 260
4.4.2. Наилучшие доступные технологии в практике золотодобывающих и золотоперерабатывающих предприятий 263
4.4.2.1. Технология извлечения золота из отходов горного производства комбинированным методом фотоэлектрохимического, бактериального и химического выщелачивания 264
4.4.2.2. Технология вскрытия тонкодисперсных минеральных комплексов и извлечения благородных металлов из хвостов обогащения на основе воздействия наносекундных электромагнитных импульсов (МЭМИ) 275
4.4.2.3. Технология доизвлечения тонкого золота из техногенных золотоносных кор выветривания магнитной сепарацией с предварительной магнитно-коллоидной обработкой 282

4.4.2.4. Ресурсосберегающая технология попутного извлечения золота из хвостов рентгенорадиометрической сепарации (РРС) ... 286
4.4.2.5. Экологически щадящие и экономически выгодные технологии переработки золотосодержащих отходов предприятий горной промышленности с использованием методов интенсификации процессов извлечения благородных металлов ... 290
4.4.2.6. Технология комплексной переработки и утилизации техногенных вод предприятий металлургии ... 293
4.4.2.7. Технология производства буроугольных брикетов для выплавки золота с применением материалов из отходов трёх техногенных объектов ... 298
4.4.2.8. Технология повторной разработки техногенных объектов золоторудной добычи, содержащих ртуть ... 299
4.4.2.9. Способы обезвреживания отходов гидрометаллургии ... 303
4.4.3. Минимизация генерирования отходов ... 311
4.4.4. Минимизация сбросных вод при мокрой очистке газа ... 312
4.4.5. Основные направления развития малоотходных технологий в металлургической промышленности зарубежных стран ... 313
Глава V. ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ ... 323
5.1. Общие сведения ... 323
5.2. Характеристика потоков отходов ... 327
5.3. Концепции управления отходами ... 328
5.3.1. Концепция Zero Waste ... 329
5.3.2. Концепция Cleaner Production ... 331
5.3.3. Концепция Green Engineering ... 333
5.3.4. Концепция Cradle-to-Cradle ... 334
5.3.5. Концепции Industrial Symbiosis и Industrial Ecology ... 336
5.4. Практические основы внедрения Программы управления отходами предприятия на основе Программы экологического управления ... 352
5.5. Планы мероприятий по снижению количества образования и размещения отходов, обеспечению соблюдения действующих норм и правил в области обращения с отходами на алюминиевых предприятиях ... 363
5.6. Управление отходами предприятий промышленных регионов на примере Концепции обращения с отходами производства и потребления в Забайкальском крае на 2013–2020 годы ... 367
5.6.1. Концепция обращения с отходами производства и потребления в Забайкальском крае на 2013–2020 годы ... 367
5.6.2. Программы управления отходами производства на примере предприятий Кузбасса ... 377
5.7. Инструменты управления отходами ... 384
5.7.1. Концепция управления промышленными отходами ... 384
5.7.2. Инструмент Eco-mapping ... 385
Глава VI. АНАЛИЗ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ И ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ... 388
6.1. Анализ материальных потоков (АМП) ... 388
6.1.1. Введение в АМП ... 388
6.1.2. Методология АМП ... 390
6.1.3. Применение АМП ... 394

6.1.3.1. Сферы применения ... 394
6.1.3.2. АМП на уровне индустрии или компании ... 396
6.1.3.3. Программное обеспечение для АМП ... 399
6.2. Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) ... 400
6.2.1. Введение в ОЖЦ ... 400
6.2.2. Методология ОЖЦ ... 401
6.2.2.1. Определение цели и области применения ... 402
6.2.2.2. Инвентаризация ... 413
6.2.2.3. Оценка воздействия ... 415
6.2.2.4. Интерпретация ... 421
6.2.2.5. Использование компьютерного инструментария и баз данных ... 423
6.2.3. Применение ОЖЦ ... 427
6.2.3.1. Сферы применения ... 427
6.2.3.2. ОЖЦ на промышленном уровне и на уровне компании ... 427
6.2.3.3. ОЖЦ в управлении отходами: анализ кейсов ... 430
Глава VII. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ... 440
7.1. Необходимость внедрения экологического менеджмента на предприятиях ... 440
7.2. Системы экологического менеджмента ... 441
7.2.1. Система EMAS ... 441
7.2.2. Стандарт ISO 14001 ... 443
7.2.3. ISO 9000 ... 445
7.3. Законодательная и институциональная основа экологического регулирования ... 446
7.3.1. Правовые и организационно-методические основы экологического менеджмента в РФ ... 449
7.3.2. Добровольные Государственные стандарты ИСО 14001, ИСО 14004, ИСО 140010, ИСО 140011, ИСО 140012 в РФ на базе международных стандартов ИСО 14000 ... 451
7.3.3. Основные вопросы экологической политики, значимые для металлургической отрасли ... 453
7.3.4. Федеральная система обязательной экологической сертификации ... 453
7.3.5. Законодательные и нормативно-методические документы по экологическому аудитированию ... 454
7.4. Экологически ориентированный производственный менеджмент ... 456
7.4.1. Экологические проблемы металлургической отрасли ... 456
7.4.2. Охрана окружающей среды в системе целей предприятия ... 457
7.4.3. Экологическая стратегия и политика предприятия ... 458
7.4.4. Оценка экологического риска. Его роль и место в системе производственных рисков ... 458
7.5. Экологическая оценка деятельности предприятия ... 460
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 462
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ... 464
ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ... 481
ПРИЛОЖЕНИЯ ... 485
Приложение 1. Способы удаления и утилизации отходов согласно директиве 2008/98/ЕС об отходах ... 485
Приложение 2. Примеры плановых мероприятий по снижению количества образования и размещения отходов ... 487
Приложение 3. Примеры плановых мероприятий по снижению количества образования и размещения отходов ... 489

ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных факторов экономического роста и социального развития в ряде стран, богатых природными ресурсами, в том числе в России, является металлургия.

Как и многие другие отрасли промышленности, производство черных и цветных металлов связано с высоким потреблением исходных ресурсов и энергии. Также и вопросы экологических последствий и ответственности занимают руководство любой металлургической компании. Однако в зависимости от исходных условий и наличия тех или иных ресурсов, страны, где располагается предприятия, и действующего в ней законодательства и норм учитываются различные аспекты.

При том, что добыча полезных ископаемых и их переработка с получением металлов и сплавов открывает большие возможности улучшения экономического положения и способствует региональному развитию, такая деятельность может иметь негативные экономические, экологические и социальные последствия. Недостаточное экологическое и социальное управление металлургическими объектами может оказывать существенное долгосрочное воздействие на состояние ресурсов, биоразнообразия и местного населения.

В Европе вопрос надежного снабжения сырьем является уже в течение нескольких лет предметом обсуждения с экономической, научной и политической точек зрения. В результате были разработаны различные программы сырьевой политики на национальном и международных уровнях. Наряду со снижением торговых барьеров, созданием двусторонних сырьевых партнерств и поддержки компаний в области разведки и добычи первичных ресурсов все большее значение приобретает рециклинг металлов. Во-первых, это обусловлено доступностью вторичных ресурсов на собственной территории, переработка которых создает некоторую стратегическую независимость от стран-импортеров сырья, хоть и ограниченную, чего нельзя сказать о первичных ресурсах. Во-вторых, само по себе вторичное производство обладает определёнными экологическими и экономическими преимуществами перед первичным. Кроме

того, тенденция к росту цен на исходные ресурсы для первичного производства также укрепляет базис для внедрения и разработки технологий рециклинга, даже несмотря на то, что нестабильность рынка осложняет долгосрочный анализ экономической эффективности таких технологий.

Обеспечению экологически безопасного производства на промышленных предприятиях металлургической отрасли в России, а также в секторе малого и среднего бизнеса в России в настоящее время мешает не только отсутствие системы экономического стимулирования на производстве для поддержки мер по предотвращению образования отходов и их переработке, но и недостаток глубоких знаний о решении данных вопросов в производственных процессах.

Кроме этого, недостает курсов повышения квалификации, соответствующих современным стандартам обучения специалистов (например, по наилучшим доступным технологиям (НДТ), экологической эффективности и системам управления окружающей средой) для повышения осведомленности сотрудников промышленных предприятий по чрезвычайно важным экологическим темам.

В рамках финансируемой Европейским Союзом программы ТЕМПУС IV, направленной на поддержку процессов модернизации высшего образования в странах-партнерах из Восточной Европы, Центральной Азии, Западных Балкан и Средиземноморья через проекты межвузовского сотрудничества, реализуется проект TIWaSiC. Целью проекта является усиление роли российских университетов посредством разработки профессиональных курсов повышения квалификации «Комплексное устойчивое управление отходами» для госслужащих и сотрудников предприятий и организаций с использованием европейского опыта и НДТ.

Особенностью учебного пособия «Комплексное устойчивое управление отходами. Металлургическая промышленность» является сравнение обращения с отходами в металлургической промышленности в России и Евросоюзе, которая исторически развивалась на этих территориях и по сей день представляет важный сектор экономики. Данное пособие адресовано сотрудникам российских предприятий металлургической (алюминиевой и золотоперерабатывающей) отрасли, госслужащим, консультирующим экспертам и всем заинтересованным лицам, проходящим повышение квалификации на профессиональных курсах.

INTRODUCTION

The metallurgy is one of the main factors of the economic growth and social development in countries rich in natural resources, one of which is Russia.

Like many other industries, the production of ferrous and non-ferrous metals is related to high consumption of resources and energy. The management of any metallurgical company is also concerned with the issues of environmental consequences and responsibility. However, depending on the starting conditions, the type of resources, the country, the current legislation, and the existing norms, different aspects should be considered.

The mining of minerals and their processing for the production of metals and alloys is a great possibility for the improvement of the economic situation and for the regional development. Still, these activities can result in negative economic, environmental, and social consequences. The insufficient environmental and social management of metallurgical facilities can make a significant long-term impact on the resources, the biodiversity, and the local population.

In Europe, the issues of reliable supply of raw materials are a matter of concern from the economic, scientific, and political points of view. Thus, different programs of the raw material policy are developed at the national and the international levels. Along with reducing trade barriers, developing bilateral partnerships, and supporting companies in the sphere of exploration and mining of minerals, the metal recycling trend becomes increasingly important. First, it is caused by the availability of secondary resources inside the country, which contributes to the strategic independence from importers of raw materials to a certain extent, even though such independence has limitations compared to that based on the primary resources. Second, the reuse of materials itself has a number of environmental and economic advantages compared to the primary production. In addition, the increase in prices for primary resources also stimulates the implementation and development of recycling technologies despite the fact that the long-term analysis of their economic efficiency is complicated by the market instability.

The environmentally safe production at mining enterprises and in the small and medium business sector in Russia is currently impeded by not only the absence of the economic incentive system for the support of waste prevention, minimization, and processing but also by the insufficient knowledge on the generation and minimization of waste in the production processes.

In addition, there are no advanced training courses meeting state-of-the-art standards for training specialists (e.g., on the best available techniques, the environmental efficiency, and the environmental management systems) for the improvement of awareness among workers of industrial enterprises on these extremely important environmental issues.

The TIWaSiC project is realized within the TEMPUS IV programme supported by the European Union, which encourages the modernization processes in the higher education in partner countries of Eastern Europe, Central Asia, Western Balkans, and the Mediterranean region through inter-university cooperation initiatives. The aim of the project is the improvement of the role of Russian universities by the development of professional advanced courses on the integrated sustainable waste management for Siberian companies and authorities to implement the European experience and the best available techniques (BAT).

The distinctive feature of this tutorial on the integrated sustainable waste management in metallurgy is the comparison of the metallurgical waste management systems in Russia and in the European Union, which were historically developed on these territories and are still important economic sectors. The tutorial is addressed to workers of Russian metallurgical enterprises (aluminum production and gold recovery plants), state officials, experts, and all other participants that undergo the advanced training course.

Глава I. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

Россия является крупнейшим производителем черных и цветных металлов в мире и занимает ведущие позиции в мире по объемам производства некоторых из них (алюминий, медь, сталь и др.) [1]. В результате производственной деятельности образуются различные отходы, обращение с которыми должно отвечать российскому законодательству.

Законодательство в области обращения с отходами является частью экологического права и представляет собой совокупность правовых норм, регулирующих обращение с отходами. В разных странах система правового регулирования обращения с отходами развивалась различным образом. В следующих главах будет рассмотрены существующие в настоящее время правовые нормы по обращению с отходами в Европейском союзе и России, имеющие значение для металлургической промышленности.

1.1. Структура законодательства Европейского Союза

Европейский Союз, в который на данный момент входит 28 европейских государств, ставит перед собой высокие цели в области обращения и управления отходами. В частности одной из долгосрочных стратегий в Европе является создание нового общества – общества рециклинга. Для того чтобы разобраться в требованиях норм в области обращения с отходами в Евросоюзе, необходимо понимать структуру европейского законодательства.

Законодательные акты Евросоюза имеют силу только для стран-участниц. К инструментам управления относятся:

– регламенты ЕС;
– директивы ЕС;
– решения ЕС;
– рекомендательные документы и рекомендации ЕС;
– национальные законы стран-участниц ЕС;
– подзаконные акты стран-участниц ЕС;
– административные предписания [2].

Регламенты ЕС и Решения ЕС являются правовыми нормами прямого действия, обязательными для всех стран-участниц, и соответственно не требующие введения в национальное законодательство. Устанавливая единые требования на всей территории Евросоюза, регламенты ЕС

служат инструментом унификации и схожи по своим признакам с федеральными законами [3]. Если наряду с европейским регламентом принимается национальный закон, то он дополняет положения регламента. В любом случае законодательство Европейского союза имеет по отношению к национальному законодательству преимущественное право [4].

Регламент нумеруется по следующему образцу:

слово «Регламент» (аббревиатура соглашения) № .../год [5].

Пример: Регламент (ЕС) № 1013/2006 о перемещении отходов.

В отличие от регламента, обладающего прямым действием, директива ЕС вводится через национальное законодательство. Она обязывает государство-участника в указанный срок принять меры, направленные на достижение определенных в ней целей, но при этом выбор формы и средств для достижения этих целей предоставляется самим государствам. Таким образом, директива является методом гармонизации и сближения основ законодательства для членов ЕС, но не вводит полное единообразие норм на национальном уровне [3]. Если какая-то страна вовремя не ввела соответствующую директиву в национальное законодательство, то она может приобрести прямое действие, если переходный срок уже прошел и соответствующие предписания директивы по содержанию безусловно и достаточно определены [4].

Нумерация директивы происходит следующим образом:

слово «Директива»/год/текущий номер/аббревиатура соглашения [5].

Пример: Директива 2008/98/ЕС об отходах.

С течением времени аббревиатура соглашения менялась. С 1 декабря 2009 г., когда вступил в силу Лиссабонский договор о внесении изменений в Договор о Европейском союзе и Договор об учреждении Европейского сообщества, применяется аббревиатура ЕС (англ. EU). Более ранние директивы со времен Европейского сообщества или Европейского экономического сообщества имеют соответственно аббревиатуру ЕС (англ. EC) или ЕЭС (англ. EEC) [5].

Кроме вышеперечисленных нормативных инструментов управления большую роль в Европе играют программные документы, так называемые программы действий. Программа действий определяет для стран-участниц ЕС основные цели в соответствующей области на среднесрочную и/или долгосрочную перспективу.

Изначально учрежденное Римским договором в 1957 г. Европейское экономическое сообщество с целью создания общего рынка не предусматривало в своей компетенции вопросы экологии. Решение

о необходимости создания первой программы действий в области окружающей среды было принято в октябре 1972 г. во время Парижской конференции для глав государств и правительств Европейского сообщества. К этому времени пришло понимание того, что гармоничное развитие экономической деятельности и дальнейший экономический рост требует эффективных мер по борьбе с загрязнением окружающей среды. Именно этот момент считают рождением экологической политики в Европейском сообществе. Но правовое определение целей и процедур ЕЭС в области экологической политики было введено в Римский договор впервые в 1986 г. Единым европейским актом, который впервые отнес проблему сохранения окружающей среды к сфере интересов Сообщества. Наконец, Маастрихтским договором 1992 г., который послужил началом Европейскому союзу, были расширены компетенции в этой сфере за счет институционального закрепления вопросов экологической политики и проблем окружающей среды в Договорах ЕС. В настоящее время законодательство об отходах в Евросоюзе устанавливается в основном Европейским парламентом и Советом. Сфера влияния национального законодательства государств-участников при этом до некоторой степени сохраняется и оказывает влияние на реальную практику обращения с отходами [6].

Таким образом, процесс сближения экологического законодательства среди его государств ЕЭС, состоявшего на тот момент из шести стран (Бельгия, Италия, Люксембург, Нидерланды, Франция, ФРГ) начался с принятия в 1973 г. первой программы действий в области окружающей среды, что совпало с первой волной расширения ЕЭС. В этом же году к ЕЭС присоединились Великобритания, Дания и Ирландия. Первая программа в главе 7 содержала действия в связи с удалением отходов и остатков производства.

Вследствие реализации целей первой программы, в июле 1975 г. были издана директива 75/442/ЕЭС [7], первая так называемая рамочная директива по отходам. Она установила нормы в области обращения с отходами для входящих на тот момент девяти стран ЕЭС. В связи с принятием международной Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, рамочная директива об отходах 75/442/ЕЭС [7] была дополнена в 1991 г. приложениями с категориями отходов и способами их удаления и утилизации, перенятыми из Базельской конвенции. Эта первая директива имела свое действие до 2006 года, когда она была отменена в связи с принятием новой директивы 2006/12/ЕС об отходах [8]. Новая версия являлась по существу сводной редакцией, объединяющей в себе все принятые прежде изменения и поправки, но существенных изменений по содержанию не было.

Уже через два года, с 12 декабря 2008 г. вступила в силу новая директива 2008/98/ЕС об отходах и упраздняющая определенные директивы [9]. С принятием новой директивы прекратили свое действие старая рамочная директива 2006/12/ЕС об отходах [8], директива 75/439/ЕЭС об отработанных маслах и нефтепродуктах, а также директива 91/689/ЕЭС об опасных отходах.

Причинами для принятия новой директивы через такой короткий срок послужило следующее. Решением № 1600/2002/ЕС Европейского Парламента и Совета от 22 июля 2002 года [10] была одобрена Шестая программа действий Сообщества в области окружающей среды. В программе предусмотрена масштабная ревизия европейского законодательства об отходах в части его адаптации к научно-техническому прогрессу, включая нормы о сжигании отходов, их перевозке, пояснение различий между отходами и теми веществами, которые не являются ими, а также развитие адекватных критериев для обновления классификации отходов. Новая формулировка рамочной директивы должна разъяснять определение таких ключевых терминов, как отходы, утилизация и ликвидация, а также усиливать мероприятия по использованию отходов. Приобщение положений об отработанных маслах и нефтепродуктах и об опасных отходах должно способствовать упрощению и стандартизации европейского законодательства в области отходов. Таким образом, действующая директива определяет правовую основу для обращения с отходами в Евросоюзе, по крайней мере, на ближайшие 15 лет, и, таким образом, оказывает непосредственное влияние на национальное законодательство 28 государств-членов ЕС.

На основе рамочной директивы «Об отходах» были приняты различные директивы, регулирующие обращение с отдельными видами отходов. Здесь стоит отметить следующие директивы, представляющие интерес для металлургической промышленности:

– Директива 2000/53/ЕС о вышедших из эксплуатации автомобилях [11];

– Директива 2012/19/ЕС об отходах электрического и электронного оборудования [12].

Как и автомобили, так и электротехническое и электронное оборудование содержит в себе различные металлы. На рис. 1.1 представлено распределение компонентов на примере автомобиля Golf 7. Сталь и железо являются основными составляющими автомобилей. Также наблюдается тенденция к повышению использования цветных металлов, особенно алюминия и меди.

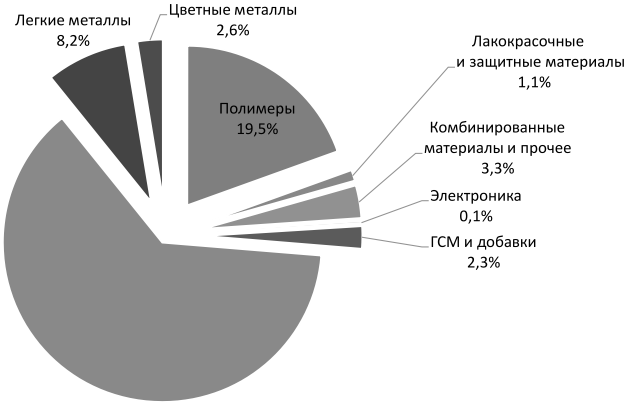


Рис. 1.1. Распределение компонентов на примере автомобиля Golf 7 [13]

Вышеназванные директивы направлены в первую очередь на создание мер для предупреждения/уменьшения образования специфических потоков отходов и уменьшения их негативного воздействия на окружающую среду, но также и для способствования рециклингу вторичных ресурсов, содержащихся в отходах. Для этого в директивах устанавливаются определенные целевые показатели по раздельному сбору и утилизации таких отходов. В частности, директива о вышедших из эксплуатации автомобилях [11] устанавливает следующие целевые показатели:

– с 2006 до 2015 г. – 85 % от среднего веса автомобиля в год для повторного использования и утилизации, при этом доля повторного использования и рециклинга до 80 % от среднего веса автомобиля в год;

– с 2015 г. доля утилизации и рециклинга должны достигать соответственно 95 и 85 % от среднего веса автомобиля.

Директива об отходах электрического и электронного оборудования [12] требует отдельного сбора отслуживших свой срок электрических и электронных приборов и устанавливает для этого шесть категорий для сбора отслужившего оборудования. Также установлены целевые показатели для рециклинга и утилизации: от 75 до 85 % в зависимости от категории приборов.

Установление целевых показателей такого рода способствует обеспечению доступности вторичного сырья для ЕС. Хотя нужно учитывать, что все равно происходит значительный отток материальных потоков за границу, когда старые автомобили и приборы продаются под видом подержанных вещей для повторного использования.

Требования к полигонам для захоронения отходов выделены также в отдельную директиву 1999/31/ЕС [14]. Наряду с непосредственными законодательными актами в области обращения с отходами, аспекты управления отходами отрегулированы также и в смежных документах экологической политики ЕС. Особый интерес здесь представляет директива 2010/75/ЕС о промышленных выбросах (англ.: industrial emissions directive, IED) [15]. На их основе были разработаны BREF (от англ. Best Available Techniques Reference) – справочники по наилучшим доступным технологиям. Ниже будут рассмотрены требования выше перечисленных директив, имеющие значение для металлургической промышленности.

1.1.1. Рамочная директива ЕС об отходах

Европейская Рамочная Директива 2008/98/ЕС об отходах [9] является базовым документом ЕС в сфере управления отходами, распространяющимся на все потоки отходов, как бытовые, так и промышленные (исключение составляют ядерные отходы и некоторые другие специфические виды отходов). В ней установлены основные понятия и задачи законодательства по отходам в ЕС. Для начала рассмотрим ключевой термин для правовых актов в области обращения с отходами.

Термин отходов, согласно статье 3 пункт 1 европейской директивы 2008/98/ЕС «Об отходах» [9], формулируется следующим образом: «отходы – это любое вещество или предмет, от которого его владелец избавляется, хочет избавиться или должен избавиться». Европейское право различает между субъективным и объективным понятием отхода. Объективный аспект («должен избавиться») заключается в необходимости избавления от отхода в силу возможности причинения вреда окружающей среде или здоровью человека. Переход материала в правовой режим отходов на основе объективного понятия происходит, например, если автомобильные аккумуляторы, содержащие тяжелые металлы, находятся на открытом пространстве и есть вероятность вытекания электролита. Однако большую роль играет субъективное понятие отхода, т.е. желание владельца отхода от него избавиться. Как правило, владелец отходов выражает свое желание избавления от отхода тем, что направляет предмет или вещество на удаление или вторичное использование. Но если отходы больше не используются владельцем в силу субъективных причин, то они могут приносить хозяйственную ценность в другом месте или другим образом. Основное назначение юридического определения термина отходов заключается, во-первых, в разграничении понятий мусора и отходов и, во-вторых, в придании термину отходов значения возможности их дальнейшего использования.

Рамочная директива об отходах [9] также дает определение опасным отходам. Под опасными подразумеваются «отходы, проявляющие один или несколько опасных свойств, приведенных в приложении III данной директивы». В это приложение в 2014 году были внесены изменения, так как европейская классификация опасных отходов тесно опирается на классификацию опасных веществ и смесей в законодательстве ЕС. Для классификации опасных веществ и опасных отходов используются единые критерии опасности. Регламентом 1357/2014/ЕС [16] был заменено приложение III Директивы об отходах. Перечень опасных свойств по-прежнему содержит 15 свойств, но были внесены некоторые изменения. Подробнее об этом будет рассмотрено в главе 2.1.1.

Для осуществления стратегических целей политики ЕС по созданию «общества рециклинга» и сохранения ресурсов способствует практическое применение пятиуровневой иерархии обращения с отходами, представленной на рис 1.2.

Рис. 1.2. Иерархия способов обращения
с отходами по директиве 2008/98/ЕС (адаптировано [17])

Первое место в иерархии по приоритетности занимает предотвращение образования отходов, под которым подразумеваются меры для сокращения количества образования отходов, вредных воздействий от них, а также содержания в них вредных веществ. Следующими по приоритетности

способами обращения с отходами являются три варианта утилизации отходов, то есть их использования. Дополнение иерархии двумя новыми уровнями: подготовка к повторному использованию и рециклинг, говорит о большой значимости этих способов обращения с отходами в политике Евросоюза и об осознанном разграничении их между собой.

Под термином «рециклинг» понимается «любой процесс восстановления, при котором материалы, представляющие собой отходы, перерабатываются в продукцию, материалы или вещества, пригодные для использования по первоначальному, либо по какому-то другому назначению. Рециклинг включает в себя переработку органических материалов, но не охватывает использование энергетического потенциала отхода или переработку в материалы, используемые в качестве топлива или засыпки» [9]. Через дополнение последнего предложения к термину осуществляется правовое выделение процессов, которые можно причислить к рециклингу, т.е. использованию отходов в качестве вторичного сырья. Полученные в результате рециклинга материалы обладают прежними свойствами. Например, собранный металлолом переплавляется и полученные в результате этого металлы снова используется в производстве. Важным критерием для рециклинга является перерабатываемость материала.

Если отходы невозможно подвергнуть повторному использованию или рециклингу, то тогда их нужно постараться утилизировать другими способами. Европейский термин «утилизация отходов» означает «любой процесс, главным результатом которого является полезное использование отходов на производственной установке или в других отраслях экономики, при котором ими заменяют другие материалы, используемые для выполнения определенных функций, или при котором отходы подвергаются такой предварительной обработке, что они могут выполнять эти функции» [9].

Под нововведенным в директиву термином «повторное использование» понимается «любой процесс, при котором продукты или их составные части, не являющиеся отходами, используются вновь для той же самой цели, для которой они были первоначально предназначены» [9].

Разница между терминами «повторное использование» и «подготовка к повторному использованию» заключается в проявлении «свойства отходов» в правовом смысле. Из европейского термина отходов, рассмотренного выше, следует, что вещество или материал обретает свойство отхода, как только его владелец проявляет намерение от него избавиться. При этом не имеет значение, осуществляется ли избавление от отхода посредством переработки или захоронения отхода. При повторном

использовании вещество или материал еще не переходит в правовой режим отходов. Соответственно, повторное использование является мерой предотвращения образования отходов. Различие в этих терминах имеет значение, например, при декларировании старых электрических приборов для экспорта за границу для дальнейшего использования. В этом случае они являются товаром и не подлежат международным требованиям о перемещении отходов.

Удаляются отходы только в том случае, если никакой из предыдущих способов утилизации отходов не может быть осуществлен. Удаление отходов, занимающее последнее место в иерархии, определяется в директиве как «любой процесс, не являющийся утилизацией, даже, если в качестве побочного результата происходит возврат вещества или энергии».

В приложении I и II директивы [9] указано, соответственно, 15 способов удаления (кодировка D) и 13 способов утилизации отходов (кодировка R), применяемых на практике в ЕС. Кодировка способов обращения с отходами используется в разного рода документации, сопровождающей применение этих способов на разных этапах жизненного цикла отхода. Таблицы с приведенными в директиве способами обращения с соответствующей кодировкой представлены в приложении 1 к данному пособию.

Данная пятиуровневая иерархия устанавливает на европейском уровне приоритеты по обращению с отходами и должна быть введена в национальное законодательство стран-участниц. Все действия по обращению с отходами, разумеется, должны быть применены с учетом общих принципов охраны окружающей среды, технической осуществимости и экономической целесообразности, а также соразмерно их действию. Отклонения от иерархии возможно, если существуют четкие доказательства преимущества для людей и природы, принимая во внимание экологические аспекты и на основе оценки всего жизненного цикла продукта.

В связи с тем, что отходы в Европе все чаще применяются в качестве вторичного сырья, назрела необходимость установить момент утраты отходом своего статуса. Практически начиная с принятия первой рамочной директивы об отходах [7] в 1975 г. и до выхода новой директивы [9] в 2008 г., действовало следующее правило. Вещество или материал, однажды перешедшие в режим отходов, уже практически не мог вернуться в хозяйственный оборот как продукт, даже после прохождения соответствующей обработки и достижения определенных технических характеристик продукта. В рамках этой концепции представители индустрии, занимающейся обращением с вторичными материалами, и, в частности, металлоломом, считали себя дискриминированными. С возможностью

перехода из режима отходов в продукты предполагается улучшение имиджа предприятий, занимающихся рециклингом и отпадание определенных правовых ограничений, например, в области трансграничной перевозки отходов. Особенно важен этот аспект по отношению к химическим веществам, которые подлежат в Евросоюзе требованиям **REACH.**

Европейский Технический регламент (ЕС) № 1907/2006 [18] о регистрации, оценке, разрешении и ограничении химических веществ, имеющий аббревиатуру REACH, вступил в силу 1 июня 2007 г. Данный регламент нацелен на регулирование производства и использования химических веществ внутри Европейского Союза. Каждый производитель и импортер химических веществ должен зарегистрировать продаваемые на рынке или импортируемые вещества в Европейском Агентстве по химическим веществам. Согласно статье 2 регламента (ЕС) № 1907/2006 [18], отходы исключены из сферы его действия. Однако предприятия, занимающиеся рециклингом, являются в понимании REACH производителями, поскольку химические вещества из отходов вновь становятся продуктами и подчиняются, таким образом, требованиям данного регламента, правда, с некоторыми исключениями. Для таких предприятий момент утраты статуса отхода является решающим.

Директива 2008/98/ЕС об отходах [9] регулирует этот вопрос следующим образом. Согласно статье 6 директивы, утрата статуса отхода происходит, «если отходы подверглись процессу утилизации (восстановления), в том числе рециклингу, и отвечают четким критериям, выработанным согласно следующим условиям:

а) данное вещество или предмет являются повсеместно употребляемым для конкретных целей;

б) существует рынок сбыта таких веществ или предметов, либо спрос на них;

в) данное вещество или предмет соответствуют технологическим требованиям для конкретных целей, а также требованиям обязывающих предписаний и норм, применяемых в отношении продуктов; а также

г) применение данного вещества либо предмета не приводит к негативным последствиям для окружающей среды или здоровья людей».

Отсюда следует, что отходы, измененные в процессе утилизации, в том числе, рециклинга, больше не являются таковыми в непосредственном понимании термина отходов. Вещества или предметы, декларированные до процесса утилизации как отходы, теперь могут иметь иное обозначение и маркировку, так как в связи с утилизацией и дальнейшим применением больше не подпадают под определение

отходов директивы ЕС об отходах [9]. Введение критерий утраты статуса отхода служит для оказания поддержки рынков вторичного сырья, так как вводятся единые стандарты качества вторичного сырья на ЕС пространстве.

Ранее в европейском законодательстве по отходам различали только между продуктами и отходами. В процессе производства образуются также побочные продукты, которые не являются целью производства. Они рассматривались и удалялись раньше как отходы. В последние годы предприятия все больше стремятся извлекать экономическую пользу из побочных продуктов и вывести их на рынок в качестве таковых.

Новая европейская директива 2008/98/ЕС об отходах [9] теперь содержит определение понятия «побочный продукт», так как назрела необходимость некоторые граничные случаи между «продуктами» и «отходами» определять как «побочные продукты». Побочные продукты юридически не являются отходами и не должны подлежать рассмотрению законодательством по отходам. Статья 5 директивы устанавливает, что «вещество или предмет, являющийся результатом производственного процесса, главной целью которого не является производство этого вещества или материала, только тогда считается побочным продуктом, а не отходом согласно статье 3, пункту 1, если выполняются следующие условия:

– точно установлено, что вещество или предмет будет в дальнейшем использоваться;

– вещество или предмет можно использовать непосредственно без какой-либо дальнейшей обработки, которая выходит за рамки стандартных производственных процессов;

– предмет или вещество производится как неотъемлемая часть производственного процесса;

– дальнейшее использование является законным, т.е. вещество или предмет при соответствующем применении удовлетворяет всем требованиям к продуктам, охраны окружающей среды и здоровья человека, и не приводит в целом к негативным последствиям для окружающей среды и здоровья человека».

Через критерии признания веществ или материалов побочными продуктами, которые не считаются отходами, а также установление момента утраты статуса отхода, когда отходы уже не являются таковыми, установлены различные аспекты термина «отход». Вещества, материалы и предметы, которые юридически выпадают из-под определения отходов, должны соответствовать уже другим правовым предписаниям (например, требованиям регламента REACH [18]).

Для введения новой директивы 2008/98/ЕС [9] в национальное законодательство странам-участницам был определен срок в два года. Однако почти все страны затянули этот срок по разным причинам. На данный момент во всех странах ЕС приняты национальные законы, вводящие требования директивы ЕС об отходах.

1.1.2. Критерии для утраты металлоломом статуса отхода и перехода в режим продукта в ЕС

Принцип утраты свойства отходов, установленный в директиве 2008/98/ЕС по отходам [9] в общем виде, далее конкретизируются для конкретных веществ и отходов Европейской комиссией в рамках так называемых комитологических процедур. Комитологические комитеты должны принять исполнительную инструкцию (т.е. подзаконный акт) для законодательных актов ЕС, в данном случае директивы ЕС по отходам. Европейский парламент и Совет обладают в комитологической процедуре лишь ограниченными возможностями влияния по сравнению с формальным законодательным процессом.

Первая комитологическая процедура по поводу момента утраты свойства отходов была проведена для чугунного, стального и алюминиевого лома, результатом которой стал Регламент (ЕС) № 333/2011 от 31 марта 2011 г. [19] с критериями, когда определенные виды лома больше не рассматриваются как отходы. В статьях 3 (в отношении железа и стального лома) и 4 (в отношении алюминиевого лома) данного регламента [19] соединены критерии для утраты статуса отхода, хотя при этом самое главное представлено в приложениях I и II, на которые как раз и ссылаются статьи 3 и 4. Суть регламента заключается в том, что железный, стальной и алюминиевый лом утрачивают статус отхода, если:

– он соответствует установленным критериям перед поступлением на утилизацию,

– был подвергнут определенным методам обработки,

– соответствует требованиям к качеству лома.

Спустя два года был выпущен регламент (ЕС) № 715/2013 в отношении лома меди [20], который по структуре идентичен регламенту № 333/2011 от 31 марта 2011 г. в отношении стального и алюминиевого лома [19]. Оба регламента устанавливают схожие критерии к качеству лома, приведенные ниже:

1) лом сортируются в соответствии со спецификацией заказчика, спецификации отрасли или стандартом для непосредственного использования в производстве металлов или металлических предметов путем рафинирования или переплавки;

2) общее содержание примесей должно составлять по массе, не более:

– 2 % для железного и стального лома;

– 5 % для алюминиевого лома или выход металла, по меньшей мере, 90 %;

– 2 % для лома меди.

Примесями являются:

– неметаллические материалы, такие как земля, пыль, изолирующий материал и стекло;

– горючие неметаллические материалы, такие как резина, пластмасса, ткани, дерево и другие химические или органические вещества;

– крупные включения, не обладающие электропроводностью, такие как шины, трубы, заполненные цементом, включения из дерева или бетона;

– остатки от выплавки стали, или, соответственно, алюминия и алюминиевых сплавов от процессов накаливания, обработки поверхности (в том числе и зачистки), шлифовки, распиловки, сварки и газовой резки, такие как шлаки, шламы пыль от фильтров, шлифовальная пыль, прокатная окалина для стали или выгарки (оборотный шлак) и угольная пена для алюминия и меди;

– для железного и стального лома: примеси цветного металла (за исключением легирующих компонентов в субстрате из черных металлов);

– для алюминиевого лома: металлы, отличные от алюминия и алюминиевых сплавов;

– для лома меди: металлы, отличные от меди и медных сплавов;

3) железный и стальной лом не должен содержать чрезмерного количества оксидов железа;

– алюминиевый – поливинилхлорида (ПВХ) в виде покрытий, красок, пластмасс;

– лом меди – оксидов металла и поливинилхлорида в виде покрытий, красок, пластмасс;

4) необходимо подтверждение отсутствия загрязнения маслами, масляными эмульсиями, смазочными веществами (за исключением незначительных количеств, которые не приведут к протечке) с помощью визуального контроля;

5) лом соответствует требованиям национальных и международных предписаний о радиоактивности и это подтверждено соответствующим документом о проверке на радиоактивность;

6) лом не обладает какими-либо опасными свойствами, перечисленными в Приложении III Директивы 2008/98/ЕС об отходах;

7) в составе лома не присутствуют никакие емкости, находящиеся под давлением, в закрытом состоянии или приоткрытом состоянии, наличие которых может вызвать взрыв в металлургической печи.

Если эти критерии соблюдаются, то производитель или импортер лома оформляет для каждой партии лома декларацию о соответствии согласно форме в приложении III обоих регламентов [19, 20]. При наличии такой декларации лом уже транспортируется и вводится в оборот как продукт, а не как отход.

Здесь следует обратить внимание, что для подтверждения соответствия критериям производитель лома должен применять систему менеджмента качества (СМК), описанную в статье 6 регламента [19]. Такая система должна включать в себя ряд документированных процедур для следующих процессов:

– контроль при приеме лома;
– мониторинг процессов и методов обработки лома;
– контроль качества лома;
– эффективность мониторинга радиационного воздействия;
– организация обратной связи с клиентами о соблюдении качества лома;
– документирование результатов мониторинга;
– анализ и улучшение системы менеджмента качества;
– обучение персонала.

СМК должна быть сертифицирована соответствующим органом по оценке соответствия, и каждые три года проходить повторный аудит.

Выше приведенные требования к СМК можно оценить, как довольно несложные, так как основные пункты являются составляющими известных систем менеджмента согласно ISO 9001, ISO 14001 или представленной в ЕС системой экологического менеджмента и аудита EMAS III . Однако такие системы внедрены, как правило, только на крупных предприятиях, и не распространены в небольших предприятиях, занимающихся рециклингом или обработкой металлолома, в связи со сложностью и стоимостью внедрения таких систем. Для небольших предприятий выполнение требования по СМК означает дополнительные организационные, временные и материальные затраты.

Анализ критериев для преждевременной утраты металлоломом статуса отхода согласно регламенту № 333/2011 [19] позволяет сделать вывод, что только определенные, особенно чистые от примесей сорта лома могут удовлетворять данным критериям, чья доля в общем ассортименте лома составляет лишь 10–15 % [21]. С другой стороны, данный регламент не устанавливает критерии для качества лома, как такого, а лишь дает возможность при их соблюдении вывести металлолом из режима отходов в статус продукта с правовой точки зрения.

Пока известно, что лишь некоторые итальянские сталеплавильные заводы требуют декларацию стального и чугунного лома как продукта.

Немецкие сталеплавильные и литейные заводы, наоборот, не требуют декларации лома в качестве продукта, а принимают его в качестве отходов [21]. В настоящее время в Германии много указывает на то, что с учетом всех аспектов в большинстве случаев целесообразнее оставлять металлом в режиме отходов [22].

Если металлолом остается в статусе отхода, то характеристики лома подробно обговариваются конкретно между поставщиком и заказчиком, в зависимости от предназначения.

Регламенты ЕС об утрате статуса отхода для стального и алюминиевого лома и лома меди обладают прямым действием для стран-участниц ЕС, и соответственно не требует введения в национальное законодательство. Национальные законодательные органы стран ЕС не могут устанавливать дополнительные или отличающиеся критерии для момента утраты статуса отхода.

1.1.3. Директива ЕС о полигонах

Размещение отходов на полигоне является наименее предпочтительным вариантом согласно иерархии обращения с отходами, установленной в Директиве ЕС «об отходах» [9] и должно быть сведено к минимуму. Существующие на данный момент технологии еще не позволяют утилизировать все отходы, образующиеся в процессе деятельности металлургических предприятий. В таком случае они должны быть размещены на полигоне, соответствующем определенным требованиям.

Требования к полигонам для размещения отходов выделены в отдельную директиву ЕС 1999/31/ЕС [14], которая была выпущена в 1999 г. (срок введения в национальное законодательство в течение двух лет, т.е. до 16.07.2001). Это был компромисс между 15 государствами-членами, входящих на тот момент в ЕС, с различным уровнем развития технологии захоронения отходов. Большое влияние на разработку директивы ЕС и требований к полигонам отходов оказала Германия и ее практика размещения отходов [23].

Директива ЕС 1999/31/ЕС [14] о полигонах устанавливает общие требования к месторасположению полигона и технологии устройства полигонов, такие как техника уплотнения его основания, дегазация, сбор фильтрата. Директивой был предусмотрен переходный период до 16 июля 2009 г. С этого момента все полигоны в ЕС должны отвечать установленным требованиям или быть выведенными из эксплуатации, если их невозможно было реконструировать и модернизировать.

Для ряда стран реализация требования директивы требовала огромных усилий. Например, Великобритания до последнего делала ставку

на совместное захоронение коммунальных и опасных отходов, а принятая директива о полигонах [14] наоборот запрещает такую практику. Также директива ЕС призывает к сокращению количества размещаемых на полигоне биологически разлагаемых отходов с целью снижения общих выбросов метана в ЕС.

Директива ЕС 1999/31/ЕС [14] различает следующие виды полигонов:

– полигон для инертных отходов, на котором размещаются инертные отходы, не подвергающиеся существенным физическим, химическим или биологическим преобразованиям, то есть нерастворимые, негорючие, биологически не разлагаемые и не подвергающиеся прочим физическим и химическим реакциям; а также не склонные к выщелачиванию и, следовательно, не вызывающие опасность для качества поверхностных и/или подземных вод;

– полигон для неопасных отходов, предназначенный для размещения коммунальных отходов, неопасных отходов другого происхождения, а также стабильных, нереактивных опасных отходов (например, отвержденных, остеклованных), чья характеристика вымывания соответствует характеристике безопасных отходов, и которые отвечают критериям принятия на этот вид полигона,

– полигон для опасных отходов, на котором могут размещаться только такие опасные отходы, которые удовлетворяют критериям принятия на этот вид полигона.

К захоронению на полигоне для неопасных и опасных отходов допускаются только обработанные отходы. При этом, согласно Директиве ЕС 1999/31/ЕС [14], полигоном является «сооружение для хранения отходов, размещаемые либо на поверхности земли, либо под землей, включая:

– внутризаводские полигоны для хранения отходов (то есть полигоны, где производитель отходов выполняет размещение своих собственных отходов по месту производств),

– а также сооруженные на долгосрочную перспективу полигоны (т.е. более чем на один год), которые используются для временного размещения отходов».

Критерии для приема отходов на полигоны были установлены в 2002 г. решением Совета 2003/33/ЕС [24]. Для отходов, размещаемых на наземных полигонах, были прописаны конкретные предельные значения для выщелачивания/вымывания и совокупность органических параметров. При размещении опасных отходов на полигоне для неопасных отходов их значение pH должен составлять не менее 6, а значение общего органического углерода (TOC) – 5%. В случае полигона для опасных

отходов значение общего органического углерода опасных отходов не должно превышать 6 % или потеря массы при прокаливании 10 %.

Согласно директиве о полигонах [14] необходимо также определять буферную емкость (способность нейтрализовать кислоты) опасных отходов, размещаемых на наземных полигонах, хотя для нее не указано предельное значение. За счет этого предполагается собрать данные, чтобы впоследствии Европейская комиссия смогла принять решение, нужно ли устанавливать предельные значение для буферной емкости или нет.

Что касается опасных отходов металлургических предприятий, то их захоронение является пока еще частой практикой в странах ЕС и в отдельных случаях единственным возможным вариантом. Например, пыль, образующаяся во время выплавки алюминия, является опасным отходом. В силу опасных свойств пыли, таких как мелкодисперсный характер, содержание растворимых в воде хлоридов и т.д., ее нельзя размещать на наземном полигоне для опасных отходов, так как она не соответствует критериям приема на такой полигон. Согласно уровню техники в ЕС, пыль от газоочисток подлежит захоронению в подземном хранилище для опасных отходов.

Здесь стоит отдельно остановиться на подземных хранилищах для захоронения отходов, которые все-таки были включены в директиву ЕС. Такое хранилище означает «объект захоронения отходов в глубоких геологических впадинах типа соляных шахт для добычи калийных или каменных солей». Подземные хранилища предназначены в первую очередь для особо опасных отходов, для которых еще не разработаны другие биологические или термические способы ликвидации, либо применение таких способов с экологической точки зрения вызовут еще большие последствия, а размещение таких отходов на наземных полигонах даже после соответствующей обработки представляло бы опасность для окружающей среды.

Для подземных хранилищ наиболее подходящими считаются бывшие солевые шахты, так как они расположены ниже грунтовых вод на глубине от 500 до 800 метров и изолированы от биосферы мощными слоями соляных и скальных пород, противостоящих тектоническим сдвигам. Солевые отложения образовались миллионы лет назад, и считается, что они будут существовать еще очень долгое время. Для захоронения отходы помещаются в прочные контейнеры, бочки или мягкие контейнеры (биг-бэг, от англ. big bags), что представляет собой дополнительный искусственный барьер. Различные группы отходов разделяются каменными стенами [25].

Подземные хранилища для захоронения отходов представлены в основном в Германии, так как здесь, в отличие от других стран ЕС, находятся крупные залежи калийных солей и шахты для их добычи, то есть

имеются условия для сооружения подземных хранилищ. В Германии было открыто первое в мире подземное хранилище Херфа-Нойроде в 1972 г., которое до сих пор находится в эксплуатации [25]. На сегодняшний день в Германии находится четыре подземных хранилища для захоронения отходов согласно [26]. С 2006 г. эксплуатируется подземное хранилище для захоронения отходов в Великобритании в соляной шахте на глубине 800 м. Во Франции также находилось в эксплуатации подземное хранилище в эльзасской солевой шахте. Но после подземных пожаров в 2002 г. хранилище было закрыто [6].

Для подземных хранилищ не устанавливаются предельные значения для вымывания, так как в таких хранилищах в силу их конструкции не образуется фильтрат. Зато особое внимание отдаётся информации о пожароопасных, обладающих интенсивным запахом или газообразующих компонентах отходов.

При размещении отходов в подземном хранилище различают между захоронением отходов и применением отходов в качестве закладочного материала. Согласно директиве ЕС об отходах [9], захоронение считается операцией удаления/ликвидации отходов, а применение в качестве закладочного материала, напротив, признается в качестве операции утилизации под кодом R5 (Приложение 1). Стоит отметить, что передача отходов для применения в качестве закладочного материала стоит дешевле, чем захоронение в подземном хранилище.

Ни на одном из видов полигонов не предусмотрено захоронение отходов, которые после размещения на полигоне становятся взрывоопасными, подверженными коррозии, быстро воспламеняющимися, отходов медицинских учреждений, использованных не измельченных покрышек автомобилей, а также жидких отходов. Хотя относительно жидких отходов была внесена поправка, в связи с принятием регламента (ЕС) 1102/2008 о запрете экспорта металлической ртути и некоторых соединений ртути и их смесей и безопасное хранение металлической ртути. Согласно требованиям этого регламента, с 15 марта 2011 г. ртуть и некоторые соединения ртути и смеси из определенных отраслей промышленности рассматриваются как отходы, и должны быть удалены таким образом, чтобы они не представляли опасности для здоровья человека и окружающей среды. Европейская Комиссия ожидает, что в ЕС к 2020 г. необходимо будет удалить около 10 000 т металлический ртути, которая при нормальной температуре и давлении находится в жидком состоянии [27]. При этом, в качестве одного из способов ее удаления предполагается временное или постоянное размещение в подземных хранилищах.

1.1.4. Директива ЕС о промышленных выбросах

Директива 2010/75/ЕС о промышленных выбросах (англ.: industrial emissions directive, IED) [15] является следующим примером того, как на уровне ЕС стремятся достичь применения единых экологических стандартов при сооружении и эксплуатации промышленных предприятий. Директива о промышленных выбросах [15] ориентирована на то, чтобы охватить и зарегистрировать все выбросы от промышленной установки в воздух, в воду и почву в совокупности. Для этого концепт интеграции директивы предполагает два направления. Во-первых, она формирует единые правила выдачи разрешений (лицензий) на ввод и осуществление эксплуатации крупных промышленных предприятий, деятельность которых загрязняет окружающую среду. Во-вторых, предписывает необходимость применения предприятиями интегративного подхода для защиты ОС, с помощью которого учитываются все производственные процессы, чтобы предотвратить перенос загрязнителей из одной среды, например почвы или воды, в другую, обычно воздух.

Директива о промышленных выбросах 2010/75/ЕС заменяет предыдущую директиву о комплексном предотвращении и контроле загрязнений (КПКЗ; англ.: Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC) [28], а также объединяет требования шести других секторальных директив ЕС относительно крупных установок для сжигания (директива 2001/80/ЕС), сжигания отходов (директива 2000/75/ЕС), использовании растворителей (директива 1999/13/ЕС) и диоксида титана (директивы 78/176/ЕЭС, 82/883/ЕЭС, 92/112/ЕЭС).

Первая версия предыдущей директивы КПКЗ 96/61/ЕС вышла в 1996 г. (к этому моменту в состав ЕС входило 15 стран). Директива КПКЗ от 1996 г. должна была непосредственно применяться к новым на тот момент промышленным установкам. Для старых установок, то есть введённых в эксплуатацию до принятия директивы, предполагался переходный срок до 31 октября 2007 г. Согласно директиве государства-члены ЕС должны предоставлять в Европейскую комиссию каждые три года доклад о том, насколько успешно осуществляется реализация требований директивы в их стране. Во многих странах ЕС срок переходного периода для старых промышленных установок не был соблюден вовремя [29].

В 2008 г. под тем же именем была издана директива 2008/1/ЕС [28], объединив в себе все внесенные изменения. На этот момент ЕС состоит уже из 27 государств (так называемая Европа-27). И наконец, в 2010 г. требования директивы КПКЗ с немногими, но существенными

изменениями были интегрированы в актуальную директиву 2010/75/ЕС о промышленных выбросах [15] (далее директива IED). Данная директива IED предусматривает следующие нововведения:

– был дополнен список промышленных установок, на которые распространяется действие директивы;

– требования по выдаче разрешений были несколько ужесточены. в целом, более четкие правила с меньшим количеством исключений;

– более строгие правила для установления значений предельных выбросов – обязательная привязка к значениям предельных выбросов согласно отраслевым BREFs документам – справочным документам по наилучшим доступным технологиям;

– ужесточаются требования к защите почвы и подземных вод;

– вводится система экологических инспекций;

– добавляются требования к предоставлению отчетов предприятиями регулирующим органам;

– предписывается более широкая доступность общественности к информации, связанной с промышленным оборудованием, например, о результатах официальных экологических инспекций.

Центральным элементом Директивы IED является усиление значимости документов BREF (от англ. Best Available Techniques Reference), которые в русскоязычном переводе принято называть справочниками по НДТ. Справочники по НДТ составляются для определенных видов деятельности в процессе обмена информацией между странами ЕС и содержат в себе перечень технологий, которые уже внедрены на предприятиях в странах ЕС и с помощью применения которых удалось снизить суммарные выбросы предприятия в ОС.

Согласно предыдущей директиве КПКЗ [28] справочники НДТ было необходимо лишь учитывать при выдаче разрешений, но они не носили столь обязательного характера. В связи с этим, в отдельных странах ЕС существовали большие различия в отношении того, как именно учитывались справочники НДТ при установлении значений предельных выбросов. В прошлом это неоднократно приводило к недостаточно корректному исполнению предписаний директивы КПКЗ [28] и, как следствие, к искажению условий [30].

Согласно новой директиве IED [15] к каждому справочнику НДТ будут разрабатываться «заключения по НДТ» (англ.: BAT conclusion) – документы, описывающие уровень техники в ЕС и обобщающие важную отраслевую информацию. «Заключения по НДТ» публикуются в Официальном журнале ЕС в качестве отельного юридического документа. В них также содержится информация о диапазоне уровней предельных

выбросов в атмосферный воздух и сбросов в воду, достижимом при использовании НДТ. Промышленные установки, подпадающие под действие директивы IED [15], не должны во время эксплуатации превышать этот диапазон предельных выбросов, прописанный в «заключениях по НДТ». Таким образом, «заключения по НДТ» с указанными в них диапазонами предельных выбросов теперь служат определяющим руководствующим документом при установлении регулирующим органом лимитов для получения разрешения предприятием.

Стоит отметить, что собственник предприятия вправе выбрать любую технологию по своему усмотрению, даже ту, которой нет в справочнике НДТ. Однако в процессе получения разрешения предельные значения выбросов устанавливаются таким образом, чтобы гарантировать, что фактические выбросы не превышают диапазон предельных выбросов, прописанных в «заключениях по НДТ».

Для подачи на выдачу разрешения подается заявка, которая должна содержать в себе следующую информацию:

– промышленная установка, ее тип и масштабы деятельности;

– исходные и вспомогательные материалы, другие вещества и данные об электропотреблении, используемые или произведенные на заводе;

– источники выбросов;

– состояние территории расположения объекта;

– в определенных случаях доклад о начальном состоянии территории промышленного объекта в соответствии со статьей 22, пунктом 2;

– виды и количество предполагаемых выбросов от установки в каждую среду (воздух, вода, почва), а также выявление значительных воздействий выбросов на окружающую среду;

– предлагаемая технология и другие методы для предотвращения выбросов от установки или, где это невозможно, их сокращения;

– меры по предотвращению, подготовке к повторному использованию, утилизации и удалению отходов, образующихся в результате работы установки;

– дальнейшие меры, планируемые для обеспечения соблюдения принципов основных обязательств в соответствии со статьей 11;

– планируемые меры по мониторингу выбросов в окружающую среду;

– обзор основных альтернатив к заявленным на получение разрешения технологии, техники и мероприятиям.

Детализация требований к подготовке заявки на получение разрешения и процедура ее рассмотрения определяются национальным законодательством. До принятия окончательного решения относительно выдачи разрешения, к заявке должен быть обеспечен доступ общественности.

При этом временные рамки для различных этапов должны быть обеспечены таким образом, чтобы у общественности и заинтересованных сторон было достаточное количество времени для подготовки и эффективного участия в процессе принятии решения. Вообще любые заинтересованные стороны могут подавать свои обращения в разрешительный орган, который должен проанализировать поступившую информацию, и предложения к условиям разрешения. По результатам процедуры рассмотрения заявки принимается решение либо о выдаче разрешения, либо об отклонении заявки. В случае выдачи разрешения разрешительный орган должен донести информацию о содержании заявки и установленных лимитов до общественности, в том числе и через интернет.

Директива IED [15] также устанавливает и вводит новые правила относительно контроля соблюдения установленных в разрешении лимитов на выбросы в процессе эксплуатации промышленной установки. Согласно статье 23, государства ЕС должны создать систему экологических инспекций, которая включает в себя общую оценку экологических проблем, процедуры составления программ для плановых и внеплановых (в случае нарушения) экологических инспекций. Также предусматривается необходимость проведения регулирующим органом проверок на местах, то есть посещение регулирующими органами промышленной установки. Период между двумя проверками на местах должны быть основаны на систематической оценке экологических рисков промышленной установки и не должен превышать один год для установок, представляющих наиболее высокие риски и три года для установок, представляющих низкие риски. Это приведет, конечно, к более частым проверкам со стороны регулирующих органов. Если в ходе плановой проверки было установлено, что объект существенно нарушает установленные в разрешении лимиты, то в течение следующих шести месяцев осуществляется дополнительная проверка на месте.

После каждой проверки на месте проверяющий орган должен подготовить отчет с соответствующими выводами относительно соблюдения условий и лимитов, указанных в разрешении, и выводы о возможных дальнейших мероприятиях, если они необходимы. Этот отчет проверяющий орган должен предоставить предприятию в течение двух месяцев после проверки, а кроме того, в течение четырех месяцев этот отчет должен быть обнародован также и для общественности. Таким образом, у общественности появляется гораздо больше возможностей на получение информации об установках и на влияние процесса получения разрешения.

Также стоит отметить, что с введением директивы IED [15] предприятия также должны ежегодно представлять отчет контролирующим органам, содержащий информацию о результатах внутреннего мониторинга выбросов, а также о методологии и частоты измерений и процедуры оценки данных.

Под действие директивы IED [15] подпадает большинство промышленных установок в различных сферах промышленности, среди которых производство и обработка металлов. Кроме этого, директива распространяется на энергетическую, перерабатывающую и химическую промышленность, обработку отходов и некоторые процессы в прочих сферах, например, целлюлозно-бумажное производство, скотобойни, фабрики интенсивного разведения птицы/свиней, и т.д., которые прописаны в приложении I директивы. В числовом эквиваленте около 50 000 промышленных установок в ЕС подпадают под действие директивы, из них примерно 10 000 находится в Германии [31].

Под производством и обработкой металлов перечисляются промышленные установки и оборудование для осуществления следующих процессов, получение разрешения на которые осуществляется согласно требованиям директивы IED:

1. Обжиг или агломерация металлических руд, включая сульфидные руды.

2. Производство чугуна или стали (первичная и вторичная плавка), в том числе непрерывная разливка с производительностью, превышающей 2,5 т/ч.

3. Обработка черных металлов

а) станы горячей прокатки с мощностью более 20 т нерафинированной стали в час;

б) кузнечно-штамповочные агрегаты, оборудованные кузнечными молотами, энергия которых превышает 50 кДж на молот, а потребляемая тепловая мощность превышает 20 МВт;

в) нанесения защитных распыленных металлических покрытий с подачей более 2 т нерафинированной стали в час.

4. Эксплуатация машины для литья черных металлов с производительностью более 20 т/сут.

5. Обработка цветных металлов

а) извлечение цветных металлов из руды, концентратов или вторичного сырья посредством металлургических, химических или электролитических процессов;

б) плавка цветных металлов, включая легирование, в том числе извлеченных продуктов и эксплуатация машины для литья цветных

металлов с плавильной мощностью более 4 т/сут для свинца и кадмия или более 20 т/сут для других металлов;

6. Поверхностная обработка металлов или углепластиков электролитическим или химическим способом, где емкость ванн превышают 30 м^3.

Стоит отметить, что полигоны, требования к которым были рассмотрены в предыдущей главе, также попадают под действие директивы IED [15], если приемочная способность превышает 10 т отходов в сутки или общая вместимость около 25000 т, при этом исключаются полигоны для инертных отходов.

Страны ЕС должны были до 7 января 2013 г. ввести требования данной директивы в свое национальное законодательство. Также были установлены различные переходные сроки для выполнения требований директивы в зависимости от типа промышленной установки. Для большинства установок, в том числе для производства и обработки металлов, был дан срок до 7.01.2014. Более поздние сроки (2015 г.) установлены для крупных установок для сжигания.

1.1.5. Европейские справочники и заключения по НДТ

Европейские справочники по НДТ представляют собой документы, описывающие НДТ для отраслей промышленности, приведенных в Приложении I к Директиве 2010/75/ЕС о промышленных выбросах [15]. При этом согласно директиве, в понятии «наилучшие доступные технологии» используемые термины означают:

– наилучшие – наиболее эффективные, позволяющие достичь высокого уровня защиты окружающей среды в целом;

– доступные – достаточно разработанные для серийного внедрения в соответствующих секторах промышленности при балансе затрат и выгод, обеспечивающем экономическую и техническую целесообразность;

– технологии (дословно с английского «технические методы») – подразумевают под собой как технологические процессы, так и методы проектирования, строительства, обслуживания, эксплуатации и вывода из эксплуатации промышленных производств.

Для сбора информации, определения и описания НДТ для каждой отрасли специальным европейским бюро в Севилье – Европейское бюро комплексного предотвращения и контроля загрязнений (англ. EIPPCB) был организован процесс обмена информацией. В связи с географическим положением бюро сам процесс также называют «Севильским процессом». Для координации обмена информацией бюро EIPPCB создает техническую рабочую группу, в которую входят

представители из стран-членов ЕС, отраслевых промышленных ассоциаций и экологических организаций. Для обмена информацией были приняты руководящие положения, описывающие роль участников, содержание и процесс разработки справочников.

Выбор технологии для НДТ происходит в три этапа:

а) проверка пригодности в пределах предприятия;

б) процесс рассмотрения на национальном уровне;

в) процесс рассмотрения на европейском уровне.

При отнесении технологии к НДТ учитываются следующие критерии в соответствии с приложением IV к директиве IED [15]:

1. Малоотходность технологии.

2. Использование менее вредных веществ.

3. Стимулирование регенерации и рециркуляции веществ, производимых в данном технологическом процессе, и отходов, где это возможно.

4. Наличие сравнимым технологических процессов, производственного оборудования или методов эксплуатации, которые были с успехом опробованы на промышленном уровне.

5. Технический прогресс технологий и развитие научных знаний.

6. Характер, воздействие и объем выбросов.

7. Дата ввода в действие новых или реконструированных объектов.

8. Период, необходимый для внедрения лучших имеющихся технологий.

9. Потребление и характер сырья (включая воду), используемого в технологическом процессе, и эффективность энергопотребления.

10. Необходимость предотвращения или сведения к минимуму общего воздействия выбросов на окружающую среду и опасности, которым она подвергается.

11. Необходимость предотвращения аварий и сведения к минимум их последствий для окружающей среды.

12. Информация, публикуемая международными организациями.

Обмен информацией о НДТ представляет собой непрерывный и динамичный процесс. Результаты информационного процесса публикуются в виде справочников по НДТ, которые подлежат периодическому пересмотру, обновлению, доработке и расширению представляемых данных в среднем каждые 8 лет.

Как уже было отмечено в предыдущей главе, после введения директивы IED [15] появился новый правовой акт в форме «заключения по НДТ» (англ.: BAT conclusion). Страны ЕС согласовывают сконцентрированное содержание «заключений». После их перевода на все государственные языки стран ЕС и опубликования в Официальном журнале ЕС, «заключения» получают обязательную юридическую силу. Для реализации

мероприятий с целью соблюдения новых требований к выбросам согласно новым «заключения», для предприятий предусмотрен переходный срок в четыре года после их опубликования.

В настоящее время в Евросоюзе разработано и приято 32 справочника по НДТ для различных отраслей промышленности, которые были разработаны согласно директивам КППЗ (IPPC) [28] и IED [15]. Их можно условно разделить на 2 группы. 26 справочников содержат технологии для применения в одной или нескольких отраслях промышленности, их часто называют «вертикальными». Остальные 7 справочников применимы к большинству отраслей промышленности, поэтому их называют «горизонтальными». Также разработаны два справочника в рамках других законодательных актов, которые не являются частью обмена информацией в рамках Директивы IED [15]: обращение с отходами и пустыми породами в горнодобывающей деятельности и разведка и добыча углеводородов.

Для металлургической промышленности разработано пять справочников:

– обработка черных металлов,

– производство чугуна и стали,

– производство и обработка цветных металлов,

– кузнечное дело и литейное производство,

– обработка поверхности металлов и гальванотехника (электрохимические покрытия).

Справочник по НДТ по производству цветных металлов находится на данный момент в ревизии. Он был принят в 2001 г. Структура данного справочника несколько отличается от привычной, так как документ рассматривает сложный процесс производства цветных металлов одновременно из первичного, и вторичного сырья. Цветные металлы разбиты на 8 групп:

1) медь и сплавы из меди;

2) алюминий и его сплавы, а также переработка соли и алюминия из солевых шлаков;

3) свинец и олово;

4) цинк и кадмий;

5) драгоценные металлы;

6) ферросплавы (например, FeCr, FeSi, FeMn, SiMn, FeTi, FeMo, FeV, FeB);

7) никель и кобальт;

8) углерод и графит.

Производство углерода и графита было также включено в виде отдельной группы, поскольку многие такие процессы осуществляются заводами по производству первичного алюминия.

Ревизия справочника по производству цветных металлов началась в 2007 г. Стартовое совещание состоялось в сентябре 2007 г. в Севилье. В работе совещания присутствовало 50 представителей из 14 стран ЕС: Испании, Соединенного Королевства Великобритании, Швеции, Нидерландов, Болгарии, Франции, Польши, Германии, Чехии, Бельгии, Финляндии, Латвии, Италии и Австрии, а также Норвегии, которая не является членом ЕС, но входит в Европейскую экономическую зону. От промышленных организаций приняли участие Eurometaux, European Aluminium Association (EAA), European Copper Institute (ECI), European Carbon and Graphite Association (ECGA), EuroAlliages (EA), European Nickel Association (ENIA), International Zinc Association, а также представители некоторых отдельных компаний [32].

В октябре 2014 года был представлен финальный проект (англ. final draft) обновленного справочника по производству цветных металлов, он находится на рассмотрении Форума. Проект доступен на веб-сайте бюро (http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/) [33]. 13 июня 2016 Европейской комиссией были официально опубликованы «заключения» по производству цветных металлов.

1.2. Основы российского законодательства в металлургической отрасли

1.2.1. Правовые аспекты эксплуатации объектов хранения и размещения отходов в металлургической отрасли

В России управление отходами рассматривается как важная государственная задача. Созданы правительственные, научно-исследовательские и общественные организации, специально занимающиеся проблемами управления отходами. Одним из основных нормативных актов, регламентирующих основы охраны природы и ресурсосбережения, и регулирующих, в том числе, и обращение с отходами металлургической отрасли, является Закон «Об охране окружающей природной среды» от 10 января 2002 г., который определяет компетенцию законодательной власти, правительства, специально уполномоченных на то органов Российской Федерации, компетенцию органов местного самоуправления, экономический механизм охраны окружающей природной среды: планирование и финансирование природоохранных мероприятий; установление нормативов платы и размеров платежей за использование природных ресурсов; выбросы и сбросы загрязняющих веществ; возмещение вреда, причиненного окружающей среде и здоровью человека; проблемы

нормирования качества окружающей природной среды: нормирование качества окружающей среды; нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ, уровня радиационного воздействия; норм нагрузки на окружающую природную среду, а также нормативы санитарных и защитных зон и экологические требования к продукции, основные цели и принципы государственной экологической экспертизы, экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию предприятий, сооружений и иных объектов. Законом запрещается ввод в эксплуатацию объектов, не обеспеченных современными технологиями, сооружениями и установками по очистке, обезвреживанию и утилизации вредных отходов, выбросов и сбросов до уровня предельно допустимых по нормативам, средствами контроля за загрязнением окружающей природной среды, без завершения запроектированных работ по охране природы, рекультивации земель, оздоровлению окружающей природной среды. Закон также устанавливает основные экологические требования при эксплуатации предприятий, сооружений и иных объектов: выброс и сброс вредных веществ, захоронение отходов допускаются на основе разрешения, выдаваемого специально уполномоченными на то государственными органами Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды. При этом в Законе специально рассмотрен перечень задач, стоящих перед экологическим контролем. Система экологического контроля включает в себя государственный экологический контроль, производственный экологический контроль (осуществляется экологическими службами предприятий) и общественный экологический контроль (осуществляется профсоюзами, общественными объединениями, трудовыми коллективами, гражданами). На основе Закона «Об охране окружающей природной среды» были приняты в 1995 г. Федеральные Законы «Об особо охраняемых природных территориях», «О недрах», «Об экологической экспертизе» и др. В 1995 г. принят Федеральный Закон «Об отходах производства и потребления», который определяет правовые основы обращения с отходами на уровне производства и потребления в целях предотвращения вредного воздействия их на здоровье человека и окружающую природную среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья. Закон устанавливает общие понятия (отходы, их характеристика, размещение, использование, обезвреживание и т.п.), определяет полномочия Федерации и субъектов Федерации, общие требования к обращению с отходами (требования к проектированию и эксплуатации различных объектов, обращению с отходами, их транспортировке и т.п.), рассматриваются

вопросы нормирования, государственного учета и отчетности в области обращения с отходами, вопросы экономического регулирования в области обращения с отходами (планирование мер по уменьшению количества отходов, платность размещения отходов, экономическое стимулирование деятельности в области обращения с отходами), излагаются принципы государственного контроля. В марте 1999 г. Президентом России подписан Закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», направленный на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения как одного из условий реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду. В Законе определены меры ответственности (административной и уголовной) за нарушения санитарного законодательства. В Уголовном кодексе Российской Федерации в отдельную главу выделены составы экологических преступлений, включающую статьи, касающиеся нарушения правил обращения с опасными веществами и отходами; статьи о посягательствах на отдельные элементы окружающей среды (загрязнение атмосферы, загрязнение морской среды, порча земли, нарушение правил охраны и использования недр), а также статьи о посягательствах на животный и растительный мир.

1.2.2. Правовые нормативные документы, регулирующие вопросы обращения с металлургическими отходами в Российской Федерации

Изменения законодательства в области лицензирования, вступающие в силу с 1 июля 2015 г.

В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2014 № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты РФ и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) РФ»:

– Бессрочные лицензии на деятельность по обезвреживанию и размещению отходов I–IV классов опасности, выданные до дня вступления в силу настоящего Федерального закона, действуют до 30 июня 2015 г.

– С 01 июля 2015 **г.** лицензированию подлежит деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I–IV классов опасности.

– Индивидуальный предприниматель или юридическое лицо, имеющие лицензию на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I–IV классов опасности, не вправе осуществлять указанную деятельность на конкретном объекте по обезвреживанию и (или) размещению отходов I–IV классов

опасности, если на этом объекте уже осуществляется деятельность по обезвреживанию и (или) размещению отходов I–IV классов опасности другими индивидуальным предпринимателем или юридическим лицом, имеющими лицензию на указанную деятельность.

При эксплуатации объектов хранения и размещения отходов в металлургической отрасли необходимо иметь:

– Право собственности на отходы образующие в процессе производства.

– Проект нормативов образования и лимитов размещения отходов, согласованный в управлении по технологическому и экологическому надзору.

– Лимиты на размещение отходов.

Необходимым также для каждого современного металлургического предприятия является разработка стандарта предприятия «Порядок сбора, размещения и утилизации отходов», в котором устанавливается порядок выполнения работ по обращению с отходами.

На все отходы I–IV класса опасности должны быть разработаны Паспорта и Свидетельства, которые согласовываются в управлении по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора.

Земли под размещение отходов металлургического производства должны находиться в постоянном пользовании (в аренде или в собственности) предприятия.

1.2.3. Организация надзорной деятельности на объектах металлургической отрасли

На объектах металлургической отрасли должны обязательно выполняться требования по наличию средств контроля и измерений, подтверждающих соблюдение нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении деятельности по обращению с опасными отходами.

Санитарно-промышленная лаборатория предприятия должна быть обеспечена оборудованием, расходными материалами, необходимыми для проведения аналитических работ.

Оборудование, используемое в лабораториях, должно соответствовать требованиям нормативных документов. Запуск оборудования должен осуществляться: представителями фирм-изготовителей, если это предусмотрено контрактом (договором); специализированными организациями, имеющими соответствующую лицензию; специалистами лаборатории, если для ввода в эксплуатацию не требуется специального разрешения.

Каждая единица системы измерения испытательного и вспомогательного оборудования должна регистрироваться в «Журнале регистрации

оборудования». При этом регистрационные данные должны включать: регистрационный номер; наименование типа; завод-изготовитель; серийный (заводской) номер; наименование и номер эксплуатационного документа, сведения о месте его нахождения; местонахождение оборудования; сведения о периодичности поверки или аттестации; сведения о повреждениях и ремонте; сведения о консервации и списании. Непосредственно на месте установки оборудования вывешивается краткая инструкция по эксплуатации, составленная и подписанная начальником лаборатории.

Поверка средств измерений, аттестация испытательного оборудования проводится согласно ПР 50.2.006-94 «ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений» и ГОСТ Р 8.568-97 «ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения» в соответствии с планом-графиком.

Результаты поверки и аттестации оборудования (свидетельства о поверке, извещения о непригодности, аттестаты на оборудование) подшиваются в папку «Результаты поверки и аттестации оборудования».

Техническое обслуживание оборудования проводится в соответствии с требованиями, изложенным в технических описаниях, инструкциях по эксплуатации, руководствах в соответствии с графиком, утверждённым руководителем лаборатории. Ремонт оборудования проводится персоналом сервисных служб фирм-изготовителей, специализированными службами, имеющими соответствующую лицензию, уполномоченным сотрудником (уточнить). Оборудование, не соответствующее по результатам поверки и аттестации установленным требованиям, подлежит ремонту. Аналитические приборы, в отношении которых имеются сомнения в их исправности, снимают с эксплуатации и подвергают ремонту, внеочередной поверке или консервации. В этом случае оборудование маркируется соответствующим образом.

Надзорная деятельность на объектах металлургической отрасли осуществляется органами Ростехнадзора России.

1.2.4. Правовые нормативные документы по обращению с ломом черных и цветных металлов

Одним из важных направлений в развитии металлургии является использование лома и отходов металлов как вторичное сырьё. Правовые нормативные документы, регламентирующие обращение с ломом черных и цветных металлов:

Федеральные законы:

– Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 14 марта 2009 г.);

– Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (ред. от 30 декабря 2008 года);

– Федеральный закон от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (ред. от 30 декабря 2008 г.);

– Федеральный закон от 30.12.2008 № 309-ФЗ «О внесении изменений в статью 16 Федерального Закона «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»

Постановления Правительства Российской Федерации:

– Постановление Правительства Российской Федерации от 28 августа 1992 года № 632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» (с изменениями на 14 мая 2009 г.);

– Постановление Правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 г. № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» (с изменениями на 8 января 2009 г.);

– Постановление Правительства Российской Федерации от 15 июня 2009 г. № 486 «О внесении изменений в некоторые акты правительства Российской Федерации по вопросу лицензирования деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению отходов I–IV класса опасности»;

– Постановление Правительства Российской Федерации от 26 января 2006 г. № 45 «Об организации лицензирования отдельных видов деятельности» (с изменениями на 15 июня 2009 г.);

– Постановление Правительства Российской Федерации от 26 августа 2006 г. № 524 «Об утверждении положения о лицензировании деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению отходов I–IV класса опасности» (с изменениями на 15 июня 2009 г.);

– Постановление Правительства Российской Федерации от 29 августа 2007 г. № 545 «О внесении изменений в Правила разработки и утверждения нормативов образования отходов и лимитов на их размещение»;

– Постановление Российской Федерации от 12.06.2003 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления»;

– Постановление от 16.06.2000 № 461 «О правилах разработки и утверждения нормативов образования отходов и лимитов на их размещение»;

– Постановление от 3.08.1992 № 545 «Об утверждении порядка разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов» (с изменениями на 16 июня 2000 г.).

Распоряжения Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору:

– Распоряжение Ростехнадзора от 29 июля 2009 г. № 46-рп «Об исключении дублирования территориальными органами Ростехнадзора полномочий территориальных органов Росприроднадзора при проведении мероприятий по контролю»;

– Распоряжение Ростехнадзора от 23 июля 2009 г. № 45-рп «Об исполнении территориальными органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по лицензированию деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению отходов I–IV классов опасности»;

– Распоряжение Ростехнадзора от 30 июня 2009 г. № 38-рп «Об исполнении Ростехнадзором государственной функции по лицензированию деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению отходов I–IV классов опасности в связи с вступлением в силу отдельных положений Федерального закона от 30 декабря 2008 г. № 309-ФЗ»;

– Распоряжение Ростехнадзора от 09 февраля 2009 г. № 5-рп «Об исполнении государственной функции по лицензированию деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению опасных отходов в связи с вступлением в силу отдельных положений Федерального закона от 30 декабря 2008 г. № 309-ФЗ».

Приказы Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору:

– Приказ Ростехнадзора от 05 апреля 2007 г. № 204 «Об утверждении формы расчёта платы за негативное воздействие на окружающую среду и порядка заполнения и представления формы расчёта платы за негативное воздействие на окружающую среду» (редакция от 27 марта 2008 г.);

– Приказ Ростехнадзора от 18 июля 2008 г. № 504 «Об организации и проведении государственной экологической экспертизы территориальными органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору»;

– Приказ Ростехнадзора от 10 декабря 2007 г. № 848 «Об утверждении административного регламента федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по исполнению государственной функции по лицензированию деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению опасных отходов»;

– Приказ Ростехнадзора от 19 октября 2007 г. № 703 «Об утверждении методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение»;

– Приказ Ростехнадзора от 20 сентября 2007 г. № 643 «Об утверждении административного регламента федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по исполнению государственной функции по установлению лимитов на размещение отходов»;

– Приказ Ростехнадзора от 28 августа 2007 г. № 596а «Об утверждении методических рекомендаций по подготовке представляемых на государственную экологическую экспертизу материалов обоснования намечаемой деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению опасных отходов» и др.

К документам, регламентирующим обращение с ломом черных и цветных металлов относятся также различные инструктивно-методические указания.

Глава II. ВИДЫ ОТХОДОВ

2.1. Классификация отходов

Классификация отходов производства возможна по различным признакам, среди которых основными можно считать следующие:

а) по отраслям промышленности – черная и цветная металлургия;

б) по фазовому составу – твердые (пыли, шламы, шлаки), жидкие (растворы, эмульсии, суспензии), газообразные (оксиды углерода, азота, соединение серы и др.);

в) по производственным циклам – в пирометаллургии (шлаки, шламы, пыли, газы), в гидрометаллургии (растворы, осадки, газы).

Рис. 2.1. Классификация отходов металлургии

Наряду с классификацией по происхождению отходы подразделяют на опасные и неопасные, так как они могут представлять опасность для здоровья людей и окружающей среды. Обращение с опасными отходами подлежит особым требованиям и контролю со стороны компетентных органов государства.

Единую основу для обозначения отходов в Европейском Союзе обеспечивает Европейский каталог отходов (ЕКО), который классифицирует отходы по их видам. В России используют Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО). Структура каталогов будет рассмотрена в следующих главах.

2.1.1. Место металлургических отходов в Европейском каталоге отходов

Гармонизированный европейский каталог отходов (ЕКО) был утвержден Решением Комиссии 2000/532/ЕС от 3 мая 2000 г. [34]. ЕКО является основой для единообразного применения правовых норм и требований в области обращения с отходами в странах-участницах Евросоюза, для предоставления отчетности по обращению с отходами и для осуществления требований Базельской конвенции о трансграничной перевозке опасных отходов и их удалением. Для включения этого каталога в национальное законодательство странам-участницам был дан срок до 1 января 2002 г.

ЕКО базируется на приложении III директивы 2008/98/ЕС об отходах [9], содержащее опасные свойства отходов. В связи с заменой приложения III, о котором уже было упомянуто в главе 1.1.1, в ЕКО так же были внесены изменения Решением 2014/955/ЕС [35] в 2014 г. Изменения будут пояснены по ходу изложения.

Европейский каталог отходов содержит перечень различных видов отходов, охватывающий как неопасные, так и опасные отходы. Применение ЕКО находит в двух основных направлениях:

– обозначение отходов единым образом во всех странах ЕС;

– классификация отходов по их опасности.

Обозначение отходов происходит за счет присвоения отходу шестизначного кода. Первые две цифры шестизначного кода обозначают номер главы. В каждой главе охвачены особые группы отходов, которые определяют следующие две цифры кода. Структура ЕКО представлена в табл. 2.1. Каталог по-прежнему состоит из 20 глав, которые перечислены в табл. 2.2.

Таблица 2.1

Структура Европейского каталога отходов [36]

Код отхода	Обозначение отхода
01 01 01 01 01 01	глава группа вид отхода
01 01 99	Вид отхода, не указанный иначе

Таблица 2.2

Список глав европейского каталога отходов [35]

Код главы	Заголовок главы
01	отходы, возникшие при разведке, эксплуатации и добыче, а также физической и химической обработки полезных ископаемых
02	отходы сельского хозяйства, садоводства, прудового и лесного хозяйства, охоты и рыболовства, также производства и обработки продуктов питания
03	отходы обработки древесины и производства досок, мебели, целлюлозы, бумаги и картона
04	отходы из кожевенной, меховой и текстильной индустрии
05	отходы нефтепереработки, ректификации природного газа и пиролиза угля
06	отходы неорганических химических процессов
07	отходы органических химических процессов
08	отходы от производства, обработки, поставок и использования покрытий (краски, лаки, эмали), клеящих, пломбирующих материалов веществ и типографических красителей
09	отходы фотопромышленности
10	отходы термических процессов
11	отходы от химической обработки поверхностей и покрытий металлов и других материалов; цветной гидрометаллургии
12	отходы, образовавшиеся в результате механического формования, а также физической и механической обработки металлов и пластика
13	отработанные масла и отходы жидкого топлива (за исключением пищевого растительного масла, групп 05 и 12)
14	отходы от органических растворителей, охлаждающих веществ и газообразного топлива (за исключением групп 07 и 08)
15	Упаковочная тара, адсорбенты, тряпки, фильтры и защитная одежда
16	не иначе указанные отходы
17	строительные отходы и отходы сноса зданий (включая вынутый грунт с загрязненных территорий)
18	отходы от медицинской и ветеринарной практики и исследований (без кухонных отходов и отходов ресторанного бизнеса, не возникающих непосредственно при уходе за больным)
19	отходы от отходоперерабатывающего производства и очистки сточных вод
20	отходы населенных мест (отходы домашнего хозяйства и схожие промышленные отходы), включая раздельно собранные фракции

Из указанного выше списка глав видно, что отходы, с одной стороны, объединены в одну главу согласно их виду и составу, например, отработанные масла и отходы жидкого топлива. С другой стороны, в главу входят отходы от определенных видов деятельности или процессов, например, отходы нефтепереработки или отходы термических процессов. Таким образом, группирование отходов в одну главу происходит по признаку идентичности свойств отходов одной главы. Способы группирования представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Способы группирования отходов в европейском каталоге отходов [36]

Код главы ЕКО	Обозначение
04	по отрасли производства: Отходы из кожной, меховой и текстильной индустрии
06	по процессу производства: Отходы неорганических химических процессов
14	по веществу: Отходы органических растворителей, охлаждающих веществ и газообразного топлива
16	сборная группа: Отходы, не приведенные в других главах ЕКО

Для корректной идентификации отходов необходимо соблюдать определенную последовательность действий [35]:

а) идентифицировать источник, образующий отходы, в главах 1–12 или 17–20, и идентифицировать соответствующий шестизначный код отхода (исключая коды, заканчивающиеся цифрами 99 из этих глав);

б) если никакой соответствующий код отхода не может быть найден в указанных главах, рассмотрению подлежат главы 13–15;

в) если ни один из этих кодов отходов не применим, они должны быть идентифицированы согласно главе 16;

г) если отходы не могут быть найдены и в главе 16 (не иначе указанные отходы), должен использоваться код 99 в секции списка, соответствующей виду деятельности, идентифицированной в первом пункте.

Металлургические отходы можно найти в четырех главах ЕКО:

1 – отходы, возникшие при разведке, эксплуатации и добыче, а также физической и химической обработки полезных ископаемых;

10 – отходы термических процессов;

11 – отходы от химической обработки поверхностей и покрытий металлов и других материалов; цветной гидрометаллургии;

12 – отходы, образовавшиеся в результате механического формования, а также физической и механической обработки металлов и пластика.

Отходы непосредственной термической плавки отходов расположены в главе 10 под термическими способами, состоящей в свою очередь из 14 групп отходов, 9 из которых касаются металлургии черных и цветных металлов:

10 02: Отходы черной металлургии
10 03: Отходы от термической металлургии алюминия
10 04: Отходы от термической металлургии свинца
10 05: Отходы от термической металлургии цинка
10 06: Отходы от термической металлургии меди
10 07: Отходы от термической металлургии серебра, золота и платины
10 08: Отходы от термической металлургии прочих цветных металлов
10 09: Отходы от литья черных металлов
10 10: Отходы от литья цветных металлов

Каждая группа содержит различное количество видов отходов. Например, группа отходов от термической металлургии алюминия содержит 22 вида отхода, а серебра, золота и платины – 8.

Наряду с идентификацией и обозначением отходов, с помощью каталога происходит принципиальное деление отходов на опасные и неопасные. Опасные отходы обозначены в ЕКО звездочкой (*). Маркировка звездочкой позволяет пользователю быстро и легко классифицировать отходы как опасные или неопасные. Обращение с опасными отходами требует особого государственного регулирования, согласно национальному законодательству стран ЕС.

ЕКО включал в себя до недавнего времени в общей сложности 839 видов отходов, а теперь, после внесенных Решением 2014/955/ЕС [35] изменений – 842, так как было добавлено три опасных вида отходов:

010310* – красный шлам от производства глинозема, который содержит опасные вещества, за исключением отходов, перечисленных под 010307;

160307* – металлическая ртуть;

190308* – частично стабилизированная ртуть.

Теперь из 842 отходов, 408 обозначены опасными [37]. Но в ЕКО один и тот же вид отходов может быть определен как опасным, так и неопасным отходом. Такое двойное занесение в каталог называется «зеркальным входом». В таком случае опасный вид отходов всегда приводится первым и отмечается звездочкой. На нижеследующей строке повторяется тот же вид отходов, но теперь без звездочки. Таким образом, из 408 опасных

видов отходов только 228 видов отходов считаются автоматически опасными, а 236 неопасными [37], например:

10 03 02 – *анодный лом (неопасный);*

10 03 04* – *шлаки от первичной плавки (опасный);*

20 01 21* – *люминесцентные лампы и другие ртутьсодержащие отходы (опасный).*

Для таких «автоматически» опасных и неопасных отходов не требуется дальнейшая проверка в отношении наличия опасных характеристик согласно приложению III директивы 2008/98/ЕС об отходах [9], поскольку их классификация по ЕКО является исчерпывающей. Дополнительные анализы для таких отходов тоже не нужны.

Остальные 378 видов отходов являются «зеркальными», их классификация остается открытой. Например:

10 03 23* – *твердые отходы от очистки газов, содержащих опасные вещества;*

10 03 24 – *твердые отходы от очистки газа, кроме тех, что упомянуты в 10 03 23.*

Для определения классификации «зеркальных» отходов, необходимо сначала оценка содержания в них опасных веществ и наличия опасных характеристик, перечисленных в Приложении III Директивы 2008/98/ЕС [9]. В связи с изменениями согласно Решению 2014/955/ЕС [35] в 2014 г., перечень опасных свойств и критерии для их определения теперь несколько отличается от предыдущего, хотя количество опасных свойств не изменилось, их по-прежнему 15. Характеристики теперь имеют кодировку из двух букв HP (от англ.: hazardous properties). В табл. 2.4 представлены обновленные опасные свойства.

Классификация некоторых видов отходов зависит от содержания в них опасных веществ. Отходы являются опасными, если они в отношении свойств HP3–HP8, HP10 и HP11 удовлетворяют определенным критериям, которые так же были адаптированы под законодательство об опасных веществах.

Можно отметить следующие изменения. Для свойства HP 7, HP 9, HP 11 b HP 14 остались прежними. Для жидких отходов, наоборот, были изменены параметры температуры возгорания: раньше <= 55°C, а теперь <= 60°C. Критерии для HP 1, HP 2 были конкретизированы, а для HP 5 и HP 13 теперь установлены предельные значения. Для HP 4, HP 6 и HP 8 теперь нужно учитывать пороговые значения. Для HP 8 критерии стали теперь не такими строгими, в то время как для HP 10 ужесточились предельные значения концентраций, поэтому возможно некоторые отходы будут классифицироваться как опасные, хотя раньше считались неопасными [38].

В большинстве случаев изменения в классификации опасных свойств не должны привести к существенным изменениям на практике, так как это коснулось только «зеркальных» отходов, опасность которых нужно проверять в конкретном случае.

Таблица 2.4

Опасные свойства согласно Решению 2014/955/ЕС [35]

Код опасного свойства	Свойство
HP 1	взрывчатые
HP 2	окисляющиеся
HP 3	воспламеняющиеся
HP 4	раздражающие
HP 5	токсичные для целевого органа /опасность аспирации
H3 6	остро токсичный
H3 7	канцерогенные
H3 8	едкие
HP 9	инфекционные
HP 10	токсичные для репродуктивности
HP 11	мутагенные
HP 12	выделяющие высокотоксичные газы
HP 13	сенсибилизирующие
HP 14	экотоксичные
HP 15	отход, у которого может появиться один из вышеперечисленных отходов

2.1.2. Место металлургических отходов в Федеральном классификационном каталоге отходов Российской Федерации

Федеральный классификационный каталог отходов утвержден Приказом Росприроднадзора от 18.07.2014 № 445, вступил в силу 01.08.2014. Данный классификатор разработан в целях исполнения положений приказа Минприроды России от 30.09.2011 № 792 «Об утверждении порядка ведения государственного кадастра отходов». Каталог предназначен для использования в системе государственного управления в области обращения с отходами при учёте, контроле и нормировании в области обращения с отходами, лицензировании деятельности в области обращения с отходами, выдаче разрешений на трансграничные

перевозки и размещение отходов, при проектировании природоохранных сооружений и проведении средозащитных мероприятий, при оценке материального ущерба или риска возникновения аварии при обращении с отходами.

Отходы металлургического производства в Федеральном классификационном каталоге выделены в отдельный блок «Отходы металлургических производств», который включает следующие разделы:

- Отходы производства чугуна, стали и ферросплавов (отходы производства чугуна, шлаки производства чугуна, шлаки доменные, отходы газоочистки при производстве чугуна).
- Отходы производства стали (шлаки производства стали, отходы газоочистки при производстве стали).
- Отходы производства ферросплавов (шлаки производства ферросплавов, отходы газоочистки при производстве ферросплавов).
- Отходы производства стали в слитках.
- Отходы производства стального проката (окалина прокатного производства, окалина замасленная прокатного производства с содержанием масла 15% и более, окалина замасленная прокатного производства с содержанием масла менее 15%).
- Прочие отходы производства чугуна, стали и ферросплавов, электроды графитовые отработанные не загрязненные опасными веществами.
- Отходы производства стальных труб, полых профилей и фитингов.
- Отходы металлические от производства стальных труб, полых профилей и фитингов (кроме отходов металлов, вошедших в Блок 4 группу 4 60).
- Прочие отходы от производства стальных труб, полых профилей и фитингов.
- Отходы производства прочих стальных изделий первичной обработкой.
- Отходы производства стальных прутков и сплошных профилей методом холодного волочения.
- Отходы производства холоднотянутого штрипса.
- Отходы производства с помощью холодной штамповки или гибки.
- Отходы производства проволоки методом холодного волочения.
- Отходы производства основных драгоценных металлов и прочих цветных металлов.
- Отходы производства драгоценных металлов (серебра, золота, сплавов драгоценных металлов и т.д.).
- Отходы производства алюминия (шлак печей переплава алюминиевого производства, пыль электрофильтров алюминиевого производства, шлам минеральный от газоочистки производства алюминия, расплав

электролита алюминиевого производства, огарки обожженных анодов алюминиевого производства).

- Отходы производства свинца, цинка и олова.
- Отходы производства меди.
- Шлаки производства меди (шлаки плавки медных концентратов в отражательной печи производства черновой меди).
- Отходы газоочистки в производстве черновой меди (пыль газоочистки обжигового и плавильного переделов производства черновой меди, содержащая цветные металлы).
- Отходы производства прочих цветных металлов.
- Отходы производства титана, магния, вольфрама, молибдена, кобальта, хрома, марганца.
- Отходы производства редких (тантала, ниобия, галлия, германия, иридия) и редкоземельных металлов.
- Отходы литья металлов (кроме отходов металлов, вошедших в Блок 4 группу 4 60), Отходы литья черных металлов.
- Отходы литейных форм от литья черных металлов (песок формовочный горелый отработанный, керамические формы от литья черных металлов отработанные).
- Отходы литья цветных металлов.

2.2. Классификация отходов по происхождению. Качественный и количественный сравнительный анализ отходов Европы и России

Только 15–30 % металлургических отходов подвергаются переработке, направленной на извлечение ценных элементов состава. Примерно 20–30 % промышленных отходов с предприятий чёрной и цветной металлургии применяются в строительной сфере. Основная же часть отработанных материалов хранится в отвалах (пластах, негодных для выработки), на шламовых полях и т.п. По подсчётам экологов, площадь территории России, занимаемая промышленными отходами металлургических предприятий, составляет свыше 1300 км^2.

2.2.1. Отходы черной металлургии

Россия – один из ведущих производителей черных металлов. Последние несколько лет Российскя Федерация стабильно занимает пятое место по объемам выплавки стали в мире.

Черная металлургия является фундаментом для развития ряда ведущих отраслей мировой экономики: оборонной промышленности,

транспортного и тяжелого машиностроения, энергетики, строительства (в том числе авиационного и судоходного). Кроме того, черная металлургия тесно связана с химической и легкой промышленностью. В связи с этим, можно говорить о том, что отрасль черной металлургии является потенциальной силой, способствующей повышению конкурентоспособности отечественных производителей и росту экономики страны в целом (рис. 2.2, табл. 2.5).

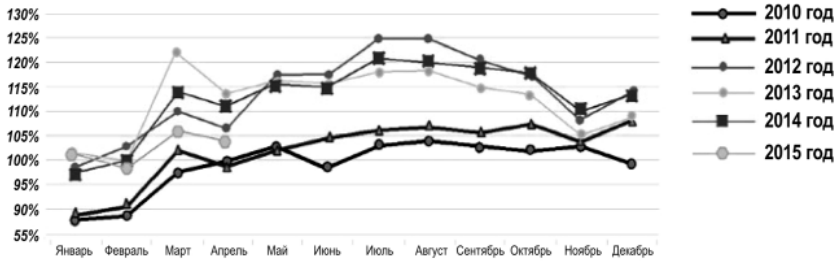


Рис. 2.2. Динамика металлургического производства в России

Таблица 2.5

Экспорт продукции черной металлургии в 2014 году, тыс. т

Вид продукции	Всего	Дальнее зарубежье	СНГ
Руды и концентраты железные	22 997,4	19 947,4	3 050,0
Черные металлы	39 258,6	33 196,1	6 062,4
Черные металлы (кроме чугуна, ферросплавов, отходов и ломов)	26 089,5	21 565,4	4 524,0
Чугун	4 359,4	4 217,4	142,0
Ферросплавы	912,5	859,4	53,1
Полуфабрикаты из углеродистой стали	13 511,8	13 269,7	242,2
Прокат плоский из углеродистой стали	7 614,5	5 923,0	1 691,5

Объем и структура образования основных видов технологических отходов на металлургических предприятиях с полным циклом производства: шлаки основных переделов, в том числе: доменные, сталеплавильные, прокатные; шламы основных переделов, в том числе: агломерационные, доменные, сталеплавильные, прокатные; пыль электрофильтров основных переделов: агломерационные, доменные, сталеплавильные,

прокатные; отсевы и потери сырьевых материалов, в том числе: кокса, агломерата, извести; прокатная окалина; железный купорос; бой огнеупоров; отработанные огнеупорные массы; масса огнеупорная и набивка выпускных и разливочных желобов отработанная; скрап после разделки ковшевых остатков шлака выплавки и разливки чугуна; пыль десульфурации чугуна; отходы мартеновского производства; пыль от выплавки стали в мартеновских печах; пыль от помола шлака мартеновских печей; картон базальтовый теплоизоляционный отработанный; скрап и литники после разливки стали; отходы электросталеплавильного производства; пыль из подсводового пространства дуговой электропечи; пыль из желобов и леток выпуска стали и шлака; скрап и литники после разливки стали; отходы футеровки печи и желобов; отходы прокатного производства; шлам после прокатки стальных слитков; эмульсия смазочно-охлаждающая отработанная при прокатке стальных слитков; асбест теплоизоляционный отработанный; круги абразивные отработанные при зачистке стальной продукции; пыль после абразивной зачистки прокатной продукции; отходы литейного производства; пыль от приготовления формовочной смеси для литья; остатки формовочной смеси литья после гидроочистки изложниц; скрап, литники и прибыли после заливки металла в формы; продукты очистки литейной продукции; пыль после абразивной зачистки отливок; отходы тепловых электростанций (ТЭЦ); зола (шлак) после сжигания твердого топлива в котлоагрегатах; осадок гашения извести; осадок после приготовления солевых растворов; силикагель, уголь активированный отработанный при подготовке воды; шлам после очистки градирен; отходы вспомогательных производств; эмульсия смазочно-охлаждающая отработанная; шлам после химической чистки рабочей одежды; грунт загрязненный нефтепродуктами; вата минеральная теплоизоляционная отработанная; шлам после получения ацетилена из карбида кальция; пыль от обработки металлических изделий абразивным инструментом; остаток после регенерации отработанных нефтепродуктов; остаток материалов лакокрасочных; отстой масла трансформаторного отработанного; обшивка деревянная (шиферная) отработанная при эксплуатации градирен; шлам после механической очистки воды; шлам после механической (реагентной, биохимической) очистки сточных вод; бой материалов и стеклянных изделий; уплотнители (сальники, вкладыши) отработанные; шланги резиновые отработанные; шлам после обезвреживания растворов гальванических; продукт очистки ванн гальванических; шлак флюсовый после наварки изделий; остатки электродов электросварки; песок, опилки древесные загрязненные нефтепродуктами; фильтры масляные и топливные

отработанные; смесь золы и шлака после сжигания твердого топлива в кузнечном горне; катанка отработанная при креплении грузов; шлам после очистки емкостей для хранения нефтепродуктов; шлаки доменного, сталеплавильного и литейного производств и др.

В зависимости от характера процесса и типа печей шлаки черной металлургии делят на следующие виды: доменные; сталеплавильные (мартеновские, конвертерные, бессемеровские и томасовские, электроплавильные); производства ферросплавов; ваграночные (рис. 2.3).

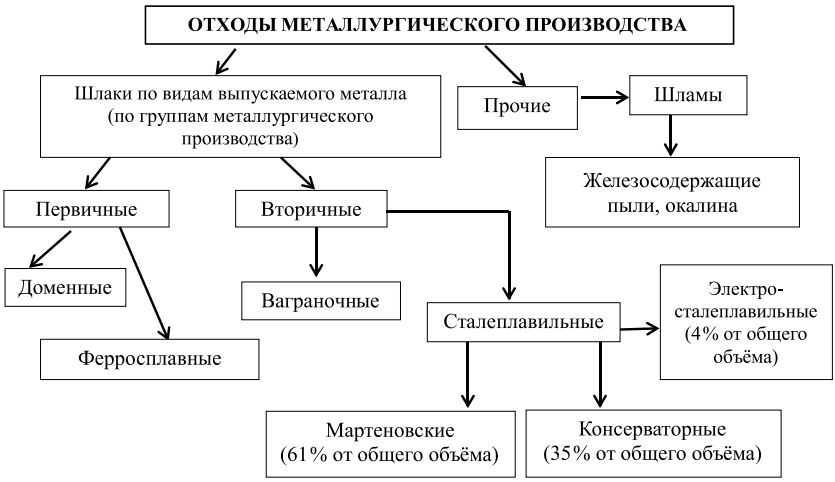


Рис. 2.3. Шлаки черной металлургии

Наибольшим является выход доменных шлаков, на 1 т чугуна он составляет 0,6–0,7 т. При выплавке стали выход шлаков на 1 т значительно меньше: при мартеновском способе – 0,2–0,3 т, бессемеровском и томасовском – 0,1–0,2; при выплавке стали в электропечах – 0,1–0,04 т. Количество шлаков ферросплавного производства и ваграночных шлаков сравнительно невелико. Химический состав доменных шлаков представлен в основном четырьмя оксидами: CaO (29–30 %), MgO (0–18 %), $A1_2O_3$(5–23 %) и SiO_2 (30–40 %). В небольшом количестве в них содержатся оксиды железа (0,2–0,6 %) и марганца (0,3–1 %), а также сера (0,5–3,1 %). Сталеплавильные шлаки характеризуются более высоким содержанием оксидов железа (до 20 %) и марганца (до 10 %).

На рис. 2.4 приведены данные об использовании сталеплавильных шлаков.

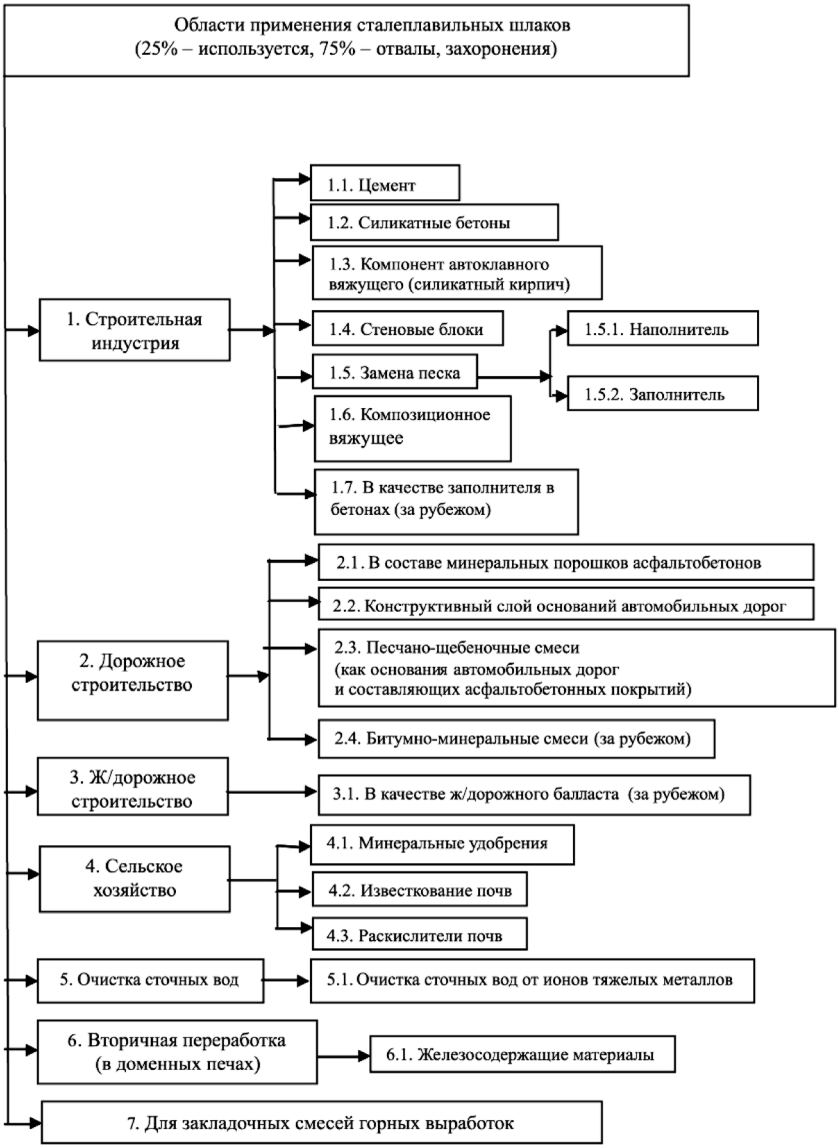


Рис. 2.4. Использование сталеплавильных шлаков черной металлургии

При разборке огнеупорной футеровки и кладки печей образуется огнеупорный лом, пригодный к дальнейшему использованию. Основное количество огнеупорного лома образуется на предприятиях черной и цветной металлургии. Значительное количество огнеупорного лома образуется в устройствах для разливки стали, и прежде всего в сталеразливочных ковшах, которые футеруются в основном алюмосиликатными огнеупорами. При ремонтах воздухонагревателей доменных и коксовых печей образуется лом муллитокремнеземистых, муллитовых, муллитокорундовых и корундовых изделий.

Наиболее ценными для металлургии являются железосодержащие отходы (пыль, шлам, окалина).

Шламы предприятий черной металлургии делятся на: шламы доменного производства (газоочисток доменных печей; подбункерных помещений доменных печей); шламы газоочисток мартеновских печей; шламы газоочисток электросталеплавильных печей; шламы агломерационных доменных фабрик. По содержанию железа их подразделяют следующим образом: богатые (55–67 %) – пыль и шлам газоочисток мартеновских печей и конвертеров; относительно богатые (40–55 %) – шламы и пыли аглодоменного производства; бедные (30–40 %) – шлам и пыль газоочисток электросталеплавильного производства.

На металлургических заводах образуется значительное количество различных железосодержащих пылей и шламов. Они с успехом могут применяться в качестве железистой корректирующей добавки в производстве портландцементного клинкера. Железосодержащие добавки используются также при получении керамзита для улучшения вспучивания и спекания глинистого сырья.

Тонкодисперсные отходы производства ферросилиция более чем на 90 % состоят из частиц аморфного диоксида кремния с диаметром менее 1 мкм. Эта пыль при введении в бетоны в сочетании с пластифицирующей добавкой позволяет существенно увеличить прочность или соответственно снизить расход цемента. Установлена эффективность добавки отходов производства ферросилиция также при изготовлении силикатного кирпича и ячеистых бетонов.

Железосодержащие шламы могут быть разбиты на несколько групп:

а) богатые – 50–65 % Fe (шламы мартеновских и конвертерных цехов);

б) относительно богатые – 40–55 % Fe (шламы аглофабрик и доменных цехов);

в) бедные – < 40 % Fe.

Основным направлением рационального использования шламов является утилизация их в качестве добавки к агломерационной шихте.

2.2.2. Отходы цветной металлургии

2.2.2.1. Общие сведения об отходах предприятий цветной металлургии в России

В цветной металлургии источниками образования отходов являются: плавка (шлаки); освещение помещений и наружной территории (ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки, отработанные и брак); замена отработанных конденсаторов (конденсаторы с трихлордифенилом отработанные); замена отработанных аккумуляторов (аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные, с не слитым электролитом); замена масла в масляных системах автотранспорта, погрузчиков (минеральные масла отработанные); промывка деталей автотранспорта (остатки дизельного топлива, потерявшие потребительские свойства); замена шпал (шпалы железнодорожные деревянные, пропитанные антисептическими средствами, отработанные и брак); зачистка резервуаров для хранения нефтепродуктов (шлам очистки трубопроводов и емкостей от нефти); зачистка нефтеловушки (шлам нефтеотделительных установок); зачистка электрофильтров (пыль электрофильтров).

При работе основных металлургических агрегатов в цветной металлургии образуется большое количество тонкодисперсной пыли, состоящей из оксидов различных элементов. Пыль улавливается газоочистными сооружениями и затем либо подается в шламонакопитель, либо направляется на последующую переработку. На металлургических комбинатах России довольно часто применяется мокрая газоочистка, тогда вместо пыли отходом является шлам.

Также к твердым отходам производства относится отработанная футеровка ковшей и миксеров, электролизеров, отражательных печей и т.п.

2.2.2.2. Отходы алюминиевой промышленности

Россия является одним из крупнейших в мире производителей глинозема, первичного алюминия и изделий из него. Алюминиевая промышленность является стратегически важной отраслью экономики. Алюминий в основном производят электролизом криолито-глиноземного расплава [39], незначительная часть металла получают методом переплавки вторичного сырья (вторичная металлургия алюминия). Из первичного металла выпускают готовую продукцию в виде катанки, слитков из сплавов, чушек (рис. 2.5).

В Объединенную компанию (ОК) РУСАЛ входит более 40 заводов, расположенных на 5 континентах в 13 странах, занимающихся добычей бокситов, производством глинозема, первичного алюминия и изделий из него, кристаллического кремния и др. [www.rusal.ru].

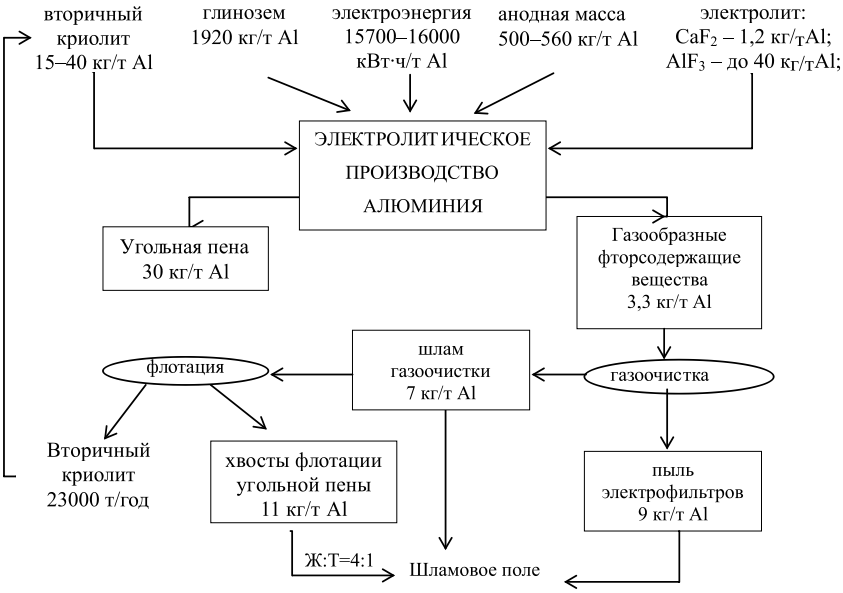


Рис. 2.5. Получения первичного алюминия на ОАО «РУСАЛ Братск»

Основной промышленный способ получения первичного алюминия – электролиз криолито-глиноземных расплавов:

$$Al_2O_3 + xC = 2Al + (3 - x)CO_2 + (2x - 3)CO.$$

Отходы алюминиевой промышленности составляют около 22,5% от всех отходов, образующихся при производстве цветных металлов в стране.

При производстве алюминия предусмотрены различные как технологические, так и вспомогательные операции, в результате которых образуются различные виды отходов: зачистка электрофильтров (пыль электрофильтров алюминиевого производства); очистка электролизных газов (шлам минеральный от газоочистки производства алюминия); электролиз (угольная пена); зачистка цистерн от пека (пековый осадок); демонтаж отработанных анодов (отработанные аноды производства алюминия, содержащие соли фтора); производство флотационного криолита (хвосты флотации угольной пены); промывка деталей автотранспорта транспорта (отработанные моющие средства от промывки деталей (содержание нефтепродуктов менее 15%)); замена угольной части катодной футеровки (угольная футеровка алюминиевых

электролизеров отработанная); замена футеровки ванны электролизеров (кирпичная футеровка алюминиевых электролизеров отработанная); ремонт ковшей (футеровка разливочных и вакуумных ковшей алюминиевого производства отработанная); замена футеровки миксеров (футеровка миксеров алюминиевого производства отработанная – литейное производство); замена футеровки печей (футеровка пламенных печей и печей переплава алюминиевого производства – вторичная металлургия); ликвидация технологических проливов нефтепродуктов (опилки древесные загрязненные маслами менее 15%); протирка замасленных поверхностей оборудования (обтирочный материал загрязнённый маслами менее 15%); замена отработанных фильтров (фильтры масляные, топливные отработанные (содержание нефтепродуктов менее 15%); зачистка приямков трансформаторов (щебень загрязненный маслами менее 15%); замена уплотнений; резиноасбестовые отходы (в том числе изделия отработанные и брак); заточка режущего инструмента (абразивная пыль и порошок от шлифования черных металлов с содержанием металла менее 50%); зачистка токоподводящих штырей (пыль стальная незагрязненная) и др.

Для получения алюминия необходимо сырье – глинозем, который в основном получают из бокситов.

Глиноземное производство – крупный потребитель природных сырьевых ресурсов (бокситов, нефелинов, известняков, алунитов и др.). Извлечение из этого сырья всех ценных составляющих, т.е. комплексное его использование, является важнейшей задачей.

В нашей стране успешно решена задача комплексного использования нефелинового сырья, которое перерабатывается без каких-либо отходов. Осуществлена также комплексная переработка алунитовых руд. На многих заводах при переработке алюминиевых руд попутно с глиноземом извлекают галлий и ванадий.

Глинозем высокого качества, удовлетворяющий требованиям электролитического получения алюминия, получают из бокситов. Неизбежным отходом данного производства являются «красные шламы».

2.2.2.2.1. Красные шламы производства глинозема

«Красный шлам» (Red mud) образуется при очистке боксита в производстве глинозема в так называемом Байер-процессе (процесс получения чистого оксида алюминия).

На каждую 1 т полученного оксида алюминия приходится от 360 до 800 кг шлама. В настоящее время основная масса бокситовых шламов сливается в отвалы и хранятся в шламохранилищах. Их обустраивают таким образом, чтобы содержащиеся в отходах щелочи не проникали

в грунтовые воды. Высокое содержание оксидов железа не позволяет применять их в качестве основного сырья для производства цемента. Бокситовые шламы применяют в качестве корректирующей добавки при производстве портландцементного клинкера, а также как активную минеральную добавку. Разработаны технологии производства керамического и силикатного кирпича с использованием бокситовых шламов. Сухой бокситовый шлам используют как наполнитель красок, мастик, пластмасс.

При получении глинозема из нефелинового сырья (на предприятии «РУСАЛ Ачинск») на каждую тонну готовой продукции получают 7–8 т нефелинового шлама, являющегося ценным сырьем для производства портландцемента и бесклинкерного нефелинового цемента, а также изделий автоклавного твердения.

2.2.2.2.2. Отходы производства первичного алюминия

В России действуют 7 алюминиевых заводов по производству первичного алюминия, входящие в ОК РУСАЛ. В Восточной Сибири заводы по производству глинозема отсутствуют, но из-за наличия в достаточном количестве дешевой электроэнергии здесь расположены крупнейшее предприятие ОАО «РУСАЛ Братск» (г. Братск Иркутской обл.) и филиал ОАО «РУСАЛ Братск» в г. Шелехов (г. Шелехов Иркутской обл.). Наибольшая производительность у Братского алюминиевого завода – более 1000 тыс. т алюминия в год.

Отличительной особенностью российской алюминиевой промышленности при получении первичного металла является преобладание устаревшей технологии Содерберга, основанной на использовании самообжигающихся анодов (СА). Однако вновь строящиеся заводы оснащаются ваннами с предварительно обожженными анодами (ОА) (рис. 2.6, 2.7) [40].

а б

Рис. 2.6. Виды электролизеров для получения алюминия:
а – с ОА; б – с СА

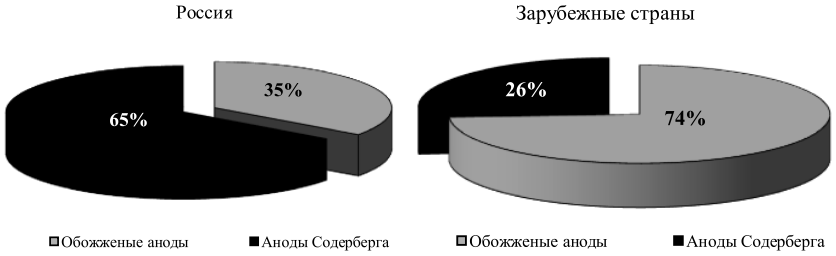


Рис. 2.7. Распределение технологии обожженных анодов и ванн с анодом Содерберга в России и за рубежом

При производстве первичного металла электролизом образуются газообразные, жидкие и твердые отходы [41, 42].

Наиболее опасными выбросами алюминиевого производства с точки зрения оказываемого влияния на атмосферу являются бенз(а)пирен (класс опасности 1), газообразные и плохо растворимые фториды (класс опасности 2). Также следует отметить менее опасные, но выделяющиеся в больших объемах, пыль неорганическую с содержанием до 20% SiO_2 (класс опасности 3), диоксид серы (класс опасности 3) и оксид углерода (класс опасности 4).

Процесс электролитического получения алюминия в электролизерах с СА сопровождается выделением анодных газов, содержащих пыль и газы, а также смолистые вещества (углеводороды). В состав последних входит несколько десятков органических соединений, представленных, в том числе и полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ). Анодные газы электролизного производства представляют серьезную экологическую опасность для регионов, граничащих с алюминиевыми заводами. Эта опасность обусловлена наличием в газах высокотоксичных химических соединений. Поэтому на большинстве алюминиевых заводов основная часть газообразных выбросов улавливается и обезвреживается на специальных газоочистных установках.

Для электролизного производства выделяют два источника загрязнения атмосферного воздуха: дымовые трубы газоочистных установок и аэрационные фонари электролизных корпусов.

Анодные газы электролиза следует считать аэродисперсной системой или аэрозолем, поскольку в данном случае в качестве дисперсионной среды выступает газ, а в качестве дисперсной фазы – твердые и жидкие частицы.

Аэрозоли бывают:

1) *дисперсионными*, если они получены в результате измельчения или распыления исходного материала и перевода его во взвешенное состояние,

2) *конденсационными*, в случае если они образуются при объемной конденсации пересыщенных паров или в результате газовых реакций, ведущих к образованию нелетучих продуктов.

Различают несколько типов аэрозолей: туманы, пыли, дымы. Туманами называют как конденсационные, так и дисперсионные аэрозоли, содержащие жидкие частицы. Пылью называют дисперсионные аэрозоли с твердой дисперсной фазой. К дымам относятся конденсационные аэрозоли с твердой дисперсной фазой.

В соответствии с приведенной классификацией аэрозолей выделяющиеся из электролизера анодные газы относятся к пылям и дымам, а выбрасываемые в атмосферу после мокрой газоочистки очищенные газы правильнее считать пылью и туманами.

Иногда аэрозоли классифицируют по размерам частиц дисперсной фазы. Для твердых частиц: грубая пыль – более 10 мкм, мелкая пыль – 110 мкм, дым – менее 1 мкм. Для жидких частиц: брызги – более 10 мкм, туман – менее 1 мкм.

Аэродисперсные выделения загрязняющих веществ из электролизеров делятся на:

а) выбросы, направляемые в системы газоочистки,

б) выбросы, выделяющиеся в атмосферу через аэрационные фонари производственных корпусов [42].

Классификация жидких отходов

В процессе газоочистки отходящей пылегазовой смеси водными содовыми растворами после извлечения ценных компонентов на шламовое поле выбрасываются шламы газоочистки. Под твердыми мокрыми фторсодержащими материалами подразумеваются твердые тонкодисперсные фторуглеродные отходы в водных растворах при различном соотношении твердого к жидкому (Т:Ж). Такие как: хвосты флотации, шламы газоочистки и пыль электрофильтров, образующаяся при мокром удалении из электрофильтров. В дальнейшем будем рассматривать данные составляющие водных растворов как твердые отходы.

Классификация твердых отходов

К *твердым отходам* алюминиевого производства относятся (рис. 2.8):

– потери сырья при его разгрузке и транспортировке до цеха;

– пыль, увлекаемая общеобменной вентиляцией корпуса и отходящими газами от электролизера;

– угольная пена, снимаемая с поверхности электролита (пена образуется из-за различной реакционной способности составляющих анодной

массы – кокса и пека, а также из-за окисления углерода анода кислородом воздуха [13]);

– отходы (хвосты) флотации угольной пены и шламы регенерации криолита (при «мокрой» системе очистки отходящих газов);

– анодные огарки (при получении алюминия на ваннах с ОА остаются огарки от обожженных анодов);

– отработанные аноды ванн с СА;

– отходы, образующиеся при капитальном ремонте электролизеров (угольная и огнеупорная части футеровки), катодные стержни, анодные штыри, металлоконструкции, ошиновка.

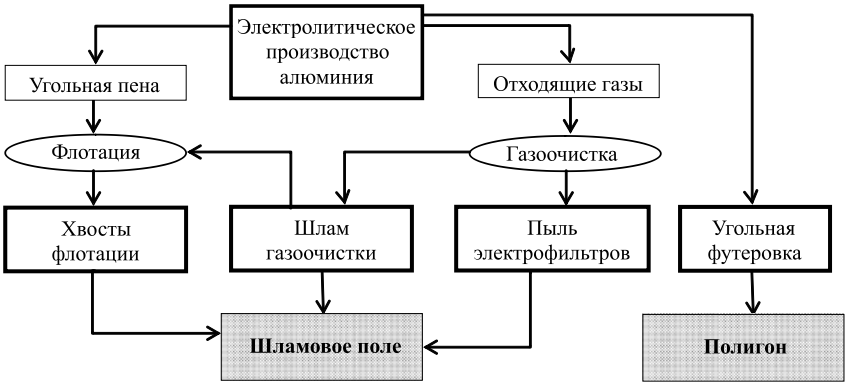


Рис. 2.8. Схема образования фторуглеродсодержащего техногенного сырья на ОАО «РУСАЛ Братск»

В источнике [42] под отходами алюминиевого производства также рассматриваются бракованные аноды и пыль с крыш и строительных конструкций электролизных корпусов.

В табл. 2.6 приведена краткая характеристика отходов, образующихся при электролитическом получении алюминия.

2.2.2.3. Отходы золотодобывающих и золотоперерабатывающих предприятий горного кластера

Загрязнение природной среды отходами производства является одной из крупнейших современных проблем. Горная промышленность в этой сфере является одним из лидеров. Ежегодно на каждого человека в нашей стране добывается не менее 20 т различного минерального сырья. Однако из этого количества, в конечном счете, используется лишь 1–2 %. Остальная же часть идет в отходы.

Таблица 2.6

Характеристики отходов, образующихся при производстве алюминия-сырца

Наименование отходов	Характеристика	Компонентный состав (основные)	Класс опасности для окружающей природной среды	Удельное количество образования, кг/тAl	Где используется или намечается для использования
Угольная пена	Порошок и частицы мелкодисперсного углерода в смеси с электролитом	Углерод, фтор, оксиды алюминия, натрия и кальция	3–4*	40	Используется для регенерации фторсолей
Отработанная угольная футеровка	Угольные блоки, пропитанные электролитом	Углерод, фтор, оксиды алюминия, натрия и кальция	3–4*	11–15	Частично реализуется в черной металлургии, остальная часть размещается на спец. полигоне
Отработанная огнеупорная футеровка	Выбой огнеупорных материалов. пропитанных электролитом	Шамот, кирпич	5	9–12	частично шамот реализуется, остальная часть размещается на спец. полигоне
Катодные стержни, анодные штыри, металлоконструкции, ошиновка	Сталь, чугун, алюминий	Сталь, чугун	5	–	Черный металл – сторонним организациям; лом алюминия – переплавка на собственном предприятии; частичная реставрация штырей

Примечание. *Устанавливается в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов.

В ряде случаев отходы горного производства содержат полезные компоненты в количествах, близких к промышленному значению, и могут быть рентабельно вовлечены в повторную переработку. В этом случае они классифицируются как техногенные месторождения, к которым могут быть отнесены и коренные месторождения в той части, где произошло антропогенное воздействие.

В России существуют серьезные проблемы в обеспечении минеральным сырьем предприятий черной и цветной металлургии. На многих горнодобывающих предприятиях этого профиля, особенно в старых, давно освоенных горно-рудных районах, обеспеченность разведанными запасами достигла критически низкого уровня, резерв запасов многих видов полезных ископаемых на эксплуатируемых месторождениях недостаточен. Положение усугубляется тем, что по большинству видов полезных ископаемых имеет место существенное свертывание геологоразведочных работ. Состояние сырьевых баз многих важнейших горнодобывающих регионов и действующих предприятий резко ухудшилось в связи с истощением запасов, снижением их качественных и экономических характеристик, усложнением условий отработки в результате длительной и интенсивной эксплуатации ранее освоенных месторождений.

Анализ изменения структуры обрабатывающей промышленности в развитых странах показывает, что спрос на цветные металлы (медь, свинец, цинк, олово) изменится в ближайшие годы. В то же время растет спрос на металлы, применяемые в наукоемких производствах – бериллий, тантал, цирконий и др.

Из общей проблемы природопользования можно выделить рациональное использование минеральных ресурсов, особенностью которых является многокомпонентность большинства видов полезных ископаемых, неравномерность их распределения в земной коре и их различное качество.

Руды цветных металлов, как правило, отличаются большой комплексностью и невысоким содержанием ценных компонентов. Технология переработки этих руд сложна, многоступенчатая, требует широкого кооперирования различных процессов внутри отрасли, а также с химической промышленностью, чёрной металлургией и другими отраслями промышленности. Разработка месторождений сопряжена также с потерями ценных компонентов в недрах при некомплексной переработке добытого минерального сырья.

Комплексное использование сырья предусматривает извлечение всех компонентов и утилизацию агрегатно-минеральной основы руд, как при обогащении полезных ископаемых, так и на металлургическом переделе. Один из источников увеличения производства редких, рассеянных

и благородных металлов – комплексная переработка сырья и резкое увеличение использования техногенных ресурсов.

Оживление промышленного производства, начавшееся в России с 1999–2000 гг., повлекло за собой рост, спроса на продукцию горнодобывающего комплекса и, как следствие необходимость в количественном и качественном улучшении минерально-сырьевой базы (МСБ) добывающих предприятий.

Большинство производителей металлов стремятся снизить его себестоимость, в связи с чем, инвестиции в горное производство осуществляются лишь на проекты с низкими капиталовложениями (отработка месторождений выщелачиванием), а также в разработку благородных металлов.

Известно, что ни одна отрасль при существующем уровне техники и технологии не может обеспечить полное преобразование потребляемых ресурсов в конечные продукты. Загрязнение природной среды отходами производства является одной из крупнейших современных проблем. Горная промышленность в этой сфере является одним из лидеров. По имеющимся данным, общее количество ежегодно перемещаемой на планете горной массы превышает 100 млрд т.

По ГОСТ 25916-83 «Ресурсы материальные вторичные. Термины и определения» отходы производства – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. Отходы потребления – изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа. Однако отходы горного производства являются специфическими и по своему определению несколько отличаются от общепринятого термина «отходы».

Отходы горного производства (а. mining wastes; н. Bergbauabgange; ф. dechets miniers; и. residuos de industria minera, deshechos de industria minera, escombros de industria minera) – неиспользуемые продукты добычи и переработки минерального сырья, выделяемые из массы добытого полезного ископаемого (горные массы) в процессах разработки месторождения, обогащения и химико-металлургической переработки.

Относительный выход отходов зависит от производственного цикла, характера сырья, содержания извлекаемых компонентов в исходном продукте. Отходы всегда сопровождали горнодобывающее и горно-перерабатывающее производство, однако почти до середины 20 века отходы горного производства не рассматривались как особая проблема. С ростом добычи полезных ископаемых количество отходов стало быстро расти, причём значительно быстрее, чем выход продукции, т.к. одновременно уменьшалось содержание полезных компонентов **в** рудах, увеличивалась

зольность углей, усложнялись условия разработки месторождений и соответственно увеличивался выход отвальных и вскрышных пород.

Одной из характерных черт горного производства является то, что используемое им сырье, изымается непосредственно из природы и, соответственно, не приспособлено для прямого применения. В процессе производства какого-либо вида горной продукции приходится извлекать попутно значительное количество неиспользуемой минеральной массы.

Более того, в силу ряда естественных причин, условия добычи полезных ископаемых постоянно ухудшаются, что приводит к неотвратимому росту отходообразования. В ряде случаев, отходы горного производства содержат полезные компоненты в количествах, близких к промышленному значению, и могут быть рентабельно вовлечены в повторную переработку. В этом случае они классифицируются как техногенные месторождения, к которым могут быть отнесены и коренные месторождения в той части, где произошло антропогенное воздействие.

В настоящее время на территории Российской Федерации находится огромное количество накопленных и ежегодно складируемых горнопромышленных отходов. К последним принадлежат отходы горного, обогатительного, металлургического, энергетического и других производств, которые рассматриваются (или могут рассматриваться) как ценное сырье для дополнительного получения полезных компонентов, строительных материалов, химической продукции, минеральных удобрений и другое.

В процессе обогащения руд теряется более трети олова и около четверти железа, вольфрама, молибдена, *драгоценных металлов* и др. Потребность в цветных металлах может быть удовлетворена за счёт снижения потерь на всех стадиях добычи, переработки и обработки металлов. Потери ценного компонента – часть ценного компонента, утраченная в процессе добычи или не извлечённая при переработке полезного.

Наиболее «отходоёмкими» отраслями промышленности справедливо считаются металлургия цветных металлов золотодобывающих и золотоперерабатывающих предприятий горного кластера. При добыче и переработке руд благородных металлов теряется значительное количество полезных компонентов; добытые руды, как правило, используются некомплексно. В результате в отвалах и хвостохранилищах накапливается большое количество отходов, содержащих полезные компоненты.

Термин «техногенный» главным образом касается отходов горнопромышленной отрасли.

В соответствии с принятым определением вторичные минеральные ресурсы являются составной частью природно-ресурсного потенциала.

Термины вторичные минеральные ресурсы и техногенные минеральные ресурсы могут выступать как синонимы (www.ilo.org, www.unido.org).

Достижение устойчивого сбалансированного состояния минерально-сырьевой базы (МСБ) Российской Федерации подразумевает, прежде всего, удовлетворение потребностей в минеральном сырье базовых отраслей экономики: топливно-энергетического комплекса, атомной энергетики, черной и цветной металлургии, агрохимического и нерудного производств.

Проблема дефицита минерального сырья делает своевременным поиск его дополнительных источников. Большие перспективы в решении этой проблемы кроются в возможности вовлечения в разработку техногенных месторождений – скоплений минеральных веществ на поверхности Земли или в горных выработках, представляющих собой отходы горного, обогатительного, металлургического и других производств и, пригодные по количеству и качеству для промышленного использования, которое становится возможным по мере развития технологии их переработки и изменения экономических условий.

Потребность в драгоценных металлах может быть удовлетворена за счёт снижения потерь на всех стадиях добычи, переработки и обработки металлов. Для увеличения производства золота всё больше возрастает роль вторичной цветной металлургии, причём экономические показатели производства 1 г золота, получаемого из вторичного сырья намного лучше, чем при извлечении руды.

Вовлечение отходов горнопромышленного производства в хозяйственный оборот в качестве вторичных минеральных ресурсов является важным инновационным фактором недропользования, значительным резервом ресурсосбережения, а также природоохранным мероприятием.

Рассмотрим образование отходов горного кластера на примере производственного цикла изготовления ювелирных изделий при переработке руд с содержанием золота 1 г/т (рис. 2.9). Горно-металлургическое производство – это сложный комплекс разнообразных технологий, которые условно можно разделить на четыре этапа: добыча руды; извлечение ценного компонента из руды в виде концентрата; выплавка металла из концентрата и его очистка (аффинаж); изготовление различных изделий из металлов и сплавов.

На стадии добычи руды образуются твердые отходы в виде вскрышных и вмещающих пород, пустых шахтных пород, некондиционных руд, на стадии обогащения добытого сырья – отходы флотации, гравитации, отвалы промывки россыпей. На стадии переработки обогащенного сырья в товарную продукцию (концентраты), на металлургических предприятиях образуются различные шлаки, кеки, пыли, огарки,

шламы, в которых помимо компонентов, присущих перерабатываемому сырью, накапливаются полезные компоненты и элементы из материала подшихтовки, кокса или угля. Кроме того, большое количество отходов, содержащих драгоценные металлы, образуется на предприятиях, обрабатывающих цветные металлы и их сплавы, в виде шламов, стружки, окалины и т.п. (согласно Постановление Правительства РФ от 11 мая 2001 г. № 370 «Об утверждении Правил обращения с ломом и отходами цветных металлов и их отчуждения»).

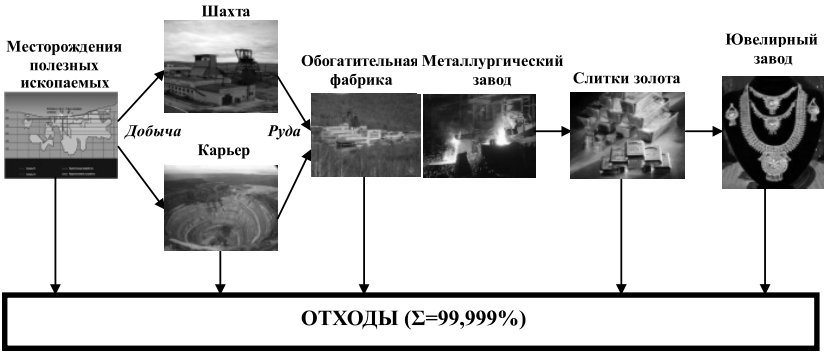


Рис. 2.9. Образование отходов горного кластера

Результатом воздействия человеческой деятельности, стало образование техногенных массивов (техногенных месторождений) – искусственно сформированных в природном ландшафте геологических тел, представленных горными породами, отходами обогащения, золами, шлаками, шламами. Размеры земельных отводов крупнейших горнодобывающих предприятий измеряются тысячами гектаров отчуждаемых и нарушаемых земель.

Техногенные месторождения – результат интенсивного развития горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. К настоящему времени на земной поверхности накоплены триллионы кубических метров техногенных отходов. И, к сожалению, приходится констатировать, что техногенные месторождения олицетворяют дисгармонию, дисбаланс и дисравновесие экосистемы.

Следует отметить и такое специфическое воздействие горнопромышленного комплекса на окружающую среду, как изменение ее эстетического облика. Привычные, существующие веками пейзажи этих мест меняются на иные, лишенные гармонии и красоты. Само созерцание

техногенного ландшафта вносит определенный дискомфорт в душевное состояние человека. На эту сторону влияния горного производства уже обращается внимание.

Еще важнее то, что техногенный ландшафт, как среда обитания человека, характеризуется экологическим неблагополучием, отражающимся на здоровье человека. Об этом говорят отдельные медицинские исследования, проводившиеся в разное время в разных населенных пунктах, расположенных в зоне влияния горнопромышленных предприятий (рис. 2.10).

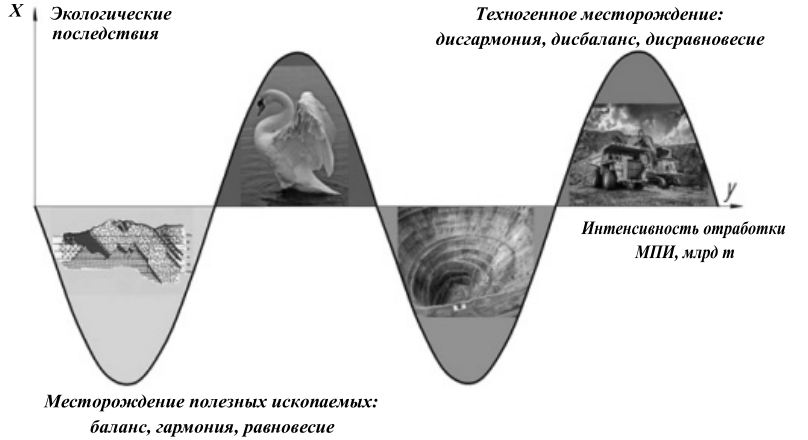


Рис. 2.10. Влияние техногенных месторождений на экологическую систему Земли

Минеральные отходы горного и металлургического золотопромышленного комплекса представляют собой скопление минерального вещества, образованное в результате отработки природных месторождений полезных ископаемых, а также последующей переработки полученного минерального сырья (в частности, промежуточной продукции горно-металлургического или горно-химического производства). Твердые минеральные отходы образуются, как уже ранее указывалось, в силу несоответствия между составом природной минеральной массы и потребностями общества. Они подразделяются на отходы добычи (вскрышные породы) и отходы переработки полезного ископаемого (хвосты).

В результате процессов техногенеза возникают ранее не существовавшие геологические образования, которые по своему количеству, технологическим свойствам и экономическим показателям могут

быть использованы для удовлетворения практических нужд человека, что соответствует понятию «месторождение полезных ископаемых», открытие которого является конечной целью любых геологических исследований.

Также следует отметить, что геологические объекты, сотворенные руками человека, хотя и принято называть техногенными месторождениями, но с формальной точки зрения преобладающая их часть не отвечает этому определению поскольку, согласно общепринятым требованиям, по ним, ка правило, не утверждались запасы полезного сырья, и не оценивалась экономическая целесообразность их разработки.

В современной научной литературе часто употребляются термины техногенные образования, техногенные ресурсы, техногенные массивы, техногенные месторождения. «Техно» в переводе с греческого означает искусство, ремесло, а «ген» – рождение. Если переводить дословно, то техногенное – это нечто искусственно рожденное. Таким образом, термин техногенный главным образом касается отходов горнопромышленной отрасли.

Особенности техногенных месторождений: географически расположены, в основном, в промышленно развитых районах; находятся на поверхности Земли и горная масса в них преимущественно дезинтегрирована; значительно большее количество минералов (более 30000), чем в обычных месторождениях – около 3000. Последняя особенность определяет сложность переработки техногенных отходов, так как многообразие минеральных форм, требует иные технологии, основанные на последних достижениях науки и техники, чем для обычных руд.

Техногенные месторождения на поверхности Земли по количеству и качеству содержащегося в них минерального сырья, пригодны для промышленного использования, в настоящее время или в будущем по мере развития науки, техники и изменения экономических условий.

Техногенные отходы относятся к специфической группе геологических объектов, которые образовались в результате процессов техногенеза. Академик А.Е. Ферсман в своих работах «Химические подходы к классификации техногенных месторождений: проблемы промышленности» и «Типы геохимических процессов гипергенеза», характеризуя предложенный им термин «техногенез» отмечал, что «...техногенез – это совокупность геохимических и минералогических процессов, вызываемых технической (инженерной, горно-технической, химической, сельскохозяйственной) деятельностью человека...», «...хозяйственная и промышленная деятельность человека по своему масштабу и значению

сделалась сравнимой с процессами самой природы ...», «...человек геохимически переделывает мир, при этом происходит перевод химических элементов из одного состояния в другое...».

Высокий удельный вес открытого способа разработки российских месторождений полезных ископаемых свидетельствует о сохранении этого направления развития горнодобывающих отраслей. Производство открытых горных работ сопровождается формированием отвальных насыпей, хвостохранилищ, гидроотвалов. При этом воздействие на окружающую среду современных карьеров и техногенных массивов приобретает региональный характер.

Появление в горном массиве открытых полостей и систем трещин, связанных с ведением разведочных и очистных работ, является причиной повышения притока воды и воздуха, что обуславливает геохимические изменения пород и руд, а также перегруппировку рудного вещества, т.е., по существу, приводит к формированию нового класса геологических объектов, требующих особого подхода к их изучению, геолого-экономической оценке и освоению.

Причины возникновения (генезис) техногенных геологических образований, содержащих ценные компоненты в таких количествах, из которых технологически возможно их извлечение, весьма разнообразны. Основными по мнению И.В. Дубова [43] являются следующие:

1. Потери ценных компонентов, неизвестных вообще в период отработки месторождения, в продуктах горно-металлургического передела.

2. Потери ценных компонентов из-за несовершенства существующих на момент отработки технологий их извлечения.

3. Потери ценных компонентов в отходах горно-металлургических производств из-за недостаточной степени изученности перерабатываемых руд и продуктов их переработки на содержание ценных компонентов.

4. Потери компонентов в технологических цепях химических, металлургических и других производств, когда используемые в производстве ценные компоненты накапливаются в шламах, отстойниках, сбросных водах и т.д.

5. Потери ценных компонентов, например, благородных и других металлов, образующихся в результате ядерных превращений и захораниваемых в отходах производств ядерно-топливного цикла.

6. Потери ценных компонентов при проведении технологических процессов (плавка и т.д.) в зданиях и помещениях.

7. Накопление ценных компонентов в несанкционированных свалках промотходов.

8. Потери ценных компонентов вдоль путей транспортировки, в районах перегрузки и хранения сырья и готовой продукции.

9. Накопление компонентов в отвалах вскрышных пород, отходах обогащения, металлургического передела и т.д., для которых не были найдены эффективные направления использования.

Под вторичными минеральными ресурсами необходимо понимать часть горнопромышленных отходов, образовавшуюся вследствие нерационального использования минеральных ресурсов, которую можно повторно использовать на данном этапе развития науки и техники.

В соответствии с принятым определением, вторичные минеральные ресурсы являются составной частью природно-ресурсного потенциала. Термины вторичные минеральные ресурсы и техногенные минеральные ресурсы могут выступать как синонимы.

Обобщающим критерием, отличающим вторичные материальные ресурсы от отходов, и вторичных минеральных ресурсов от горнопромышленных отходов является научно-техническая возможность использования последних в данный момент времени.

Ресурсный потенциал техногенных объектов России весьма значительный. При добыче, обогащении и переработке руд черных и цветных металлов, горно-химического сырья образуется огромное количество отходов, отличающихся большим разнообразием физико-механических, технологических и других свойств. Все техногенные отходы можно разделить на две большие группы: минеральные и органические. Преобладающее значение имеют минеральные отходы: их больше, они лучше изучены и имеют наибольшее значение для производства строительных материалов.

Горнопромышленные отходы обладают огромным экономическим потенциалом, поскольку для их «производства» уже был затрачен определенный и часто значительный объем живого и овеществленного труда, который перенесен на конечный продукт.

Помимо решения важной хозяйственной проблемы – ресурсосбережения и расширения сырьевой базы золота, своевременность переработки отходов определяется также ее экологической направленностью, а именно, изучением распределения в техногенных объектах, утраченных в процессе золотодобычи токсичных компонентов (ртуть, цианиды, мышьяк и др.). Это весьма значимо при повторном освоении техногенных месторождений и постановке работ по экологической реабилитации районов активной золотодобычи.

Вторичные золотосодержащие ресурсы, несмотря на большие объемы, характеризуются относительно низким содержанием золота. Формы его нахождения в техногенном сырье таковы, что сырье является упорным для переработки с использованием традиционных технологических схем. Появление новых технологий в золотодобыче предопределило рост интереса промышленности к техногенным золотосодержащим объектам.

Исследования последних лет показывают, что объекты вторичного золотосодержащего сырья разнообразны по своей природе, содержанию металла, масштабам накопления и экономической значимости. В общей структуре ресурсов и запасов золота России на долю техногенных объектов приходится около 7–12%.

Актуальность и значимость проблемы изучения и вовлечения в освоение техногенных золотосодержащих объектов подтверждается тем, что они лежат в русле приоритетных направлений геологоразведочных и научно-исследовательских работ, предлагаемых специалистами по воспроизводству фонда золотых объектов, которые направлены на решение вопросов, связанных с оценкой и изучением техногенного золотосодержащего сырья, а именно:

– оценка россыпных техногенных объектов в старых золотоносных районах;

– исследование возможности извлечения золота из лежалых хвостов и хвостов текущей переработки обогатительных фабрик;

– оценка потенциала и технологии извлечения тонкого золота из россыпей и площадных кор химического выветривания;

– исследование возможности извлечения золота из нетрадиционных комплексных источников (ванадиевых, железорудных, песчано-гравийных смесей и др.);

– исследование возможности извлечения золота из вскрышных и вмещающих пород, некондиционных и забалансовых руд, ореолов рассеяния;

– исследование возможности извлечения золота из отходов металлургического передела.

Для успешной ревизии техногенного сырья на золото, учитывая все возрастающее количество видов, широкое разнообразие условий его формирования и последующего хранения, представляется целесообразным решение следующих трех задач:

1) разработка систематики техногенных золотосодержащих объектов;

2) выявление условий их формирования;

3) выработка методических основ для геолого-технологического изучения техногенного сырья и ускоренной его оценки.

Минеральные отходы могут отличаться масштабами, вещественным составом, пространственным размещением – от погашенных, подземных горных выработок до нагорных и подводных отвалов горных пород, иметь весьма различные возраст, экономическую значимость и изменчивость, как во времени, так и пространстве. По этому признаку целесообразно выделение статических, динамических и статико-динамических минеральных отходов. Твердые минеральные отходы образуются, как уже ранее указывалось, в силу несоответствия между составом природной минеральной массы и потребностями общества.

Создание научных основ оценки вторичных минеральных ресурсов и решение практических задач их использования требует разработки классификации этих ресурсов по наиболее значимым признакам. В настоящее время нет общепринятой классификации техногенно-минеральных образований, терминология, классификация техногенных месторождений (ТМ), принципы выделения типов и видов ТМ, критерии принадлежности их к тому или иному типу меняются и дополняются по мере углубления исследований и практических работ в области разработки техногенных месторождений.

В трудах академика К.Н. Трубецкого дана одна из классификаций техногенных месторождений, отмечается важность освоения хранилищ отходов горного производства в области построения системы природоохранной деятельности, рассматриваются особенности и экологические последствия развития минерально-сырьевого комплекса при переходе к концепции устойчивого развития природы и общества.

Анализ публикаций показывает, что основными признаками классификации отходов производства являются отрасль образования, агрегатное состояние, технологические стадии образования. Однако это общие классификационные признаки, применимые к отходам любой отрасли.

Классификация отходов по стадиям формирования в общем цикле горно-металлургического производства осуществляется по следующим признакам:

– отходы горного производства (вскрышные и вмещающие породы, а также некондиционные и забалансовые руды, добытые попутно);

– рудные склады (разного рода) и отвалы пустых пород, формируемые при вскрышных работах и добыче полезного ископаемого;

– отходы обогащения (отходы дробильно-сортировочных фабрик), хвосты и шламы, образуемые в результате обогащения рудной массы на обогатительных фабриках;

– отходы агломерации и окускования (отсевы, пыли и шламы);

– отходы металлургического производства (металлургические шлаки, пыли, шламы и кеки, формируемые в результате металлургического передела концентратов, поступающих с обогатительных фабрик);

– карьерные, фабричные и другие воды и газы, образуемые при ведении добычи и переработки.

И.П. Жаворонкова [45] выделяет следующие классификационные признаки:

– по технологическим стадиям образования;

– по содержащимся ценным компонентам в отходах;

– по степени ущерба окружающей среде;

– по возможности их вторичного вовлечения в производство;

– по затратам, необходимым для их использования.

По мнению И.П. Жаворонковой, следует различать три группы отходов:

– отходы, получаемые попутно в процессе добычи (извлечения) природных ресурсов и представляющие собой непреобразованные природные вещества, выделенные из исходных природных структур и объектов;

– отходы переработки сырья и материалов в отраслях материального производства;

– отходы потребления.

Следует согласиться с тем, что добычу полезных ископаемых следует рассматривать как первый этап на пути превращения вещества природы в готовый к потреблению продукт. Извлечение первичного сырья из локальных природных структур, ввиду комплексности природных ресурсов или их комбинированности в пределах указанных структур, сопровождается извлечением попутных компонентов, которые и составляют первую группу отходов. Попутно добываемые в горном производстве породы относят к категории вторичных сырьевых ресурсов.

Рассматривая вскрышные породы как источник ресурсов, следует исходить из того, что они уже были охвачены трудовым процессом и, таким образом, в данном случае имеет место промежуточный продукт с точки зрения полезности и удовлетворения потребности, который отождествляется с сырьем.

Специфика этой группы отходов определяется тем, что их выход (количество) однозначно (функционально) не связан с объемом добычи или переработки первичного сырья, а зависит от горно-геологических условий эксплуатации месторождения.

Во второй группе отходов целесообразно выделить два их вида, хотя они не всегда выступают в обособленном виде:

– ресурсы, теряемые в ходе производства, уходящие со стоками, газами или делающиеся не пригодными в результате разубоживания, разбавления, смешивания. В ряде случае наиболее целесообразны их регенерация (восстановление) и повторное использование в рамках исходного производства. Эти отходы принято называть возвратными;

– отходы, образующиеся в результате физико-химической переработки сырьевых и вспомогательных материалов.

ЦНИИцветмет экономики и информации предложил классификацию техногенных ресурсов на основе классификации руд природного месторождения, минерального и химического состава отложений, их текстурно-структурных особенностей

Эта классификация техногенных ресурсов выделяет две группы ресурсов и следующие их характеристики:

– природное минеральное сырье – промышленный тип природного месторождения, промышленные типы и сорта руд, перечень попутных полезных и вредных примесей;

– промышленно-технологические типы техногенных ресурсов – технологический процесс, в ходе которого образовалось техногенное сырье, тип хранилища, степень изученности, инженерно-геологическое состояние фундамента, наименование техногенного сырья (отхода, горной породы забалансовой руды), физико-химический состав, содержание полезных компонентов, степень окисленности минералов руд, направление использования.

Техногенные месторождения характеризуются ресурсной ценностью, которая определяется наличием полезных компонентов или пород, достаточными объемами для промышленной переработки, техническими и технологическими возможностями получения продукции и экономической целесообразностью использования. При определении экономической целесообразности должны учитываться экологические аспекты: освобождение земель для сельскохозяйственного использования (после рекультивации) и очистка окружающей среды от вредного влияния отходов.

Отходы добычи, хвосты обогатительных фабрик и практически все отходы металлургического производства после доизвлечения из них полезных компонентов применяются в строительной индустрии.

Выделяются текущие отходы и отходы накопленные (делятся на пополняемые (их называют консолидированными) и «стареющие» (непополняемые).

По перспективам применения выделяются минеральные отходы, подлежащие непосредственному использованию, перспективные для использования и непригодные для использования.

По составу горных пород (в частности, уровню содержания полезных компонентов) выделяются: склады кондиционных, временно некондиционнных (потенциально некондиционных), некондиционных руд, а также отвалы металлосодержащих и неметаллосодержащих горных пород (согласно http://www.volsu.ru/rus/structure/_IZDAT/2005_2.html).

По видам отходы горных предприятий можно разделить на следующие основные группы: шахтный или карьерный вентиляционный воздух, сточные воды и твердые минеральные отходы.

По направлениям непосредственного использования минеральные отходы разделяются на предназначенные для извлечения полезных компонентов (металлов), производства стройматериалов, закладки горных выработок, использования в химической промышленности, сельском хозяйстве и т.д. и неиспользуемые (агрессивные, ядовитые и т.п.), в том числе подлежащие захоронению и т.д.

По возможности использования твердые отходы классифицируют на три группы:

– отходы, для которых отсутствуют технологии их переработки или объемы их образования превышают потребность общества в этом виде ресурса;

– отходы, для которых имеются технологии переработки, но отсутствуют необходимые производственные мощности;

– отходы, которые являются вторичным сырьем и включены в материальные балансы производства, но не используются предприятиями источниками их образования.

Среди факторов, обуславливающих возможности использования техногенных источников можно выделить:

– возможности добычи минеральной массы из техногенных месторождений;

– возможности переработки техногенного сырья в целях получения из него готовой продукции;

– возможности реализации полученной продукции.

По количеству и ущербу, наносимому окружающей среде, твердые отходы горных предприятий значительно превосходят другие виды. Поэтому их ликвидация является важной задачей природоохранных проблем этой отрасли. Основными путями снижения ущерба окружающей среде от выделения и накопления отходов горного производства являются: снижение их выделения, обезвреживание и утилизация.

Классификация отходов горно-металлургического цикла по фазовому составу и производственным циклам представлена в табл. 2.7, по данным Горной энциклопедии, раздел «Горное дело» (http://www.mining-enc.ru/o/otxody-gornogo-proizvodstva/**)**.

Таблица 2.7

Виды отходов в горно-металлургическом цикле

Фазовая характеристика отходов	Добыча		Обогащение		Металлургический передел	
	открытая	подземная	гравитационное, магнитное, электрическое	флотационное	гидрометаллургия	пирометаллургия
Твёрдые	Вскрышные породы	Шахтная порода	Хвосты	Хвосты	Осадки	Шлаки
Жидкие (растворы и суспензии)	Техногенные воды	Шахтные воды	Промывочная вода, шламы	Шламы, жидкая фаза пульпы	Солевые растворы	Охлаждающая вода
Пылегазовые	Пыль	Метан при добыче угля; вентиляционный воздух	Пыль	Отсосы	Пары	Газы, пыль

Особенностью горного производства является то, что в силу ограничений, накладываемых ведением работ под землей или ниже уровня земной поверхности, в производственных процессах в большей степени используются «чистые» виды». Остающиеся после добычи или переработки полезных ископаемых отходы принято складировать в специальные хранилища.

Экономический аспект проблемы отходов горного производства требует сопоставления экономических оценок ущерба от выброса отходов и доходов от их утилизации. Складирование твёрдых отходов горного производства в качестве потенциального минерально-сырьевого ресурса связано с затратами на принятие определённых мер защиты от их выветривания, окисления (в т.ч. бактериального), вымывания, а также с занятием земли, в некоторых случаях плодородной. Создание установок для переработки отходов горного производства также требует значительных капиталовложений.

Решение проблемы отходов горного производства связывают с организацией безотходной и малоотходной технологии. Разработки таких технологий в России основываются на создании информационно-поисковой системы по отходам горного производства, опирающейся на формы государственной отчётности по накоплению и использованию отходов горного производства.

Специфика отходов как сырьевого ресурса состоит в разнообразии путей их утилизации. Рассмотрим несколько наиболее типичных вариантов классификации отходов по направлениям их использования.

Классификация отходов горно-обогатительных предприятий по условиям переработки (1 вариант):

1. Непосредственная замена первичного сырья отходами (без специальной переработки), определяемая эквивалентностью некоторых их технологических свойств (прежде всего вскрышные и попутно добываемые породы, которые прямо соответствуют природным видам минерального сырья, имеющим свое монопроизводство).

2. Применение отходов вместо исходного сырья при условии их дополнительной (специальной) переработки. Получаемое вторичное сырье используется затем в качестве материальных ресурсов в какой-либо отрасли производства. Этот наиболее распространенный тип утилизации охватывает отходы остаточного типа, регенерация и другая переработка которых также позволяет получить вторичное сырье.

Классификация отходов горно-обогатительных предприятий по условиям их образования, хранения, разведанности и изученности представлена в виде табл. 2.8 (2 вариант).

Как видно из табл. 2.8, отходы горно-обогатительных предприятий цветной металлургии можно классифицировать по семи основным признакам, при этом такой признак как направление использования «превращает» их во вторичные минеральные ресурсы. В табл. 2.8 даны признаки, характеризующие образование отходов, их вид и изученность. Последовательность и набор признаков классификации соответствуют последовательности оценки отходов добычи, обогащения при выборе направлений их использования.

Так, например, в процессе добычи руд цветных металлов образуются, кроме товарных руд, забалансовые и труднообогатимые, первоначально рассматриваемые как сырье для получения цветных металлов. Кроме того, попутно извлекаются вскрышные и вмещающие породы. В ряде случаев они также могут рассматриваться как дополнительное

металлургическое сырье, а также как сырье для других отраслей промышленности или для потребления в других направлениях. Отходы обогащения подразделяются на хвосты флотации, а также хвосты других методов обогащения, отличающихся дисперсностью, содержанием компонентов и др., и некондиционные концентраты (по данным http://geologinfo.ru/economika-v-geologiy/).

Таблица 2.8

Классификация отходов горно-обогатительных предприятий по условиям их образования, хранения, разведанности и изученности

<table>
<tr><td rowspan="3">Классификационный признак</td><td colspan="4">Технология образования и вид отходов</td></tr>
<tr><td colspan="2">Отходы добычи полезных ископаемых</td><td colspan="2">Отходы обогащения</td></tr>
<tr><td>Забалансовые и труднообогатимые руды</td><td>Вскрышные и вмещающие породы</td><td>Хвосты флотации</td><td>Другие продукты</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Нахождение относительно места образования отходов</td><td colspan="2">В ожидаемом выходе</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="3">В текущем выходе</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="4">Складированные в хранилище</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Степень геологической изученности</td><td colspan="4">Детально разведанные</td></tr>
<tr><td colspan="4">Предварительно разведанные</td></tr>
<tr><td colspan="4">Неизученные</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Изученность химического состава и физико-механических свойств</td><td colspan="4">В полном объеме</td></tr>
<tr><td colspan="4">В сокращенном объеме</td></tr>
<tr><td colspan="4">Сведения ориентировочные</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Техническая возможность использования Основные направления возможного использования</td><td colspan="4">Предполагаемые к использованию</td></tr>
<tr><td colspan="4">Потерянные</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Доизвлечение ценных компонентов</td><td colspan="3">Производство строительных материалов</td></tr>
<tr><td colspan="3">Другие направления</td></tr>
</table>

Весьма важным признаком является техническая возможность использования отходов. Она определяется возможностью повторной добычи отходов из хранилищ, транспортировки к месту использования (переработки) и рядом других причин. Не предлагаемые к использованию отходы – в данной терминологии, отходы, которые нельзя отнести к вторичным минеральным ресурсам – относятся к потерянным. По направлениям использования предлагается отходы подразделять на три класса (в порядке приоритетности выбора того или иного направления использования – 3 вариант):

– класс Д – сырье для доизвлечения полезных компонентов;

– класс С – сырье для производства строительных материалов;

– класс В – сырье для других целей, в том числе неиспользуемые (потерянные) отходы.

Наибольшую практическую применимость имеет классификация отходов по отраслям промышленности их образующим и классификации для отдельных видов отходов (4 вариант).

По возможности использования, твердые отходы классифицируют на три группы:

– отходы, для которых отсутствуют технологии их переработки или объемы их образования превышают потребность общества в этом виде ресурса;

– отходы, для которых имеются технологии переработки, но отсутствуют необходимые производственные мощности;

– отходы, которые являются вторичным сырьем и включены в материальные балансы производства, но не используются предприятиями источниками их образования.

Среди факторов, обуславливающих возможности использования техногенных источников можно выделить:

– возможности добычи минеральной массы из техногенных месторождений;

– возможности переработки техногенного сырья в целях получения из него готовой продукции;

– возможности реализации полученной продукции.

Положительные экономические результаты включают в себя также:

– снижение затрат на размещение и содержание твердых отходов;

– снижение затрат на рекультивацию;

– уменьшение потерь, вызванных неиспользованием вложенных в их извлечение из недр средств;

– сокращение размеров платежей за размещение твердых отходов в окружающую среду и за занимаемые отходохранилищами земельные площади.

Переработка отходов горного производства, как правило, связана с потребностями смежных отраслей в сырье.

Отвалы горнодобывающих и металлургических предприятий как перспективные источники сырья для различных областей индустрии издавна привлекали внимание. Так ещё в 30-е годы прошлого столетия проводились исследования по оценке медьсодержащих отходов на большинстве медных предприятий Урала. С 50-х гг. отходы медного производства оценивались не только на основные, но и на полезные попутные компоненты. Извлечение золота, урана, редких металлов из старых отвалов ведётся с начала 60-х гг. Отвалы служат источником дополнительного производства меди, угля и т.д. Например, из нефелиновых хвостов флотации апатита получают алюминий, галлий, поташ, соду, цемент.

Технологические исследования по утилизации отходов показали возможность комплексной переработки многих полезных ископаемых с полным или частичным переходом на производство различных видов продукции из отходов (табл. 2.9 – 5 вариант).

Установлено, что использование промышленных отходов позволяет покрыть до 40 % потребности строительства в сырьевых ресурсах. Применение промышленных отходов позволяет на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, создавать новые строительные материалы с высокими технико-экономическими показателями и, кроме того, уменьшить загрязнение окружающей среды.

Значение использования горнопромышленных отходов металлургии в масштабах государства в значительной степени зависит от продолжительности их хранения. По этому признаку выделяются текущие отходы и отходы накопленные (6 вариант). При этом накопленные отходы подразделяются на пополняемые (их называют консолидированными) и «староживущие» (непополняемые). Качественные, количественные, горно-технические и технико-экономические параметры значительной части текущих отходов и отходов в активно «живущих» отвалах (хвостохранилищах) известны, что позволяет дать принципиальную (на уровне технико-экономических соображений) оценку их пригодности для получения каких-либо полезных продуктов. В то же время многие «староживущие» отходы не только потеряли некоторые первичные физико-механические и химические свойства, но и, как правило, засорены бытовыми отходами, металлоломом и т.п. Поэтому отвалы, консолидированные и особенно «староживущие», отнесенные по общим предпосылкам к перспективным для промышленного освоения, почти всегда требуют дополнительного геологического изучения.

Таблица 2.9

Возможные направления использования отходов в смежных отраслях

Отрасли, производящие отходы	Продукция из отходов для отраслей						
	топливо	чёрные металлы и сплавы, их соединения	цветные металлы, их соединения и сплавы	удобрения и продукты основной химии	строй-материалы	сырьё для атомной энергетики	другие виды использования
Угольная промышленность	Уголь из отвалов; метан из шахт; газификация отвалов	Fe из пирита	Al, Al_2O_3, Al–Si сплавы	Известкователи почв; серная кислота из пирита	Аглопорит; щебень; кирпич	–	Закладка шахт, дорожное строительство
Теплоэнергетика	Горючая масса из золы тепло энергоустановок	Fe-Si сплавы из золы	Al-Si сплавы из золы, Ge, Ga, Mo	Серная кислота из отходящих газов; микроудобрения	Щебень; зологравий; аглопорит; кирпич	U, Th	Дорожное строительство
Чёрная металлургия	Тепло металлургических печей	Fe из окисленных кварцитов	V; Co; Cu; Ni; Ti; Zr; Zn; Mg; Ba; Ta; Nb и другие	Фосфорные удобрения	Щебень; шлакобетон; цемент; огнеупоры; песок; известь	–	Дорожное строительство; засыпка оврагов; закладка шахт; ирригационное строительство
Цветная металлургия	Автогенное сжигание сульфидов; тепло металлургических печей	Fe из пирита, пирротина, титаномагнетита	Металлы из старых отвалов, шлаков, хвостохранилищ, осадков, стоков	Серная кислота; микроудобрения	Щебень; шлакобетон; цемент; огнеупоры; песок; известь	U, Th, Li, Be	Закладка шахт

Отрасли, производящие отходы	Продукция из отходов для отраслей						
	топливо	чёрные металлы и сплавы, их соединения	цветные металлы, их соединения и сплавы	удобрения и продукты основной химии	строй-материалы	сырьё для атомной энергетики	другие виды использования
Производство минеральных удобрений (горная химия)	–	Магнетит; титаномагнетит; перовскит	Редкие земли; Al из нефелина; Ti; Mg	Фосфор из хвостов обогащения; содопродукты из нефелина; удобрения из хвостов обогащения	Щебень; шлакобетон; цемент; огнеупоры; песок; известь	U, Li из рассолов; Th	Закладка шахт
Производство нерудных стройматериалов	–	Магнетит и Fe при обогащении песков	Ti, редкие земли при переработке песков	Известкователи почв; улучшение структуры почв; адсорберы влаги в почве	Щебень; шлакобетон; цемент; огнеупоры; песок; известь	–	Закладка шахт и карьеров; дорожное строительство; ирригационные сооружения
Атомная энергетика	Тепло установок	Fe; Mn	Au; Cu; Zn; Pb	Микроудобрения; фосфорныеудобрения; серная кислота	Щебень; шлакобетон; цемент; огнеупоры; песок; известь	Доизвлечение U, Th из отходов	Закладка шахт

Дальнейшая дифференциация минеральных отходов производится по нескольким направлениям. Одним из них служит состав формирующих отходы горных пород во взаимосвязи с перспективами и конкретными направлениями их хозяйственного использования. Так, по перспективам применения выделяются минеральные отходы, подлежащие непосредственному использованию, перспективные для использования и непригодные для использования.

По видам, отходы горных предприятий можно разделить на следующие основные группы: шахтный или карьерный вентиляционный воздух, сточные воды и твердые минеральные отходы.

Отходящий воздух образуется при проветривании выработок и поверхностного комплекса, в которых работают люди и оборудование, производится разрушение массива механическими и взрывными способами, и протекают обогатительные реакции. Таким образом, он содержит минеральную пыль, газы, выделяемые горным массивом, взрывные газы и т.д.

Сточные воды образуются при откачивании из выработок попавших туда подземных и поверхностных вод, вод, используемых в системе водоснабжения и обогатительных реакциях. В результате чего они содержат: взвешенные минеральные частицы, обогатительные реагенты, нефтепродукты и т.д.

По ресурсной ценности горнопромышленные отходы могут быть расклассифицированы на две группы: отходы, временно складируемые в небольших объемах, и собственно техногенные образования (отвалы, хвостохранилища). Среди последних выделяют: неперспективные техногенные образования (смешанные отвалы) и собственно техногенные месторождения (спецотвалы, хвостохранилища). Они, в свою очередь, разделены на комплексные хвостохранилища, нерудные и рудные спецотвалы. Особо следует выделить смешанные отвалы, которые в результате совместного складирования практически утратили свои потребительские свойства. Необходимо отметить, что на существующем уровне развития техники и технологии добычи и переработки сырья, большая часть техногенных месторождений являются потенциальными, хотя при изменении цен и появлении новых технологий они могут представлять большой интерес для освоения.

Классификация техногенных отходов, которой придерживается большинство исследователей, приведена на рис. 2.11.

– место образования в отраслях промышленности (т.е. выделение отходов, получаемых в угольной, металлургической, химической
– технологические стадии их образования (т.е. отходы при добычи, обогащении, металлургической обработке сырья и т.д., каждый из которых соответствует разным технологическим процессам);
– вид отходов (золы, шлаки, хвосты, шламы, сливы и др.);
– степень ущерба, наносимого окружающей среде (загрязнение воздуха, почв, вод сернистым газом, ртутью, фтором и другими вредными компонентами);
– направление использования (металлургия, строительство, энергетика и др.);
– эффективность использования (эти признаки дают возможность разделить отходы на эффективные для освоения при существующем уровне развития техники и технологии, неэффективные и потенциально перспективные);
– время накопления (текущего производства и ретроспективные (10–30 лет), что существенно влияет на эффективность промышленного использования отходов, поскольку нередко в старых (30–60 лет) хвостах и отвалах содержание полезных компонентов такое же. как в добываемых в настоящее время рудах);
– степень изученности (позволяет судить о характеристиках полезных и вредных компонентов в отходах).

Рис. 2.11. Классификация техногенных отходов

Большинство исследователей считают целесообразным выделять следующие признаки в классификации отходов:

– место образования в отраслях промышленности (т.е. выделение отходов, получаемых в угольной, металлургической, химической и других отраслях);

– технологические стадии их образования (т.е. отходы при добыче, обогащении, металлургической переработке сырья и т.д., каждый из которых соответствует разным технологическим процессам);

– вид отходов (золы, шлаки, хвосты, шламы, сливы и др.);

– степень ущерба, наносимого окружающей среде (загрязнение воздуха, почв, вод сернистым газом, ртутью, фтором и другими вредными компонентами);

– направления использования (металлургия, строительство, энергетика и др.);

– эффективность использования (эти признаки дают возможность разделить отходы на эффективные для освоения при существующем уровне развития техники и технологии, неэффективные и потенциально перспективные);

– время накопления (текущего производства и ретроспективные (10–30 лет), что существенно влияет на эффективность промышленного использования отходов, поскольку нередко в старых (30–60 лет) хвостах и отвалах содержание полезных компонентов такое же, как в добываемых в настоящее время рудах);

– степень изученности (позволяет судить о характеристиках полезных и вредных компонентов в отходах).

Таким образом, большое количество классификаций техногенных месторождений даёт большую свободу выбора из альтернативных вариантов и позволяет горным предприятиям самостоятельно разрабатывать наиболее приемлемую классификацию с целью оптимального практического использования отходов производства. Поскольку разработка классификации отходов предприятий горного кластера осуществляется индивидуально, рассмотрим один из таких примеров.

На рис. 2.12 представлена классификация техногенных месторождений, построенная на основе классификаций, разработанных российскими учёными, подразделения процесса их образования на примере стран ближнего зарубежья (Кыргызстан) с использований знаний, полученных при изучении классификаций горных отходов.

В большинстве случаев в подобных классификациях отсутствуют характеристики внутри групп признаков, а также взаимосвязь между группами и группировочными признаками, т.е. не выдерживаются принципы и требования к составлению классификаций с разбивкой на группы, подгруппы, классы, подклассы и т.д.

В 1997 г. в ЗабНИИ Ю.Ф. Харитоновым и др. (Забайкальский край) разработана классификация, ориентированная на твердые техногенные образования горнопромышленного комплекса. Она основывается

на наборе показателей, влияющих на выбор добычи, переработки техногенного сырья, экологичность освоения, снижение негативного влияния на окружающую среду.

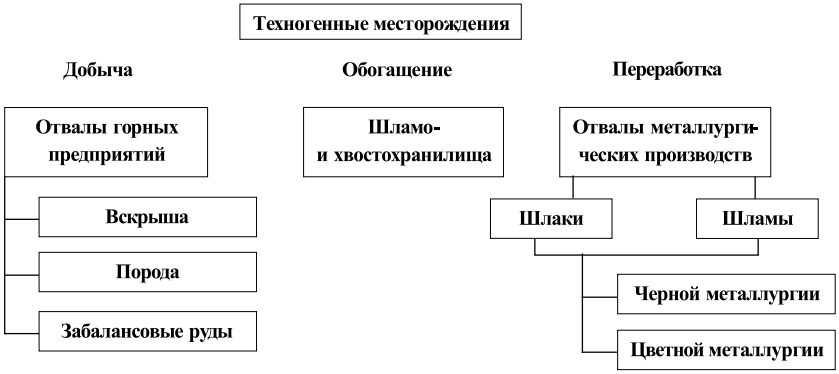


Рис. 2.12. Классификация техногенных месторождений, построенная на основе подразделения процесса их образования (Кыргызстан)

Основа классификации Ю.Ф. Харитоновым и др. использована в качестве основы для систематики и группировки техногенных образований Кыргызстана. Она в наибольшей степени отвечает требованиям к составлению классификаций с разбивкой признаков на группы, подгруппы, классы, подклассы, виды.

Из данной классификации заимствованы общий принцип ее построения и набор тех группировочных признаков и показателей, которые с некоторыми уточнениями позволяют систематизировать и ранжировать известные в стране ТМ, исходя из их наиболее важных особенностей и степени реальной изученности.

В разработанном варианте классификации ТМ объединены в четыре основные, отражающие происхождение техногенно-минеральных образований в основных отраслях производства (горнодобывающей, обогатительной, металлургической, энергетической) и их принадлежность к определенным отходообразующим предприятиям. В каждой отдельной группе выделено от 1 до 7 подгрупп, соответствующих технологическому процессу добычи и переработки сырья. В подгруппах учтены только базовые технологические процессы, в практике обычно отмечается их комбинирование (комбинированный способ добычи, флотационно-гравитационная схема обогащения и т.д.).

Сведения, характеризующие скопления техногенных образований, отражены в 9 классах (тип отходов, время накопления, их объем, характеристика хранилищ, собственно отходы, их химический состав, состояние изученности, воздействие на окружающую среду и перспективы использования), в которых, в свою очередь, рассматриваются от 2 до 4 подклассов. Три первых класса объединяются в подгруппу «Общие сведения», остальные – в подгруппу «Прочие сведения». Ниже дается пояснение ряда классов и обоснование разделения их на подклассы и виды. По времени накопления выделяются отходы текущие и прошлых лет (до многих десятков лет).

Такое разделение основано на представлении о том, что для старогодних (лежалых) отходов наименее достоверны показатели, отражающие качество отходов горного производства, где из-за совместного складирования различных по физико-механическим свойствам пород, их перемешивания с другими видами промышленных отходов (ввиду использования для них единых площадок), окисления и выщелачивания вследствие длительных сроков хранения, их свойства невозможно прогнозировать.

По объемам накопленных отходов произведено их разделение на три подкласса: мелкие (от 1 тыс. до 1 млн т), средние (1–50 млн т) и крупные (свыше 50 млн т), что соответствует объемам отходов на преобладающей части реальных объектов Кыргызстана. Для отдельных производств (обогатительного, металлургического) размерность, при необходимости, может изменяться и приниматься более дробной.

В классе «Характеристика хранилища» выделено четыре подкласса: наименование и тип хранилища, морфометрия (высота отвалов относительно естественной поверхности), степень обводненности. Виды подкласса – «наименование хранилища» соответствуют, уточняют и характеризуют выделенные в подгруппах «технологические стадии производственного цикла» и «общие сведения» классы и подклассы.

Виды остальных трех подклассов являются сквозными и могут относиться к скоплениям отходов всех подтипов.

Подкласс «Морфометрия» включает четыре вида по высоте относительно естественной поверхности: низкие (до 15 м), средние (15–50 м), высокие (свыше 50 м) и углубленные (старые карьеры, пониженные формы рельефа, поймы рек, заполненные хвостами и шламами флотации, ММС и др.). Выделенные виды позволяют выбрать способ рекультивации и направления последующего использования площадей. В подклассе «Степень обводненности»

отражено гидрогеологическое состояние ТМ: сухое, влажное, частично обводненное, обводненное.

В классе «Характеристика отходов» рассматриваются четыре подкласса: породная основа (по химическому составу) отходов, гранулометрический состав, физическое состояние массы отходов и ее крепость. Данные характеристики необходимы для выбора способа разработки и обогащения отходов, выбора техники, оборудования, вариантов транспортировки и других данных.

Для принятия практических хозяйственных решений важными являются показатели классов: «Химический состав отходов» и «Воздействие на окружающую среду и уязвимость к чрезвычайным ситуациям». В первом выделены два подкласса: наличие полезных и вредных компонентов.

Приведенные перечни и концентрации компонентов, установленные в результате геолого-технологического изучения отходов, позволяют обосновать решение о целесообразности разработки техногенного объекта и определить наиболее оптимальный вариант технологического способа обогащения техногенного сырья.

Во втором классе выделено три подкласса: концентрация экологически опасных компонентов, степень негативного воздействия на окружающую среду и уязвимость к стихийным бедствиям и опасным природно-техногенным процессам. Подкласс, отражающий концентрацию опасных компонентов, представлен четырьмя видами концентрации: низкая, средняя, высокая и очень высокая. К низким по концентрации относятся техногенные скопления, содержащие экологически опасные компоненты в количествах ниже предельно допустимых концентраций, далее следует ориентироваться на содержания компонентов при определении уровней загрязнения различных природных сред (почв, типов вод, воздуха и т.д.) согласно действующим нормативным требованиям.

Виды «Степени негативного влияния на окружающую среду» определяются комплексом медико-биологических, гидрохимических, почвенных и других исследований, отражающих изменение окружающей среды, воздействие на живые организмы и растительность.

По степени уязвимости по отношению к опасным природно-техногенным процессам авариям (в том числе диверсионным и террористическим актам) и стихийным бедствиям и катастрофам, характерным для горных районов (землетрясениям, оползням, селям и т.п.) хранилища подразделены на четыре группы.

Включен в классификацию класс «Состояние изученности отходов» с выделением 3-х подклассов, отражающих геологическую, технологическую и экологическую изученность объекта. Показатели видов этих

подклассов могут явиться основной для планирования различных работ по изучению (доизучению) и промышленно-перспективной оценке ТМ.

В классе «Перспективы использования» рассматриваются два подкласса: направление использования и подготовленность объекта к освоению. В первом подклассе выделено четыре вида хозяйственной деятельности в сфере использования техногенного сырья, которые в настоящее время осуществляются в республике и, очевидно, продолжатся в ближайшей перспективе. Последнее в равной степени относится и к обоснованию выделения видов подкласса – подготовленность к освоению.

В данной классификации сознательно упущен такой важный группировочный признак, как экономическая эффективность освоения техногенного сырья, который рассматривается в некоторых известных классификациях. По мнению авторов в них предлагаются очень упрощенные варианты оценки экономической значимости скоплений отходов по стоимости полезных компонентов, содержание которых превышает содержания в отходах действующих предприятий. Методика подобных оценок не учитывает агрегатное состояние, форму нахождения компонента в отходах, затраты на его добычу и извлечение, поэтому такие оценки не могут быть показательными.

Предложенная классификация позволяет разработать комплекс мер по защите населения и территорий, и будет способствовать улучшению экологической обстановки в данном регионе.

Сложившаяся в Российской Федерации практика обращения с отходами ведет к опасному загрязнению окружающей природной среды и создает реальную угрозу здоровью населения. Наряду с этим, с отходами безвозвратно теряются минеральные ресурсы, многими из которых страна практически уже не располагает. На территории России отвалами, шламонакопителями и хвостохранилищами занято свыше 300 тыс. га земель.

К числу негативных последствий формирования техногенных массивов следует отнести ухудшение состояния атмосферы, сокращение площадей земель, пригодных в большинстве случаев для сельскохозяйственного пользования, изменение природного ландшафта и загрязнение почвенного покрова, развитие эрозионных процессов, изменение состояния и свойств горных пород, слагающих основания техногенных массивов, а также гидрологического и гидрогеологического режима района, возникновение горно-геологических процессов и явлений, носящих порой катастрофический характер. Пример общего негативного изменения в окружающей природной среде при освоении недр представлен на рис. 2.13, а частного негативного изменения в окружающей природной среде при освоении недр открытым способом (рис. 2.14).

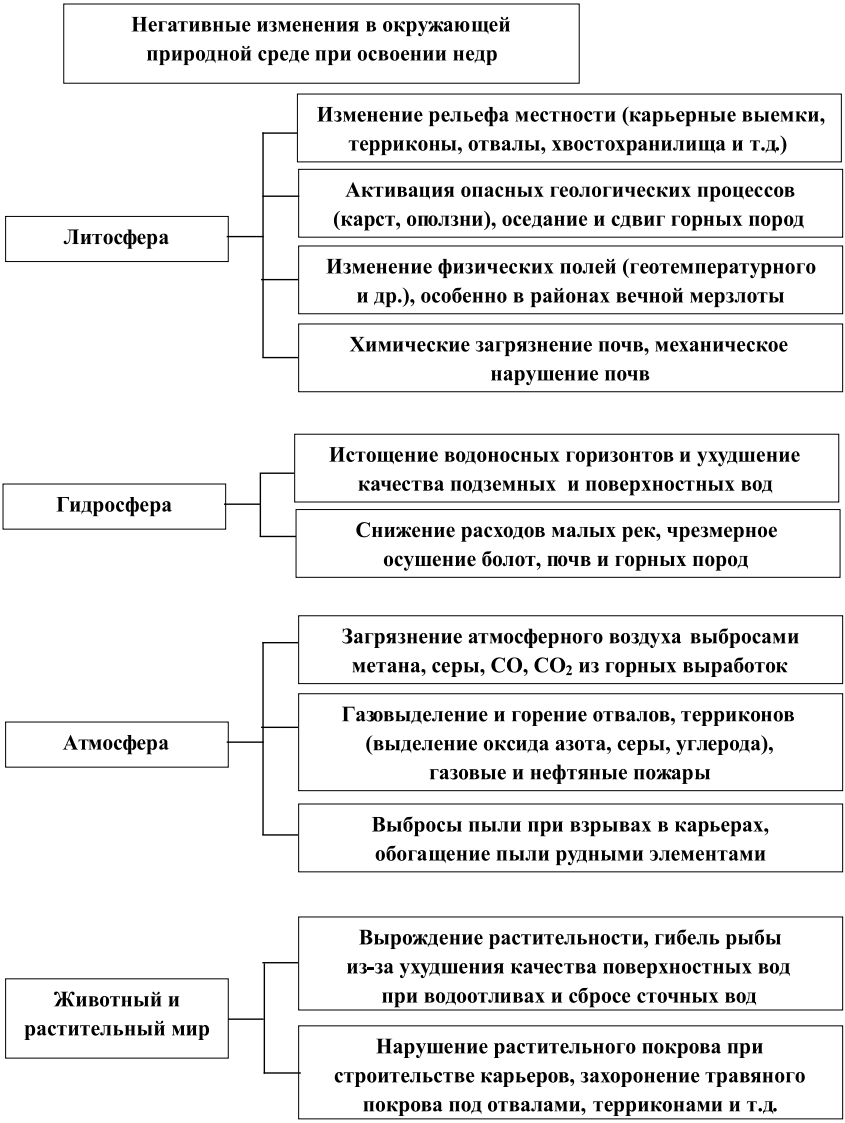


Рис. 2.13. Негативные изменения
в окружающей природной среде при освоении недр

Рис. 2.14. Виды технического воздействия и результаты, полученные при добыче полезных ископаемых открытым способом

Перечень основных технологических и экологических проблем при переработке золотосодержащих руд и техногенных образований на стационарных обогатительных фабриках приведён в табл. 2.10. Анализ использования отходов как в качестве вторичного сырья, так и для получения конечной продукции показывает, что после 2000 г. в России отходов I класса опасности переработано только 7,4%, II класса – 26,8%, III класса – 9,5%, IV класса – 17,8%. Проблемы переработки отходов вышли за рамки отдельных регионов и переросли в международные социально-экономические и геоэкологические. Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду представлена в табл. 2.11.

Разработка техногенных месторождений, кроме ресурсной составляющей, напрямую затрагивает проблему экологической безопасности. Активная поверхность техногенных объектов на единицу объема в 100–1000 раз выше, чем у горных пород. Поэтому воздействие техногенных объектов приводит к загрязнению как подземных вод, так и крупных рек, являющихся источниками водоснабжения.

Таблица 2.10

Основные технологические и экологические проблемы при переработке золотосодержащих руд и техногенных образований

Проблемы	
Технологические	Экологические
Отсутствие научно-обоснованного прогноза эффективности технологий обогащения природного и техногенного минерального сырья	Высокий вывод хвостов, направляемых для складирования в хвостохранилище без глубокой проработки вопросов их дальнейшего использования в народно-хозяйственном комплексе региона
Низкая эффективность вскрытия упорных пород и раскрытия минеральных комплексов	Слабая изученность токсичности размещаемых хвостов по классам их опасности для окружающей среды и безопасности жизнедеятельности человека
Недостаточный объём использования современных комбинированных схем обогащения с учётом особенности сложного полиметаллического состава минерального сырья	Повышенное загрязнение компонентов природной среды при сбросах и выбросах, размещение отходов в окружающую среду(почвы, земли, поверхностные и подземные воды, животный и растительный мир)
Низкая эффективность комплексной переработки полиметаллических труднообогатимых руд и техногенных образований	Низкая эффективность систем экологического мониторинга при антропогенных воздействиях в особых природно-климатических условиях территории Забайкалья
Отсутствие базы готовых разработок, рекомендуемых к внедрению на основе новых процессов и аппаратов	Отсутствие базы данных по природоохранным мероприятиям с целью снижения ущерба окружающей природной среде
Слабая проработка технических решений по созданию замкнутых систем водоснабжения и повышению их экологической надёжности	

Результаты воздействия горного производства (добыча, обогащение, металлургический передел) на биосферу представлены в табл. 2.12.

Анализ полученных материалов показывает, что все техногенные образования горнорудных предприятий, можно грубо разделить на две группы. К первой группе следует отнести менее экологически опасные породы вскрыши, на долю которых приходится 86,4% всех объемов

техногенных образований края. Основная масса этих скоплений образована деятельностью угледобывающих предприятий (91,4%), среди которых ведущее место занимает Харанорский разрез. Все остальные отходы отвалов бедных и некондиционных руд (182443 тыс. т или 4,7%) продукты химической переработки (64483 тыс. т или 2,25%) – можно условно объединить во вторую группу. Данная группа объединяет всего 13,2% (более 1380 млн т) объёма техногенных скоплений, тем не менее, именно они представляют наибольший интерес как объекты для получения дополнительной продукции и прибыли, также, как и объекты повышенного негативного воздействия на окружающую среду.

Таблица 2.11

Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду

№ п/п	Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды	Класс опасности отходов для окружающей природной среды
1	Очень высокая	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует	I Класс Чрезвычайно опасные
2	Высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия	II Класс Высокоопасные
3	Средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника	III Класс Умеренно опасные
4	Низкая	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 3 лет	IV Класс Малоопасные
5	Очень низкая	Экологическая система практически не нарушена	V Класс Неопасные

Предварительный анализ показывает, что около 300 млн т (79%) отходов второй группы могут быть использованы для повторной переработки при условии усовершенствования технологии обогащения и извлечения полезных компонентов. Вторичные отходы в большинстве случаев могут использоваться в строительной индустрии.

Таблица 2.12

Результаты воздействия горного производства (добыча, обогащение, металлургический передел) на биосферу

Элементы биосферы	Результаты воздействия
Недра	Изменение состояния массива горных порол, загрязнение недр, снижение качества полезных ископаемых и их потеря; карстовые процессы, возгорание пород и руд
Подземные воды	Уменьшение запасов вод, нарушение гидрогеологического режима
Поверхностные воды	Загрязнение вод и ухудшение их качества, изменение гидрохимических и биологических режимов
Воздух	Загрязнение атмосферы газами и пылью
Земля, почвы	Нарушение и ухудшение качества почвы, сокращение продуктивных угодий, эрозия
Фауна и флора	Ухудшение условий обитания флоры и фауны, сокращение Их численности, снижение урожайности и продуктивности животноводства, рыбного и лесного хозяйства

Следует отметить, что в процессе геологоразведочных работ выделяются четко ограниченные в пространстве блоки балансовых и забалансовых руд. Слабоминерализованные участки с содержанием золота ниже бортового, а также первичные ореолы рассеяния практически относятся к вмещающим, и содержание металла в них не учитывается. В этой категории пород содержание золота в отдельных участках иногда достигает 30 г/т.

Учитывая то обстоятельство, что объемы пород со слабой минерализацией иногда на 38 порядков превышают объемы экономически оконтуренных блоков, то несложные расчеты показывают, что неучтенные запасы золота могут в несколько раз превышать объем запасов металла балансовых и забалансовых рудах. Все это указывает на важность проблемы вовлечения в хозяйственный оборот слабоминерализованных разностей [49].

Большие пространства России и рассредоточенность баз добычи и переработки минерального сырья обусловили практически полное невнимание к утилизации отходов. Между тем, по масштабам вмешательства в природную среду Россия занимает одно из первых мест в мире. Буквально несколько десятилетий назад вопросам утилизации техногенных ресурсов в нашей стране практически не уделялось внимания. Для этого существовали определенные причины, в частности: узкоспециализированный подход к добыче различных видов полезных ископаемых; недостаточная ответственность предприятий при потреблении ими природных ресурсов; более низкие, в сравнении

с существующими кондициями, содержания попутных минеральных компонентов; отсутствие приемлемых технологий и другие.

Проблема отходов горного производства рассматривается в различных аспектах. С экологической точки зрения наибольшую тревогу вызывают газовые отходы, например сернистый газ и другие соединения серы, оксиды углерода и азота, составляющие в сумме свыше 1 млрд т в год. Выброс пылей, содержащих соединения металлов, в десятки раз превышает выбросы природных источников (вулканы, лесные пожары, пыли, переносимые ветром, и т.п.). Потребление и загрязнение воды горнодобывающими отраслями составляет около 10 $м^3$ на 1 т добытого полезного ископаемого. В среднем под породные отвалы отводится 0,1 га площади земли на каждые 1000 т сырья, и они занимают сотни млн га, чаще всего неудобной, а в ряде случаев вполне плодородной земли. Рекреационная способность природы уже не справляется с возрастающим количеством отходов горного производства, что приводит к необратимым загрязнениям среды обитания.

При подземной добыче полезных ископаемых происходит загрязнение пылью (угольной, породной, рудной), ядовитыми газами, углекислым газом, метаном, полициклическими ароматическими углеводородами, сернистыми газами, сероуглеродом, теплом, подземными водами, породами и другими веществами; при открытой добыче – диоксидом углерода, диоксидом азота, пылью, карьерными водами, породами.

Загрязнение атмосферы сернистыми газами, диоксидом углерода, диоксидом азота, пылью и другими специфическими веществами, свойственными промышленным выбросам, ведёт к нарушению норм качества воздуха. В мире ежегодно отбивается 10 млрд $м^3$ горной массы с применением взрывчатых веществ. При массовых взрывах образуется пылегазовое облако объёмом 15–20 млн $м^3$, поднимающееся на высоту до 1500–1700 м, где воздушное течение рассеивает и уносит 93–99 % пыли, при бурении скважин – 91–93 %, при погрузке разрушенной горной массы – до 88 %, внутрикарьерные дороги дают 80–90 % общего пылевого баланса. Особую опасность представляет пыль тяжёлых металлов, выбрасываемая в атмосферу или в водоёмы, т.к. она включается в природный кругооборот; ещё опаснее металлические яды. Горящие породные отвалы выделяют на каждую тонну породы до 135 мг пыли и от 86,3 до 363 кг газов (CO, CO_2, SO_2, H_2S, NO + NO_2).

Загрязнение гидросферы приводит к ухудшению качества воды для водопользования. При добыче полезных ископаемых производят сброс шахтных и карьерных вод, содержащих механические, химические и биологические примеси. Ежегодно в России при производстве горных работ откачивается около 4 $км^3$ подземных вод, из них объём вод с минерализацией более 1000 мг/л составляет 48 %, а с содержанием сульфатов

более 3000 мг/л – 27 % общего объёма сбрасываемых вод. Сбрасываемые воды содержат 0,9 млрд т твёрдых механических примесей. Загрязнение гидросферы происходит за счёт вымывания оксидов редкоземельных элементов из породных отвалов, а также смыва осевшей на земную поверхность пыли, образующейся в процессе добычи, при выветривании породных отвалов, при транспортировке, перегрузке и пересыпке руды.

В настоящее время отсутствует единый регламентированный подход к изучению и систематизации техногенных месторождений. Кадастровая (прогнозная) оценка современного состояния МСБ техногенных образований в целом по России и конкретных техногенных объектов является важным начальным этапом системной оценки техногенных месторождений. Оценка должна осуществляться на основе уточненной информационной базы данных и предусматривать обоснование принципиальной возможности промышленного использования техногенного сырья на основе комплексного учета геологических, горно-технологических, экологических, социальных и экономических показателей.

По количеству и ущербу, наносимому окружающей среде, твердые отходы горных предприятий значительно превосходят другие виды. Поэтому их ликвидация является важной задачей природоохранных проблем этой отрасли. Техногенные образования, в первую очередь, следует оценивать как источники повышенной экологической опасности и лишь затем как объекты экономически выгодной утилизации.

Основными путями снижения ущерба окружающей среде от выделения и накопления отходов горного производства, в частности опасных, являются: снижение их выделения, обезвреживание и утилизация. При этом большое значение отводится наличию на горных предприятиях паспорта опасности отходов (рис. 2.15).

По данным Госгортехнадзора России, ликвидация и консервация предприятий горнодобывающей промышленности, рекультивация нарушенных горными работами земель, ведётся с серьёзными недостатками. Ликвидированное или законсервированное горнодобывающее предприятие либо объект, остаются потенциально опасными на протяжении длительного времени. На таких объектах могут происходить деформации подработанной земной поверхности, зданий и сооружений, образовываться провалы, возникать эндогенные пожары, выделяться токсичные и взрывоопасные газы, подтапливаться подработанные территории. В связи с этим большое значение имеет организация систем горно-экологического мониторинга на ликвидируемых горных предприятиях. В ряде случаев при ликвидации горных предприятий не решаются вопросы балансовой принадлежности оставляемых в недрах запасов полезных ископаемых.

Рис. 2.15. Основные пути снижения ущерба окружающей среде от выделения и накопления отходов горного производства на основе паспорта опасности отходов

Отработка техногенных месторождений часто не отличается высокой рентабельностью, но обеспечивает значительное улучшение состояния окружающей среды при вовлечении в переработку основной массы отходов. Поэтому при принятии решения об освоении этих объектов приоритет должен отдаваться варианту, обеспечивающему наиболее полное использование отходов (по данным В.В. Чайникова в статье «Системная оценка техногенных месторождений» – Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых. – ЗАО «Геоинформмарк». Москва, 1999).

Являясь важным резервом получения дополнительных объемов минерального сырья, техногенные образования (месторождения), включающие все виды промышленных отвалов, шламо- и шлакохранилища, места разового складирования отходов, в последнее время привлекают к себе все больше внимание не только из-за своей ресурсной ценности, но также из-за необходимости их ликвидации, как мощных источников загрязнения окружающей среды в районе своего расположения.

Поэтому увеличение объемов их утилизации является актуальной народно-хозяйственной проблемой. С позиций социально-экономической значимости отработки техногенного месторождения наиболее важными являются два группировочных признака: по эффективности использования и по степени ущерба, наносимого окружающей среде.

Одним из наиболее отработанных в международной практике механизмов управления природоохранной деятельностью в рамках горных предприятии, в том числе, осуществляющих переработку техногенных отходов, являются планы действий по охране окружающей среды (ПДООС) (рис. 2.16). Структура плана формируется горным предприятием самостоятельно.

Рис. 2.16. Схема формирования и реализации плана действий горного предприятия при переработке техногенных отходов

Как следует из схемы, после завершения этапа 5 происходит возврат к этапу 1 на более высоком качественном уровне. Таким образом, основные этапы формирования и реализации ПДООС для горного предприятия снова повторяют «петлю качества», предусматривающую постоянное совершенствование системы управления охраной окружающей среды.

Успешная реализация системы управления охраной окружающей среды при переработке техногенных отходов требует эффективного управления природоохранной информацией.

Направления использования электронных ресурсов при отработке техногенных объектов представлены на рис. 2.17.

В горной отрасли имеются следующие проблемы, которые ждут своего решения.

Экономические проблемы:

1. Постоянное удорожание сырья, извлекаемого из недр, в связи с разработкой месторождений на всё более значительных глубинах, часто с закономерным понижением содержания ценных компонент. В последние 40 лет стоимость сырья неуклонно растёт на 5–15 % в год, несмотря на внедрение новой техники и даже автоматизацию некоторых производств.

2. Истощение запасов полезных ископаемых в недрах Земли. Например, при современном уровне добычи и обогащения, запасов цинка осталось на 25–30 лет, а свинца на 50–60 лет.

3. Снижение производительности труда и уменьшение темпов добычи полезных ископаемых в связи с постоянным ухудшением горно-геологических условий добычи (большие глубины, бедные руды).

Социальные проблемы:

1. Осложнение ситуации с использованием рабочей силы во многих рудных районах вследствие уменьшения объёма работ, вызванного истощением запасов полезных ископаемых.

2. Ухудшение условий труда при эксплуатации глубокозалегающих месторождений.

Экологические проблемы:

1. Исключение из хозяйственного оборота больших площадей земель, занятых отходами производства. Так, например, площадь золоотвалов топливно-энергетического комплекса Урала составляет около 3 000 га, а площадь нарушенных земель в медной подотрасли превышает 60000 га.

2. Уничтожение или снижение качества земель из-за пылевых заносов с отвалов и хвостохранилищ. Например, с 1 га отвалов КМА (Курская магнитная аномалия) ежегодно сносится до 500 т пыли.

3. Загрязнение окружающей среды (почв, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха) тяжёлыми металлам и солями в концентрациях, нередко превышающих допустимые нормы. Так ориентировочный суммарный объём сброса загрязнённой оборотной воды с золоотвалов АО «Свердловэнерго» составляет не менее 7,6 млн $м^3$/год. Содержание в сбрасываемой воде таких элементов как F, V и Mn превышает ПДК в десятки и сотни раз. С отвалов Садонских месторождений ежегодно выносится в р. Терек до 3000 т цинка.

Рис. 2.17. Направления использования электронных ресурсов при отработке техногенных объектов

В целом эффективное управление горнопромышленными отходами должно быть направлено на достижение следующих результатов:

– рациональное использование техногенных месторождений полезных ископаемых;

– эффективное действие систем контроля и управления элементами окружающей среды с ее взаимодействием со службами всех подразделений горнодобывающих и горноперерабатывающих объединений и предприятий;

– уменьшение до или ниже регламентированного уровня или полную ликвидацию загрязнения атмо-, гидро-, лито- и биосферы выбросами и сбросами;комплексную разработку месторождений полезных ископаемых с полным использованием попутных или побочных продуктов и вторичных материалов в процессах малоотходных технологий;

– сокращение (до обоснованного минимума) потерь полезных ископаемых и их разубоживания;

– соблюдение экологически обоснованных требований к продукции предприятий горного кластера;

– обучение студентов рациональному и комплексному использованию минерального сырья, владению наилучшими доступными технологиями горно-добывающей и горно-перерабатывающей отрасли, а также владение экологическим сознанием и рискориентированным мышлением, воспитание культуры безопасности, в том числе, профессиональной.

Вовлечение в переработку техногенного сырья позволяет дополнительно обеспечить:

1. Сокращение расходов на поиски новых и разведку эксплуатируемых месторождений.

2. Сохранение истощающихся минеральных ресурсов в недрах, так как запасов полезных компонент, накопившихся в отходах ГОКов, достаточно чтобы удовлетворить потребности на многие десятилетия вперёд.

3. Повышение производительности труда за счёт рентабельной переработки уже добытого сырья, являющегося, по существу, готовым полупродуктом и находящегося вблизи действующих предприятий, что особенно важно для тех из них, для которых вследствие истощения сырьевой базы оказываются незагруженными производственные мощности, и высвобождается рабочая сила.

4. Улучшение условий труда, так как техногенные месторождения расположены на поверхности Земли в отличие от всё более глубокозалегающих обычных месторождений полезных ископаемых.

5. Производство дешёвых стройматериалов (песок, щебень, гравий, цемент, абразивы, материал для отсыпки дорожного полотна, строительства плотин, дамб и т.д.), а из шлаков – шлаковаты, шлакового литья

(брусчатка, тюбинги, плитки, бордюрный камень и т.д.), литого шлакового щебня, стеклокерамических изделий, вяжущих добавок в цемент, минеральных добавок для улучшения почв, удобрений для сельского хозяйства и др.

6. Освобождение занимаемых им земель и их рекультивацию и ликвидацию источников загрязнения окружающей среды (ОС), улучшая тем самым экологическую обстановку вокруг действующих предприятий. Это относится к тем ТМ, освоение которых сопровождается производством стройматериалов. Если же осуществляется только добыча металлов (цветных, редких и благородных), то из-за низкого их содержания количество техногенных отходов практически не уменьшается.

Таким образом, всё вышеизложенные аспекты указывает на актуальность и народно-хозяйственную важность проблемы переработки и полной утилизации отходов горнорудной, металлургической отраслей промышленности. Уже существующие и перспективные технологические разработки позволяют оптимистически оценивать прибыльность переработки ТМ и возможность перехода к безотходным (малоотходным) технологиям для их полной ликвидации.

Основная цель Государственной Программы «Отходы» состоит в обеспечении одного из условий экологически безопасного развития страны: стабилизации, а в дальнейшем сокращении загрязнения окружающей среды отходами и экономии природных ресурсов за счет максимально возможного вторичного вовлечения отходов в хозяйственный оборот.

Таким образом, минерально-сырьевой потенциал России в целом достаточен для проведения независимой и эффективной экономической политики государства. Однако деятельность по обеспечению рационального и комплексного использования минеральных ресурсов, должна быть направлена на повышение технологической дисциплины, качества проектных решений и на внедрение предприятиями нового совершенного оборудования и наилучших доступных технологий переработки, в том числе техногенных отходов, как длительного хранения, так и текущей добычи и переработки руды.

2.2.3. Лом черных и цветных металлов

Наибольшее количество лома и отходов алюминия образуется и, следовательно, сдается следующими министерствами (в процентах от общей поставки лома и отходов алюминия): автомобильной промышленности – 8,2; черной металлургии – 6,1; сельскохозяйственного машиностроения – 5,3; электротехнической промышленности – 4,7.

Лом и отходы сплавов на медной основе поставляют в основном предприятия Министерства электротехнической промышленности (16,2%), значительную долю сдают предприятия автомобильной промышленности – 7,2, черной металлургии – 6,4, министерства: путей сообщения – 4,9, цветной металлургии – 3,9 и судостроительной промышленности – 3,9%.

Цинковые отходы и лом образуются главным образом на предприятиях черной металлургии (28,2%), цветной металлургии (14,7%), автомобильной (7,7%) и электротехнической промышленности (3,7%). Наиболее крупными поставщиками вторичного свинецсодержащего сырья являются предприятия и организации Министерства путей сообщения (13,2%) и электротехнической промышленности (9,5%).

Основными источниками образования отходов цветных металлов являются следующие производства: металлов и сплавов (шлаки, сплески, съемы, сора и пр.); проката (концы, обрезки, обдирочная стружка, опилки, окалина); фасонного литья (шлаки, литники, выпоры, сплески); кабельной продукции (концы и обрезки проволоки, путанка); горячего и электролитического покрытия металлов (изгарь, шламы); механической обработки полуфабрикатов (высечка, обрезь, стружка, опилки); изготовления и ремонта твердосплавного инструмента (пылевидные и кусковые отходы).

Отходы алюминия образуются при производстве фасонного литья, кабельных изделий, при механической обработке проката и литья. В товарных ресурсах вторичного алюминиевого сырья отходы составляют ~ 70%, амортизационный лом ~ 30% (согласно Постановлению Правительства РФ № 370).

2.3. Количественная характеристика металлургических отходов

Образование, использование и обезвреживание отходов производства и потребления в России по классам опасности показывает, что основная часть образованных отходов производства и потребления с 1 по 4 класс опасности используется и обезвреживается, а 5 класса опасности меньше в 2,1–2, 5 раза (табл. 2.13).

Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию, по классам опасности, свидетельствует, что максимальное количество отходов образуется 5 и 4 классов опасности, а количество отходов 1 класса опасности по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования за 2014 г. в 140 раз их меньше. Отходы первого класса опасности неуклонно уменьшаются (табл. 2.14).

Таблица 2.13

Образование, использование и обезвреживание отходов производства и потребления в России по классам опасности для окружающей среды[1)] (тыс. т)

Отходы производства	Образование отходов производства и потребления			Использование и обезвреживание отходов производства и потребления		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
I класс опасности	51	57	52	40	44	44
II класс опасности	459	356	298	452	444	371
III класс опасности	11643	19118	19716	10309	17093	17425
IV класс опасности	101512	97134	104270	80953	84518	85974
V класс опасности	4894272	5036159	5044013	2256359	1941521	2253398

Примечание. [1)] По данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования РФ.

Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию (РФ), по классам опасности для окружающей среды[1)] (тыс. т) показывает, что общее количество отходов в 2014 г. по сравнению с 2013 г. уменьшилось в 1,66 раза, достигнув приблизительно уровня 2012 г. (рис. 2.18).

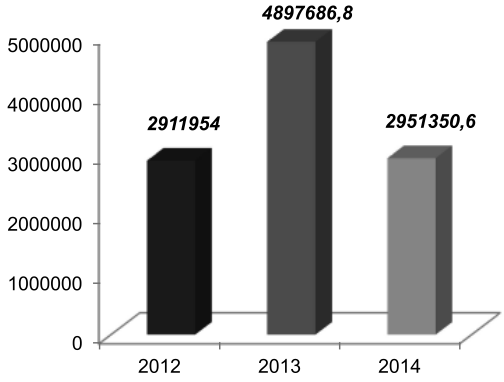


Рис. 2.18. Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию (РФ), по классам опасности для окружающей среды[1)] (тыс. т.)

Таблица 2.14

Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию (РФ), по классам опасности для окружающей среды[1] (тыс. т)

Отходы производства	2012			2013			2014		
	Всего	в том числе в местах		Всего	в том числе в местах		Всего	в том числе в местах	
		хранения	захоронения		хранения	захоронения		хранения	захоронения
I класс опасности	2	1	0,3	0,8	0,4	0,4	0,6	0,3	0,3
II класс опасности	109	30	79	18	11	7	31	26	5
III класс опасности	676	400	275	1026	694	332	2075	1824	216
IV класс опасности	49838	20429	28070	49372	20421	29148	45516	21716	24258
V класс опасности	2861329	2088243	748893	4847270	4050665	785395	2903728	2402585	500016

Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников взятые за период 2012–2014 гг. непрерывно снижаются.

Особенностью минеральных отходов России является и то, что их без предварительного извлечения металлов, не всегда можно утилизировать в промышленности стройиндустрии. Это могут быть причины экономического характера. Например, в г. Владикавказе накоплены сотни т клинкера завода «Электроцинк», но их утилизация не возможна без предварительного извлечения 3 т содержащегося в них золота, стоящего на балансе в Минэкономики. Получаемые при переработке бокситов красные шламы, накопленные в больших количествах, содержат богатейшую гамму ценных компонентов в концентрациях, достаточных для их промышленного использования: железо – 30–33 %, оксид алюминия – 12–30 %, диоксид титана – 4 %, а также ванадий, цирконий, галлий и др.

Экономическая эффективность использования вскрышных пород для производства строительных материалов высока, поскольку затраты на их добычу уже вошли в стоимость основного сырья, и для предприятий строительной промышленности они по существу являются бесплатными (в части расходов на их добычу). Причиной невозможности утилизации может служить наличие в минеральных отходах токсичных металлов.

Другой особенностью отходов горнопромышленного комплекса является то, что накопленные минеральные отходы, содержат значительные количества различных элементов (в том числе и токсичных металлов), являются существенным загрязнителем окружающей среды. В частности, основными загрязнителями г. Владикавказа являются заводы «Электроцинк» и «Победит», отходы которых составляют более 3 млн т на площади около 20 га. На заводе «Электроцинк» накоплены содержащие ртуть промышленные отходы 1-го класса токсичности, которых скопилось свыше 300 т, а также 2-го класса опасности, содержащих сурьму и мышьяк – более 53 тыс. т. На отвалах завода «Электроцинк» размещен клинкер, объем которого достигает 3,1 млн т. В целом объем всех твердых отходов во Владикавказе достигает 6 млн т, что составляет 16 т на каждого жителя города, а ежегодное накопление отходов на одного жителя – 0,67 т.

Для решения проблемы переработки и утилизации отходов горнорудной и металлургической отраслей промышленности необходимо выполнить следующие мероприятия:

– провести инвентаризацию и классификацию техногенных отходов;

– провести общую оценку минерально-сырьевого потенциала техногенных отходов;

–провести районирование техногенных месторождений и выделить первоочередные объекты для возможной эксплуатации;

– выполнить геолого-экономическую и стоимостную оценку первоочередных вовлекаемых в разработку техногенных месторождений;

– разработать предложения по созданию геолого-экономических и правовых основ подготовки техногенных месторождений к промышленному освоению.

2.3.1. Количественная характеристика образования металлургических отходов в Европе

Под промышленными отходами понимаются продукты, материалы, изделия и вещества, образующиеся в результате производственной деятельности человека. Их состав не соответствует среднестатистическому составу коммунальных отходов, а, напротив, является специфическим для определенной отрасли промышленности. Поэтому на количество образования промышленных отходов влияют обычно в первую очередь такие факторы, как специфика отрасли, размеры предприятия, а также масштаб реализуемых мероприятий по снижению образования отходов и внедрение малоотходных технологий. В то же время на мотивацию предприятий по внедрению малоотходные технологии играют свою роль цены на исходное сырье и вторичные ресурсы и затраты на удаление отходов.

Для оценки количества металлургических отходов в Евросоюзе рассмотрим объемы производства алюминия и золота.

2.3.1.1. Алюминиевая промышленность в Евросоюзе

Алюминиевая промышленность в Европейском Союзе включает добычу бокситов и производство глинозема, производство первичного и вторичного алюминия, изготовление полуфабрикатов (например, болванки, профили, проволока, листы, пленка, трубы) и специальных продуктов (например, порошки, специальные сплавы) [33].

Производство первичного алюминия осуществляется путем восстановления глинозема, который в свою очередь добывают в основном из бокситов. Боксит добывается по большей части за пределами Евросоюза. В самом Европейском союзе добыча бокситов на данный момент осуществляется только в трех странах: Греции, Венгрии и Франции. На рис. 2.19 показаны объемы добычи в странах ЕС и России для сравнения за период с 2004 по 2013 год. Из стран ЕС больше всего бокситов добывается в Греции, она занимала в 2013 году 11-е место в мире по добыче бокситов. Наблюдается постепенная тенденция к снижению уровня добычи бокситов в ЕС. Россия в 2013 году занимала 7-е место по добыче

бокситов [на основе анализа 50]. Из 100 т боксита производится от 40 до 50 т глинозема, из которого затем можно производить от 20 до 25 т алюминия [32]. Как Евросоюз, так и Россия дополнительно импортируют боксит для производства глинозема и первичного алюминия, так как собственных объемов добычи боксита недостаточно.

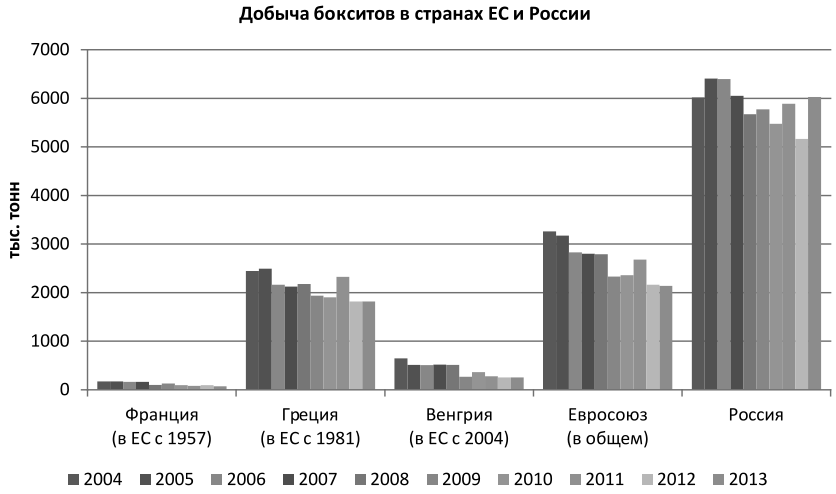


Рис. 2.19. Объемы добычи бокситов в странах ЕС и России за период с 2004 по 2013 год, диаграмма построена по данным [50]

Что касается производства первичного алюминия, то проект европейского справочника по НДТ по производству цветных металлов [33] дает следующую информацию о металлургических предприятиях в ЕС. В 2007 году работало в общей сложности 25 заводов по производству первичного алюминия в странах ЕС-27, а в 2012 году 18. Кроме того, еще 10 заводов расположены в Исландии и Норвегии, которые не являются членами ЕС, но входят в европейскую экономическую зону. Заводы принадлежат следующим компаниям:

– Rio Tinto Alcan (Великобритания, Франция и Исландия);
– Alcoa Europe (Испания, Италия и Исландия);
– Hydro Aluminium (Норвегия и Германия);
– Zalco (Нидерланды);
– Trimet (Германия);
– Alro (Румыния);
– Slovalco (Словакия);

– Talum (Словения);
– Mytilineos (Греция);
– Rusal (Швеция);
– Century (Исландия).

Некоторые из этих компаний имеют филиалы или отделения в других частях мира или являются частью международных корпораций [33]. Например, завод Kuikenborg Aluminium AB (KUBAL) в Швеции – одно из крупнейших промышленных предприятий Швеции и единственный в стране производитель первичного алюминия, входит в структуру компании «РУСАЛ» [51].

На рис. 2.20 представлены объемы производства первичного алюминия в странах ЕС. Из стран ЕС больше всего первичного алюминия производится в Германии, Франции, Испании и Румынии. В основном также можно наблюдать тенденцию к снижению объёмов производства первичного алюминия в странах ЕС.

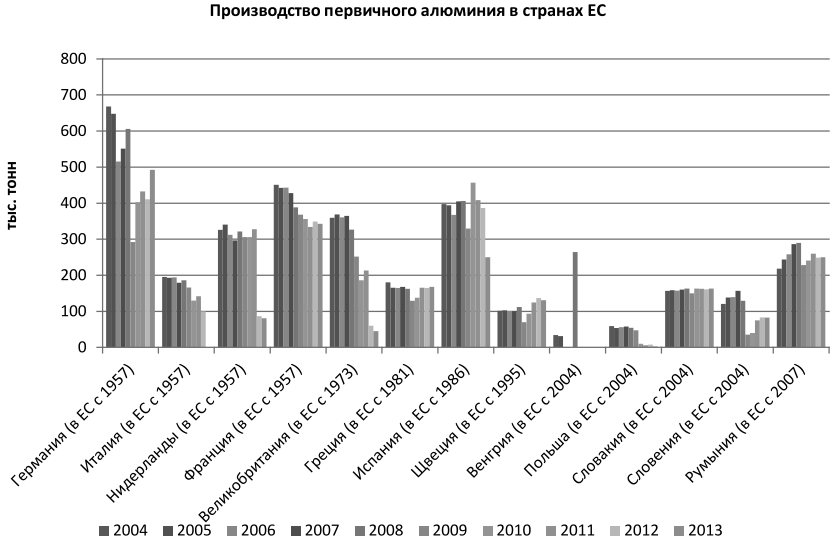


Рис. 2.20. Объемы производства первичного алюминия в странах ЕС за период с 2004 по 2013 год, диаграмма построена по данным [50]

Иначе обстоит дело с вторичным алюминием. В этой сфере работают около 130 предприятий в странах ЕС. В сектор производства вторичного алюминия хорошо интегрированы предприятия по выпуску проката. Гораздо менее интегрированы предприятия по выпуску профилей, так как

такие предприятия (около 300 производственных площадок) разбросаны по всей территории ЕС [33].

Производство вторичного алюминия зависит от источников лома. По характеру образования лом различают на новый и старый скрап. Новый скрап – это лом, который образуется при выпуске кованой и литой продукции. А старый скрап состоит из изделий в конце их жизненного цикла. Новый скрап подвергается рециклингу на 100% и не учтен в статистике производства вторичного алюминия в странах ЕС, приведённой на рис. 2.21. Больше всего вторичного алюминия производится в Германии, Италии, Испании и Франции. В Евросоюзе производится четверть мирового вторичного алюминия.

Рис. 2.21. Объемы производства вторичного алюминия в странах ЕС за период с 2004 по 2013 год, диаграмма построена по данным [50]

Россия занимает второе место (после Китая) по производству первичного алюминия в мире. Однако в России производят только незначительную часть вторичного алюминия. На рис. 2.22 представлены в сравнении суммарные объемы производства алюминия (первичного и вторичного) в странах ЕС и первичного алюминия в России (в [50] нет данных об объемах производства вторичного алюминия). Россия превосходит Евросоюз по объёмам производства первичного алюминия, но за счет вторичного алюминия суммарное производство алюминия достигает в ЕС солидных объемов.

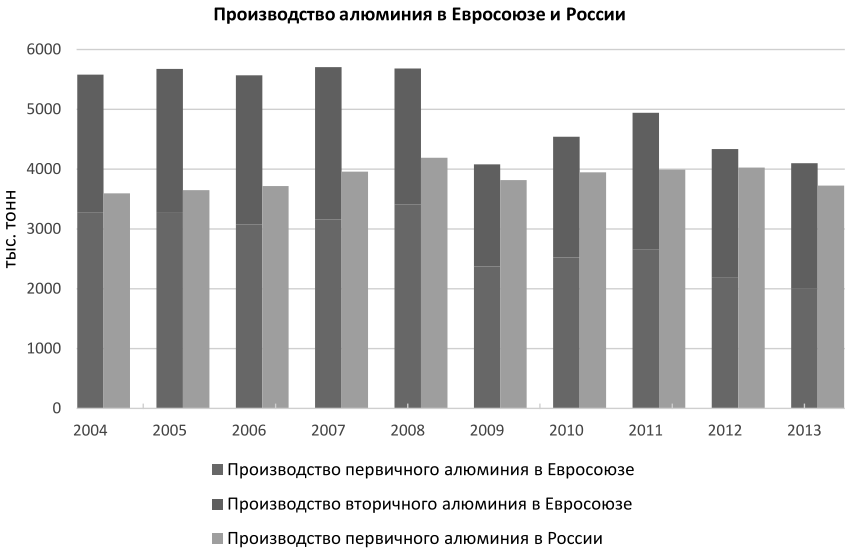


Рис. 2.22. Сопоставление объёмов производства алюминия в Евросоюзе и России, диаграмма построена по данным [50]

Основными отходами производства первичного алюминия являются:

– пыль электрофильтров;

– угольная пена и шлаки;

– отработанные аноды.

– отходы, образующиеся при ремонте электролизеров (отработанная футеровка; катодные стержни).

Проект европейского справочника по НДТ по производству цветных металлов дает следующую оценку образования отходов при производстве первичного алюминия (см. табл. 2.15).

Отходы вторичного производства алюминия несколько отличаются от отходов первичного. Вторичный алюминий переплавляется из различных марок скрапа, а также угольной пены и шлаков. Исходные материалы для вторичного алюминия сначала проходят этап обработки в зависимости от степени загрязнения. Соответствующая предварительная обработка скрапа является предпосылкой для минимизации образования вредных выбросов и отходов переплавки, например, солевых шлаков. Во время обработки исходных материалов (пирометаллургические или механические способы или комбинации из них) образуются отходы, такие как пыль от механических способов обработки, остатки

и пыли от пирометаллургической обработки угольной пены, но в незначительных объемах. Большее значение имеют отходы от непосредственной плавки вторичного алюминия.

Таблица 2.15

Объемы определенных отходов от производства первичного алюминия [33]

Отход*	Количество, в кг/т Al
Угольная пена/шлаковая пленка	15–30
Другие опасные отходы	7–15
Неопасные отходы	12–14

Примечание. *При условии, что не переплавляется внешний скрап.

В зависимости от исходного сырья и требуемого качества продукции в производстве вторичного алюминия используются различные плавильные печи. Плавка исходных материалов может осуществляться с добавлением флюсов или без них, хотя в большинстве случаев в ЕС практикуется плавка с добавлением флюсов. В качестве флюсов обычно используют смесь хлоридов натрия и калия. Флюсы защищают расплав от дополнительного окисления, и способствует удалению некоторых примесей (например, Mg, Ca, Li). При использовании флюсов образуются солевые шлаки, которые содержат 4–10 % алюминия.

Раньше солевые шлаки размещались на полигоне. Экологическая проблематика солевых шлаков заключается, с одной стороны в растворимости содержащихся в них хлоридов в воде, что может привести к засолению грунтовых вод и почвы. С другой стороны, при контакте с водой или влагой солевые шлаки могут привести к образованию токсичных, взрывоопасных, имеющих неприятный запах газов. Поэтому теперь солевые шлаки запрещено размещать на полигоне, они подвергаются обработке. Существует несколько технологий их обработки. На настоящий момент (данные от 2014 года) в ЕС-28 образуется и обрабатывается ежегодно один миллион т солевых шлаков [33].

Помимо солевых шлаков, также образуются такие отходы, как пыль от газоочистки, угольная пена и отработанная футеровка. В табл. 2.16 представлены типичные отходы вторичной металлургии алюминия с указанием происхождения отхода, объема образования на одну т алюминия, применяемые в ЕС способы обработки и стимулы, которые приводят к существующей практике обращения с отходами.

Таблица 2.16

Типичные отходы вторичной металлургии алюминия, согласно европейскому справочнику по НДТ по производству цветных металлов [33]

Отходы	Происхождение	Объем	Обработка	Стимул
Соляные шлаки	Плавка в роторной печи	до 500 кг/т Al	Утилизация с помощью растворения и кристаллизации. Производство продуктов для дальнейшего использования: алюминиевый металлический гранулят, смешанная соль, неметаллические оксидные продукты	Соль используется не во всех печах. Запрет на размещение на полигоне
Пыль от фильтров	Очистка фильтров	до 35 кг/т Al От 0,1 до 10 кг/т Al*	Удаление с предварительной обработкой или размещение в подземном полигоне. Частичное, совместно с солевыми шлаками, восстановление или использование в черной металлургии	Запрет на размещение на наземном полигоне в некоторых странах, возможна термическая обработка (нейтрализация с $NaHCO_3$ или Na_2CO_3 → использование с солевыми шлаками)
Отработанная футеровка	Плавильная печь	до 4 кг/т Al	Потенциал для восстановления вместе угольной пеной/ шлаками, в противном случае промывка и размещение на полигоне	Цель – предотвращение размещения на полигоне. Переработка для производства модулей
Угольная пена или шлаки	Очистка плавильного и литейного производства	до 80 кг/т Al	Выплавка в роторной печи. Утилизация, гранулы используются в роторной барабанной печи, шлаковая пыль используется при утилизации солевых шлаков	Запрет на размещение на полигоне
Смазочные материалы/ масло	Очистка/ центрифугирование металлической стружки		Отдельный сбор	Переработка масла

2.3.1.2. Производство золота в Евросоюзе

Евросоюз располагает самыми большими мощностями для переработки драгоценных металлов, несмотря на то, что на территории ЕС почти нет месторождений драгоценных металлических руд. На рис. 2.23 представлены объемы добычи золота в Евросоюзе за 2006 и 2013 год. В основном добыча осуществляется в Финляндии, Болгарии, Испании и Швеции.

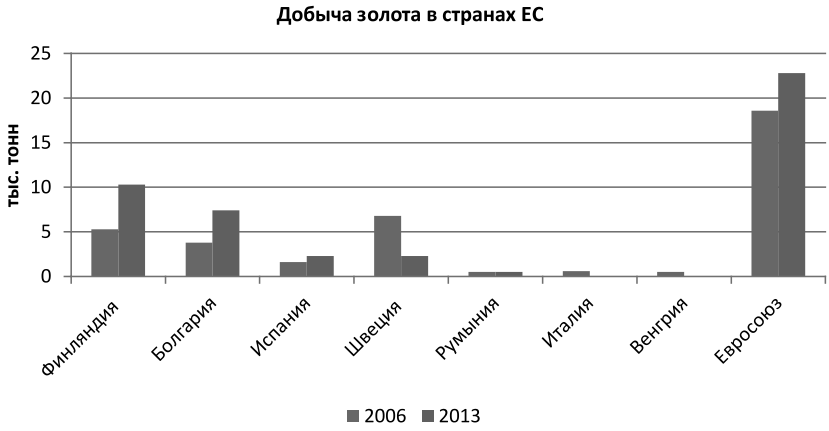


Рис. 2.23. Объемы добычи золота в странах ЕС в 2006 и 2013 годах, диаграмма построена по данным [50]

Переработка драгоценных металлов из лома и промышленных отходов всегда был важным источником сырья для промышленности драгоценных металлов ЕС. Стоимость переработки драгоценных металлов более чем оправдана из-за высокой фактической стоимости драгоценных металлов, содержащихся в ломе и отходах. Хотя здесь играет роль не только экономический, но и экологический аспект, в связи со строгими ограничениями на допускаемое содержание металлов отходах, размещаемых на полигоне [33].

Аффинаж золота, серебра и металлов платиновой группы производится в ЕС либо на специализированных аффинажных предприятиях, либо на заводах цветных металлов. Годовые мощности по переработке золота на предприятиях в ЕС представлены на рис. 2.24.

Мощности рафинирующих заводов примерно вдвое превышает сумму фактически обрабатываемых металлов, поэтому есть возможность увеличения объемов переработки золота.

Рис. 2.24. Годовая мощность рафинирующих заводов для золота в странах ЕС в 2006 году, диаграмма построена по данным [33]

Используется золото в ЕС в основном для изготовления ювелирных изделий, немного используется для производства электроники и для других промышленных и декоративных целей [33].

2.3.2. Количество образования металлургических отходов в Восточно-Сибирском регионе и Забайкальском крае России

По данным ЮНЕСКО, в мире ежегодно извлекают из недр более 120 млрд т руд, горючих ископаемых, другого сырья. Такие показатели России, как 3% мирового населения, 1/8 мировой территории, от 10 до 30% мировых количеств природных ресурсов определяют развитие горнопромышленного комплекса – важнейшего базового элемента, который играет большую роль в экономическом развитии государства, является поставщиком большей части минерального сырья, топлива и главным источником образования промышленных твердых отходов в стране.

По сообщению НИЦПУРО, образование твердых отходов в экономике России в 2000 году составило 3,4 млрд т, в том числе промышленных отходов – 2,6 млрд т (76%). Промышленные твердые отходы добычи и обогащения в 2000 г. составили 2,45 млрд т (94% от общего количества ПТО). Наибольшее развитие в России получили утилизация и переработка отходов в таких отраслях промышленности, как металлургия, машиностроение, деревообработка.

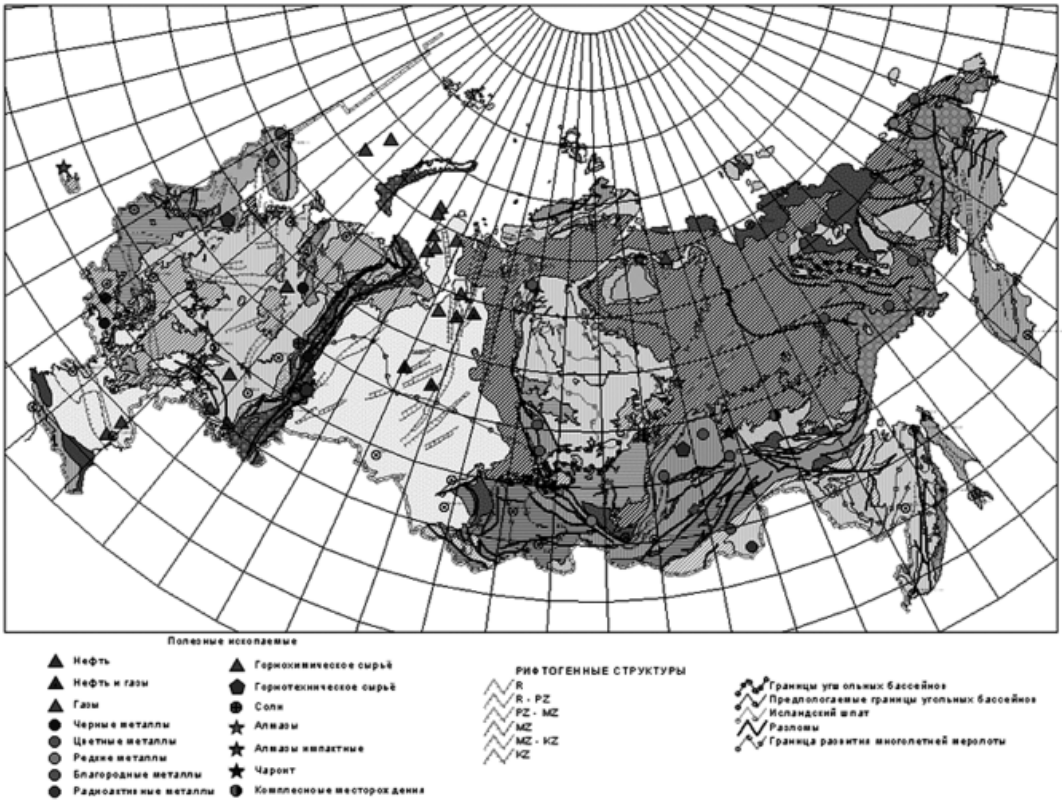


Рис. 2.25. Карта полезных ископаемых России

На рис. 2.25, где изображена карта России, показаны условные обозначения горючих, металлических, неметаллических полезных ископаемых, солей и рассолов, явно свидетельствующие о том, что в горнопромышленном комплексе всех стран Россия занимает одну из ведущих позиций и является одной из крупнейших сырьевых держав мира.

Ежегодно на каждого человека в нашей стране добывается не менее 20 т различного минерального сырья. Производство металлов (металлических концентратов) в России от мирового производства представлено в табл. 2.17.

Таблица 2.17

Производство металлов (металлических концентратов) в России от мирового производства

Минерал (металл)	Процент от мирового производства
Железо	16,9
Бокситы (алюминий)	2,5
Кадмий	2
Хром	2,2
Медь 4,5	4,5
Свинец	3
Марганец	2
Никель	17
Олово	1
Вольфрам	5
Цинк	3
Золото	14
Серебро	5
Молибден	2
Титан	1
Платиноиды	26
Алмазы	25
Редкоземельные металлы (РЗМ)	1
Фосфор (апатит)	5
Калийные соли	16
Бариты	1
Плавиковый шпат	2,1
Каолин	2
Фосфат	5
Тальк	5

Кроме указанных в табл. 2.17 производимых металлов, из недр России в среднем ежегодно извлекается 6% каменного угля, до 10% нефти, 25–30% природного газа от всего объема этих полезных ископаемых. Однако, из этого количества, в конечном счете, используется лишь 1–2%. Остальная же часть идет в отходы. Поэтому вопросы менеджмента в обращении с образующимися и уже накопленными минеральными отходами являются весьма актуальными.

В то же время практически по каждой группе минерального сырья наметились или обострились проблемы МСБ применительно к конкретным горнорудным районам и отдельным базовым предприятиям. Проблема дефицита минерального сырья делает своевременным поиск его дополнительных источников.

На современном этапе данная проблема приобретает особую актуальность. Объясняется это следующими особенностями: запасы основных видов минеральных ресурсов ограничены, а месторождения их неравномерно размещены по территории, выработанные месторождения не восстанавливаются, потребность же в ресурсах непрерывно увеличивается; интенсификация производства в условиях научно-технического прогресса требует дальнейшего расширения минеральной базы, в связи, с чем масштабы освоения новых месторождений резко возрастают; число специализированных производств, использующих ископаемое сырьё, увеличивается, а условия, в которых ведётся их разработка, усложняются; рост масштабов горного производства, его ориентировка на разработку месторождений открытым способом и переход к добыче всё более бедных руд привели к значительному увеличению объёмов отходов, добычи и переработки сырья и обострили проблему рекультивации нарушенных земель; при разработке месторождений открытым способом ещё не полностью обеспечиваются природоохранные мероприятия.

Использование (освоение) техногенных месторождений обусловлено еще и тем, что на некоторых предприятиях (Норильский комбинат, предприятия цветной металлургии Урала и др.) сокращаются запасы высококачественных руд, ухудшаются горно-геологические условия отработки месторождений, сокращается число месторождений с легкообогатимыми рудами, и, как следствие, частично освобождаются мощности на обогатительных фабриках и металлургических заводах. Поэтому вовлечение в переработку складированных отходов 30-60-летней давности с достаточно высоким содержанием полезных компонентов позволит при меньших затратах увеличить производство дефицитных металлов.

При суммарной добыче минеральных ресурсов более чем 6 млрд т, общие потери в недрах составляют 2,5 млрд т. Сведения об объемах горно-промышленных отходов, накопленных в России, неоднозначны: оценки варьируют от 30 млрд т, учтенных по конкретным промышленным объектам Минстройматериалов СССР в 1990 г., до 80 млрд т и более по данным, содержащимся в различных фондовых и опубликованных материалах. В федеральной целевой программе «Экология и природные ресурсы России (2002–2010 годы)» отмечается, что на территории России в отвалах и хранилищах накоплено свыше 85 млрд т только твердых отходов, в том числе 80 млрд т горнопромышленных, из них 1,1 млрд т экологически опасных отходов, количество которых ежегодно увеличивается.

Оценки количества образующихся и накопленных твердых отходов в горнодобывающей промышленности, их доли в общем количестве ПТО в различных источниках не совпадают и колеблются в значительных пределах. По мнению разных авторов, в России ежегодно образуется 2,45–4,76 млрд т отходов добычи и обогащения. Считается, что в этой отрасли образуется и накапливается 85–90 % всех промышленных твердых отходов страны.

В последние пятилетки в СССР ежегодно складировались в отвалах 2 млрд $м^3$ вскрышных пород, 100 млн т шлаковых зол, 140 млн т пыли. По имеющимся данным, сегодня в нашей стране ежегодно поступает в отвалы около 15 млн т шлаков, а используется из них не более 25–30 %.

Суммарная ценность накопленных извлекаемых металлов в горнопромышленных отходах по ориентировочной оценке подчас сопоставима с ценностью потенциальных ресурсов минерального сырья в недрах и более чем в 4 раза превышает ценность идентифицированных ресурсов или известных запасов в недрах, которые пока не используются.

Металлические руды могут быть монометалльными (железные, хромовые, золотые и др.), из которых извлекается в основном один металл, биметалльными, содержащими промышленные концентрации двух металлов (свинцово-цинковые, медно-молибденовые, сурьмяно-ртутные и др.) и полиметалльными, служащими сырьем для получения нескольких металлов (полиметаллические, медно-колчедановые, медно-никелевые). Для руд многих месторождений типично присутствие редких и рассеянных элементов, которые при возможности их извлечения значительно повышают ценность добываемого минерального сырья.

Около 90–95 % общего объема производимых в России металлов приходится на долю черных металлов.

На всех этапах металлургического производства образуется значительное количество твердых отходов. По объемам производства и потребления первые три места занимают железо, алюминий и медь. Особое положение среди всех металлов занимает железо, и по объему производства и потребления, и по его роли в современной человеческой цивилизации. Следует отметить, что используется не чистое железо, а его сплавы с другими элементами, так называемые черные металлы.

По содержанию основного компонента выделяются руды богатые, рядовые и бедные (убогие), но для разных видов полезных ископаемых границы сортов руд весьма различны. Например, для железа богатыми считаются руды с содержанием железа более 60 % (отходы – 40 % и менее), для меди – 3 % (отходы – до 97 %), олова – 1 % (отходы до 99 %), золота – 10 г/т. (отходы – до 99,999 %) (рис. 2.26).

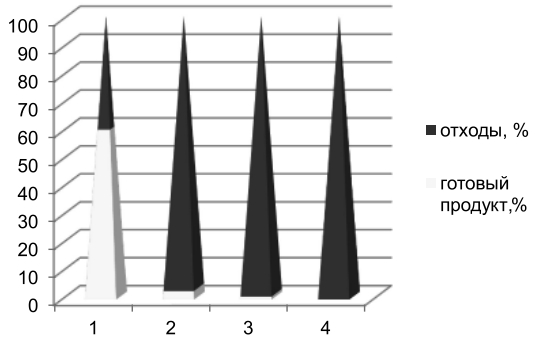


Рис. 2.26. Количественная характеристика отходов:
1 – железная руда; 2 –медная руда; 3 – оловосодержащая руда;
4 – золотосодержащая руда

Использование в металлургии рядовых и бедных руд вследствие недостатка богатых руд приводит к росту используемых сырья и энергии, образующихся твердых отходов, значительному удорожанию продукции. С целью повышения в металлических рудах концентрации полезного элемента их подвергают обогащению, т.е. процессу удаления максимально возможного количества пустой породы.

Производственная деятельность горнопромышленного комплекса оказывает значительное воздействие на окружающую среду: в атмосферу выбрасывается около 50 млн т вредных веществ, в водоёмы сбрасывается более 2 млрд м^3 загрязнённых сточных вод. По различным источникам, на конечные потребительские продукты приходится от 1 до 10 % объема

исходного сырья, остальная часть является отходами производства. Например, на 1 т цветных металлов приходится 150–210 т отходов (согласно http://computerchoppers.ru/).

Накопленные в отвалах и хвостохранилищах массы отходов при средней толщине слоя 20 м занимают площадь более 1300 км^2. Ежегодное увеличение площади отчуждаемых земель составляет не менее 85–90 км^2. Негативное воздействие на окружающую среду проявляется на территории, в 10 раз и более превышающей площадь, занимаемую отходами. Значительная часть отчуждаемых земель находится в промышленно развитых районах, нередко в границах населенных пунктов и крупных городов [46].

В отвалах месторождений полезных ископаемых накоплено около 34 млрд т вскрышных пород, среди которых на черную металлургию приходится 30%, угольную промышленность 23%, цветную металлургию 21%, производство удобрений 15%, строительную промышленность 9% [17].

На территории бывшего СССР особенно выделяется Уральский экономический район с многовековой историей освоения и разработки месторождений черных и цветных металлов. В связи с существенным сокращением прироста запасов цветных металлов в этом регионе большой интерес приобретает возможность вовлечения в переработку техногенных отходов, накопленных на обогатительных фабриках и металлургических заводах.

Урал является одной из крупнейших колчеданоносных рудных провинций мира, старейшим горнопромышленным регионом России, в котором и до настоящего времени наиболее развитым остается горно-металлургический комплекс. Только на Южном Урале находятся свыше сотни месторождений и рудопроявлений, насчитывающих более 1,8 млрд т медных и медно-цинковых руд. В месторождениях Южного и Среднего Урала содержится около 23% запасов меди России. Подавляющее большинство их относится к медно-колчеданному типу и содержат значительные количества цинка. Сегодня на Южном Урале находятся в разной стадии освоения около двух десятков медно-цинково-колчеданных месторождений, которые разрабатываются предприятиями УГМК – Холдинга и ЗАО «Русская медная компания».

В целом на Урале ежегодно образуется около 5 млрд т различных отходов, в том числе 6,5 млн т хвостов обогащения медных и медно-цинковых руд. На действующих обогатительных фабриках Урала в хвостах обогащения теряется более 9% меди и цинка, поступающих в сырье, 30% серы, более 50 железа, от 20 до 50 золота и серебра, 30 селена, 40 теллура, 60 висмута, молибдена, галлия, до 50 германия, 30% кобальта.

К настоящему времени проведены геолого-ревизионные работы на хвостохранилищах Красноуральской, Карабашской, Сибайской, Гайской, Среднеуральской, Бурибаевской и Кировоградской обогатительных фабрик. Результаты этих работ использованы при разработке кадастров техногенных ресурсов промышленности Урала и их экономической оценки. По данным кадастрового учета в хвостохранилищах заскладировано 220 млн т пиритосодержащих хвостов, в которых содержится 514 тыс. т меди, 741 тыс. т цинка, 38,5 млн т серы и другие ценные компоненты (www.newchemistry.ru).

Всего в регионе складировано свыше 110 млн т медных шлаков, содержащих в среднем 0,37 % меди, 2,29 % цинка и 0,98 % серы, а также более 7 т золота и 150 т серебра, 23 тыс. т висмута и 8 тыс. т кадмия. В отработанных и законсервированных хвостохранилищах уральских обогатительных фабрик находится более 46 млн т отходов, содержащих 0,33 % меди, 0,5 % цинка и 28,2 % серы [48].

В техногенных отходах медной подотрасли Урала среднее содержание меди (0,34-0,37 %) в отвалах некондиционных руд, хвостах обогащения и шлаках медных заводов близко к кондиционным (0,35–0,5 %). Учитывая неравномерность распределения меди в техногенных отходах (от 0,08 до 1,88 %), можно считать, что их определенная часть вполне конкурентоспособна по сравнению с коренными рудами. В медных рудах Урала помимо меди содержится еще 15 других ценных компонентов (Zn, Pb, S, Au, Ag, Bi, Cd, Ge, Re, Sn, Se, Te, Ni, In, Sb). Кроме того, в шлаках содержится до 30 % и более железа ($C_{\text{Рекондиц}}$ – 16 %), которое из них не извлекается. Наибольшую ценность в хвостах обогащения уральских руд представляют сера (30–50 % общей стоимости хвостов), драгоценные металлы (25–45 %), медь (10–20 %) и цинк (10–15 %).

Интересен опыт изучения использования техногенных ресурсов в более детальном территориальном разрезе. Рассмотрим этот опыт на примере Свердловской области. В настоящее время на территории области учтено 140 предприятий, создавших 315 техногенно-минеральных объектов различных типов: отвалы вскрышных пород и некондиционных руд – 39 объектов (5,6 млрд т); отвалы отходов обогащения – 28 объектов (1,5 млрд т); шламохранилища – 10 объектов (115,5 млн т); шламоотвальные отходы (доменные, мартеновские и др.) – 7 объектов (30,7 млн т); шлакоотходы металлургического передела (конверторные, сталеплавильные, ваграночные и др.) – 35 объектов (68,2 млн т); склады пылей газоочистки – 41 объект (3,8 млн т); золо- и золошлаковые отходы – 15 объектов (190 млн т); отходы химического производства (фторо- и фосфогипсы, осадки отстойников, активные илы, фторопласты

и др.) – 54 объекта (332,2 млн т); прочие отходы (абразивы, формовочные смеси и др.) – 86 объектов (14,1 млн т). В целом по области насчитывается 212 техногенно-минеральных объектов с объемом отходов более 1000 т, которые принадлежат 88 предприятиям. Еще 103 объекта на 52 предприятиях имеют объемы отходов менее 1000 т.

В настоящее время на Урале работают 10 обогатительных фабрик, которые перерабатывают медные и медно-цинковые руды. При производстве медных, цинковых и пиритных концентратов образуется ежегодно 5–7 млн т хвостов, в которых содержится 0,3–0,4 % цинка, 0,2–0,3 % меди, 20–35 % серы, более 35 % железа. В хвостах теряются 9 % меди и цинка; 30 % серы; более 50 % железа; 20–50 % золота и серебра; 30 % селена; 40 % теллура; 60 % висмута, молибдена, галлия (рис. 2.27) [48].

Рис. 2.27. Отходы хвостового хозяйства

Специалистами института «Унипромедь» выполнены исследования по переработке лежалых хвостов Красноуральской, Карабашской, Сибайской обогатительных фабрик. Ими установлена технологическая возможность флотационной переработки отдельных хвостов, содержащих более 15 % серы с получением кондиционного серного колчедана. Технологическая возможность получения медного и цинкового концентратов выявлена для хвостов, обогащенных медью и цинком.

На Кировоградской и Пышминской обогатительных фабриках лежалые хвосты используют для закладки горных выработок, отсыпки дамб и производства строительного кирпича. Для хвостов Среднеуральской обогатительной фабрики проведены полупромышленные испытания, разработаны схемы и режим обогащения хвостов. Отвальные хвосты этой фабрики содержат 0,27 % меди, 0,34 % цинка, 27,5 % серы, а также железо, свинец, селен, теллур, олово, золото, серебро, барий и другие

элементы. Извлечение полезных компонентов следующее, %: медь 97,0, цинк 96,9, сера 97, золото 92,7, серебро 83,7. Проведенные исследования показывают, что в заскладированных хвостах обогащения Гайского ГОКа содержание меди и цинка составляют 0,5 и 0,4 %, соответственно (https://plus.google.com /112255710220362262680/).

В отвалах месторождений полезных ископаемых накоплено около 34 млрд т вскрышных пород, среди которых на черную металлургию приходится 30 %, угольную промышленность 23 %, цветную металлургию 21 %, производство удобрений 15 %, строительную промышленность 9 и 2 % прочие отрасли (рис. 2.28) [47].

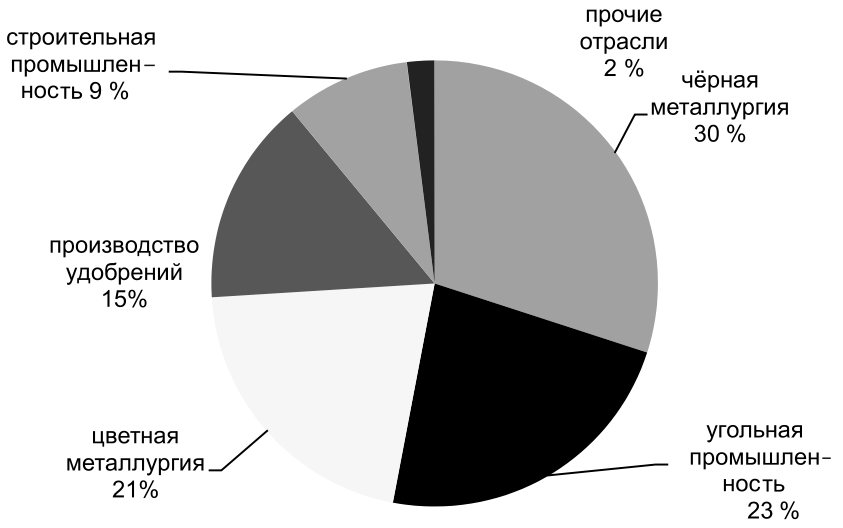


Рис. 2.28. Вскрышные породы

Ведомственная разобщенность горных предприятий по отраслям (урановой, золотодобывающей, стройматериалов и т.д.), препятствующая комплексному использованию полезных компонентов. В результате, например, в отвалы металлургического производства поступают и другие виды отходов. Так, в медной подотрасли накоплено (но не используется) более 4 млн т огарков химических производств; в свинцово-цинковой – свыше 50 тыс. т шлака сурьмянистого, а также 70 тыс. т свинцового и цинкового кеков и до 4 млн т клинкера отвального. В никель-кобальтовой подотрасли в хвострхранилища поступает более 30 млн т в год хвостов обогащения, а также валуны и хвосты гидрометаллургической

переработки. В алюминиевой подотрасли накоплено более 160 млн т белитовых и бокситовых шламов, а также фосфогипса.

Объемы металлических компонентов в горнопромышленных отходах сопоставимы с запасами крупных месторождений Около 5 тыс. т россыпного золота содержат отвальные комплексы золотоносных приисков. Металлические полезные компоненты имеются и в отходах черной металлургии, теплоэнергетики, угольной промышленности и даже в отходах производства строительных материалов (например, золото в глинистой части отходов обогащения песков) (по данным www.newchemistry.ru).

Алюминиевая отрасль Восточно-Сибирского региона представлена крупнейшим в России Братским алюминиевым заводом («РУСАЛ Братский алюминиевый завод»). На ОАО «РУСАЛ Братск» в результате производственной деятельности образуется 61 вид отхода в объёме 172166,59 т/год в том числе: 1 класса опасности – 2 вида, объём образования 6,32 т/год (0,003 % от общего объёма); 2 класса опасности – 1 вид, объём образования 24,07 т/год (0,02 % от общего объёма); 3 класса опасности – 7 видов, объём образования 34562,65 т/год (20,07 % от общего объёма); 4 класса опасности – 34 вида, объём образования 107134,91 т/год (62,23 % от общего объёма); 5 класса опасности – 17 видов, объём образования 30438,64 т/год (17,68 % от общего объёма) (согласно Постановлению Правительства РФ № 370).

Минерально-сырьевые ресурсы Забайкальского края как объекты текущих и потенциальных отходов горного производства

Забайкалье – старейший горнорудный район России. Его минерально-сырьевые ресурсы представляют собой основу социально-экономического развития не только Восточной Сибири, но могут обеспечить потребности России в целом. Здесь сосредоточен почти полный набор месторождений полезных ископаемых, в том числе крупных и уникальных (Удокан, Катугино, Стрельцовка, Чиней, Бугдая, Балей, Жирекен, Дарасун, Гарсонуй, Шивертуй и др.). В его пределах сконцентрировано общероссийских запасов (%): лития – 80, плавикового шпата – около 38, молибдена – 27, меди – 21, тантала – 18, ниобия – 16, свинца – 9, золота – 7, титана – 18, цинка – 2,8, вольфрама – 4,6, угля – 1,6, цеолитов – 75.

Основные месторождения полезных ископаемых Забайкальского края представлены на рис. 2.29.

Кроме того, Государственным балансом учтены значительные запасы урана, железа, ванадия, серебра, висмута, мышьяка, германия, криолита, редких земель, циркония, апатитов, ювелирных и ювелирно-поделочных камней, известняков, магнезитов, строительных материалов. Имеются

перспективы создания сырьевой базы хрома, марганца, платиноидов, сурьмы, графита, талька, алмазов, газа, а также значительного прироста запасов практически всех вышеперечисленных полезных ископаемых.

Количество действующих лицензий на право пользования недрами по состоянию на 01 января 2015 года составляет 907 (в 2013 г. – 894), в том числе на обогащение полезных ископаемых – 97, на геологическое изучение, разведку и добычу полезных ископаемых – 439, из них минеральные и пресные подземные воды 169, на добычу твердых полезных ископаемых – 201, на геологическое изучение и добычу на условиях предпринимательского риска – 52, на геологическое изучение недр – 17.

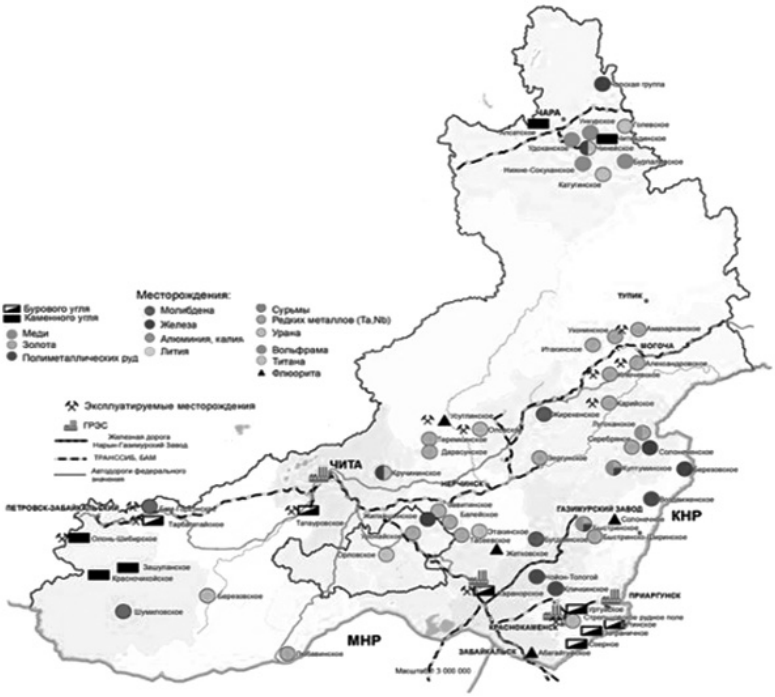


Рис. 2.29. Схема размещения основных месторождений полезных ископаемых Забайкальского края

Благородные металлы. Золото. В крае открыто и в разной степени изучено более 1000 месторождений и проявлений коренного и россыпного золота. Преобладающая часть относительно крупных промышленных

объектов сосредоточена в Балейско-Дарасунской золоторудной зоне. Месторождения относятся к золотокварцевой (Воскресенское, Шундуинское, Казаковское, Любавинского, Апрелковско-Пешковского рудных узлов и др.); золотосульфидно-кварцевой (Средне-Голготайское, Теремкинское, Итакинское, Алиинское, Карийское поле и др.); золотокварцево-сульфидной (Дарасунское, Ключевское, Уконикское, Ново-Широкинское); малоглубинной золотосеребряной (Балейское рудное поле) формациям. К последней принадлежит около 4% общего числа месторождений, в которых сосредоточено до 20% промышленных запасов золота. Балейское и Тасеевское месторождения относятся к уникальным как по содержанию (до 346 кг/т), так и по запасам золота. Крупные промышленные запасы рудного золота сосредоточены кроме этого в Дарасунском, Итакинском, Ново-Широкинском, Ключевском, Талатуйском, Карийском и некоторых других месторождениях.

Прогнозные ресурсы во много раз превышают разведанные запасы и достигают нескольких сотен миллионов тонн руды с промышленными содержаниями металла. При этом более половины их приходится на Дарасунский, Могочинский, Балейский и Будюмкано-Култуминский рудные районы. Кроме собственно золоторудных, источниками золота могут быть месторождения медистых песчаников (Сюльбанская группа, Бурпалиснкое, Право-Ингамакитское и др.) и медно-никелевые залежи (Чинейское), а также других типов, в частности медно-скарново-порфировые, на которых запасы и ресурсы золота превышают таковые на собственно золотых месторождениях.

Перспективы создания сырьевой базы коренного золота в зоне БАМ связываются с Таллаи-Бахтарнакским рудным узлом, где известно большое число слабо изученных объектов со значительными прогнозными ресурсами (Бахтарнак, Дикий и др.).

Россыпные месторождения сосредоточены в пределах Чикойского, Южно-Даурского, Балейского и других рудных районов. Запасы золота в россыпях варьируют от нескольких десятков килограммов до десятков тонн. В настоящее время перемываются в основном ранее разрабатывающиеся россыпные месторождения (Шахтаминское, Казаковское, Ундинское, Урюмское и др.). Промышленные запасы россыпного золота в традиционных районах добычи позволят вести её при существующей производительности ещё 10–15 лет.

В результате поисковых работ обоснована россыпная золотоносность и северных рудных районов области – Чарского, Муйского, Каларского, Калаканского и Верхне-Олекминского. Прогнозные ресурсы золота в этих районах обеспечивают возможность добычи драгоценного

металла в течение 20 лет. Прирост запасов россыпного золота предполагается также за счет поисков древних погребенных россыпей.

Серебро широко распространено в Забайкалье и присутствует в концентратах, извлекаемых попутно из руд месторождений золота, свинца и цинка, меди, молибдена, олова и вольфрама. В государственном балансе запасов серебро учтено на 23 месторождениях (Удоканское, Быстринское, Ново-Широкинское, Балейское, Тасеевское и др.).

Черные металлы. На территории края подготовлена к освоению крупная сырьевая база черных металлов, представленная различными геолого-промышленными типами месторождений железа, титана, ванадия, хрома и марганца.

Железо. На юге края – это Березовское месторождение лимонит-сидеритовых руд с разведанными запасами 438 млн т и содержанием железа от 36,6 до 50,6 %. Проектная производительность – 10 млн т руды в год при коэффициенте вскрыши 0,37 $м^3$/т.

В 70 км от Читы расположено Кручининское апатит-титаномагнетитовое месторождение, разведанные запасы руд которого составляют 617 млн т при содержании железа 22,5 %, фосфора – 3,66 %, пятиокиси ванадия – 0,09 %. При производительности карьера 10 млн в год возможно получение 1,6 млн т титаномагнетитового, 0,7 млн т ильменитового и 0,5 млн т апатитового концентрата.

Весьма перспективен в качестве сырьевой базы черной металлургии Забайкальский участок зоны БАМа – Чарская группа месторождений железистых кварцитов и Чинейское месторождение железо-титан-ванадиевых руд. Запасы месторождений Чарской группы (Южно-Сулуматское, Нижне-Сакуканское, Сакуканырское) по категориям $C_1 + C_2$ – 660 млн т руды для открытой разработки и 475 млн т для штольневой, прогнозные ресурсы – 1165 млн т. Содержание железа магнетитового по месторождениям от 26,4 до 31,9 %.

Наиболее перспективным является Чинейское месторождение, где на участке Магнитный Госбалансом учтены запасы около 1 млрд т руды в контуре карьера, прогнозные ресурсы – 30 млрд т руды. Месторождение является крупнейшим в мире по запасам ванадия (более 50 млн т) и уникальным по его содержанию в руде.

Олово. До середины XX века край был одним из основных поставщиков олова, добываемого из руд месторождений кварц-касситеритовой (Ононское, Баджираевское, Будюмканское и др.) и силикатно-сульфидно-касситеритовой (Хапчерангинское, Шерловогорское и др.) формаций, а также многочисленных россыпей. Возобновление добычи на Шерловогорском месторождении экономически нецелесообразно из-за низких содержаний

(0,1–0,2 % Sn), необходимы объекты с более богатыми рудами. К перспективным можно отнести оловоредкометальные месторождения скарнового типа (Богдатское, Орочинское, Аркиинское), а также олово-серебряное Безымянное. Прогнозные ресурсы последнего оцениваются в десятки тысяч тонн олова, а общие прогнозные ресурсы юга края – в сотни тысяч тонн.

Уран. На территории Забайкальского края находится значительная часть крупнейшей в мире Забайкальской ураноносной провинции. Здесь выделены 6 ураново-рудных районов (Южно-Даурский, Оловский, Урулюнгинский, Хилокский, Мензинский и Чикойский), в самом крупном из которых (Урулюнгуйском) сосредоточены уникальные урановые месторождения Стрельцовского рудного поля – сырьевая база единственного поставщика природного урана в России ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение».

Расположение районов перспективного развития горнопромышленного комплекса в Забайкальском крае представлено на рис. 2.30.

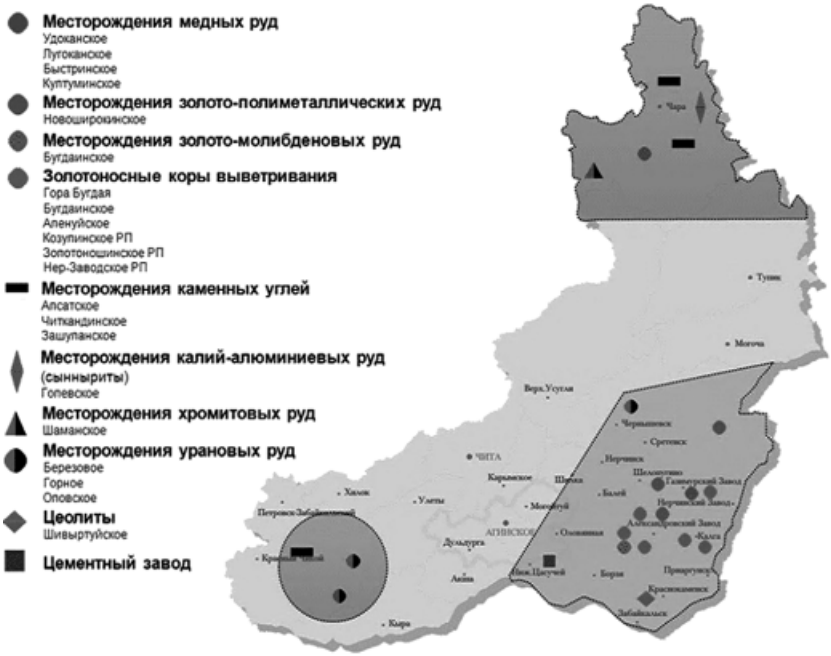


Рис. 2.30. Расположение районов перспективного развития горнопромышленного комплекса в Забайкальском крае

Поэтому богатые минерально-сырьевые ресурсы Забайкальского края, не только текущей добычи и переработки, но и перспективные, следует рассматривать как объекты существующих и потенциальных отходов горного производства, которые должны учитываться в Концепции обращения с отходами производства в Забайкальском крае.

За время более чем полутора вековой промышленной добычи золота на территории России, а особенно за последние 60 лет интенсивной отработки, сформировалось большое количество техногенных объектов (отвалы, хвостохранилища). В общей структуре ресурсов и запасов золота России их доля составляет около 7–12 %.

В настоящее время возрастает значение вторичной металлургии платино-, золото-, и серебросодержащих отходов, в большинстве из которых относительное содержание благородных металлов выше, чем в рудах, из которых извлекаются первичные платина, золото и серебро. Экологическая и экономическая эффективность переработки таких отходов значительно выше, чем руд, содержащих драгоценные металлы. Но даже переработка отходов с низким содержанием благородных металлов все же рентабельна, вследствие высокой стоимости извлекаемых платины, золота и серебра.

Существующие оценки суммарных запасов металлов в хвостах обогащения и шлаках ряда предприятий России, по-видимому, несколько занижены, так как подсчитаны по балансовым данным последних лет работы предприятий. В первые годы эксплуатации многих месторождений извлечение полезных компонентов из руд было значительно ниже достигнутого в настоящее время, а руды были богаче, и в хвостохранилища уходили отходы, содержащие до 1 % и более меди, от 1,0 до 1,5 % цинка, более 1 г/т золота. Комплексность использования руд не превышала 40 %.

Необходимо учитывать, что техногенные объекты это, прежде всего, отходы производства, которое зачастую сопряжено с технологиями повышенной экологической опасности – амальгамацией, цианированием и др. В силу специфики золотодобывающей отрасли России проблема потерь ртути в процессе переработки руд и песков, и дальнейшее загрязнение окружающей среды является наиболее актуальной.

Систематизированный учет органами государственного контроля таких объектов не проводился, поэтому выявить какие-либо закономерности в месторасположении и их концентрации в каком-либо отдельном регионе не представляется возможным. Тем не менее, данная проблема актуальна для всех без исключения районов, где велась интенсивная золотодобыча в период с 20-х до 90-х гг (Урал, Западная и Восточная Сибирь, Приамурье, Забайкалье).

Масштаб и уровень загрязнения ртутью, содержания золота и значимость техногенных объектов для ЗД отрасли России различны. Среди наиболее крупных объектов можно отметить хвостохранилище Балейской ЗИФ в Забайкальском крае (количество золота в лежалых хвостах достигает 37 т при содержании 0,9 г/т), хвосты ЗИФ Рудника им. Матросова в Магаданской обл. (объем золота 4,9 т, среднее содержание золота 1,66 г/т). На территории Западной Сибири накопилось колоссальное количество эфелей, например, в зонах действия обогатительных фабрик золоторудных месторождений Хакасии (Берикульское, Саралинское, Центральное, Коммунаровское) содержится около 30 млн лежалых хвостов обогащения.

Основными источниками золотосодержащих отходов и лома являются цветная металлургия, электротехническая и электронная отрасли промышленности. Для примера, в 1 т лома отечественных телевизоров и другой радиоэлектронной аппаратуры содержится около 30 г золота и более 300 г серебра. Для сравнения, в 1 т западного компьютерного лома содержится более 700 г золота. Основными источниками серебросодержащих отходов и лома являются электротехническая, электронная и химическая отрасли промышленности, зеркальное, часовое и ювелирное производства, фото- и кинопромышленность, полиграфическая промышленность, лечебные учреждения.

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

Более половины золота в России добывается из россыпей. При этом основным извлекающим аппаратом остается гидрошлюз. Улавливание золота в шлюзах широко распространено из-за простоты их обслуживания и достаточно высокой производительности. В то же время известно, что частицы золота крупности менее 0,15 мм шлюзами не улавливаются вообще, поэтому увеличение объемов промывки приводит лишь к увеличению потерь металла за счет мелких классов.

В результате создаются новые техногенные месторождения с промышленным содержанием золота, представленного в основном мелкими, трудноизвлекаемыми классами. Повторная их отработка ведется снова по той же технологии, но, даже если применять самые совершенные гравитационные аппараты – сепараторы Нельсона, Фальконе,

шламовые концентрационные столы и т.п., проблема не решается. Эти аппараты при небольшой производительности теоретически способны извлекать только частицы крупностью более 0,03 мм, а практически значительно выше.

Если при первичной переработке песков извлекается более половины исходного количества золота, то при повторной переработке извлекается не более 20 %, а при третьей – не более 5 % от исходного. В отвалах и шламохранилищах снова и снова формируются новые техногенные месторождения, имея легкую доступность для повторного извлечения золота, но уже практически убыточную переработку.

Забайкалье – старейший горный регион России, где в 1721 г. получено первое отечественное золото из «сырого» серебра Нерчинского рудника. До настоящего времени золото является профилирующим металлом, и среди золотоносных регионов России Забайкалье занимает пятое место. Содержание ценных компонентов в отходах, в ряде случаев превышает их содержание в природных месторождениях.

В Забайкалье открыто и в различной степени изучено более 1000 месторождений и рудопроявлений коренного и россыпного золота. Причем доля коренного золота составляет около 90 %. Минерально-сырьевая база рудной золотодобычи Забайкалья представлена 41 месторождением, из которых 22 собственно золоторудных и 19 комплексных. Золотосодержащие руды собственно золоторудных месторождений для подземной добычи характеризуются средними содержаниями 6,5...20,6 г/т, для открытой отработки 1,0...4,7 г/т золота. Основные балансовые запасы рудного золота сосредоточены в Дарасунском, Тасеевском, Ключевском и некоторых других месторождениях. Золотосодержащие руды комплексных месторождений (полиметаллических, медных, молибденовых) также содержат золото. Золото является основным попутным компонентом и содержится в количестве 0,1...3,7 г/т. Типичным представителем комплексных полиметаллических месторождений является Новоширокинское месторождение со средним содержанием золота в рудах 3,7 г/т [49].

Деятельность горнорудной промышленности Забайкалья привела к огромным скоплениям отходов добычи и переработки сырья. Здесь имеются техногенные скопления, образованные более двух веков назад (сереброплавильные шлаки Екатериненских заводов). Технологическое несовершенство схем обогащения и извлечения золота из золотосодержащего сырья приводит к тому, что в отходах продолжает накапливаться золото. Достаточное количество золота можно извлечь из вскрышных пород, забалансовых руд. Объёмы образования отходов на душу населения Забайкальского края весьма значительны и составляют около 4,5 т

на одного человека в год, что обусловлено образованием и накоплением многотоннажных отходов.

В ряде случаев предприятия, деятельность которых послужила накоплению отходов, ликвидированы, а содержание полезных компонентов в отходах этих предприятий выше, чем в недрах отрабатываемых ныне месторождений. На основании опубликованных официальных материалов, подсчитаны потенциальные запасы золота в отходах горноперерабатывающего кластера, находящегося на территории Забайкалья, по 10 объектам учёта (β_{Au} = 0,2...6,2 г/т, $\beta_{Au}^{сред}$ = 0,63…1,5 г/т), которые составили 174,8 т. Как правило, техногенные образования располагаются в уже экономически освоенных районах с хорошо развитыми социальной и производственной инфраструктурами, обслуживающими и вспомогательными производствами. Все это позволяет рассматривать проблему техногенных скоплений горнорудного производства не только как сырьевую, но и как экономическую, экологическую и социальную.

Кроме техногенных скоплений, полученных при обогащении коренных руд, большое количество благородных металлов сосредоточено в гале-эфельных отвалах, хвостах ШОУ, образованных в старательских артелях при отработке россыпных месторождений, для которых характерно тонкое и чешуйчатое золото, золото в «рубашке», а также его ультрадисперсные включения в оксиды железа и сульфидные шлиховые минералы [52].

Распределение скоплений техногенного сырья горных предприятий Забайкалья показаны на рис. 2.31–2.34.

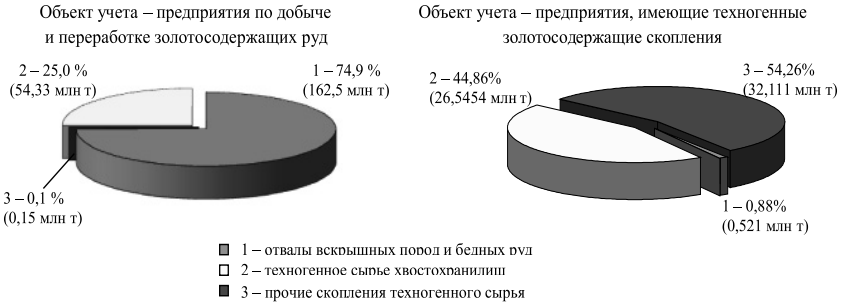


Рис. 2.31. Распределение скоплений техногенного сырья предприятий золотодобычи Забайкалья

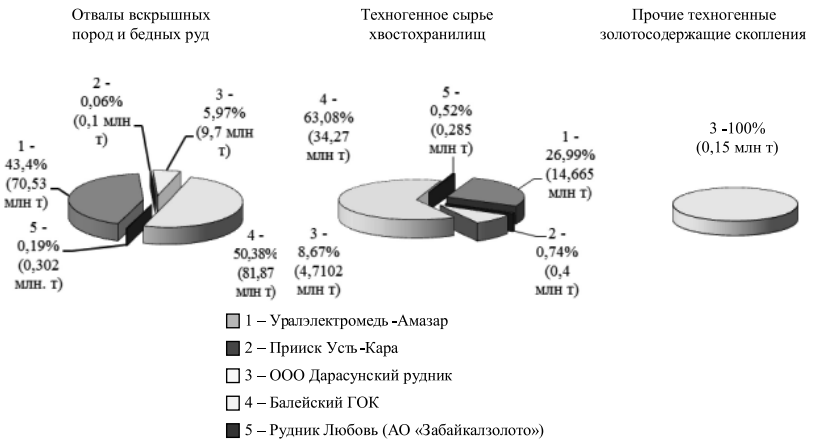


Рис. 2.32. Распределение скоплений техногенного сырья предприятий по добыче и переработке золотосодержащих руд по объектам учета

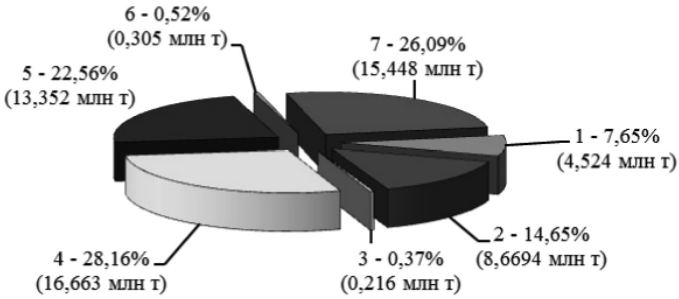
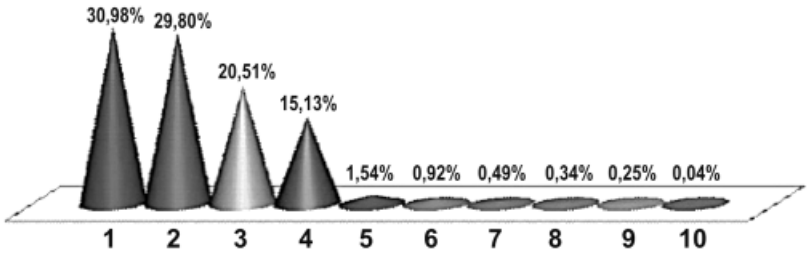


Рис. 2.33. Распределение техногенных золотосодержащих скоплений предприятий, перерабатывающих различные типы руд



1 - Приаргунское производственное горно-химическое объединение	- 54,2
2 - Балейский ГОК	- 54,0
3 - Уралэлектромедь-Амазар	- 35,9
4 - ООО “Дарасунский рудник”	- 26,4
5 - Шахтаминская и Давендинская обогатительная фабрика	- 2,7
6 - Нерчинский ПМК	- 1,6
7 - Рудник “Любовь”	- 0,9
8 - Месторождения Нерчинско-Заводской группы	- 0,6
9 - Прииск “Усть-Кара”	- 0,4
10 - Сереброплавильные Екатерининские заводы	- 0,1
Итого потенциальные запасы золота:	147,8 т

Рис. 2.34. Потенциальные запасы золота
в скоплениях техногенного сырья по объектам учета

Отходы горной промышленности Забайкалья представлены в табл. 2.18.

Таблица 2.18

Отходы горной промышленности Забайкалья

Виды отходов	Объёмы отходов, тыс. т (% к общим по краю)	Содержащие экологически опасные элементы (средний – очень высокий уровень опасности), тыс. т (% к объёму данного вида отходов)
Вскрышные породы	2481120/86,4	–
Бедные и некондиционные (забалансовые) руды	182443/6,3	179705/98,5
Хвосты обогащения руд	133945/4,7	96060/717
Продукты химического процесса переработки руд (амальгамация, цианирование, гидрометаллургия и прочее)	64483/2,2	64483/100

Виды отходов	Объёмы отходов, тыс. т (% к общим по краю)	Содержащие экологически опасные элементы (средний – очень высокий уровень опасности), тыс. т (% к объёму данного вида отходов)
Продукты металлургического процесса (шлаки)	2300/0,1	300/13,1
Продукты сжигания углей (золы и шлаки)	7430/0,3	–
Всего по краю	287121/100	340548/11,8

Виды и величина отходов, имеющихся в Забайкальском крае, определяются приоритетным развитием горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности. Так, например, на территории Забайкальского края в 2014 г. образовалось 148,579 млн т отходов, что на 30,482 млн т больше по сравнению с 2013 г. Основная масса отходов 4 и 5 классов опасности приходится на предприятия, добывающие полезные ископаемые.

Глава III. АНАЛИЗ СОСТАВА И СВОЙСТВА ОТХОДОВ

3.1. Аналитические и технологические исследования отходов предприятий цветной металлургии

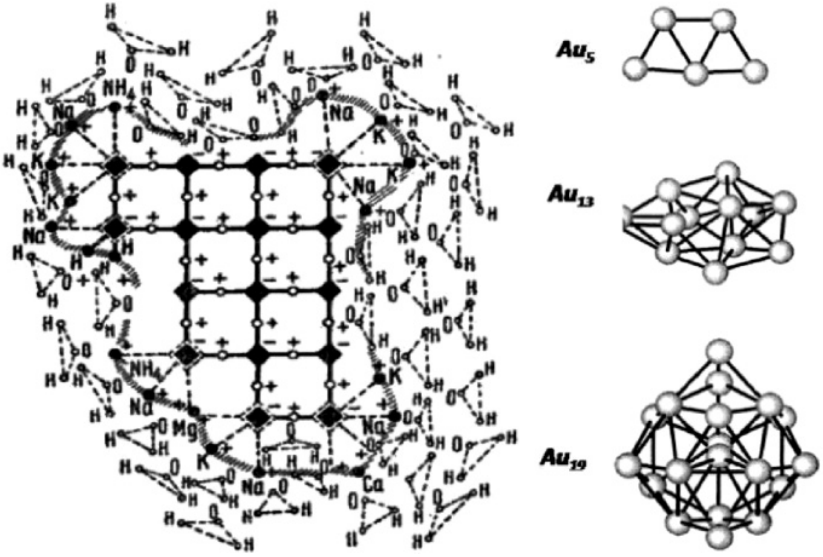
Для выбора оптимальной технологической схемы переработки отходов металлургических предприятий необходим полный анализ элементного и фазового состава.

Оценка техногенных ресурсов

Золото в техногенном сырье находится в виде тонкодисперсных, ультрадисперсных и микронных частиц, а также в виде наночастиц. Применительно к размерным эффектам в химии наноматериалов сформулированы два понятия: наночастица и нанореактор; первое из них характеризует размерный параметр, а второе определяет функцию наночастицы. Из нанообъектов следует выделить кластеры – образования, содержащие до сотен тысяч атомов. Кластеры металлов занимают промежуточное положение между атомами и массивным металлом и представляют его особое состояние с измененными физико-химическими параметрами. На рис. 3.1, а схематически изображена ультрадисперсная частица в окружении дисперсной среды, в данном случае воды, содержащей ионы Na^+, K^+, Cl^-, SO_4^{2-} и др. Термин «кластер» происходит от английского «cluster» – скопление, концентрация. Примеры таких соединений представлены на рис. 3.1, б. Кластеры могут быть атомными, ионными и молекулярными. В ионных и молекулярных кластерах металлический остов стабилизирован лигандами L.

Кластерные соединения металлов (Me) с общей формулой Me_mL_n подразделяют на малые ($m/n < 1$), средние ($m/n \sim 1$), большие ($m/n > 1$) и гигантские ($m > n$). Малые кластеры обычно содержат до 12 атомов металла, средние и большие – до 150, а гигантские – свыше 150, при этом их диаметр достигает 2–10 нм. Провести четкую границу между кластерным и металлическим состояниями трудно. Необходимо подчеркнуть, что кластеры являются образованиями на основе атомов, молекул или ионов, в то время как коллоиды представляют конденсированное состояние вещества. Металлические кластеры обладают электронной «шубой», которая экранирует их от внешних воздействий и, следовательно, определяет устойчивость при переработке. В гидрометаллургическом смысле использование свойств кластеров может позволить разделять

металлы с очень высоким (возможно, 100%-ным) выходом на атомно-молекулярном уровне. Вместе с тем, делокализованные электроны определяют свойства металлических кластеров как квантовых систем.



а б

Рис. 3.1. Схема и структура частиц золота нанодиапазона:
а – схема строения дисперсной фазы в водной среде, содержащей электролиты;
б – структуры кластеров

Минералы, являющиеся носителями ультрадисперсного золота, должны обладать плотной механической структурой, абсолютно не проницаемой для цианистых растворов. Именно совокупность двух факторов: плотность структуры минеральных зерен и дисперсность заключенного в них золота, и обуславливают, главным образом, технологическую упорность минеральных отходов в гидрометаллургическом процессе.

Для реализации концепции малоотходных и безотходных технологий, изучение отходов должно проводиться на всех стадиях геологоразведочных работ и в процессе разработки месторождений независимо от наличия или отсутствия потребности в них, определены количество отходов и возможные сферы их использования. Определяются возможности использования отходов добычи, обогащения как самостоятельного продукта или как компонента шихты для производства продукции,

сырьевая база которой в данном районе ограничена. Кроме того, данные требования предусматривают, что дальнейшее изучение отходов проводится только в случае, если получаемое количество отходов значительно превышает максимальную имеющуюся или ожидаемую потребность в сырье для производства продукции более ответственного назначения.

Группируют техногенные месторождения (ТМ) по сложности их разведки на основе следующих важнейших факторов:

1. Геологические: генетический тип месторождений (источник сырья); минералогическая характеристика основных и попутных компонентов; литологический и петрографический составы пород (вмещающих и др.) исходного месторождения; степень воздействия процессов физического и химического выветривания, окисления и миграции полезных компонентов.

2. Техногенные: условия формирования техногенных залежей (технология формирования); размеры и форма ТМ; пространственная изменчивость качественных свойств ТМ и ее анизотропия; гранулометрический состав; гравитационная дифференциация пульпы на хвосто- и шлакохранилищах; время возникновения и сроки существования ТМ.

3. Горно-технические и технологические: физико-механические характеристики пород исходного геогенного месторождения (прочностные, магнитные, электрические и др.); наличие на хвостохранилище плывунных зон; гидрогеологические условия; измельченность вторичного минерального сырья; степень обогатимости техногенного минерального сырья и извлечения полезных компонентов в конечный продукт; предлагаемые возможные способы отработки.

4. Экономические и экологические: кондиционность техногенного минерального сырья (по содержанию полезных и вредных компонентов по ГОСТам и техническим условиям); цена на товарные продукты из техногенного минерального сырья; сроки вовлечения запасов ТМ в промышленное использование; предотвращаемый ущерб от загрязнения природной среды.

В целом оценка техногенных ресурсов, в т.ч. и месторождений включает следующие виды работ: анализ обеспеченности хозяйства страны данным металлом; выявление районов с благоприятной инфраструктурой для освоения ТМ; прогнозная оценка; ревизионно-оценочные и геологоразведочные работы; составление ТЭО освоения месторождения.

Все виды отходов должны быть охарактеризованы, в первую очередь, в двух аспектах – на содержание в них полезных компонентов и как материал для использования в строительстве и т.п. Детальное изучение проводится только при наличии потребностей подтвержденных соответствующими заявками.

Согласно нормативным документам, обязательному изучению на эксплуатируемых месторождениях подлежат хвосты, шлаки обогащения и отходы механической переработки сырья (дробления, рассева и др.). Отходы других способов переработки полезных ископаемых (термического, гидрометаллургического и т.п.) – шлаки, золы и другие изучаются только по специальным заявкам.

Особенности оценки ТМ. В горнодобывающей промышленности имеется немало предприятий, которые начали добычу и переработку 50 лет назад и более, когда перерабатывались богатые руды, поэтому в отвалы поступали отходы с более высоким содержанием полезных компонентов, чем в балансовых рудах месторождений, разрабатываемых в настоящее время.

Отсутствие комплексной переработки сырья на многих ГОКах и технологическая отсталость схем обогащения и извлечения полезных компонентов приводят к тому, что в отходах продолжают накапливаться цветные, благородные, редкоземельные металлы и рассеянные элементы. Необходимо отметить, что важная особенность ТМ – возможность управлять процессом их формирования. В отличие от геогенных месторождений минерального сырья форма, мощность и объем техногенных залежей могут быть определены без создания разведочных пересечений на основе использования плана изогипс основания и маркшейдерской съемки поверхностей хвостохранилищ и отходов отвалов. Главная задача при изучении отходов – определение их состава (химического, гранулометрического, минерального и др.), а также исследования обогатимости отходов, их физико-механических свойств и определение зон концентраций полезных компонентов, влияющих на технологические свойства. Поэтому разведку (технологическую оценку) твердых отходов горного производства можно разделить на несколько стадий.

1. Прогнозная оценка, осуществляемая на основе информации, имеющейся на руднике, фабрике, ГОКе и т.п., которая указывает на принципиальную пригодность ТМО (техногенно-минеральный объект).

2. Как объекта эксплуатации, но позволяющего приступить к проектированию и эксплуатации. Предварительные разведочные работы, проводимые в небольшом объеме по разреженной сети выработок (скважин) и позволяющие выяснить качественный состав отходов, их технологические свойства, а также провести предварительное разделение на типы и сорта (по технологической переработке).

3. Постановка более детальных работ на перспективных участках, задача которых выявить пространственное распределение отходов по качеству для организации селективной отработки.

4. В процессе геолого-маркшейдерских работ организуется товарное опробование материала, отправляемого на переработку, оцениваются показатели потерь, разубоживания и пересортицы, учитываются движения запасов отходов различных типов и сортов.

Обоснование параметров разведочной сети. Применяемая разведочная сеть должна быть достаточной для подсчета запасов категорий C_1 и C_2. В общем плане плотность разведочной сети определяется, исходя из масштабов месторождений соответствующих групп, и регламентируется инструкцией для россыпных месторождений. Однако при предварительной разведке оптимальные размеры разведочной сети могут определяться по средним содержаниям и запасам металла по площади влияния выработки (скважины), которая может быть вычислена по формуле

$$a_i = \sqrt{Q_i / m},$$

где a_i – размер ячейки разведочной сети, характеризующей зону влияния скважины, объемом Q_i, равным определенной (сменной, суточной, месячной и т.д.) производительности фабрики; m – средняя мощность хвостов.

Если при квадратной сети известны m и размер ячейки a_i, то можно найти линейные эквиваленты объемов L_i, характеризующие зоны влияния скважин. По Ж. Матерону, для прямоугольных параллелепипедов

$$L_i = 2a_i + \frac{m}{2},$$

где $a_i > m$. Число разведочных сечений

$$N_i = S / a_i^2,$$

где S – площадь хвостохранилища (в м^2).

Технологическое опробование. Проводится для уточнения или определения технологических типов или сортов металлосодержащего сырья, обосновывается их выделение и производится их геометризация. Технологическое изучение ТМ, как и геогенных – составная часть геологоразведочных работ и базируется на представительном технологическом опробовании. Являясь наиболее важной задачей, решаемой при разведке, технологическое опробование определяет наиболее рациональный способ переработки различных видов техногенного сырья. В результате испытаний проб устанавливаются: геометризация качественных свойств на планах и разрезах; технологические сорта и возможность их селективной выемки для раздельной переработки; целесообразность применения гидрометаллургических способов. Число мест отбора технологических

проб в значительной степени зависит от коэффициента вариации содержаний полезных компонентов.

Завершается технологическое изучение отбором и анализом полупромышленных и технологических проб. При их отборе учитываются данные технологического картирования, схемы будущей отработки и наиболее целесообразное сочетание технологических типов и сортов сырья. По результатам технологического опробования получают исходные данные для технико-экономического обоснования возможности и целесообразности комплексного высокоэффективного использования обогатительных фабрик. Масса малых технологических проб, отбираемых из остатков сокращения рядовых проб, обычно составляет 20–50 кг, лабораторных проб от 0,5 до 3 т, иногда более. Объем полупромышленных проб колеблется в широких пределах – от нескольких т до нескольких тыс. т, зависит главным образом от производительности используемого оборудования и определяется проектом.

Геолого-экономическая оценка. При оценке кондиционности техногенных запасов с точки зрения извлечения из них полезных компонентов можно выделить запасы, которые: целесообразно перерабатывать в настоящее время; можно будет перерабатывать в ближайшие 10 лет; будут пригодны для переработки в ближайшие 20 лет; подлежат сохранению и непригодны для доизвлечения полезных компонентов. Последние должны быть оценены как возможное сырье для стройиндустрии или как промпродукт.

Отобранные пробы предназначены для изучения вещественного состава техногенных отходов. Под вещественным составом минерального сырья понимают его элементный, фазовый (минеральный, химический) и гранулометрический состав. Вещественный состав, текстурно-структурные особенности и свойства минерального сырья определяют технологию его переработки, т.к. дают информацию о его структуре, текстуре, элементном, фазовом (минеральном, химическом), гранулометрическом составе, физических, физико-механических, физико-химических и других свойствах всех ценных и сопутствующих минералов и совокупности этих минералов, с учетом их взаимного влияния, характера распределения и прорастания.

Технологическая оценка отходов

Для проведения технологических исследований отходов на техногенном месторождении отбирают технологическую пробу.

Технологическими называются пробы, предназначенные для проведения исследований обогатимости полезного ископаемого или, иначе

говоря, для проведения технологического опробования (технологической оценки) минеральных отходов.

Пробы техногенного сырья для гранулометрического анализа отбирают с целью изучения количественного распределения отвалов и содержащихся в них минералов и элементов по фракциям крупности, определения степени загрузки и режимов работы дробильно-измельчительного оборудования, контроля работы оборудования.

В процессе исследования минералого-технологических проб изучают минеральный и химический составы руд (включая рациональные анализы), их физические свойства, устанавливают предварительные показатели обогатимости техногенных отвалов.

По результатам исследования вещественного состава и технологических свойств отобранных проб осуществляют технологическую типизацию техногенных месторождений, устанавливают принципиальную возможность промышленного комплексного и рационального их использования, выбирают эффективные методы и оптимальные технологические схемы извлечения основных и попутных компонентов, выявляют причины и определяют величину неизбежных технологических потерь и пр.

Анализ имеющихся стандартных ошибок технологического плана при проведении технологической оценки минерального сырья показал наличие следующих недостатков:

1. Недостаточная обоснованность принятых технологических решений – несоответствие принятой технологии рудоподготовительного цикла характеру выделений ценных минералов в руде, модальности распределения по крупности и морфологии, характеру срастания, контрастности физических свойств разделяемых минералов (твердость, хрупкость, пористость, трещиноватость):

– несоответствие принятой технологии обогатительного цикла степени контрастности технологических свойств разделяемых минералов (магнитных, гравитационных, флотационных, др.) и особенностям вещественного состава;

– отсутствие решений по интенсификации сепарационных процессов (обесшламливание при наличии легкошламующихся минералов с высокосорбционной способностью поверхности, дезинтеграция, кавитация и т.д.);

– недоизученность свойств минералов пустой породы; «фоновых» концентраций в них ценных компонентов;

– отсутствие данных по химическому составу основных ценных компонентов и обоснования качества концентратов и уровня неизбежных технологических потерь;

– отсутствие данных по выделению продуктивной фракции.

2. Недостаточная информационная подготовленность.

3. Нелогичность выводов.

Следовательно, можно констатировать, что ранее технологическая оценка минерального сырья рассматривалась как метод последовательных приближений при испытаниях различных методов и аппаратов.

Сущность старого подхода заключалась в определении максимально достижимого извлечения ценных компонентов в товарную продукцию по результатам тестирования технологического оборудования.

Недостатки старого подхода заключались в следующем: высокая роль субъективного фактора, не позволяющая на идентичном аппарате и идентичной пробе при идентичных условиях другому исследователю получить аналогичные результаты; нетождественность проб; неоптимальность режимов работы оборудования; зависимость показателей от технических причин, в том числе конструктивных (изношенность дек, футеровок, сетки и т.д.); невозможность прогнозной оценки поведения разделяемых в процессе обогащения минеральных комплексов; невысокая степень обоснованности извлекаемой ценности изучаемого минерального сырья; невозможность достоверной оценки неизбежных технологических потерь, связанных с особенностями вещественного состава исследуемых руд; низкая степень обоснованности применимости тех или иных методов и аппаратов в составе технологической схемы.

В настоящее время, для устранения выявленных недостатков требуется полномасштабное изучение вещественного состава, технологических свойств и их контрастности, обоснование рационального комплекса методов и аппаратов и их тестирование.

Новый подход технологической оценки отходов включает:

– детальное изучение вещественного состава, его особенностей с помощью современных методов технологической минералогии;

– обоснование неизбежных потерь ценного компонента, обусловленных особенностями вещественного состава;

– определение максимально достижимого извлечения ценных компонентов в товарную продукцию;

– определение технологических свойств и их контрастности;

– обоснование рационального комплекса методов и аппаратов для достижения максимальной извлекаемой ценности;

– обоснование возможности интенсификации сепарационных процессов;

– тестирование установленных методов и аппаратов;

– обоснование оптимальной глубины обогащения – рационального сочетания методов механического обогащения и металлургического передела;

– обоснование устойчивости разработанной технологической схемы к возможным изменениям вещественного состава перерабатываемой руды

Новый алгоритм процедуры технологической оценки позволяет:

– обосновать потребность применения инновационного решения;

– сформулировать задачи, решаемые путем реализации новации;

– оценить поведение основных минеральных комплексов руды при внедрении данного технологического решения;

– спрогнозировать ожидаемые технологические показатели;

– провести тестирование предлагаемого решения на реальной руде с определением режимных характеристик и результатов;

– обосновать его место в технологической схеме (узле) переработки, возможность интеграции с другими техническими и технологическими решениями.

Анализ полученных результатов по изучению вещественного состава позволяет устранить недостатки предыдущего метода и получить следующие положительные результаты:

– обоснование благоприятных и неблагоприятных факторов для каждого сепарационного процесса и процессов выщелачивания;

– определение возможных вариантов освоения месторождения с учетом особенностей его геологического строения и вещественного состава руд;

– оценка возможных рисков, связанных с внедрением предлагаемой технологии;

– рекомендации по повышению эффективности освоения месторождения с одновременным ростом его извлекаемой ценности.

3.1.1. Подготовка пробы техногенных отходов к исследованиям вещественного состава

Малые технологические пробы (МТП) отходов предприятий цветной металлургии отбираются на стадии подготовки отходов к технологическим исследованиям. Определяющим требованием к МТП является ее представительность. На каждую пробу составляется паспорт, в котором указывается дата отбора пробы, ее привязка (отвалы, хвостохранилище, склады некондиционных или забалансовых руд и т.д.) и масса, приводится характеристика отходов, содержания полезных компонентов. В характеристике отходов особое внимание уделяется минералогическому составу, текстурным особенностям, механическим свойствам, степени проявления вторичных процессов. Вес проб составляет, например, 50–100 кг при крупности материала 50–70 мм.

Передача МТП в лабораторию технологических исследований осуществляется по акту с обязательным предоставлением паспорта отбора пробы, не менее чем за месяц до начала проведения исследований.

Из поступившей в лабораторию пробы техногенных отходов после изучения паспорта пробы, ее макроскопического осмотра отбирают образцы для минералого-петрографических исследований и материал для химического и минералогического анализов. После тщательного изучения вещественного состава техногенных отходов составляют схему подготовки пробы, намечают технологические процессы для исследований обогатимости и определяют виды и объемы анализов, которым следует подвергнуть материал пробы и продуктов обогащения.

В состав работ по разделке технологических проб входят перемешивание, сокращение и взвешивание, в отдельных случаях – рудоразборка и сортировка руды по фракциям крупности. Сокращение технологических проб осуществляют при необходимости оставить дубликат или отобрать часть материала заданной крупности для исследования возможности предварительного обогащения радиометрическим способом, в тяжелых суспензиях и т.д. При взятии пробы из нескольких минерально-сырьевых объектов отходов, материал каждой составной части пробы сокращается отдельно [53].

Подготовка пробы состоит из последовательных операций дезинтеграции (дробления и измельчения и пр.), классификации по крупности. В состав работ по разделке технологических проб входят также перемешивание, сокращение и взвешивание, в отдельных случаях – рудоразборка и сортировка руды по фракциям крупности, отбор навесок для технологических исследований и различных анализов техногенных отходов. Подготовку проб производят по заранее разработанной схеме.

Для разработки такой схемы необходимо: проверить указанную в паспорте массу исходной пробы и размер наибольших кусков техногенных отходов; рассчитать, соответствует ли начальная масса пробы допустимой минимальной массе; выбрать значение коэффициента в формуле для расчета минимальной массы порций техногенных отходов, получаемых при сокращении пробы; наметить технологические операции, которые необходимо испытать, и установить (ориентировочно) массу техногенных отходов для таких исследований и их крупность; установить, какие анализы потребуются для изучения вещественного состава; сколько для этого понадобится материала и какой крупности.

Сокращение технологических проб осуществляют при необходимости оставить дубликат или отобрать часть материала заданной крупности для исследования возможности предварительного обогащения

радиометрическим способом, в тяжелых суспензиях и т.д. При взятии пробы из нескольких минерально-сырьевых объектов отходов, материал каждой составной части пробы сокращается отдельно.

Общее количество стадий дробления и приемов сокращения зависит от массы исходной и конечной пробы и от крупности кусков в начальной и конечной пробах. Для дробления и измельчения техногенных отходов применяются дробильные и измельчительные аппараты – щековые, валковые дробилки, мельницы (самоизмельчения, шаровые и др.), истиратели, фарфоровые и агатовые ступки. Дробление и измельчение обычно сопровождается вспомогательным и поверочным грохочением. Сокращают пробы осуществляют квартованием, квадратованием, распределением. Используют рифленые делители, делительные ящики, а также механические сократители.

При необходимости технологическую пробу подсушивают, раскладывая на ровной металлической поверхности слоем толщиной не более 70–100 мм в теплом, хорошо проветриваемом помещении, периодически помешивая совком. При необходимости проводится дробление некондиционных и забалансовых руд и др. техногенных отходов до определённой крупности на щековой дробилке в замкнутом цикле с грохочением. Готовый продукт должен содержать не менее 80–95 % минусового класса.

При дроблении и измельчении техногенных отходов следует руководствоваться такими понятиями как крупность максимального раскрытия полезного минерала, селективность раскрытия, машинный класс, т.е. класс крупности материала, оптимальный для выбранного способа обогащения, склонность техногенных отходов к шламообразованию и пр.

Для обеспечения пропорционального распределения кусков разной крупности в массе пробы, перед сокращением необходимо тщательно ее перемешать. Перемешивание в зависимости от крупности кусков и массы пробы осуществляют следующими методами: кольца и конуса; перекатывания; просеивания; механического перемешивания.

Механическое перемешивание производится в специальных аппаратах (смесителях) или в аппаратах, предназначенных для другой цели, но которые могут быть использованы для перемешивания. Например, лабораторные шаровые мельницы без шаров и делители Джонса. Перемешиванием в мельнице нельзя пользоваться, если проба предназначена для ситового анализа. На делителе Джонса проба пропускается последовательно несколько раз. Чаще всего подготовленная проба отходов перемешивается способом кольцо-конус 3 раза.

При сокращении пробы следует учитывать соотношение между минимальной и достаточной массой проб на различных стадиях схемы рудоподготовки, т.е. при различной крупности материала пробы. Выбор

начальной операции схемы подготовки пробы определяется соотношением между минимальной массой представительной пробы и ее начальной массами. Если масса исходной пробы в два раза или более превышает минимальную массу, допустимую при данной крупности материала, то разделка пробы начинается с перемешивания и последующего сокращения; наоборот, если масса первоначальной пробы меньше, чем в два раза минимальной массы пробы при данном диаметре, то первой операцией будет дробление или измельчение. Нельзя начинать работу с пробой, начальная масса которой меньше минимальной.

Подготовка пробы к исследованию проводится в лаборатории технологических исследований по различным схемам. Варианты схемы подготовки технологической пробы *техногенных отходов* к исследованиям представлены на рис. 3.2, 3.3.

Из общей пробы отходов горноперерабатывающей отрасли методом вычерпывания отбирается проба, из которой, с помощью делителя «Джонсона», выделяются навески на проведение химического анализа рентгено-спектральным методом (РФА) на элементы Ag, Mn, Pb, Zn, Cu, Fe, S, Sb, As, Al, K, Ca, Si, Cd, Sn, пробирным (ПА) – Au, Ag, атомно–абсорбционным (ААА) – $S_{общ}$, $S_{сульфид}$, Fe (II). Дальнейшее формирование частных навесок, для проведения исследований, проводится с помощью сокращения на делителе Джонсона [53].

Отобранные пробы предназначены для изучения вещественного состава отходов. Под вещественным составом минерального сырья понимают его элементный, фазовый (минеральный, химический) и гранулометрический состав.

3.1.2. Химический анализ отходов

Химический анализ отходов выполняет несколько функций – сравнение показателей содержания в отходах веществ, угрожающих здоровью человека с целью утилизации опасных веществ, а также поиск в техногенных отходах ценных металлов и веществ, с перспективой их извлечения для дальнейшего использования в промышленности. Количественно-химический анализ – в процессе этого анализа определяется процентный состав элементов, их групп и фаз в материале. Данный метод анализа заключается в определении процентного содержания элементов, их групп, фаз и соединений в исследуемом материале.

В случаях, если количественно-химический анализ отходов обнаруживает компоненты, не включённые в перечни, класс опасности выявляется с помощью других методов (расчётным, экспериментальным или морфологическим).

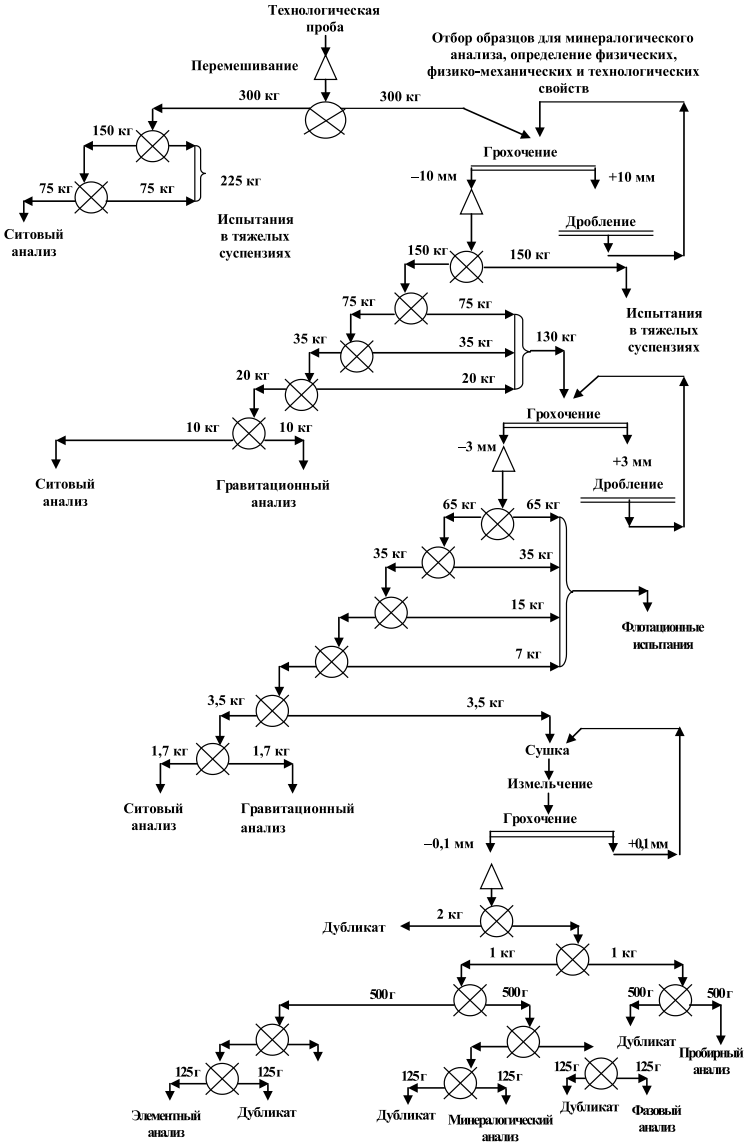


Рис. 3.2. Схема подготовки пробы техногенных отходов к исследованиям (1 вариант)

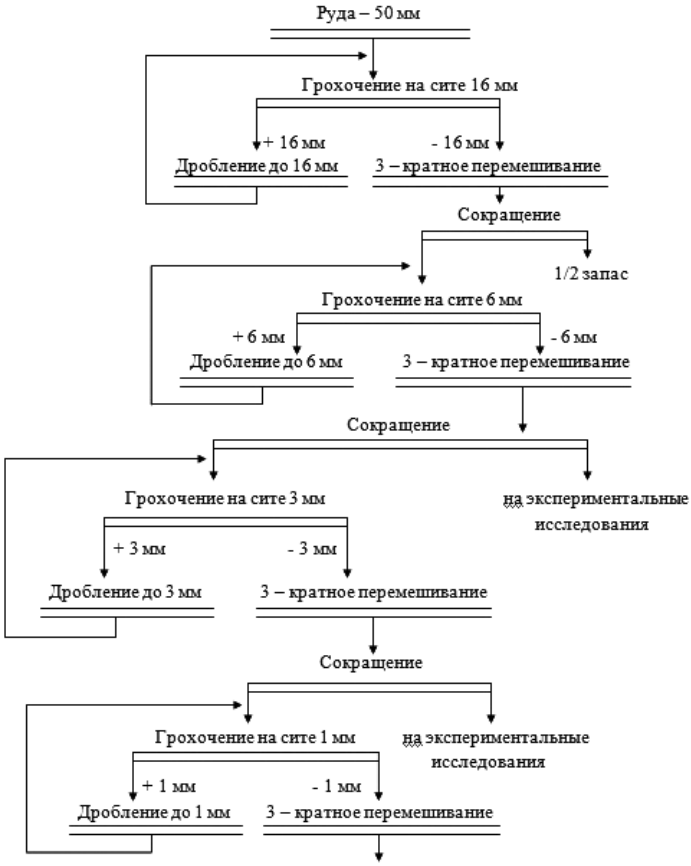


Рис. 3.3. Схема подготовки пробы техногенных отходов к исследованиям (2 вариант)

Элементный состав

Используются: силикатный анализ (химический анализ для определения силикатной основы вещества), химический элементный, рентгеноспектральный, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, нейтронно-активационный, пробирный и другие анализы.

Контролируется: общая сумма, сумма летучих компонентов.

Фиксируется: содержание основных ценных, попутных и вредных компонентов.

Определяется: контролируемые элементы при технологических исследованиях, состав компонентов в извлекаемой ценности, химические депрессоры флотации и выщелачивания.

Для экспресс – анализа химического состава техногенных отходов, обнаружения и определения природы золота в настоящее время применяются различные анализаторы: атомно-абсорбционные спектрометры, анализаторы рентгенофлуоресцентные, индуктивно-связанной плазмы и атомной адсорбции, электронный микрозонд, сканирующую электронную микроскопию (SEM), просвечивающую электронную микроскопию (TEM), мёссбауэровскую спектроскопию, протонный микрозонд (PIXE), ионный микрозонд (SIMS), лазерный микрозонд (TOF-LIMS) и авторадиографию.

Распределение ценных, попутных и вредных компонентов руды по фракциям различной плотности и магнитной восприимчивости:

Выполняется: путем гравитационно-магнитного фракционирования (ГМФ) классифицированного по крупности материала пробы руды.

Исходная крупность: традиционная – 1 (2) мм, крупность ведения сепарационного процесса (крупность оптимального раскрытия ценного компонента). Схема проведения фракционирования зависит от минерального состава (ГМ, МГ: МГМ, ГМГ).

Контролируется: аналитическим определением содержания ценных, попутных и вредных компонентов

Фиксируется:

– контрастность руды по гравитационным и магнитным свойствам. Степень контрастности – отношение содержания в концентрате (тяжелой и магнитной фракциях) и хвостах (легкой и немагнитной фракциях);

– доля промпродуктов (сростковых фаз) при гравитации и магнитной сепарации;

– вклад каждого класса крупности в сепарационный процесс (гравитацию и магнитную сепарацию).

Определяется: параметры продуктивной фракции, эффективности предварительной классификации, обесшламливания; максимально достижимое качество концентратов, уровень неизбежных технологических потерь ценного компонента в хвостах; минимальное содержание ценного компонента в хвостах, степень концентрации и степень контрастности; целесообразность доводки гравиоконцентратов методом магнитной сепарации, магнитных концентратов – гравитационными методами.

Для экспресс-анализа химического состава техногенных отходов в последнее время все чаще применяют спектральные методы. Наиболее распространенными являются рентгенофлуоресцентный анализ, методы

индуктивно-связанной плазмы и атомной адсорбции. Последние два метода близки к методам мокрой химии, т.к. требуют длительного процесса подготовки пробы и растворения.

Рентгенофлуоресцентный метод является более экспрессным, и может быть реализован в виде стационарного или переносного портативного спектрометра. Проведение химического анализа методом РФА осуществляется для определения на различные элементы.

Портативные рентгено-флуоресцентные спектрометры ни в коем случае не могут в полной мере заменить высокоточное лабораторное оборудование и, тем более арбитражный метод мокрой химии. Тем не менее они нашли широкое применение благодаря высокой скорости получения результатов на месте без больших затрат времени, материальных и людских ресурсов.

Спектрометр X-MET – это действительно портативный (вес 1,5 кг, время работы от аккумулятора 12 часов) прибор для анализа техногенных отходов, металлов. Это позволяет делать анализ техногенных отходов на месте, без доставки проб в лабораторию или подъема рудного материала на поверхность. Возможность усреднения результатов измерения позволяет проводить точный анализ даже сильно неоднородных образцов. X-MET имеет сертификат сертификат IP54 (NEMA3) пыле- и влагозащиты и может эксплуатироваться в самых суровых условиях.

Типичное время измерения 10–30 секунд для X-MET 7000 и 2–5 секунд для X-MET 7500. Для достижения пределов обнаружения необходимо 120 и 10–30 секунд соответственно для X-MET 7000 и 7500. Конкретные пределы обнаружения сильно зависят от элемента, типа матрицы и типа прибора (X-MET 7000 или 7500) и составляют от единиц до десятков г/тонну. У анализатора установлены калибровочные программы по методу фундаментальных параметров, что позволяет моментально начать работу. В случае, если возможностей стандартной калибровки не достаточно, удобное программное обеспечение позволяет за короткое время создать программу по образцам с известным химическим составом для более точного анализа. Большинство аналогичных анализаторов работают только по универсальным методам фундаментальных параметров, а методы настройки и калибровки прибора отсутствуют или ограничены. Компактный газоанализатор МС-100 адаптирован для проведения измерений в полевых условиях, что очень удобно при проведении аналитических исследований непосредственно на месте расположения объектов техногенных скоплений.

ОАО «Союзцветметавтоматика» на протяжении последних 40 лет является основным поставщиком приборов для атомно-абсорбционного

элементного анализа в аналитических объектах горнодобывающей и металлургической отраслей промышленности. Модельный ряд атомно-абсорбционных спектрометров, разработанных организацией за это время, отражает процесс эволюции атомно-абсорбционного метода с атомизацией в пламени и его конструктивного воплощения. Если в ранних моделях аа-спектрометров серии «Спектр» полностью отсутствовали элементы автоматики, то в современных образцах и, особенно в моделях, подготовленных к производству в конце 2005 г., автоматизированы все функциональные блоки.

Аа-спектрометры серии «Спектр 5» включены в Госреестры средств измерений России, Белоруссии и Казахстана. Традиционными пользователями приборов для атомно-абсорбционного элементоопределения являются предприятия горнодобывающего, металлургического и геологического профиля. Среди них такие предприятия как Текелийский, Зыряновский, Лениногорский, Михайловский, Лебединский, Гайский, Горьевский горнообогатительные комбинаты, АО «Сильвинит», ОАО «Вторцветмет» (Сухой Лог), АО «Полюс», АО «Амургеология», Челябинский свинцово-цинковый комбинат, АО «Алмазы Саха Россия» и многие другие. Приобретаемые приборы используются, в основном, по трём направлениям: в контроле технологических процессов, сертификации продукции и в экологическом мониторинге.

В настоящее время «СоюзЦМА» производит полный инструментальный набор для определения более 50 элементов методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии при диапазоне содержаний от 10^{-8}% и выше в зависимости от элемента. Аналитический комплекс является самодостаточным. Большие возможности атомно-абсорбционного метода, являющиеся следствием таких его достоинств, как высокие селективность, чувствительность, воспроизводимость результатов измерений и простота обслуживания измерительного комплекса, определяют широкий круг аналитических объектов элементного анализа в рассматриваемых отраслях. Наряду с традиционным применением аа-метода для оценки отходов техногенных месторождений, геолого-технологического картирования, определения содержания элементов в забалансовых рудах, продуктах и полуфабрикатах, сферы его использования охватывают широчайший круг аналитических задач в промышленном и экологическом анализе и перспективы его внедрения в данных отраслях тесно связаны с развитием технического прогресса в них.

Из приведённого перечня примеров видно, как внедрение атомно-абсорбционного метода отслеживает динамику технического прогресса в гидрометаллургии, роль которой возрастает в связи с вовлечением в переработку техногенного сырья. Это относится не только к получению благородных металлов (серебра, золота, платиноидов), но и редких (бериллия,

титана, циркония, ниобия, тантала, вольфрама, молибдена) и цветных металлов (цинка, меди, никеля, кобальта, алюминия). Успешно прогрессирует биогидрометаллургический метод с применением автотрофных бактерий для выщелачивания золота и других металлов из сульфидных минералов из серебро- и золотосодержащих руд и отходов. Во всех этих случаях без применения атомно-абсорбционного метода для контроля стадий обогатительно-металлургического цикла обойтись просто невозможно. Убедительным доказательством тому служит использование аа-спектрометров «Спектр 5-1» и «Спектр 5-3» для контроля цианирования и биогидрометаллургической переработки упорных золотосодержащих сульфидных руд и концентратов Олимпиадинского месторождения.

Прогрессивная технология кучного выщелачивания золота с её высокими технико-экономическими показателями и возможностью вовлекать в обработку отвалы забалансовых руд и хвосты обогатительных фабрик с содержанием золота менее 1 г/т является актуальной задачей в большинстве регионов России.

Применение приставок к спектрометру серии «Спектр-5» существенно расширяет диапазон измеряемых содержаний металлов. В случае использования ртутно-гидридной системы РГС 1-1 при определении Hg, As, Sb, Se диапазон измерений расширяется в тысячу раз, что даёт возможность контролировать весь обогатительно-металлургический цикл производства. Задача определения микросодержаний тяжёлых металлов, золота и платиноидов в хвостах и промводах различного происхождения легко решается с помощью проточного измерительного концентратора БПИ-М, поставляемого к приборам серии «Спектр-5». При работе комплекса «Спектр-5» – БПИ в режиме «on-line» чувствительность измерений повышается в 20–30 раз.

Следует отметить, что среди инструментальных методов атомно-абсорбционный метод анализа является одним из наиболее теоретически обоснованных и методически оснащённых. Учитывая большие потенциальные аналитические возможности метода при надлежащим образом поставленном исследовательском подходе и достаточной квалификации оператора-аналитика, практически любая задача (в пределах возможностей пламенного метода атомизации) по определению содержания металлов в технологических и экологических объектах металлургического производства может быть решена.

Приведём некоторые примеры применения атомно-абсорбционного метода с использованием приборов серии «Спектр».

– При геохимическом картировании – элементный анализ геохимических проб.

– Определение Fe, Au в железорудном сырье, промпродуктах обогащения (магнетитовом концентрате, окатышах).

– Определение Tl, As, Ag, Au, V, Bi, Cr, Sr в пылях агломерации и конвертирования в цветной металлургии и в растворах их выщелачивания.

– Определение Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Fe, платиноидов,Se, Mo, Sn, Bi в отходах цинкового производства.

– Определение Au и Ag в цинковых концентратах.

– Определение Au и Ag в свинцовых концентратах.

– Определение Zn в свинцовых концентратах.

– Определение Ca, Mg и Al в цинковых концентратах.

– Определение Ca в глинозёме.

– Определение Cu, Pb, Zn и Cd в медных концентратах.

– Определение Mn в вольфрамовом концентрате.

– Определение золота в сульфидных рудах цветных металлов.

– Определение золота в пробах руд золотосодержащих и продуктов их переработки.

– Определение элементов примесей (Ag, Cu, Fe, Pt, Pd, Rh, Bi, Pb, Sb, Zn, Mn, Ni, Cr, Sn, As, Te, Co, Al, Si, Mg, Cd, Ti) в пробах золота.

– Определение Cu, Zn, Fe, Co, Ni, Cd, Pb, Sb, Te в пробах золотосодержащих руд и продуктов их переработки.

– Определение Au в тиомочевинных растворах выщелачивания.

Определение золота в цианидных растворах выщелачивания.

– Определение Au, Ag в пробах золотосодержащих ионообменных смол и активированных углей.

– Определение Au, Fe, Ag, As на разных стадиях бактериального выщелачивания сульфидных концентратов и при переработке отходов гидрометаллургии золота.

– Аналитический контроль процесса сорбции на цеолитах Cu, Ni, Ag, Zn, Fe из растворов при переработке медьсодержащих и никелькобальтовых руд при комплексной переработке руд, содержащих редкие и рассеянные элементы.

– Определение Pb и Zn в отвалах хвостохранилищ после переработки свинцово-цинковых руд.

– Определение содержания Fe в кварцевых песках.

– Определение Ge в золе углей.

– Определение V в бокситах и продуктах их переработки (растворах глинозёмного производства, шламах).

– Определение Cu, Ni, Ag, Zn в технологических растворах и стоках гидрометаллургических производств Cu и Ni.

– В экологическом мониторинге территорий горно-обогатительных и металлургических предприятий и прилегающих к ним окрестностей (почвы, грунтовые воды, стоки и т.д.)

SIMS-анализ (SIMS (secondary ion mass spectrometry) – масс-спектрометрия вторичных ионов), имеющий предел обнаружения, равный 0,2 г Au на 1 т пирита, наиболее приемлем для количественного определения невидимого золота в обычных сульфидах и металлургических продуктах, с его помощью в отдельных зернах минералов можно различать включения золота размером 10–20 нм на глубине 0,5–1,0 мкм. Метод является стандартным для анализа бедных золотосодержащих руд, в частности, в ЮАР.

Метод SIMS имеет перед другими методами преимущество, которое позволяет раздельно определять золото, находящееся в виде твердого раствора и в виде дискретных частиц коллоидного размера, которые частично цианируются после тонкого измельчения .

Метод TOF-LIMS (time-of-flight laser ionization mass spectrometry – времяпролетная лазерно-ионизационная масс-спектрометрия), имеющий разрешающую способность на уровне 0,01 г Au/т, является идеальным инструментом для идентификации поверхностных образований наномасштаба, отрицательно влияющих на скорость и полноту растворения золота. Сравнительные анализы TOF-LIMS в загрузке и кеках цианирования десяти зарубежных заводов (Биг Белл, Санрайз Дэм, Стэвелл (Австралия), Вайхи, Мэкрейс (Новая Зеландия), Дэвид Белл, Вильяме (Канада), Кортез (США), Садиола (Мали), Тарква (Гана) позволили идентифицировать ряд поверхностных веществ, пассивирующих растворение золота. Под степенью обогащения в данном случае понимается отношение концентрации вещества на поверхности зерна в кеке цианирования к концентрации на поверхности зерна в загрузке.

С помощью мёссбауэровской спектроскопии можно определить невидимое золото в минералах, которое может находиться в химически связанной форме, легко распознаваемой в спектре. В этом случае использование тонкого или сверхтонкого измельчения не улучшит показателей цианирования. Вместе с тем, применимость мёссбауэровской спектроскопии ограничивается содержаниями золота на уровне 20...50 г/т.

Метод HRTEM (high-resolution transmission electron microscopy – оже-электронная просвечивающая микроскопия) дает возможность диагностировать золото в арсенопирите почти на атомном уровне (кластеры, состоящие из нескольких атомов) – разрешение составляет 0,2 нм.

Однако все эти методы не являются экспрессными (информация поступает через одну-две недели) и требуют для статистической достоверности работу с 25–100 образцами (зернами). Вместе с тем, полученная этими методами информация о невидимом золоте не может быть дублирована другими способами и имеет определяющее значение при установлении стратегии переработки различных типов техногенных отходов.

3.1.3. Изучение гранулометрической характеристики отходов

Один из наиболее важных структурных параметров руд – гранулометрический состав минеральных индивидов.

Гранулометрический состав зерен минералов оценивают путем измерения минеральных зерен в шлифах, изготовленных из штуфов, отобранных через равный интервал в усредненной технологической пробе (гранулометрический анализ). Гранулометрический анализ основан на разделении совокупности зерен изучаемого минерала на классы крупности и установлении их долевого распределения.

Гранулометрический состав техногенных отходов с оценкой распределения компонентов по классам крупности включает следующие этапы:

Определяется с помощью ситового анализа до крупности –0,044 мм и гидравлической классификации (седиментационного анализа) до крупности –0,020 мкм – в случае гравитационного обогащения и до крупности –0,010 мкм – в случае флотационного обогащения.

Контролируется: аналитическим определением содержания ценных, попутных и вредных компонентов по классам крупности; анализом сходимости результатов прямого определения, балансовых расчетов и паспортных данных.

Фиксируется: уровень неизбежных потерь при гравитации с классом крупности менее 0,020 мкм, уровень неизбежных потерь при флотации с классом менее 0,010 мкм; характер (модальность) распределения ценного компонента по крупности, степень концентрации ценного компонента в классах крупности.

Гранулометрический состав зерен минералов оценивают путем измерения минеральных зерен в шлифах, изготовленных из штуфов, отобранных через равный интервал в усредненной технологической пробе (гранулометрический анализ). Гранулометрический анализ основан на разделении совокупности зерен изучаемого минерала на классы крупности и установлении их долевого распределения. Для этого под микроскопом в шлифах определяют количество зерен, относящихся к различным классам крупности (оптико-геометрический метод). Различают, соответственно, количественный и массовый гранулометрический состав минералов. На основании специфики оптических свойств минералов разработана специальная компьютерная программа, позволяющая проводить оптико-геометрический анализ изображения (имидж-анализ) минеральных зерен на современных компьютерных системах – анализаторах изображения – с большой достоверностью и в весьма короткие сроки.

Современные системы анализа изображения позволяют выделить изображение конкретного минерала (или группы минералов) в автоматическом режиме по его оптическим свойствам или характерным для этого минерала морфологическим параметрам, количественно охарактеризовать геометрические параметры (длину, ширину, площадь) и морфологические (удлинение, округлость) особенности минеральных индивидов, оценить количественно содержание минерала, характер границ срастания (отношение длины границы к площади зерен) с другими минералами и пр. Современные системы анализа изображения позволяют определять указанные параметры выделенных объектов (имидж-процессинг) и автоматически выделять изучаемую минеральную фазу путем выявления ее отличительных признаков с помощью математических преобразований сигналов яркости близких по яркости минеральных фаз (непосредственно имидж-анализ).

3.1.4. Методы определения фазового состава отходов

При изучении фазового состава техногенных отходов проводятся следующие действия:

Используются: химический анализ, фазовый анализ, рациональный анализ (благородные металлы); локальный микрорентгенспектральный анализ (микрозондовые исследования).

Контролируется: содержание компонентов в монофракциях.

Фиксируется: степень окисления, извлекаемые и неизвлекаемые при механическом обогащении и выщелачивании фазы.

Определяется: состав концентратов, уровень неизбежных технологических потерь, проект технологической схемы, основные технологические операции.

Выяснение форм нахождения полезных компонентов в минеральном сырье необходимо для оценки возможности и путей их извлечения, качества получаемых продуктов, возможности комплексного использования сырья. Особенно важное значение это имеет для отходов, в которых ценные элементы распределены по многим минеральным фазам. Формы нахождения (концентрирования) элементов в матрице горной породы или минерала могут быть весьма разнообразны даже в одном объекте, даже одного элемента:

1) элемент может быть минералообразующим, главным в составе минерала, т.е. образовывать собственную минеральную фазу (кальций в кальците, флюорите, апатите и т.п., железо в пирите, марказите, сидерите, магнетите, гематите, ильмените и т.п.);

2) элемент может входить в состав минерала как изоморфная (структурная) примесь (марганец в кальците, редкоземельные элементы – во флюорите, барий, стронций – в апатите и др.);

3) элемент может сорбироваться на поверхности зерен и в межблоковых интерстициях минералов, в межзерновых объемах породы, особенно при высокой дисперсности, например, глинистых образований;

4) элемент может входить в состав газово-жидких включений.

В целом обычно различаются два вида форм нахождения элементов в минералах руд – концентрированная и рассеянная [55]. Важным является выявление форм вхождения вредных примесей в рудные минералы.

Необходимость определения содержания всех фаз, присутствующих в пробе, в том числе аморфных, диктуется не только требованиями полной фазовой характеристики отходов для разработки технологий их переработки, но и требованиями учета матричного эффекта, влияния общей минеральной ассоциации на результаты анализа, взаимного влияния фаз в ходе анализа, вплоть до взаимодействия и появления фаз новообразованных.

Оценив элементный состав пробы отходов, можно приступать к ее фазовому анализу, который проводится в четыре этапа [56]:

1) I этап – определение формы нахождения элементов в анализируемой пробе;

2) II этап – диагностика минералов, как образуемых полезными (или вредными) элементами, так и минералов, содержащих эти элементы в форме структурной или неструктурной примеси;

3) III этап – полный качественный фазовый анализ пробы, т.е. общей минеральной ассоциации, что необходимо для выбора методики последующего количественного фазового анализа и обеспечения правильности его результатов;

4) IV этап – количественный фазовый анализ пробы, анализ полный, т.е. оценка содержания всех выявленных на III этапе фаз или частичный, т.е. на одну-две фазы, например, только самородное золото, магнетит, только кварц, только оловосодержащие фазы – касситерит, станнин, гидростаннат, варламовит и т.п. Выбор метода определяется объектом техногенных отходов и требованием к точности результатов анализа.

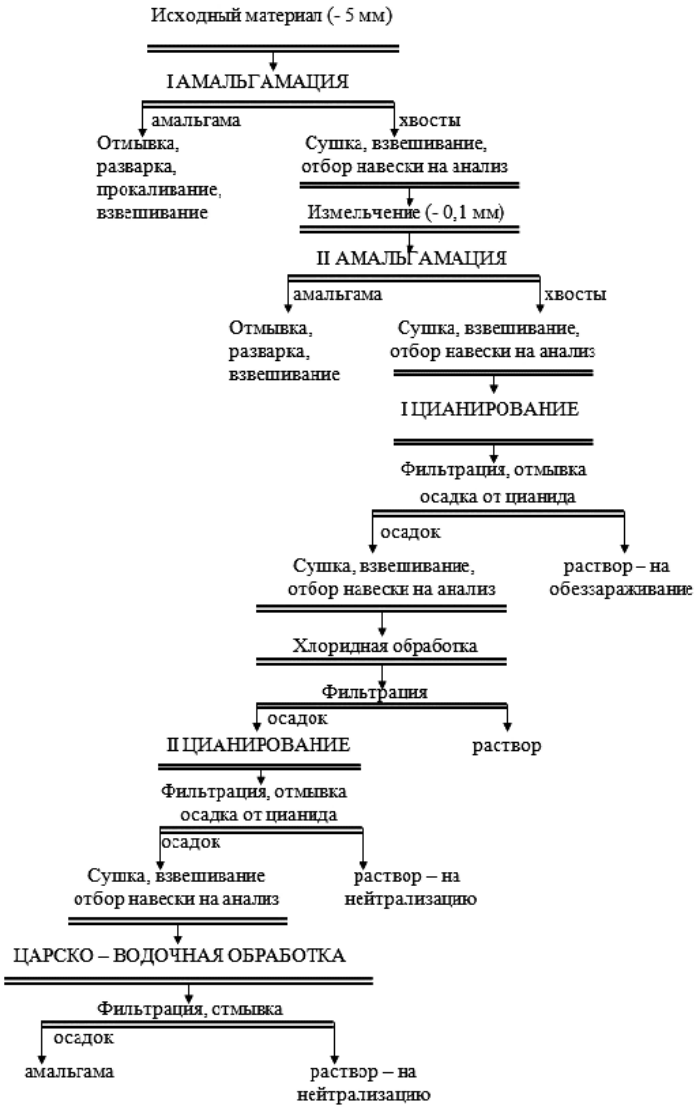
Общая схема выполнения количественного фазового анализа минерального сырья техногенных объектов представлена на рис. 3.4.

Схема проведения фазового анализа минерального сырья на золото по методике ОАО «Иргиредмет» (г. Иркутск) и по классической методике представлена на рис. 3.5.

Рис. 3.4. Общая схема выполнения
количественного фазового анализа техногенных отходов

а

Рис. 3.5. Схема проведения фазового анализа минерального сырья на золото:
а – по методике ОАО «Иргиредмет» (начало)



б

Рис. 3.5. Схема проведения фазового анализа минерального сырья на золото: б – по классической методике (окончание)

3.1.5. Минералогический анализ и изучение свойств отходов

Задачей изучения минералого-технологических характеристик отходов предприятий цветной металлургии является разрешение целого ряда вопросов:

1. Определение полного или частичного количественного фазового минерального состава отходов.

2. Изучение распределения какого-либо элемента по минеральным формам, им образуемым.

3. Определение связи какого-либо элемента с минеральными компонентами отходов, в которых он присутствует в виде высокодисперсных включений, в виде изоморфной примеси, или с которыми он образует соединения типа адсорбционных.

4. Установление характера связи какого-либо элемента с минеральными фазами минерального сырья.

5. Установление количественной и массовой характеристики крупности частиц минерала (обычно ценного), вкрапленных в породу, т.е. гранулометрического состава минерала.

6. Выяснение соотношений между свободными зернами и минеральными сростками различного характера при различных степенях измельчения, например, некондиционной или забалансовой руды (раскрываемость минерала). Для успешного разрешения этой задачи необходимо установить гранулометрический состав измельченного материала, т.е. определить общую характеристику крупности зерен независимо от их минерального состава, а также долю свободных минеральных зерен и сростков различного качества.

7. Выяснение характера границ срастания минералов друг с другом.

8. Определение величины поверхности зерен минерала.

9. Выяснение приуроченности одних минеральных компонентов к другим.

10. Определение физических, физико-механических, физико-химических свойств минеральных компонентов техногенных отходов. Физические, физико-механические, физико-химические свойства минеральных компонентов (фаз) руды и руды как совокупности минеральных компонентов (фаз), называют также технологическими свойствами.

В настоящее время существует целое научное направление, занимающееся изучением вещественного состава, структурных особенностей и свойств минерального сырья: технологическая минералогия. Комплекс приемов и методов, используемых в технологической минералогии, позволяет оценить качество минерального сырья, обеспечить его комплексную

переработку, обосновать пути извлечения полезного компонента, оптимизировать технологический процесс путем направленного изменения свойств техногенного сырья или минералов.

Технолого-минералогические исследования проводятся на штуфах и представительных пробах, отобранных из технологических проб отходов и хвостов обогащения, мономинеральных фракциях и чистых минералах. Отбор штуфов проводится после перемешивания исходной, например, минералого-технологической пробы по сетке 0,2–0,5 мм в количестве от 15–80 штук в зависимости от контрастности забалансовой или некондиционной руды либо вскрышных пород, сложности минерального состава, содержания рудных минералов, текстурных и структурных особенностей руды или крупнокусковых отходов. Из штуфов изготовляются шлифы и аншлифы.

При изучении текстурно-структурных особенностей отходов применяются традиционные методы исследований с использованием оптических микроскопических исследований (в шлифах, аншлифах) и визуальных наблюдений (в штуфах). Структурный анализ минеральных объектов включает изучение размеров, морфологии и характера границ срастаний минеральных индивидов (кристаллов или зерен).

По размерам минеральные индивиды делятся на крупные (20–2 мм), средние (2–0,2 мм), мелкие (0,2–0,02 мм), тонкие (0,02–0,002 мм), субмикроскопические (0,002–0,0002 мм), коллоидно-дисперсные (менее 0,0002 мм).

В зависимости от соотношения длины, ширины и толщины минеральных индивидов выделяют следующие морфологические группы: изометричные (округлые, кубические, октаэдрические), удлиненные (столбчатые, шестоватые, призматические, игольчатые, волокнистые), уплощенные (таблитчатые, пластинчатые, листоватые).

Следует учитывать и характер срастаний минеральных индивидов между собой. Минералы могут иметь ровные, извилистые, заливообразные, зазубренные и другие границы. Сочетание минеральных индивидов образует минеральные агрегаты.

Минеральные агрегаты отличаются размером, формой и характером пространственного размещения слагающих их минеральных индивидов. Различают крупно-, средне- и мелкозернистые, кристаллически-зернистые и скрытокристаллические, равномерно- и неравномернозернистые агрегаты с закономерной или незакономерной ориентировкой минеральных зерен. Формы минерального агрегата весьма разнообразны – полоски, слои, прослои, прожилки, линзы, пятна, гнезда, вкрапленники, корки, почки, оолиты, обломки, каемки, каркасы. Текстурные особенности руд заключаются в характере пространственного распределения минеральных индивидов или их агрегатов [57].

Одним из наиболее важных видов минералого-технологических исследований является составление баланса распределения полезных компонентов по минералам, необходимое для определения степени и характера их рассеяния и теоретически возможного извлечения, как основного, так и попутных компонентов в отдельные продукты. Это дает возможность оценить комплексность руды. Для составления баланса необходимо знать: полный количественный фазовый состав руды; содержание полезных компонентов в минеральных фазах.

Методами, обеспечивающими выполнение полных количественных анализов, являются следующие.

Оптическая микроскопия (выделенные фракции исследуются специалистами-минералогами с использованием методов оптической микроскопии, рентгеноструктурного, рентгенофазового, микрозондового анализов, электронной микроскопии, оже-спектроскопии, оптико-геометрического и других методов, позволяющих идентифицировать минералы и определить количественно их содержание в руде; оптико-геометрический анализ в настоящее время проводится точечным или линейно-дискретным способом в шлифах и аншлифах (недробленые руды), шлифах-брикетах (фракции дробленых руд) под микроскопом типа Полам с использованием интеграционного столика или полуавтоматического интеграционного счетного устройства типа МиУ, интегратора Чейза, Форда, прибора «Эльтинор», автоматических приборов типа «Контраст» (АМА-1), анализаторов изображения «Квантимет», «Маджискан», «Эпиквант», системы анализа изображения «ВидеоМастер»).

Рентгенографический количественный фазовый анализ – РКФА (метод основан на индивидуальности дифракционного спектра каждой кристаллической фазы и зависимости интенсивности этого спектра в смеси от содержания фазы; обеспечивает выявление, диагностику и количественную оценку содержания всех раскристаллизованных фаз, величина кристаллитов которых более 0,02 мкм, чувствительность метода относительно мала).

Инфракрасная спектроскопия – ИКС (метод позволяет обычно определить количественное содержание одного или 2–3 минералов на ИК-спектрофотометрах, основан на индивидуальности спектра поглощения или отражения инфракрасного излучения молекул, порог обнаружения фазы и правильность – воспроизводимость количественных оценок соизмеримы с рентгенографическими: порог обнаружения 14.

Электронная микроскопия дает возможность прямого определения размера и формы аэрозольных частиц, а также счетной концентрации ВДА, поэтому является важным методом исследования ВДА. Однако

по мере уменьшения размера частиц для изучения ВДА электронной микроскопией возникают сложности, которые обусловлены плавлением и испарением частиц под электронным лучом, а также уменьшением контрастности изображения вследствие возрастания прозрачности частиц. В аналитической практике также известны приемы электронной микроскопии – подтенение частиц вакуумной сублимацией тяжелых металлов, подтенение реплик, метод бутерброда, но они дают ограниченный эффект, так как при исследовании очень мелких частиц толщина подтеняющего слоя становится соизмеримой с размером частиц. Нерешенной остается задача электронной микроскопией жидких частиц [58].

Термический метод количественного определения термоактивных минералов осуществляется термовесовым или термогравиметрическим методом на приборе «Дериватограф» (венгерская фирма МОМ), укомплектованном приставкой «Газотитриметр», позволяющей оценить потери четырех газовых составляющих. Применимость лишь к фазам термоактивным, т.е. к фазам, нагревание которых сопровождается выделением или поглощением тепла, или потерей веса, несколько ограничивает возможности метода, не позволяет получить с его помощью полную информацию о фазовом составе, но для конкретных объектов весьма перспективен.

Ядерный гамма-резонансный спектроскопический метод применим для количественной экспрессной оценки содержаний оксидов железа (гематит, магнетит, ильменит, гетит, лепидокрокит), карбонатов (анкерит, сидерит), железосодержащих силикатов и сульфидов, а также ведущих минералов олова (касситерит, станнин, варламовит). Серийная аппаратура – ЯГРС-3 или ЯГРС-4. Метод основан на эффекте резонансного взаимодействия гамма излучения с ядрами атомов кристаллической структуры. Воспроизводимость метода приблизительно 1 абс. % [54, 59].

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) основан на интерпретации спектров протонов молекул воды, входящих в состав минералов. Явление ядерного магнитного резонанса заключается в способности помещенных в постоянное магнитное поле веществ, содержащих ядра с отличным от нуля магнитным моментом, поглощать энергию переменного высокочастотного поля, что и создает ЯМР – спектр. Анализ проводится с помощью автоматизированного спектрометра ЯМР в комплекте с мини – или макро-ЭВМ. Методика имеет программное обеспечение по автоматической регистрации и обработке спектра.

Термомагнитометрический метод (магнитометрия) является средством количественной оценки содержания сильно магнитных (ферро – и ферримагнитных) минералов α-Fe, вюстита, магнетита (магномагнетиты, титаномагнетиты, франклиниты, якобсит, треворит, хромит),

гематита, ильменита, гетита, гидрогематита, лепидокрокита, пирротина, кубанита, сидерита. Применяется также для выявления особенностей реальных минералов (изоморфные примеси, микровключения), в состав которых входит железо. Анализ проводят с помощью вибрационного магнитометра. Метод основан на естественном магнетизме некоторых минералов.

Квантооптический метод рекомендован для массовой количественной оценки содержания кварца, нефелина, турмалина, сфалерита, киновари и других ацентричных минералов. Метод основан на способности минералов, кристаллическая структура которых не имеет центра симметрии, при прохождении через объект лазерного излучения генерировать излучение с удвоенной частотой. Интенсивность этого генерированного излучения определяется содержанием нецентросимметричного минерала (или минералов) в пробе. Воспроизводимость метода ± 6 абс. %, предел обнаружения 0,1 %.

Люминесцентный метод основан на свойстве некоторых минералов люминесцировать (люминесцируют примерно 240 минералов) при их ультрафиолетовом, рентгеновском, катодном, лазерном облучении. Люминесцентный метод КФА основан на использовании лазера и применим для определения содержания суммы люминесцирующих минералов в интервале от 0,1 до 100 %, а также для селективной оценки содержания, т.е. содержания каждого люминесцирующего минерала. Порог обнаружения фаз при определении содержания суммы люминесцирующих минералов 0,01 % при достижимости снижения порога до 0,001 %. Погрешность определения от 5 % для концентраций 50–100 % до 18 % для концентраций 0,1–0,5 %. Анализируемые объекты – порошковые препараты с размером частиц от 10 до 300 мкм.

Элементный рентгеноспектралъный микрозондовый анализ широко используется для диагностики минеральных фаз по набору минералообразующих элементов и их соотношению, оцененных по рентгеновскому спектру, полученному «в точке» – зерне, кристаллите фазы. При диагностике минерала следует учитывать широкое развитие полиморфизма и ограниченное разрешение микрозонда, не позволяющее выявлять микровростки (диаметр микрозонда составляет 6 мкм^2).

Фазовый эмиссионный спектральный анализ эффективен на этапе диагностики минеральных фаз, образуемых тем или иным элементом, особенно в случаях, недоступных оптической микроскопии, когда содержание элемента низкое, а степень его рассеяния в матрице горной породы – высока. Метод основан на «многоступенчатой» дискретной эмиссии одного и того же элемента в том случае, когда он входит

в состав нескольких различных по составу соединений (фаз), одновременно содержащихся в анализируемой пробе горной породы, некондиционной руды или тонкоизмельчённых отходах, и в каждом из них ассоциирует с различными минералообразующими элементами.

Использование того или иного метода при количественной оценке содержаний минералов определяется особенностями минерального состава анализируемого объекта: содержанием, структурным состоянием минералов, размером их зерен, степенью проявления наложенных процессов и т.д. В случае нахождения элемента в одном минерале применяются пересчеты результатов элементных определений на минеральный состав [60].

В настоящее время в России разработана и успешно применяется система анализа изображения «ВидеоМастер», имеющая более гибкую, в сравнении с зарубежными анализаторами, компьютерную программу, обеспечивающую проведение оптико-геометрического анализа.

Метод оптико-геометрического анализа изображения является неразрушающим экспрессным количественным методом, позволяющим исследовать техногенные отходы на основании оптических характеристик составляющих их компонентов, а также на основании выявленных в ходе анализа изображения морфометрических особенностей минералов и их ассоциаций. Анализатор изображений (токсичности), микроскоп «Юннат»-2П-видео, общий вид, схема устройства и работы анализатора изображения приведены на рис. 18–20, соответственно.

С помощью анализатора изображения можно определить следующие количественные характеристики изучаемого минерального сырья: минеральный состав, распределение зерен минералов по крупности в исходной руде (вкрапленность), распределение минералов по классам крупности в измельченном материале, распределение геометрических параметров зерен минералов в исходной руде и частиц и зерен в технологических продуктах; распределение минералов по технологическим продуктам; морфологические характеристики (удлинение, округлость, ориентация) зерен и частиц; распределение сростков минеральных фаз по качеству (по объемной и массовой доле минеральных фаз в сростке); степень раскрытия руды по различным минералам; распределение содержания минеральных фаз по значениям базовых геометрических параметров и ряд других параметров. Здесь понятие «зерно» относится к минеральной фазе в исходном материале, а «частица» – к дробленому материалу [61].

В российских лабораториях основным методом определения золота в минеральном сырье является пробирный анализ с весовым или атомно-абсорбционным окончанием. В зарубежных лабораториях основным

методом определения в рудах также является пробирный анализ, но, однако более широко используются комбинированные методы анализа. Следует отметить, что в России слабая техническая база отечественных лабораторий, не отвечающая международным требованиям. Недостаток современных технических средств лабораторий в нашей стране компенсируется значительным увеличением затрат квалифицированного труда за счет разнообразных приемов концентрирования и пробоподготовки. Методы массового анализа минерального сырья благородных металлов на основе индукционно связанной плазмы (ИСП) выполняется лишь в немногих лабораториях (ЦНИГРИ, ВИМС, Институт проблем комплексного освоения недр РАН, ЦНИИгеология, МИСиС, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Компания «SGS Vostok Limited» и др.), где имеются масс-спектрометры (Elan 6100 и 9000) или оптические спектрометры (Optima 2000) с ИСП по причине высокой стоимости приборов.

Физико-химические и механо-физические свойства

В процессе изучения вещественного состава техногенных отходов устанавливаются физические и технологические свойства. Физические свойства отходов: влажность, коэффициент разрыхления, кусковатость, трещиноватость, насыпная плотность, объёмная масса, прочность пород, пористость, твёрдость минералов, структурно-текстурные особенности, качество поверхности кускового материала.

Технологические свойства минералов (плотность, смачиваемость, растворимость, оптические свойства, люминесценция, радиоактивность, магнитные свойства, электрические свойства, контрастность, цвет, блеск).

При изучении физико-химических и механо-физических свойств техногенных отходов проводятся следующие действия:

Определяется: твердость, плотность, хрупкость, вязкость разделяемых минералов, дробимость, измельчаемость руды.

Фиксируется: рабочие индексы Бонда, степень контрастности механо-физических свойств рудных и нерудных минералов для обоснования использования их в качестве признака разделения методами сепарации по трению, по упругости, по форме либо путем избирательного механического дезинтегрирования, например, для разделения мягкого бемита от прочного шамозита после дезинтеграции бокситов.

Определяются: методы и аппараты рудоподготовительного цикла, возможность изучения крупнокускового обогащения, благоприятные и неблагоприятные факторы для сепарационных процессов и процессов выщелачивания.

Текстурно-структурные и структурно-фазовые характеристики руды и ее основных минеральных комплексов.

Устанавливаются с помощью автоматического оптико-геометрического анализа, электронно-микроскопических и микрозондовых исследований с энергодисперсионным и кристалл-дифракционным окончанием, оже-спектроскопического и фото-электронного анализов.

Фиксируется: характер выделений основных минералов, гранулометрические характеристики минералов, их морфология, характер срастаний, степень раскрытия, модальность раскрытия, распределение сростков по качеству при принятых режимах рудоподготовки и после интенсифицирующего воздействия с целью усиления степени контрастности технологических свойств разделяемых в процессе обогащения минералов, пористость и трещиноватость, состояние поверхности основных минералов.

Определяется: технологическая схема, аппараты гравитационного обогащения, геометрические параметры зон окисления, выход промпродуктов, благоприятные и неблагоприятные факторы для сепарационных процессов и процессов выщелачивания.

3.1.6. Определение природной сорбционной активности отходов

Сорбционная активность техногенных материалов, содержащих продуктивные включения углистого вещества, может определяться по методу «Золотого гвоздя». Сущность метода состоит в том, что исследуемый материал (30 г) измельчается в порошок (75 % класса – 0,074 мм), который в течение 1 сут (24 ч) контактирует в механическом перемешивателе с эталонным золотосодержащим раствором при pH = 11 и концентрации цианида 1,8 г/л. Эталон имеет следующий состав, мг/л: Au 28,0; Ag 2,0; Cu 2,1; Zn 3,8; Ni 1,8; Fe 0,2; As 19,7; Sb 3,1. Через каждые два часа отбирается 1 мл раствора и атомно-абсорбционным методом определяется содержание золота. Если данные атомно-абсорбционного анализа содержания золота показывают высокую сорбционную активность углистого вещества сульфидно-углистых отходов в первые 2 ч цианирования, это свидетельствует о том, что возможны значительные потери золота при переработке данного типа минерального сырья [62].

3.1.7. Технологические исследования отходов

По окончании изучения вещественного состава отходов предприятий цветной металлургии проводятся технологические исследования для установления оптимальной технологии переработки минерального сырья

с целью извлечения ценных и попутных компонентов, но предварительно необходимо определиться с выбором типа растворителя. Для извлечения золота в процессе гидрометаллургии возможно применение различных растворителей и следующих способов выщелачивания: цианидное, тиокарбамидное, хлоридное, йодидное, тиосульфатное, аммиачно-тиосульфатное и сульфитное, бромидное, выщелачивание органическими растворителями. В каждом конкретном случае необходимо принимать решение, руководствуясь преимуществами и недостатками растворителя, а также последними достижениями техники, технологии и науки.

Пример алгоритма технологических исследований золотосодержащих техногенных отходов и схем проведения испытаний.

Подготовки технологической пробы

Рассмотрим пример алгоритма технологических исследований золотосодержащих техногенных отходов (забалансовой руды с содержанием золота 2 г/т, далее по тексту – руда) и схем проведения испытаний. Подготовка пробы к исследованию проводится в лаборатории технологических исследований по схеме, представленной на рис. 3.6.

При необходимости технологическую пробу подсушивают, раскладывая на ровной металлической поверхности слоем толщиной не более 70–100 мм в теплом, хорошо проветриваемом помещении, периодически помешивая совком. Дробление до крупности – 2 + 0 мм проводится на щековой дробилке фирмы Fritsch «Пульверизетте 1» в замкнутом цикле с грохочением 2–3 мм. Готовый продукт должен содержать не менее 95 % минусового класса. Подготовленная проба руды перемешивается способом кольцо-конус 3 раза.

Дальнейшее формирование частных навесок по 840 г, для проведения исследований, проводится с помощью сокращения на делителе Джонсона. На одной из навесок весом 840 г проводится ситовой анализ исходной дробленой руды мокро-сухим способом с использованием стандартного набора сит по классам крупности 2,0; 1,0; 0,5; 0,2; 0,074; 0,040; 0,026 мм. Результаты вносятся в таблицу.

С помощью лабораторной шаровой мельницы МЛ-40 проводятся опыты на измельчаемость, снимается кривая кинетики измельчения, подбирается время измельчения с достижением определенной крупности % содержания класса –0,074 мм для дальнейшего использования при проведении опытов.

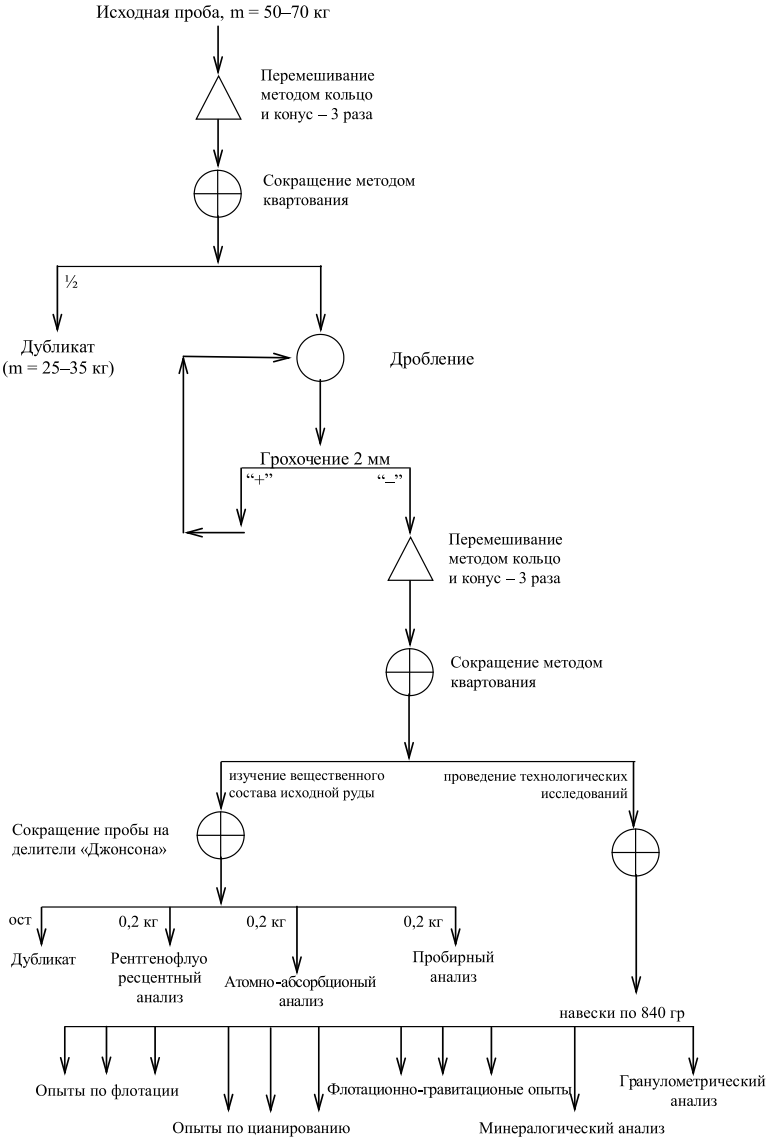


Рис. 3.6. Схема подготовки технологической пробы забалансовой руды к исследованиям

Навеска измельчается, в зависимости от типа руды, в течение 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 мин при прочих постоянных условиях измельчения: объем барабана – 7 л, скорость вращения барабана – 65 об/мин, шаровая загрузка – 9 кг, диаметр шаров – 19–25 мм, навеска – 0,84 кг, содержание твердого – 67 % (0,5 л воды) или 70 % (0,350 л). После измельчения, навески подвергают ситовому анализу мокро-сухим способом, по результатам которого строят график кинетики измельчения относительно эталонной руды и определяют коэффициент измельчаемости исследуемой забалансовой руды.

Проведение фазового анализа

Фазовый анализ золота и серебра основан на обработке забалансовой руды и продуктов её переработки растворителями для вскрытия и извлечения благородных металлов разных природных форм. Для анализа используется материал крупности, которая соответствует используемой в производственных операциях по извлечению золота и серебра.

Схема проведения фазового анализа представлена на рис. 3.7.

Проведение минералогического анализа

В процессе минералогического изучения технологических проб определяют:

– текстурные и структурные особенности руды (форма и размер минеральных частиц;

– характер вкрапленности минералов и срастания минеральных образований);

– наличие в руде различных генераций минералов;

– степень и характер изменений руд, происшедших в результате различных природных процессов;

– наличие микровключений других минералов.

Специфические задачи решают при минералогическом изучении продуктов обработки забалансовой руды. При изучении полученных хвостов, особое внимание обращают на ценные минералы, определяя размер их частиц, форму, состояние поверхности, связь с другими минералами. При изучении концентратов уделяют внимание вредным примесям и минералам, разубоживающим концентраты.

Минералогическое изучение проводят несколькими методами. Макроскопическое изучение позволяет качественно определить все основные составляющие пробы, крупность и характер вкрапленности минералов, степень окисления. Количество отбираемых

образцов зависит от вещественного состава. Чем сложнее вещественный состав забалансовой руды, тем больше отбирают образцов. Образцы просматривают под лупой электронного микроскопа, затем из наиболее характерных, изготавливают шлифы для микроскопического изучения.

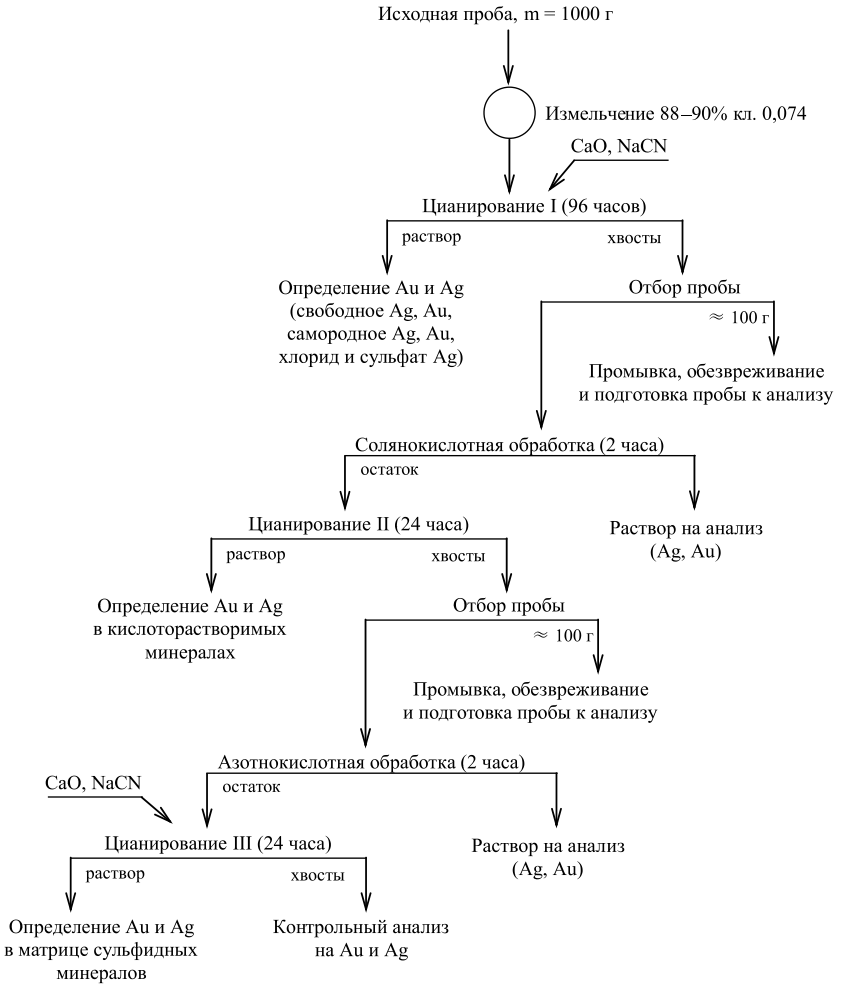


Рис. 3.7. Схема проведения классического фазового анализа золота

Микроскопическое изучение позволяет полнее определить минеральный состав и характер минеральных частиц. Просмотр классов ситового анализа позволяет количественно определить минеральный состав, форму зёрен, число и характер сростков. Результаты минералогического анализа играют важную роль при разработке технологии обогащения.

Флотационные методы исследований

Во флотационной лабораторной машине с определённым объёмом камеры на навесках проводятся серии флотационных опытов по оптимизации реагентного режима и условий флотации для достижения максимального извлечения благородных металлов. Схема проведения флотационных испытаний представлена на рис. 3.8.

Подбор оптимальных условий для ведения процесса флотации осуществляется изменением расхода одного из флотационных реагентов при постоянном расходе других. При большой разнице в показаниях опыт переделывается. При необходимости проверяется влияние тонины помола и условий флотации (плотность пульпы, время флотации, расход воздуха и др.) на показатели обогащения.

Опыты по флотации в замкнутом цикле проводят в условиях, приближенным к условиям непрерывного процесса флотации на фабриках. Из вышеперечисленной серии опытов выбирается опыт с наилучшими технологическими показателями (выход и качество концентрата, извлечение металлов в концентрат, наименьшее содержание металлов в хвостах флотации).

Опыты по флотации в замкнутом цикле

Опыты по флотации в замкнутом цикле проводят в условиях, приближенным к условиям непрерывного процесса флотации на фабриках. Последовательной флотации подвергают несколько навесок отходов, причём промпродукты от предыдущей навески объединяют со второй навеской или с соответствующим продуктом ее обработки. Расход реагентов при флотации второй и последующих навесок необходимо сокращать, вследствие поступления реагентов с промпродуктами.

Начиная со второй навески, масса конечных продуктов увеличивается до четвертой – пятой навесок, после чего процесс флотации в замкнутом цикле стабилизируется. Если после флотации 8-10 навесок процесс не стабилизируется, то необходимо тщательно изучить вещественный состав промпродуктов и испытывать для их обработки другие способы (доизмельчение и флотацию в отдельном цикле, гравитационное обогащение, цианирование). Схема проведения опыта по флотации в замкнутом цикле представлена на рис. 3.9.

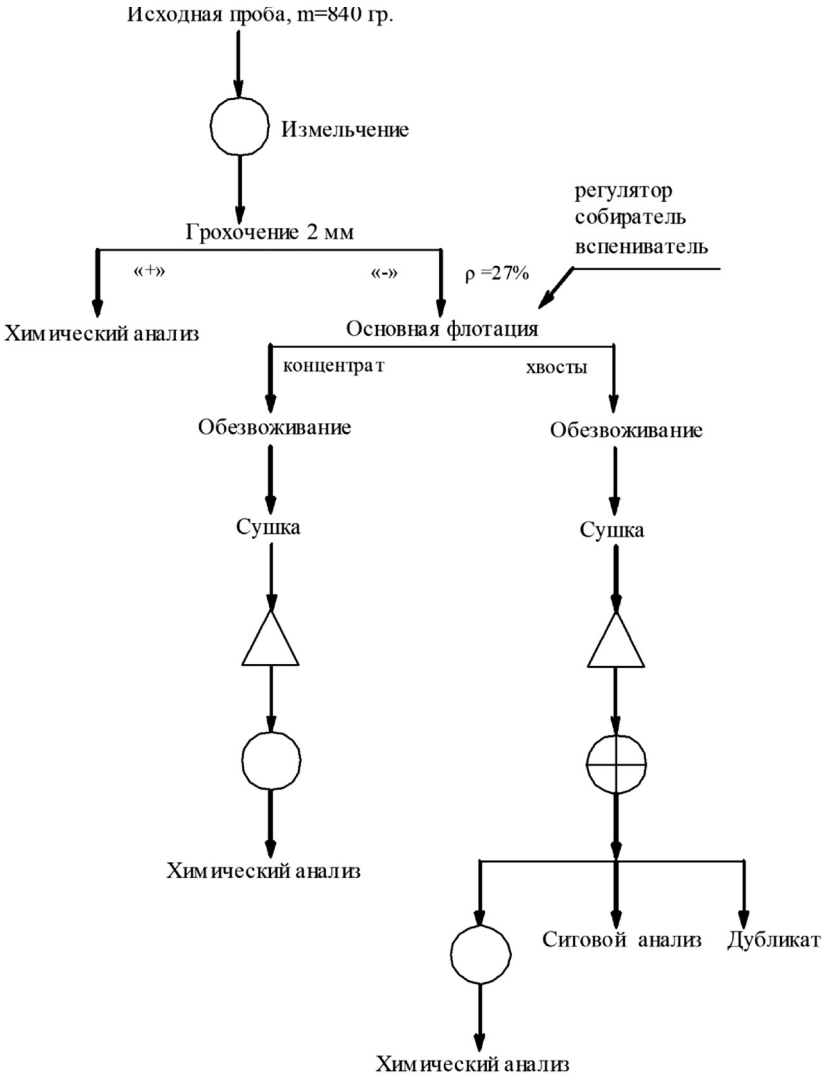


Рис. 3.8. Схема проведения флотационных испытаний

Схема проведения гравитационно-флотационных испытаний представлена на рис. 3.10.

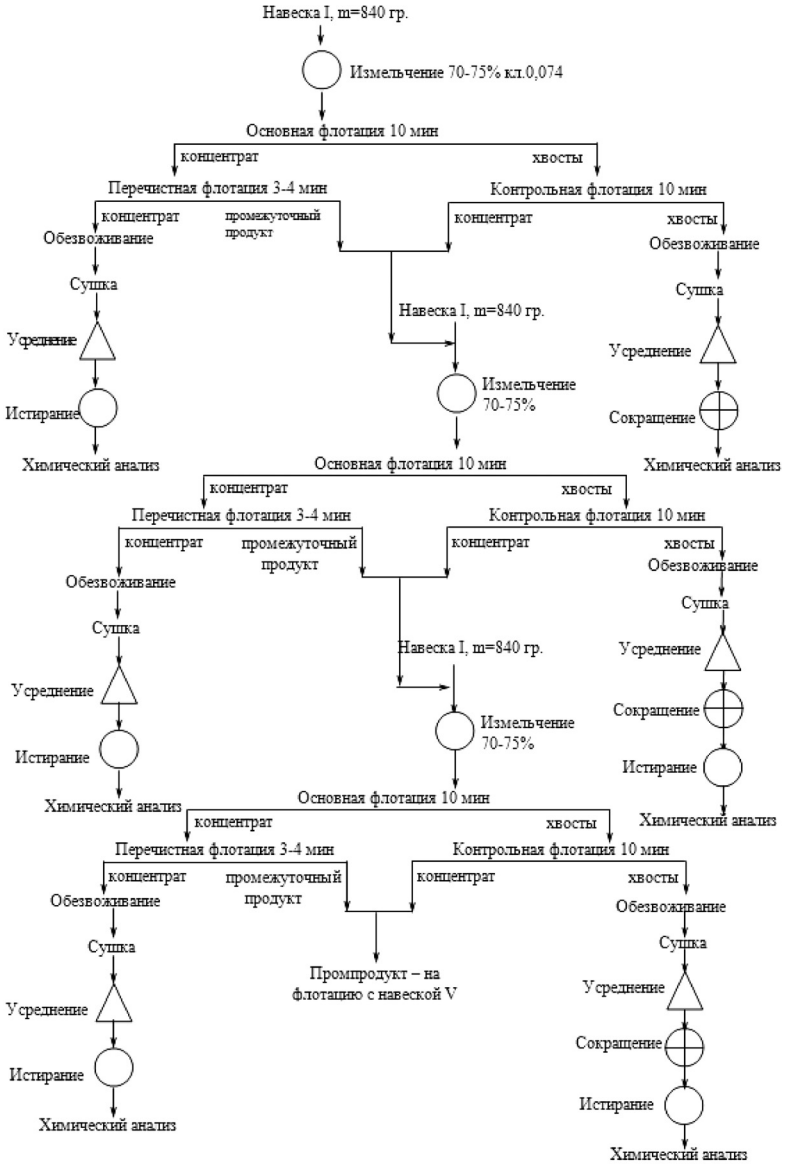


Рис. 3.9. Схема проведения опыта по флотации в замкнутом цикле

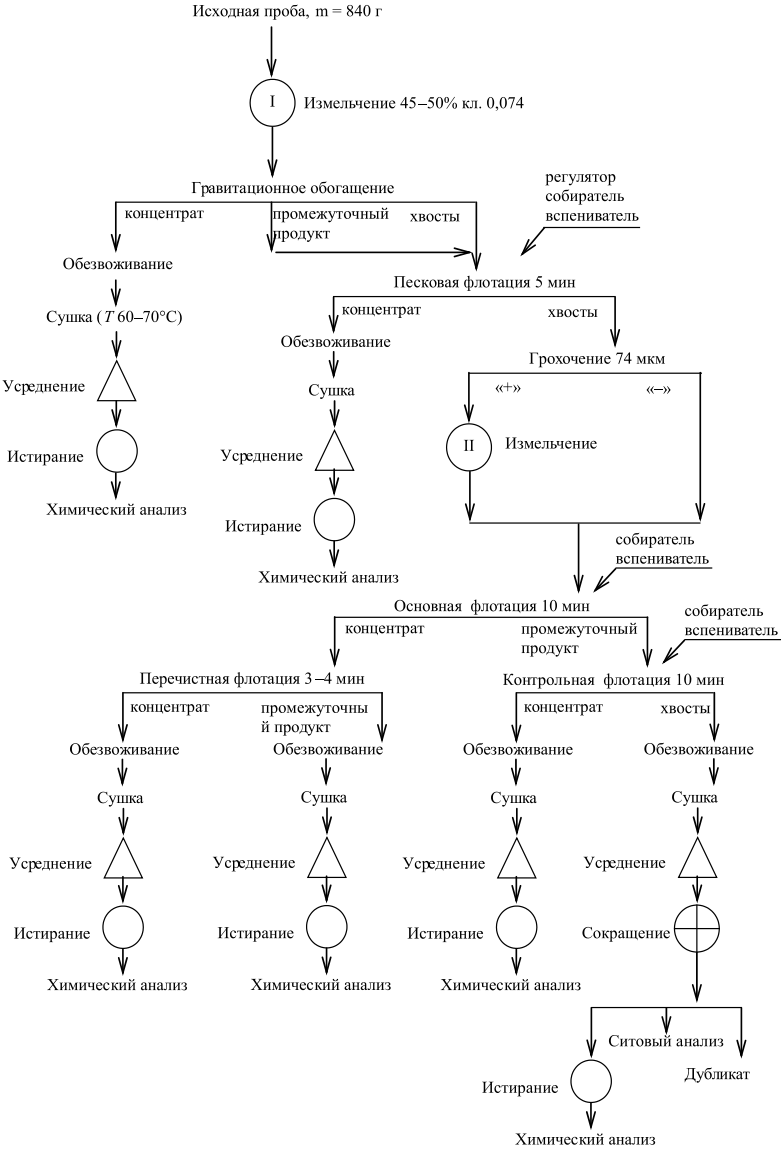


Рис. 3.10. Схема проведения гравитационно-флотационных испытаний

Гравитационные методы исследований

В зависимости от специфики минерального сырья гравитационные методы обогащения могут применяться как перед флотацией, так и после нее. При наличии в исходной руде достаточного количества легко вскрываемого золота и серебра, присутствующих в самородном виде, с целью исключения их переизмельчения и циркуляции, гравитация проводится перед флотационным переделом при достаточно грубом помоле (выход готового класса –0,074 мм 45–50 %). Гравитация на хвостах флотации выполняет функцию доизвлечения золота, которое не переходит в пенный продукт флотации. Схема проведения гравитационных испытаний представлена на рис. 3.11.

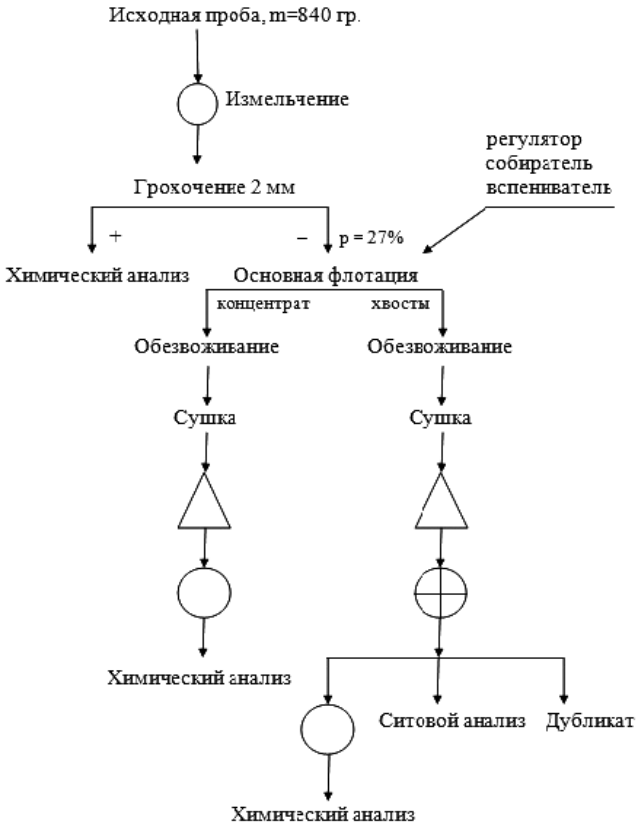


Рис. 3.11. Схема проведения гравитационных испытаний

Цианирование

Цианирование ведут методом перемешивания. Для каждой пробы проводится серия опытов (3 опыта) для достижения максимального извлечения золота и серебра. Подбор оптимальных условий для процесса цианирования производится путем изменения в основном расхода NaCN (г/л), при этом остальные параметры приняты в соответствии с требуемыми технологическими параметрами (содержание класса – 0,074 мм в питании, %; содержание твердого, %; pH; время цианирования, час). При получение неудовлетворительных результатов по опытам с различным расходом NaCN, проводятся серии опытов с изменением плотности пульпы, времени цианирования, содержания готового класса в питании [60].

Для создания в жидкой фазе концентрации раствора цианида натрия в необходимом количестве используется, подготовленный в лабораторных условиях, концентрированный раствор (КР), приготовленный из сухого реагента NaCN. Для поддержания заданных концентраций NaCN в процессе цианирования, раствор доукрепляется КР цианида натрия в первые 50 часов. Цианирование проводится с помощью установки для цианирования MPC S Laboratory Tumbler, с применением пластиковых закрытых емкостей объёмом 1 л. Перемешивание пульпы производится в непрерывном режиме. Для изучения динамики выщелачивания в процессе эксперимента производится отбор проб растворов объемом по 25 мл впервые 2, 6, 24, 50, 72, 96 часов. При снижении pH в пульпу добавляют CaO. Схема проведения опыта по цианированию представлена на рис. 3.12.

3.1.8. Морфологический состав отходов

Морфологический анализ отходов – это один из видов компонентного анализа, применяемый для более точной оценки объемов вывозимых и/или подлежащих переработке отходов. Применительно к металлургической отрасли морфологический анализ может применяться к твёрдым минеральным отходам, невозвратной таре (упаковке из натуральной древесины), материалу, загрязнённому маслами в процессе обтирки, абсорбентам, загрязнённым опасными веществами, отходы металлургические (шлаки, пыль); песок и грунт, загрязнённые маслами, отходы абразивных материалов в виде пыли и порошка, золы и шлаки угольные, лом черных металлов (по данным http://ecolabspb.ru/laboratornye-issledovaniya/analiz-othodov).

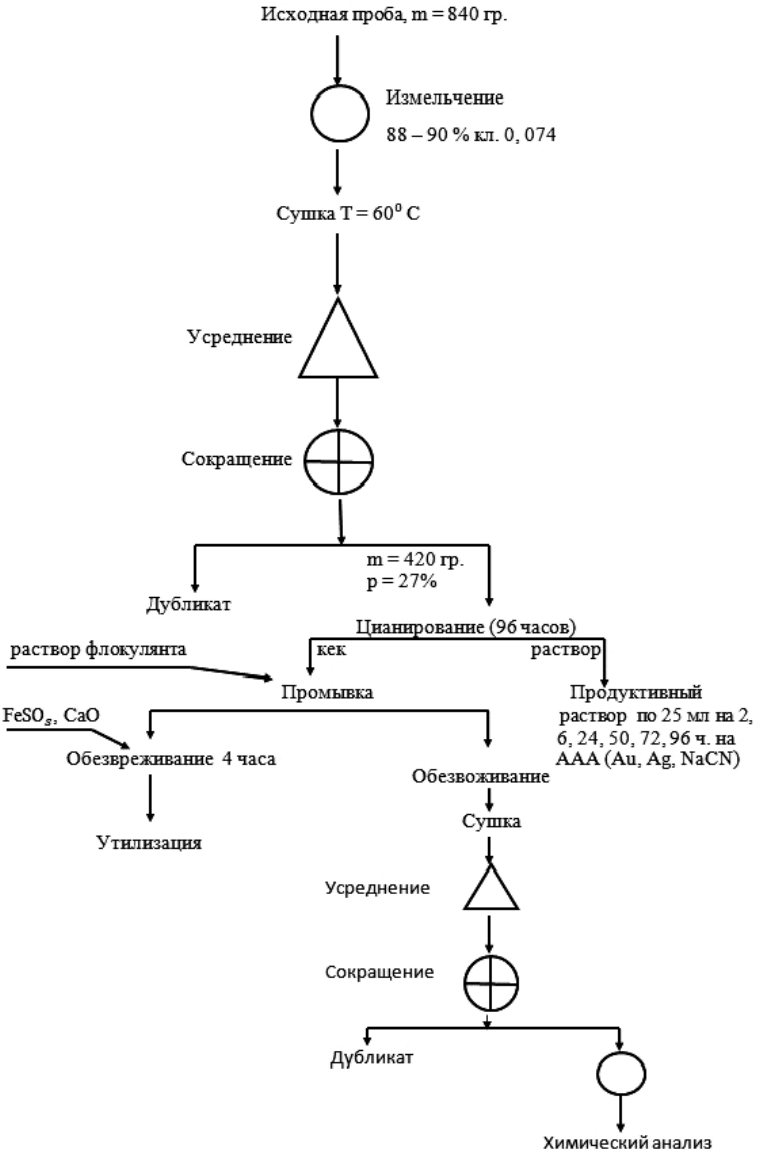


Рис. 3.12. Схема проведения опыта по цианированию

3.1.9. Биотестирование отходов

Биотестирование отходов – это процесс определения опасности исследуемой среды в присутствии биологических компонентов (биотестов). Биотесты (дафнии, хлореллы) помещают в исследуемую среду и изучают воздействие этой среды на биологического тестировщика. Таким образом, биотестирование – это процедура установления качества среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов.

Биотестирование отходов необходимо проводить в целях определения класса опасности с возможностью отнесения их к 5 классу, который квалифицируется как «неопасные отходы» (по данным http://ecolabspb.ru/laboratornye-issledovaniya/analiz-othodov).

При получении из техногенных отходов флотационного золотосодержащего концентрата можно провести серию тестов по бактериальному окислению. Сначала проводится адаптация бактериальной культуры, состоящей из микроорганизмов Acidithiobacillus Ferrooxidans, Acidithiobacillus Thiooxidans и Leptospirillum Ferrooxidans, окисляющих железо и серу, к флотационному концентрату, полученному из пробы отходов. В результате получается адаптированная активная бактериальная культура, пересеянная затем на следующую навеску свежего концентрата, а окисленный кек после фильтрования и промывок подвергнут химическому анализу, определению сорбционной активности и цианированию в присутствии смолы Purolite A100/2412.

Условия и результаты тестов с предварительным бактериальным окислением приводятся в виде таблицы. Результаты одного теста по бактериальному окислению должны быть подтверждены серией экспериментов. В связи с этим в дальнейшем можно рекомендовать продолжение исследований в этом направлении.

3.1.10. Анализ состава отходящих газов

Анализ состава отходящих газов от источников определяется при помощи газоанализаторов, объединённых в единую автоматизированную систему. Газоаналитическая система позволяет в реальном времени контролировать основные компоненты газов.

Анализ результатов исследований

Полученные результаты технологических исследований на обогатимость отходов предприятий цветной металлургии заносятся в рабочий журнал. Материал исследовательской работы оформляется

в виде табличного и графического материала с соответствующими текстовыми пояснениями и выводами по выполненным исследованиям. Результаты исследования рассматриваются на техническом совещании предприятия. Совещанием утверждается уточненный реагентный режим и условия обогащения и гидрометаллургического извлечения золота при переработке исследуемой пробы техногенных отходов. Составляется банк данных по обогатимости отходов. Выводы и рекомендации предоставляются в виде информационной записки и накопительной таблицы предоставляются главному геологу, главному обогатителю предприятия, начальникам и технологам.

3.2. Состав и основные физико-химические свойства отходов металлургического производства

По ориентировочной оценке в отходах медной, свинцово-цинковой, никель-кобальтовой, вольфрамо-молибденовой, оловянной, алюминиевой подотраслей промышленности содержится более 8,0 млн т меди, 9,0 млн т цинка, 1,0 млн т свинца, 2,5 млн т никеля, 33,5 млн т $A1_2O_3$, 600 тыс. т олова, 200 тыс. т молибдена, около 1 тыс. т золота и 12 тыс. т серебра. Резервы полезных компонентов в накопленных отходах равноценны открытию многих новых месторождений [63]. В хвостах обогащения руд цветных металлов доля неизвлеченных компонентов от их количества в исходной руде составляет соответственно (средние и максимальные значения), %: олова – 35 и 58; вольфрама – 30 и 50; цинка – 26 и 47; свинца – 23 и 39; молибдена – 19 и 53; меди – 13 и 36; никеля – 10 и 25. Показатель извлечения основных полезных ископаемых в России составляет 65–78 %, а попутных элементов (в цветной металлургии) – от 10 до 30 % [63].

На Урале ежегодно образуется около 5 млрд т различных отходов, в том числе 6,5 млн т хвостов обогащения медных и медно-цинковых руд. Всего в регионе накоплено свыше 220 млн т хвостов обогащения, складировано свыше 110 млн т медных шлаков, содержащих в среднем 0,37 % меди, 2,29 % цинка и 0,98 % серы, а также более 7 т золота и 150 т серебра, 23 тыс. т висмута и 8 тыс. т кадмия. В отработанных и законсервированных хвостохранилищах уральских обогатительных фабрик находится более 46 млн т отходов, содержащих 0,33 % меди, 0,5 % цинка и 28,2 % серы [48].

3.2.1. Состав и свойства основных отходов при производстве первичного алюминия

Производство глинозема. При производстве алюминия в больших количествах образуются отходы в виде водных суспензий дисперсных частиц – шламы. Для производства строительных материалов промышленное значение имеют нефелиновые, бокситовые, сульфатные, белые и монокальциевые шламы. Объем только нефелиновых шламов, пригодных для использования, составляет ежегодно свыше 7 млн т. По содержанию оксидов CaO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 они занимают промежуточное место между портландцементом, доменным шлаком и глиноземистым цементом.

Минералогический состав шламов, кроме монокальциевого, характеризуется преобладанием двухкальциевого силиката (50–90%), а также наличием алюминатов и ферритов кальция. Наличие в шламах значительного количества воды приводит к частичной гидратации минералов и образованию гидросиликатов, гидроалюминатов и гидроферритов.

Характерная особенность «красных» шламов – это высокое содержание оксидов железа и алюминия. Химический состав (%): SiO_2 – 10–18; Al_2O_3 – 10–18; Fe_2O_3 – 24–45; CaO – 15–40; Na_2O – 4–7. В отличие от нефелиновых бокситовые шламы содержат значительно меньше белита ($2CaO \cdot SiO_2$), но включают большее количество ферритов и алюмоферритов кальция, алюминатов, алюмосиликатов и ферритов натрия. В настоящее время основная масса бокситовых шламов сливается в отвалы.

Из физических свойств красных шламов следует отметить их высокую дисперсность, способность к слеживанию и комкованию, а также высокую влажность [40, 64, 65].

Анодные газы. Отходящие от алюминиевых электролизеров газы содержат пыль, моно- и диоксид углерода, диоксид серы, фтористый водород, угле- и кремнефториды, сероводород, дисульфид углерода, пары воды и смолистые вещества. В состав последних входит несколько десятков органических соединений, представленных, в том числе и полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ). Анодные газы электролиза следует считать аэродисперсной системой или аэрозолем [66], поскольку в данном случае в качестве дисперсионной среды выступает газ, а в качестве дисперсной фазы – твердые и жидкие частицы.

Пыль с крыш и строительных конструкций электролизных корпусов. По своему вещественному составу пыль с крыш и строительных конструкций электролизных корпусов в определенной степени соответствует составу сырья, используемого при электролизе алюминия. Проведенные рентгенофазовые исследования показали, что основу пыли

составляют оксид алюминия, преимущественно α- и Θ-модификации, фтористые соли и углерод. Из нежелательных примесей выделяется углерод, содержание которого в пыли колеблется от 5 до 8 % мас. Содержание оксидов железа и кремния измеряется десятыми долями процента. Сера в пыли представлена сульфатом натрия. Не исключено также присутствие серы в виде сернистого ангидрида SO_2, адсорбированного поверхностью частиц пыли. Гранулометрический состав пыли с крыш достаточно непостоянен и отличается повышенным содержанием частиц крупных классов [42].

Пыль электрофильтров. Основу молекулярного состава пыли электрофильтров составляют оксид алюминия Al_2O_3 преимущественно α-модификации, фтористые соли (в основном криолит Na_3AlF_6 хиолит $Na_5Al_3F_{14}$), углерод С, смолистые вещества и сульфат натрия Na_2SO_4, оксид железа Fe_2O_3. Пыль электрофильтров является тонкодисперсным отходом, средний диаметр частичек которого варьируется в пределах от 10 до 25 мкм. Удельное электросопротивление пыли электрофильтров составляет $4 \cdot 10^7 - 10^8$ Ом·см при точках росы газа от 10 до 40°С. Истинная плотность (плотность самих пылинок) электрофильтровой пыли составляет в среднем 2,92 г/см^3. Насыпная плотность сухой пыли электрофильтров варьируется в интервале 0,86–1,15 г/см^3. Угол естественного откоса, также в зависимости от насыпной плотности, изменяется в пределах 35–40°.

Шлам газоочистки. По сравнению с пылью электрофильтров, шлам должен быть обогащен фтором, обеднен углеродом и оксидом алюминия. В отличие от пыли электрофильтров, шлам газоочистки практически не содержит хиолита, при этом в шламе может присутствовать некоторое количество гидроалюмокарбоната натрия $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2CO_2 \cdot nH_2O$. Средняя крупность частичек шлама газоочистки близка или чуть меньше размера частиц пыли электрофильтров и колеблется в пределах 7–20 мкм.

Электролитная угольная пена. Химический состав угольной пены определяется содержанием углерода, поскольку состав электролитной части пены колеблется в очень узких пределах. Так, при величине криолитового отношения электролита в пределах 2,7–2,8 электролитная часть пены содержит в среднем, % мас: F = 45,5; Al = 17,9; Na = 25,6; SiO_2 = 0,35; Fe_2O_3 = 0,55; Ca = 1,1; Mg = 0,5. В свою очередь, содержание углерода в угольной пене, по данным многолетних наблюдений на разных заводах, варьируется в пределах 27,2–32,7 % мас. [42]. При хранении угольной пены на открытых площадках ее физико-механические свойства существенно изменяются. Истинная плотность и объемная масса лежалой пены увеличиваются в 1,1–1,4 раза, по сравнению

со свежей, а пористость и водопоглощение уменьшаются соответственно в 1,3 и 2 раза. Крепость лежалой пены увеличивается примерно в 2 раза. При этом химический состав угольной пены в процессе хранения изменяется крайне незначительно, благодаря тому, что основные компоненты пены практически не растворимы в воде [42]. Размер кусков угольной пены, вывозимой на переработку из корпусов электролиза, не должен превышать 200 мм.

Хвосты флотации угольной пены. По своему составу хвосты флотации являются многокомпонентной смесью, основу которой составляют углерод, фтористые соли и оксид алюминия. Исследования дисперсного состава хвостов флотации показали, что средний диаметр частиц в пробах колеблется от 35 до 75 мкм.

Таблица 3.1

Гранулометрический состав хвостов флотации угольной пены

Классы крупности, мкм	Выход класса, %
–0,5 + 0	0,03
–1 + 0,5	0,23
–2 + 1	1,03
–3 + 2	1,39
–4 + 3	1,43
–5 + 4	1,35
–10 + 5	5,20
–15 + 10	3,87
–20 + 15	3,40
–25 + 20	3,13
–30 + 25	2,93
–38 + 30	4,24
–40 + 38	0,99
–45 + 40	2,36
–50 + 45	2,20
–71 + 50	8,12
–100 + 71	9,44
–200 + 100	26,92
–315 + 200	21,74

Отработанная катодная футеровка алюминиевых электролизеров. Типичный усредненный состав отходов футеровки выглядит следующим образом: примерно 30 % мас. углерод, 30 % мас. огнеупоры и 40 % мас. фториды: криолит, NaF, CaF_2. Отработанная футеровка содержит также небольшое количество металлического алюминия, цианида натрия, калия, железа, нитрид алюминия AlN, карбид алюминия Al_4C_3, алюминид железа Al_3Fe, гидроксиды и карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов [11, 13, 35].

В табл. 3.2, рис. 3.13 приведены фазовый анализ пробы ОФЭ. Данные порошковой рентгеновской дифракции исследуемых проб получены с использованием дифрактометра D8 ADVANCE Bruker, оснащенном зеркалом Гёбеля и детектором VANTEC-1 PSD. Съемка выполнена в пошаговом режиме в диапазоне углов 2θ от 5 до 70°, с использованием Cu-излучения. Экспериментальные условия следующие: 40 kV, 40 mA, экспозиция – 1 s, размер шага – 0,02° 2θ. Расчет рентгенограмм выполнен с помощью программного обеспечения дифрактометра. Для идентификации фаз использовалась база порошковых дифрактограмм PDF-2.

Таблица 3.2

Минеральный состав проб футеровки алюминиевых электролизеров

№ п/п	Название пробы	Минеральный состав	Формула
1	Отработанная угольная футеровка	1. Криолит	Na_3AlF_6
		2. Калиевый алюминат	$K_{1,44}Al_{10,88}O_{17,23}$
		3. Флюорит	CaF_2
		4. Кристаллический углерод	C
		5. Хиолит	$Na_5Al_3F_{14}$
		6. Алюминий	Al
		7. Магнетит	Fe_2O_3
2	Огнеупорная часть отработанной футеровки	1. Кварц	SO_2
		2. Муллит	$Al_{2,35}Si_{0,64}O_{4,82}$
		3. Тридимит	SiO_2
		4. Магнетит	Fe_2O_3

В табл. 3.3 представлены результаты приближенно-количественного рентгенофлуоресцентного анализа исследуемых проб. Для оценки содержания примесных компонентов в исследуемых образцах был проведен приближенно-количественный рентгенофлуоресцентный анализ образцов на рентгеновском волнодисперсионном спектрометре S8 TIGER (Bruker, AXS) с рентгенооптической схемой по Соллеру, оснащенном рентгеновской трубкой с Rh-анодом мощностью 4 кВт. Спектрометр S8 TIGER оснащен пакетом программного обеспечения (ПО) SPECTRA^{plus} . В рамках данного ПО для качественного анализа неизвестных образцов используют пакет бесстандартного анализа QUANT EXPRESS, который содержит набор универсальных калибровок созданных с использованием образцов известного состава. Метод расчета в QUANT EXPRESS включает модели альфа-коррекции с теоретически рассчитанными коэффициентами и процедуру корректировки наложения линий. Исследуемые образцы были проанализированы в опции Full Analysis, которая включает приближенно-количественный анализ образца с определением основных и второстепенных элементов. Излучатели готовили прессованием двухслойных дисков с борной кислотой диаметром 40 мм под давлением 10 т.

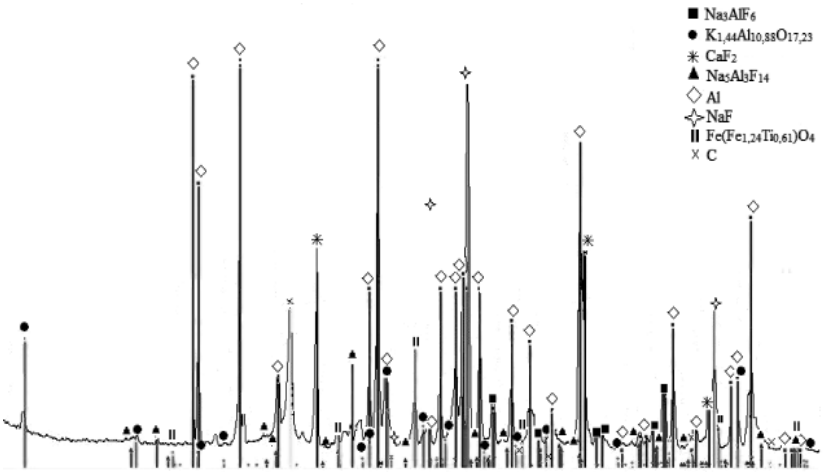


Рис. 3.13. Фазовый анализ отработанной угольной футеровки

Таблица 3.3

Результаты приближенно-количественного РФА исследуемых проб

Номер пробы	Номер излучателя / компонент	1 / содержание, %	2 / содержание, %	3 / содержание, %	Средн. содержание, %
1	F	30,94	30,9	31,2	31,013
	Na	10,86	10,78	10,71	10,783
	Al	10,19	10,13	10,06	10,127
	Ca	4,17	4,186	4,154	4,17
	Si	1,23	1,22	1,26	1,237
	K	0,91	0,922	0,924	0,919
	Mg	0,46	0,463	0,43	0,451
	S	0,37	0,367	0,364	0,367
	Fe	0,546	0,512	0,529	0,529
	Cl	0,2	0,213	0,197	0,203
	Ti	0,06	0,066	0,067	0,064
	Sr	0,04	0,0349	0,0342	0,036
2	SiO_2	69,74	69,41	68,65	69,267
	Al_2O_3	14,65	14,46	14,53	14,547
	Fe_2O_3	2,439	2,515	2,47	2,475
	F	1,99	2,08	1,92	1,997
	TiO_2	1,01	1,01	0,99	1,003
	Na_2O	0,899	0,839	0,84	0,859
	K_2O	0,796	0,802	0,81	0,803
	MgO	0,606	0,571	0,61	0,596
	CaO	0,336	0,322	0,33	0,329
	SO_3	0,109	0,107	0,11	0,109
	W	0,0273	0,0245	0,03	0,027
	Cr	0,0225	0,0215	0,02	0,021
	Zr	0,0136	0,0102	0,01	0,011
	Ni	0,006	0,004	0,01	0,005
	Zn	0,005	0,006		0,006
	Cu	0,005	0,005	0,004	0,005

Номер пробы	Номер излучателя / компонент	1 / содержание, %	2 / содержание, %	3 / содержание, %	Средн. содержание, %
2	Sr	0,004	0,003	0,004	0,004
	Mn	0,004	0,007	0,006	0,006
	Rb	0,003	0,002		0,003
	Nb	0,002	0,002		0,002
	Ba		0,011		0,011
	P_2O_5		0,029	0,04	0,035
	V		0,021	0,02	0,021

Пример.

Анализ состав техногенных отходов ОАО «РУСАЛ Братск»

Отбор проб и пробоподготовка проводились под руководством работников центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) в соответствие с ГОСТ 17.4.3.01-83. Основным критерием пробоотбора являлась представительность проб, которая зависит от дисперсного состава того или иного отбираемого материала. Так, для пыли электрофильтров и шламов газоочистки – тонкодисперсные материалы, средний диаметр частиц которых варьируется в пределах от 7 до 25 мкм, объем представительной пробы составлял около 1 кг. Для хвостов флотации угольной пены объем представительной пробы составлял около 3–5 кг, т.к. средний диаметр частиц в пробах колеблется от 35 до 75 мкм.

В настоящее время все фторуглеродсодержащие материалы (хвосты флотации угольной пены, шламы газоочистки, пыль электрофильтров и угольная футеровка) сбрасываются на шламовые поля. Образующаяся пульпа имеет усредненный состав из этих компонентов и не может дать четкого представления о свойствах каждого из них. Поэтому было принято решение, о необходимости отбора проб фторуглеродсодержащих материалов по номенклатуре и проведение экспериментов в условиях действующего производства (рис. 3.14).

Для отбора представительной пробы хвостов флотации угольной пены на УФС в течение рабочей смены была прекращена подача шлама, который транспортировался на шламовое поле, промыта вся схема. После нескольких часов, в течение которых на данную операцию подавалась только измельченная угольная пена, был произведен отбор пенного продукта из камер контрольной стадии флотации. После чего, отобранные хвосты флотации угольной пены отфильтровывались на фильтровальной ткани и просушивались в печах на поддонах.

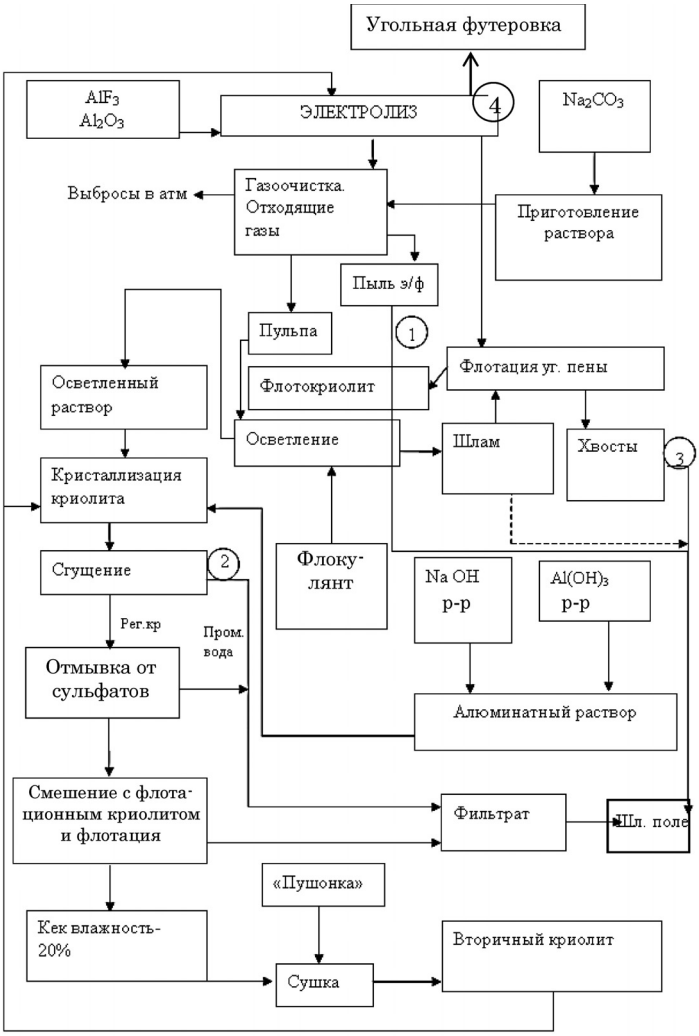


Рис. 3.14. Схема производства алюминия
на БрАЗе с указанием точек отбора проб:
1 – пыль электрофильтров, 2 – шлам газоочистки,
3 – хвосты флотации угольной пены; 4 – угольная футеровка.
* Пунктирной линией обозначено временное направление шлама г/о в обход операции флотации угольной пены во время отбора проб хвостов флотации

Шлам газоочистки отбирался в цехе после осветления растворов газоочистки и их сгущения, пробы были подвергнуты фильтрации на фильтровальной ткани и сушке в печах на поддонах.

Пыль электрофильтров была отобрана в сухом виде при разгрузке электрофильтра. Дополнительной пробоподготовки не требовалось.

Угольная футеровка перед началом процесса выщелачивания подвергалась измельчению на щековой дробилке до крупности −10 + 5 мм в ЦЗЛ. Далее полученные гранулы истирались в фарфоровой ступке до мелкодисперсного порошка. Следует также отметить, что угольная футеровка имеет неоднородный состав. Для проведения исследований по выщелачиванию фтора из этого вида техногенного сырья усреднения пробы перед ее отбором не проводилось. Однако для исследований кристаллизации фтористых солей из фторсодержащих растворов после выщелачивания угольной футеровки была отобрана проба с наибольшим содержанием фтора.

Подготовка проб осуществлялась по ГОСТ 14180–80. Пробы для химического анализа помещались в плотно закрытый пакет, обеспечивающий сохранность пробы.

Проведение химических анализов на Братском алюминиевом заводе проводилось в аттестованной и аккредитованной центральной заводской лаборатории и осуществлялось на основании стандартных методик, основанных на ГОСТ, ПНД и утвержденных Постановлением Госстандарта.

Содержание фтора в твердых пробах определялось с помощью иономера потенциометрическим методом, основанном на измерении потенциала лантан-фторидного электрода относительно хлорсеребряного электрода сравнения в анализируемом растворе, который получен сплавлением исследуемой пробы с калием-натрием углекислым. Определение иона фтора в растворе осуществлялось методом титрования, основанном на определении в анализируемом растворе натрия фтористого. Титрометрическим методом также определяли концентрацию сульфатов в растворе, который основан на титровании сульфат-ионов хлористым барием с индикатором нитхромазо, и содержание кальция в твердой пробе, основанном на способности трилона Б образовывать прочные комплексные соединения с кальцием. Содержание сульфатов в твердой пробе определяли гравиметрическим методом. Измерения массовой доли алюминия в твердых пробах основаны на трилонометрическом методе определения алюминия в среде ацетатного буфера при pH = 5,5–6 в присутствии индикатора ксиленолового оранжевого. Определение содержания натрия в твердой пробе осуществлялось фотометрическим методом. Методика измерений массовой доли углерода в твердых исследуемых пробах основана на газообъемном методе.

В табл. 3.4 приведены данные химического состава в различных отходах ОАО «РУСАЛ Братск».

Таблица 3.4

Содержание различных химических элементов
и соединений во фторуглеродсодержащих материалах
производства алюминия (ОАО «РУСАЛ Братск»)

Материал	Содержание химических элементов, %										
	Na	Al	F	C	Al_2O_3	CaF_2	MgF_2	Fe_2O_3	SiO_2	SO_4	K
Хвосты флотации угольной пены	8,6	3,3	8,7	71,1	0,03	1,5	0,4	1,0	0,1	0,3	0,1
Шлам газоочистки	22,1	13,3	25,8	11,2	0,00	0,0	0,0	1,2	0,2	0,0	0,0
Пыль электрофильтров	8,1	18,8	22,3	25,4	0,00	0,0	0,0	2,9	1,3	0,0	0,0
Угольная футеровка	12	4,7	10,2	60,2		1,2		2,25	1,8		

3.2.2. Состав и свойства отходов золотопромышленных горно-металлургических комплексов

Развитие минерально-сырьевой базы золотодобывающей промышленности на современном этапе связано, главным образом, с масштабным вовлечением в разработку руд с микроскопической-субмикроскопической вкрапленностью, а также с рассеянными (ультрадисперсными) включениями золота в кристаллической решетке минералов-носителей, поэтому техногенные месторождения содержат все перечисленные формы золота. Следует отметить, что частицы ультрадисперсного (невидимого) золота распространены значительно более широко, чем видимые [68, 69]. Упорность золотосодержащего сырья обусловлена наличием мелкого (с размерами частиц от 100 до 1 мкм), тонкодисперсного (< 1 мкм), субмикроскопического (< 0,1 мкм) и ультрадисперсного (наноразмерного) самородного золота, связанного с пиритом и арсенопиритом [70–73]. Золото также находится в сульфидах в виде механической примеси – собственно металлической. В работах учёных описываются так называемые «изоструктурные», «изоморфные» формы вхождения золота в кристаллическую структуру сульфидов, причем, преимущественно в анионной и в меньшей степени – в катионной формах.

Ультрадисперсное золото в силу наличия связей с другими элементами (сульфидами железа, железа и меди, свинца, висмута, а также сульфосолями, в том числе содержащими железо и медь) создает значительные сложности уже на стадии анализа проб и их технологического тестирования, что, в свою очередь, дополнительно осложняется многообразием форм нахождения дисперсного золота.

До настоящего времени нет единого мнения о формах нахождения золота в некоторых минералах-носителях, например, в сульфидах железа, несмотря на то, что данный вопрос уже более 80 лет является предметом исследования ученых. Технологический аспект исследования форм нахождения дисперсного золота в рудах заключается в установлении их физико-химических свойств, определяющих извлечение:

1) минералов-носителей золота в концентрат;

2) собственно золота в раствор и в (на) концентрирующий агент (сорбент, осадитель, экстрагент) [74].

Извлекаемое золото в упорном сырье находится в виде наночастиц. Применительно к размерным эффектам в химии наноматериалов сформулированы два понятия: наночастица и нанореактор; первое из них характеризует размерный параметр, а второе определяет функцию наночастицы. Из нанообъектов следует выделить кластеры – образования, содержащие до сотен тысяч атомов. Кластеры металлов занимают промежуточное положение между атомами и массивным металлом и представляют его особое состояние с измененными физико-химическими параметрами [75].

Тонкодисперсные частицы золота крупностью ($n \cdot 10^{-6}$–10^{-5} м) и крупнодисперсные ($n \cdot 10^{-4}$ м) более надежно выявляются электронной и лазерной микроскопией и при отсутствии рассмотренных причин упорности минерально-сырьевых объектов не представляют большой проблемы для извлечения металла, так как достаточно частичного окисления мелкодробленой руды в кучном варианте. Однако диапазон вкрапленности золота в различных типах техногенного сырья достаточно широк: от атомарного (рассеянного) до микровключений. Главным осложняющим фактором при переработке сульфидных отходов является золото, находящееся в минеральной матрице в форме наночастиц ($n \cdot 10^{-9}$–10^{-7} м), поскольку оно наиболее прочно связано с кристаллической решёткой.

При переработке отходов, содержащих ультрадисперсное золото, наряду с решением проблем обеспечения его контакта с реагентами, необходимо учитывать и эффект сорбции золото-цианистого комплекса глинистыми минералами или углистым веществом, обуславливающим высокий уровень технологических потерь металла. Органо-металлические формы дисперсного золота создают сложности при его извлечении

стандартным цианированием и требуют использования процессов окисления матрицы перед или в процессе выщелачивания. В сульфидных отходах с углисто-битумными (органическими) включениями наиболее активными естественными сорбентами золота являются углистые включения в сланцах, а также глинистые минералы, в первую очередь, монтмориллонит, некоторые силикаты, алюмосиликаты, тонкоизмельченный кварц и другие рудные компоненты [76].

Основными проблемами извлечения ультрадисперсного золота из техногенных отходов являются:

1) группа химических факторов при использовании химических способов обогащения: обеспечение к золоту доступа выщелачивающего раствора за счет формирования в кристаллах минералов-носителей достаточно развитой системы подводящих микротрещин и пор; выбор эффективной системы окислителей и комплексообразователей, нарушающих первичные химические связи между атомами золота и минералообразующими атомами, а также формирующих с ним более устойчивые связи в сравнении с теми элементами, с которыми оно связано изначально в минеральной матрице; решение вопросов с последовательным и продолжительным выходом золота в жидкую фазу, обусловленным различными формами его нахождения, и, соответственно, различными условиями его растворения и переосаждением части растворенного в первые минуты металла на минералы-сорбенты;

2) группа биотехнологических факторов при использовании биотехнологии: ограниченность применения, обусловленная сложностью вещественного состава отходов (наличие углистых и органических веществ); экстенсивностью процесса; неполнота вскрытия золотосодержащей матрицы;

3) группа геолого-технологических факторов при применении биотехнологии. Повысить эффективность процесса извлечения ультрадисперсного золота из техногенных отходов в этом случае можно, увеличив активность кислород- и водородсодержащих комплексов в растворе (жидкой фазе) [77, 78].

Исследование технологических свойств отходов осуществлялись в опытах по активному цианированию [79].

Для переработки техногенных отходов на месте добычи золотосодержащей руды испытаны методы прямого цианирования «сырого» и доизмельченного концентрата, а также варианты с цианированием концентрата после предварительного обжига или автоклавного окисления [80], проведены и другие работы по переработке техногенного сырья [81–83].

В ряде случаев предприятия, деятельность которых послужила накоплению отходов, ликвидированы, а содержание полезных компонентов в отходах этих предприятий выше, чем в недрах отрабатываемых ныне месторождений. На основании опубликованных официальных материалов, подсчитаны потенциальные запасы золота в отходах горнопереработывающего кластера, находящегося на территории Забайкалья, по 10 объектам учёта (β_{Au} = 0,2...6,2 г/т, $\beta_{Au}^{сред}$ = 0,63 …1,5 г/ т), которые составили 174,8 т.

Кроме техногенных скоплений, полученных при обогащении коренных руд, большое количество благородных металлов сосредоточено в гале-эфельных отвалах, хвостах ШОУ, образованных в старательских артелях при отработке россыпных месторождений, для которых характерно тонкое и чешуйчатое золото, золото в «рубашке», а также его ультрадисперсные включения в оксиды железа и сульфидные шлиховые минералы [52].

Рассмотрим состав и технологические свойства отходов золотопромышленных горно-металлургических комплексов на примерах ряда минерально-сырьевых объектов.

Пример 1.

Минерально-сырьевой объект 1 – отходы техногенных золотосодержащих месторождений Дарасунского рудника (забалансовая руда шахты «Талатуй» и лежалые хвосты золотоизвлекательной фабрики, полученные в результате добычи и переработки минерального сырья Дарасунского рудного поля, которое размещается в Забайкальской золоторудной провинции).

Значительный промышленный интерес минерально-сырьевого объекта 1 представляют отвалы, в отдельных участках которых содержание золота доходит до 4 г/т, хвосты флотации со средним содержанием в них золота, приближающегося к 1–1,5 г/т. При освоении золотосодержащих объектов техногенных отходов, главной проблемой является извлечение микронного и, как установлено, ультрадисперсного золота из матриц кварца и халцедона, сульфидов. Решение этой проблемы позволит вовлечь во вторичную переработку лежалые хвосты обогащения руд золотосодержащих месторождений или осуществить выщелачивание золота на месте их хранения.

Отличительной чертой отходов техногенного месторождения минерально-сырьевого объекта 1 является высокое (15–60 %) содержание сульфидов (пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин и др.) и сульфосолей (бурнонит, тетраэдрит, фрейбергит,

тетрадимит и др.). Полезными компонентами являются золото, серебро, медь, свинец, цинк. Золото самородное мелкое и субмикроскопическое от 0,06–1,5 мкм до 2 мм. Основными носителями золота являются пирит (19,8 г/т), арсенопирит (37,3 г/т), халькопирит (84,6 г/т), сульфосоли (13,9 г/т).

Для разработки технологии извлечения золота из бедного минерального сырья разработана комплексная методика технологических исследований по выщелачиванию золота из забалансовой руды и техногенных отходов – лежалых хвостов обогащения минерально-сырьевого объекта

1. Комплексная методика включает пять этапов:

1) изучение вещественного состава техногенных отходов;

2) проведение тестовых опытов по цианированию;

3) при получении положительных результатов – проведение экспериментальных исследований в перколяторах;

4) проведение экспериментальных исследований в перколяторах укрупнённой для лабораторной пробы;

5) проведение полупромышленных испытаний. Результаты исследований по этой методике явились основанием для разработки рекомендуемой схемы переработки техногенного минерального сырья [52, 84].

Подготовка лабораторной пробы забалансовой руды включала операции грохочения, дробления, измельчения, перемешивания, сокращения и отбора навесок для лабораторных технологических исследований и проведения различных анализов.

Гранулометрический состав объектов исследования (забалансовая руда и лежалые хвосты) представлен в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Гранулометрический состав проб

Класс, мм	Проба забалансовой руды		Проба лежалых хвостов	
	Содержание		Содержание	
	грамм	%	грамм	%
–5,0 + 2,0	165,00	33,00	2,17	0,43
–2,0 + 1,0	45,00	9,00	0,48	1,10
–1,0 + 0,071	187,63	37,53	175,52	35,10
–0,071	102,37	20,47	321,83	64,37
Итого	500,00	100,00	500,00	100,00

Как следует из данных табл. 3.5 большая часть материала пробы забалансовой руды (42,0 %) находится в классе крупнее 1,0 мм. Материал представлен обломками мелко-среднезернистых пород с обильными включениями пирита (20–30 % от объема обломков). Породы предположительно интрузивного генезиса. Крупность материала технологической пробы лежалых хвостов представлена 65 % класса –0,071 мм. Материал проб забалансовой руды и лежалых хвостов крупностью – 1 + 0,071 мм размыт в тяжелых жидкостях и расфракционирован по магнитным свойствам. Изучение вещественного состава забалансовой руды проводилось на представительной навеске исходной пробы массой 1000 г, измельченной до 2,0 мм и лежалых хвостов обогащения – пробы массой 1000 г. Вещественный состав пробы изучали по программе: проведение полуколичественного спектрального анализа, определение содержания золота, установление химическим анализом содержания основных полезных компонентов, проведение минералогического анализа.

Результаты количественного минералогического и полуколичественного спектрального анализов объектов исследования приведены в табл. 3.6–3.9.

Таблица 3.6

Результаты количественного минералогического анализа забалансовой руды месторождения Талатуй

Название минералов	Содержание, %	Название минералов	Содержание, %
Пирит	10,91	Эпидот	зн.
Арсенопирит	0,04	Циркон	0,01
Халькопирит	0,01	Хлорит	0,87
Магнетит	1,05	Моноцит	зн.
Лимонит	зн.	Биотит	3,82
Рутил	зн.	Амфибол	2,48
Сфен	зн.	Карбонат	0,5
Турмалин	0,02	Обломки пород	39,21
Апатит	0,01	Кварц + полевой шпат	41,06

Таблица 3.7

Результаты полуколичественного спектрального анализа забалансовой руды месторождения Талатуй

Элементы	Содержание, %	Элементы	Содержание, %
Свинец	0,003	Бор	0,1
Цинк	0,005	Титан	0,7
Олово	0,0002	Марганец	0,02
Вольфрам	0,004	Цирконий	0,02
Молибден	0,0002	Скандий	0,0015
Медь	0,1	Иттрий	0,004
Серебро	0,0002	Иттербий	0,0004
Мышьяк	0,02	Лантан	0,006
Висмут	0,0001	Барий	0,1
Кобальт	0,005	Натрий	1,5
Никель	0,002	Магний	5,0
Ванадий	0,01	Алюминий	10,0
Хром	0,004	Кремний	20,0
Бериллий	0,0001	Кальций	10,0
Галлий	0,015	Железо	10...15

Таблица 3.8

Результаты количественного минералогического анализа лежалых хвостов Дарасунской ЗИФ

Название минералов	Содержание, %	Название минералов	Содержание, %
Пирит	6,02	Циркон	зн.
Арсенопирит	0,01	Хлорит	1,27
Киноварь	ед.зн.	Серицит	39,25
Молибденит	ед.зн.	Биотит	2,00
Лимонит	зн.	Амфибол	зн.
Рутил	зн.	Карбонат	2,20
Сфен	0,01	Обломки пород	0,45
Турмалин	ед.зн.	Кварц + полевой шпат	48,75
Апатит	ед.зн.	Эпидот	зн.
Магнетит	0,03	Лейкоксен	зн.
Ильменит	0,01		

Таблица 3.9

Результаты полуколичественного спектрального анализа лежалых хвостов Дарасунской ЗИФ

Элементы	Содержание, %	Элементы	Содержание, %
Свинец	0,01	Бор	0,01
Цинк	0,01	Титан	0,5
Олово	0,0001	Марганец	0,15
Молибден	0,0002	Цирконий	0,02
Медь	0,015	Скандий	0,001
Серебро	0,00015	Иттрий	0,003
Мышьяк	0,15	Иттербий	0,0003
Висмут	0,0005	Лантан	0,0005
Сурьма	0,005	Барий	0,07
Кобальт	0,002	Натрий	1,5
Никель	0,003	Магний	5,0
Ванадий	0,008	Алюминий	10,0
Хром	0,004	Кремний	2,0
Бериллий	0,0002	Кальций	10,0
Галлий	0,0015	Железо	10...15

При изучении вещественного состава ставилась цель – обнаружение признака вещественного состава отходов, которые определяют их обогатимость. Оценку форм нахождения золота определяли фазовым анализом. Результаты этого анализа в сочетании с показателями обогащения позволили дать оценку отходам и отнести их к определенному технологическому типу.

Подготовка исследуемого сырья – забалансовой руды месторождения Талатуй, лежалых хвостов для анализа включала рассев на ситах и разделение каждого класса в бромоформе с сохранением легких фракций; магнитную и электромагнитную сепарации с применением магнитов МРЧ, Сочнева и электромагнита УЭМ-1. Все классы крупнее 0,071 мм изучались под бинокуляром, класс крупностью менее 0,071 мм – в иммерсионных препаратах. Содержание минералов определялось методом подсчета зерен. В процессе минералогического изучения технологической пробы определялось содержание не только рудных и жильных минералов, но и минералов вмещающих пород.

По результатам пробирно-атомно-абсорбционного анализа содержание золота составило, г/т: забалансовая руда – 0,7; лежалые хвосты Дарасунской ЗИФ – 1,35. Для определения форм нахождения золота отобраны навески по 1 кг от каждого вида сырья и проведен фазовый (рациональный) анализ. Результаты фазового анализа приведены в табл. 3.10, 3.11.

Таблица 3.10

Результаты фазового анализа забалансовой руды месторождения Талатуй

Форма нахождения золота в пробе	Содержание, г/т	Распределение, %
Свободное золото:		
с чистой поверхностью	0,02	2,86
покрытое пленкой	0,18	25,71
Золото в сростках:		
с чистой поверхностью	0,39	55,71
покрытое пленкой	0,01	1,43
Золото, ассоциируемое с сульфидами	0,08	11,43
Золото в силикатной породе	0,02	2,86
Итого:	0,70	100,0

Таблица 3.11

Результаты фазового анализа лежалых хвостов Дарасунской ЗИФ

Форма нахождения золота в пробе	Содержание, г/т	Распределение, %
Свободное золото:		
с чистой поверхностью	0,05	3,71
покрытое пленкой	0,06	4,44
Золото в сростках:		
с чистой поверхностью	1,09	80,74
покрытое пленкой	0,07	5,19
Золото, ассоциируемое с сульфидами	0,03	2,22
Золото в силикатной породе	0,05	3,70
Итого:	1,35	100,0

Из данных результатов фазового анализа следует:

1) в забалансовой руде при крупности материала – 5 мм содержание свободного золота низкое и составляет всего 2,86%. При доизмельчении материала до флотационной крупности высвобождается еще 25,71% золота. В основном золото находится в сростках 55,71% с чистой поверхностью

и 1,43 % покрытое окисной пленкой. В пробе присутствует золото, связанное с сульфидами 11,43 % и в кварце 2,86 %;

2) в лежалых хвостах золото, в основном, находится в сростках 80,74 % с чистой поверхностью и 5,19 % «ржавое». В пробе присутствует золото, связанное с сульфидами 2,22 % и в кварце 3,7 %. Свободного золота мало: 3,71 % с чистой поверхностью и 4,44 % покрытого окисной пленкой;

3) в хвостах флотации Дарасунской ЗИФ золото, ассоциируемое с сульфидами, составило 12,6 %, в силикатной породе – 3,9 %;

4) в лежалых огарках Дарасунского рудника основная масса золота находится в сростках (40,23 %) и ассоциирует с сульфидами (25,07 %).

Выводы по вещественному составу техногенного сырья Дарасунского рудного поля

1. Основным полезным компонентом является золото.

2. Видимого свободного золота не обнаружено.

3. Методом амальгамации золото определено в материале крупностью менее 0,071 мм.

4. Наличие золота, ассоциированного сульфидами 2,22...25,07 %, золота в силикатной породе – 2,86...3,9 %; попутных полезных компонентов нет.

5. Оценивая результаты изучения вещественного состава техногенного сырья Дарасунского рудника, можно сделать вывод о том, что отвалы забалансовых руд и отходы переработки (лежалые хвосты) представляют собой типичные техногенные месторождения со значительными запасами упорного золота, не извлекаемого классическими методами, которые постоянно пополняются за счет пород внутренней вскрыши карьера Талатуй, отвальных хвостов Дарасунской ЗИФ и являются перспективной сырьевой базой для выщелачивания благородных металлов.

Технологические исследования проводили на нескольких пробах: лежалых хвостах, забалансовой руде нескольких фракций крупности: −20 мм, −10 мм, −20 мм, −5 мм, −2,5 мм, окатышей, состоящих из смеси различного соотношения забалансовой руды и лежалых хвостов.

Выщелачивание золота из забалансовой руды различных фракций крупности и лежалых хвостов проводилось одновременно в пяти перколяторах диаметром 42 мм, высотой 2 м, масса пробы 3 кг, объем раствора цианида при нисходящем орошении 240–250 мл/сут, истекание золотосодержащего раствора 200–230 мл/сут. Режим цианирования:

1) для лежалых хвостов – расход цианида 1,0 г на один опыт (0,33 кг/т); концентрация цианида 0,1–0,27 г/л;

2) для забалансовой руды – расход цианида 0,75 г на один опыт (0,25 кг/т); концентрация цианида 0,02–0,44 г/л.

Лучшие результаты получены из окатышей, состоящих из смеси забалансовой руды крупностью – 20 мм и лежалых хвостов в соотношении 1:1. Результаты цианирования (извлечение золота, расход реагентов) позволяют выявить перспективность кучного выщелачивания для данных техногенных отходов.

В табл. 3.12 приведены результаты экспериментальных исследований извлечения золота из техногенных отходов.

Таблица 3.12

Выщелачивание золота из хвостов ЗИФ
и забалансовой (отвальной) руды после их окомкования

Эксперименты	Температура выщелачивания, сут	Доля хвостов ЗИФ, %	Доля забалансовой руды, %	Расход цемента в окатышах, кг/т	Класс крупности забалансовой руды, мм	q_{Au}, г/т	Дополнительно извлеченное золото из окатышей, г/т	Извлечение золота, %
1	10	100	0	2	–	0,256	–	19,7
2	100	100	0	10	–	1,040	–	80,4
3	100	0	100	2	20	0,354	–	52,1
4	50	95	5	2	20	0,565	0,15	56,5
5	100	85	15	2	20	0,95	0,061	78,7
6	100	50	50	2	20	0,736	0,215	73,6

Результаты выщелачивания золота из окатышей показывают, что такой процесс включает следующие стадии:

1) интенсивный период выщелачивания, когда выщелачивается свободное золото, содержащееся в гранулах (продолжительность выщелачивания 40 сут, извлечение золота 53,6 %, расход цианида 6,2 г);

2) промежуточный период, когда происходит выщелачивание вкрапленного, покрытого пленками и «ржавого» золота и довыщелачивание свободного золота (с 40–80-х сут увеличение извлечения золота на 15,5 %, расход цианида 7,67 г);

3) экстенсивный период, когда происходит выщелачивание труднодоступного золота (с 80–100-х сут увеличение извлечения золота на 4,5 %, расход цианида 0,01 г).

За первый и второй периоды выщелачивания из руды извлекается основная масса золота (извлечение составляет 69,1 %.

Результаты исследований по выщелачиванию золота из лежалых хвостов и забалансовой руды приведены в табл. 3.13. Результаты выщелачивания золота из окатышей хвостов и забалансовой руды после их окомкования в табл. 3.14.

Таблица 3.13

Выщелачивание золота отдельно из хвостов золото-извлекательной фабрики и забалансовой (отвальной) руды

τ, сут	Концентрация цианида C_{CN^-}, г/л	Расход цианида Q_{CN^-}, г	pH	Концентрат Au в р-ре C_{Au}, мг/л	V продуктивного р-ра, мл	Масса Au, q_{Au}, мг	$\sum q_{Au}$, мг	Процент извлечения
Лежалые хвосты								
10	0,22	0,21	10,5	3,76	204	0,768	0,768	19,7
20	0,23	0,17	10,7	2,82	212	0,598	1,366	34,4
30	0,25	0,15	10,4	2,27	210	0,475	1,842	47,1
40	0,26	0,12	10,5	1,70	215	0,366	2,208	56,5
50	0,27	0,10	10,6	1,20	221	0,266	2,474	63,3
60	0,23	0,08	10,8	0,96	220	0,211	2,685	68,7
70	0,20	0,06	10,5	0,86	223	0,182	2,867	73,3
80	0,16	0,05	10,6	0,79	218	0,172	3,039	77,7
90	0,15	0,04	10,8	0,32	220	0,070	3,109	79,5
100	0,10	0,02	10,7	0,15	225	0,033	3,142	80,4
Забалансовая руда фракции крупности – 20 мм								
10	0,28	0,22	10,2	1,17	204	0,238	0,238	12,2
20	0,44	0,21	10,5	0,92	210	0,193	0,431	22,1
30	0,36	0,11	10,4	0,74	208	0,154	0,585	30,0
40	0,28	0,085	10,6	0,64	217	0,139	0,724	37,1
50	0,25	0,070	10,5	0,37	214	0,101	0,825	42,3
60	0,17	0,035	10,7	0,25	218	0,054	0,879	45,1
70	0,13	0,01	10,6	0,23	222	0,053	0,932	47,8
80	0,09	0,01	10,7	0,17	229	0,039	0,971	49,8
90	0,05	–	10,6	0,12	225	0,027	0,998	51,2
100	0,03	–	10,6	0,08	220	0,018	1,016	52,1
Забалансовая руда фракции крупности – 10 мм								
10	0,27	0,23	10,3	1,28	201	0,259	0,259	13,3
20	0,41	0,21	10,5	1,03	211	0,217	0,476	24,4

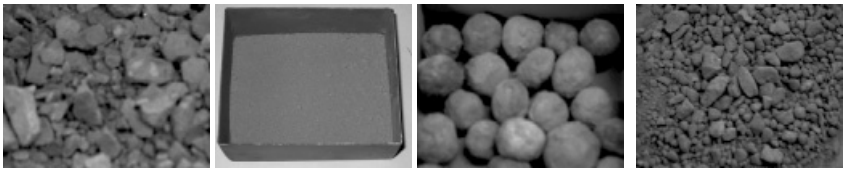
τ, сут	Концентрация цианида C_{CN^-}, г/л	Расход цианида Q_{CN^-}, г	pH	Концентрат Au в р-ре C_{Au}, мг/л	V продуктивного р-ра, мл	Масса Au, q_{Au}, мг	$\sum q_{Au}$, мг	Процент извлечения
30	0,37	0,12	10,4	0,93	215	0,200	0,676	34,7
40	0,29	0,07	10,7	0,85	218	0,186	0,862	44,2
50	0,26	0,05	10,6	0,72	221	0,160	1,022	52,4
60	0,17	0,03	10,8	0,69	220	0,151	1,179	60,1
70	0,14	0,02	10,7	0,49	222	0,109	1,282	65,7
80	0,08	0,01	10,7	0,24	221	0,053	1,335	68,4
90	0,04	0,01	10,6	0,13	220	0,028	1,363	69,9
100	0,02	–	10,7	0,03	221	0,007	1,370	70,3
Забалансовая руда фракции крупности – 5 мм								
10	0,27	0,23	10,5	1,94	203	0,394	0,394	20,0
20	0,41	0,22	10,6	1,40	210	0,294	0,688	35,3
30	0,34	0,11	10,5	1,15	218	0,250	0,938	48,1
40	0,26	0,08	10,8	0,67	219	0,147	1,085	55,7
50	0,24	0,06	10,6	0,57	221	0,126	1,211	62,1
60	0,18	0,03	10,5	0,39	220	0,086	1,297	65,6
70	0,14	0,01	10,7	0,23	224	0,05	1,347	69,1
80	0,09	0,01	10,8	0,22	225	0,049	1,396	71,6
90	0,06	–	10,6	0,18	226	0,041	1,437	73,7
100	0,03	–	10,7	0,10	230	0,021	1,458	74,8
Забалансовая руда фракции крупности – 2,5 мм								
10	0,28	0,22	10,6	2,69	202	0,545	0,545	28,1
20	0,42	0,20	10,4	1,84	214	0,395	0,94	48,4
30	0,37	0,12	10,7	0,96	207	0,20	1,14	58,6
40	0,29	0,09	10,5	0,51	215	0,11	1,25	64,3
50	0,26	0,07	10,7	0,50	220	0,11	1,36	70,1
60	0,17	0,03	10,8	0,31	220	0,07	1,43	73,5
70	0,14	0,01	10,5	0,23	218	0,05	1,48	76,3
80	0,08	0,01	10,6	0,10	224	0,02	1,50	77,7
90	0,05	–	10,7	0,09	223	0,02	1,52	77,9
100	0,03	–	10,6	0,05	222	0,01	1,53	78,5

Таблица 3.14

Выщелачивание золота из окатышей хвостов золотоизвлекательной фабрики и забалансовой (отвальной) руды после их окомкования

τ, сут	Концентрация цианида C_{CN^-}, г/л	Расход цианида Q_{CN^-}, г	pH	Концентрат Au в р-ре C_{Au}, мг/л	V продуктивного р-ра, мл	Масса Au, q_{Au}, мг	$\sum q_{Au}$, мг	Процент извлечения
10	2,6	2,0	10,4	12,48	750	9,36	9,36	20,0
20	4,6	2,0	10,3	8,89	852	7,58	16,94	36,2
30	3,4	1,4	10,5	6,33	828	5,24	22,18	47,4
40	2,6	0,8	10,6	3,63	800	2,9	25,08	53,6
50	2,0	0,7	10,5	3,48	832	2,9	27,98	59,8
60	1,7	0,4	10,6	2,02	793	1,6	29,58	63,2
70	1,2	0,3	10,4	1,78	811	1,44	31,02	66,3
80	0,9	0,07	10,6	1,58	828	1,31	32,33	69,1
90	0,12	0,01	10,5	1,43	816	1,17	33,50	71,6
100	0,06	–	10,6	1,16	810	0,94	34,44	73,6

Образцы минерального сырья, используемые при проведении экспериментальных исследований, изображены на рис. 3.15.



а б в г

Рис. 3.15. Минеральное сырье экспериментальных исследований:
а – забалансовая руда шахты «Талатуй»; б – лежалые хвосты Даранской ЗИФ;
в – окатыши хвостов; г – окатыши из смеси забалансовой руды и лежалых хвостов

Пример 2

Минерально-сырьевой объект 2 – техногенные отвалы (лежалые породы вскрыши). Объектом технологических исследований являлась проба техногенных отвалов – лежалых пород вскрыши с содержанием золота 1,1–1,5 г/т и серебра 1,5–2,0 г/т.

Распределение золота и серебра по фракциям крупности в техногенных отходах, додробленных до крупности 1,5 мм представлено в табл. 11. По содержанию серы (2,01 %) и мышьяка (0,072) исследуемые лежалые породы характеризуются как малосульфидные со степенью окисления 8,4 %; содержание вредных примесей (As, Sb, $C_{орг}$,) незначительно.

Минералогический анализ исследуемых отходов проводился на пробе крупностью минус 1,5 мм, масса навески 1 кг. Подготовка пробы к анализу включала: обесшламливание руды по классу 0,074 мм; разделение в бромоформе с получением тяжелой и легкой фракции; магнитную и электромагнитную сепарацию тяжелой фракции. Все фракции разделения взвешивались и изучались под бинокулярном, при необходимости в иммерсионных препаратах. Распределение золота и серебра по фракциям крупности в лежалых породах вскрыши, додробленной до крупности 1,5 мм представлено в табл. 3.15.

Таблица 3.15

Распределение золота и серебра по фракциям крупности в лежалых породах вскрыши), додробленной до крупности 1,5 мм

Класс, мм	Выход		Содержание, г/т		Распределение, %	
	г	%	Au	Ag	Au	Ag
–1,8 + 0,85	610,8	20,45	1,40	1,6	14,67	16,08
–0,85 + 0,425	607,7	20,34	0,98	1,4	10,21	14,01
–0,425 + 0,212	441,0	14,76	1,13	1,4	8,56	10,18
–0,212 + 0,106	374,5	12,54	3,93	2,1	25,28	12,93
–0,106 + 0,075	147,4	4,93	3,24	2,9	8,21	7,03
–0,075	805,9	26,98	2,39	3,0	33,07	39,77
Исх. руда –1,7 мм	2987,3	100,00	1,45	1,93	100,00	100,00

Химический анализ головной пробы руды выполняется с применением методов FAA 505M, AAS 12EM, AAS 21EM, CSA 03VM, CSA 06VM, CSA08VM и ICP 90A. Результаты анализов пробы приведены в табл. 3.16.

По фазовому составу свободного золота в пробе –25 %, в сростках –38 %, в сульфидах –35 %, в породе и покрытого окисными пленками – около 2 %. Из материала крупностью менее 0,074 мм (выход фракции 30 %) изготовлены аншлифы-брикеты для изучения рудных минералов в тонких фракциях руды. Прозрачные минералы этого класса исследовались в иммерсионных препаратах.

Таблица 3.16

Результаты химического анализа исходной пробы

Наименование элемента, соединений	Содержание, %	Наименование элемента, соединений	Содержание, %
Золото, г/т	1,1–1,5	La	0,003
Серебро, г/т	1,5–2,0	Li	0,003
Сера общая	2,01	Mg	1,03
Сера сульфидная	1,86	Mn	0,066
Мышьяк	0,072	Mo	0,001
Сурьма	0,023	Ni	0,001
Углерод органический	0,17	P	0,07
Al	7,76	Pb	0,023
Ba	0,105	Sc	0,001
Be	< 0,0005	Sn	< 0,005
Ca	2,87	Sr	0,047
Cd	< 0,001	Ti	0,29
Cr	0,005	V	0,007
Co	0,001	W	< 0,005
Cu	0,02	Y	0,0012
Fe	3,97	Zn	0,011
K	2,60	SiO_2	61,7

Полученные результаты количественного минералогического анализа занесены в табл. 3.17.

Таблица 3.17

Минеральный состав пробы (лежалые породы вскрыши)

№ п/п	Минерал	Содержание, %
Фракция –1,5 + 0,074 мм		
1	Золото	3 знака
2	Пирит	2,47
3	Галенит	0,02
4	Антимонит	0,05
5	Сфалерит	Зн.

№ п/п	Минерал	Содержание, %
6	Висмутин	Ед.зн.
7	Халькопирит	0,06
8	Арсенопирит	Зн.
9	Пирротин	Ед. зн.
10	Рутил	Зн.
11	Сульфосоль свинца	Ед. зн.
12	Магнетит	0,03
13	Турмалин	Зн.
14	Сфен	Зн.
15	Вольфрамит	Зн.
16	Барит	Зн.
17	Лимонит	0,07
18	Оксиды марганца (псиломелан)	Зн.
19	Биотит	4,19
20	Мусковит	0,70
21	Хлорит	0,01
22	Амфибол	0,50
23	Апатит	Зн.
24	Кварц + полевые шпаты	79,40
25	Кальцит	12,47
	Итого:	99,97
Фракция –0,074 мм		
1	Плагиоклаз	35
2	Кварц	15
3	Карбонат	7
4	Биотит	5
5	Хлорит	1
6	Непрозрачный рудный минерал*	10
7	Серицит	27
	Итого:	100

Примечание. * пирит + остальные рудные минералы в знаковых количествах и в единичных знаках.

Гранулометрический состав пробы показан на рис. 3.16.

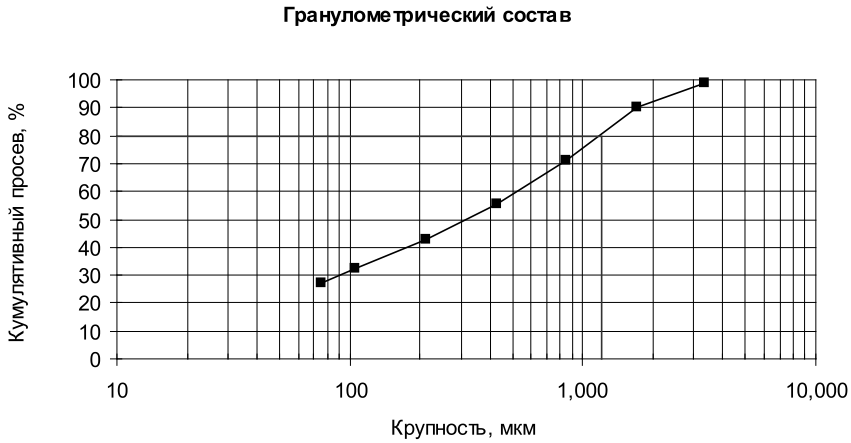


Рис. 3.16. Гранулометрический состав пробы

На начальной стадии технологических исследований определена кривая измельчаемости пород, предварительно додробленной до крупности минус 1,5 мм. Результаты данного теста использованы в последующих тестах по гравитации, флотации и цианированию.

Тест по определению прег-роббинга (показателя природной сорбционной активности руды) выполнялся при следующих условиях:

– навеска руды – 250 г, крупность 80 % класса – 0,074 мм;
– концентрация Au в CN растворе – 11,2 мг/л;
– количество раствора – 500 мл;
– концентрация NaCN в растворе – 0,02 %, pH = 10,5;
– агитация в бутылочном перемешивателе в течение 24 часов
– отбор проб на анализ раствора через 0,5; 1; 3; 6; 24 часа.

Результаты по определению прег-роббинга представлены в табл. 3.18.

Таблица 3.18

Результаты по определению прег-роббинга

Время агитации, ч	0	0,5	1	3	6	24
Концентрация Au в растворе, мг/л	11,2	10,9	11,1	11,2	11,1	10,8

Проведенным тестом показана практически мало значимая величина сорбционной активности исследуемой породы вскрыши: прег-роббинг составляет 3,57 % (количество сорбированного золота из раствора в % в условиях теста).

Выводы по вещественному составу лежалых пород вскрыши

Изучен минеральный состав пробы, физико-технические и физико-механические свойства забалансовой руды, прег-роббинг. Выполненный комплекс работ по изучению вещественного анализа и технологических свойств пробы техногенных отвалов – лежалых пород вскрыши позволяет сделать следующие выводы:

– представленная на исследования малосульфидная проба техногенных отходов характеризуется средним содержанием золота, с незначительной концентрацией вредных примесей;

– основным промышленно ценным элементом в породе является золото. В качестве попутного элемента может рассматриваться серебро. По результатам анализа содержание золота в пробе отходов составило 1,1–1,5 г/т, серебра – 1,5–2,0 г/т;

– по фазовому составу золото в пробе на 25 % представлено в форме свободного, 38 % – в открытых сростках (цианируемое), 35 % – в сульфидах и около 2 % – в силикатной породе и покрытое окисными пленками. Содержание общей серы 2,01 %, в т.ч. сульфидной 1,89 %;

– Содержание других технологически значимых элементов в отходах невысокое, %: As – 0,072; Sb – 0,021; Cu – 0,03; P – 0,06; $C_{орг}$ – 0,18. Отмечается повышенное содержание в пробе шламовых фракций. Степень окисления исследуемой пробы руды не более 9 %;

– определены физико-механические, физико-технические свойства породы, прег-роббинг;

– в соответствии с вещественным составом отходов испытаны в качестве основных гравитационный, флотационный и гидрометаллургический методы извлечения золота;

– оптимизированы режимы измельчения, флотации и цианирования;

– прямое цианирование отходов позволяет извлечь в цианистый раствор 81,8 % золота;

– максимальное извлечение золота гравитационным обогащением составляет 67,5 %, последующее цианирование хвостов гравитации повышает извлечение золота до 84,3 %;

– по чисто флотационной схеме обогащения извлечение золота составляет 89,1 %, гравитационно-флотационная технология обеспечивает извлечение 89,6 %, содержание золота в Au – сульфидном концентрате

по этим схемам составляет 30–32 г/т, в хвостах обогащения – 0,22–0,23 г/т; извлечение серебра составляет 77–78 %;

– для переработки техногенных отходов испытаны методы прямого цианирования «сырого» и доизмельченного концентрата, а также варианты с цианированием концентрата после предварительного обжига или автоклавного окисления.

Наиболее высокие технологические показатели получены с применением метода автоклавного окисления, позволяющего поднять извлечение золота из концентрата с 78 до 99 %. С технологических позиций наиболее рациональной схемой переработки исследуемых техногенных отходов из рассмотренных вариантов представляется гравитационно-флотационная схема с доработкой полученного концентрата по автоклавно-цианидной технологии. Сквозное извлечение золота по этой схеме составляет 88,7 %. Определены параметры сгущаемости конечных продуктов обогащения. Предпочтительна заверка данной технологии укрупненными или опытно-промышленными испытаниями [80].

Пример 3

Минерально-сырьевой объект 3 – золотосодержащие отходы техногенного месторождения. Программа исследований технологических проб золотосодержащих отходов (проба 1 и проба 2) техногенного месторождения включала:

– подготовку технологических проб к исследованиям;

– химический анализ отходов;

– минералого-петрографические исследования отходов;

– определение форм нахождения золота и серебра в отходах;

– гранулометрический анализ отходов;

– оценку природной сорбционной активности отходов (прегроббинга);

– проведение тестов по обезвреживанию цианидсодержащих вторичных отходов.

Химический анализ отходов выполнялся с использованием следующих методов:

– определение золота пробирно-атомно-абсорбционным методом (FAA-505);

– определение серебра атомно-абсорбционным методом с разложением в царской водке (AAS12E);

– определение серы общей и сульфидной, углерода общего и органического – обжиг в индукционной печи (CSA06VM, CSA08VM, CSA01VM и CSA03VM);

– определение ртути – атомно-эмиссионным методом с разложением в царской водке (ISP12);

– остальные элементы оптико-эмиссионной спектрометрией с плавкой с пероксидом натрия (ICP-90) и с метаборатом лития (ICP-95).

По результатам выполненных химических анализов исследуемые проба 1 и проба 2 характеризуются высоким содержанием золота 2,46 и 2,21 г/т соответственно, а серебра (3,1–3,2 г/т). Значимое содержание попутных ценных компонентов в пробах не отмечено. Химическим анализом отмечено так же наличие в пробах ртути.

По результатам данного тестирования можно отметить, что по гранулометрическим параметрам исследуемые пробы отходов характеризуются довольно равномерным содержанием золота и серебра в гранулометрических фракциях. В соответствии с этим распределение золота и серебра по классам крупности практически аналогично их выходам (или массовой доли).

Фазовый анализ золота проводился на навесках руды крупностью 80 % класса минус 0,074 мм, массой 1 кг. Анализ фазового состава золота и серебра выполняли по методике, включающей следующие операции: амальгамацию; цианирование (I) хвостов амальгамации; соляно-кислотную обработку кеков цианирования (I); цианирование (II) кеков соляно-кислотной обработки; царско-водочное разложение кеков цианирования (II).

Фазовым анализом в пробе определены следующие формы нахождения золота в отходах: свободное (амальгамируемое), в открытых сростках (цианируемое), покрытое оскидными пленками, ассоциированное с сульфидами и тонкодисперсное, ассоциированное с породообразующими минералами.

Анализу на золото подвергали:

– королек и хвосты амальгамации (пробирно-гравиметрическим методом – FAG 303 M и пробирным методом с атомно-абсорбционным окончанием – FAA 505 M);

– растворы цианирования (атомно-абсорбционным методом – SOL 81 M);

– кеки I и II цианирования, царсководочного разложения (пробирно-атомно-абсорбционным – FAA 505 M).

Фазовый анализ серебра проводился на навеске исходной пробы крупностью 80 % класса 0,074 мм, массой 1 кг. Анализ фазового состава серебра выполняли по стандартной методике, включающей следующие операции: аммиачную обработку, амальгамацию, цианирование (I) хвостов амальгамации, соляно-кислотную обработку кеков цианирования (I), цианирование (II) кеков соляно-кислотной обработки, царсководочное разложение кеков цианирования (II).

Фазовым анализом определены следующие формы нахождения серебра в отходах: в виде кераргирита, свободное (амальгамируемое), в открытых сростках (цианируемое), покрытое окисными пленками, ассоциированное с сульфидами и тонкодисперсное, ассоциированное с породообразующими минералами.

Анализу на серебро подвергали:

– раствор аммиачной обработки (атомно-абсорбционным методом – SOL 82 TM)

– королек и хвосты амальгамации (пробирно-гравиметрическим методом – FAG 323 M и атомно-абсорбционным методом – AAS 12 EM);

– растворы цианирования (атомно-абсорбционным методом – SOL 82 TM);

– кеки I и II цианирования, царско-водочного разложения (атомно-абсорбционным методом – AAS 12 EM).

Результаты проведенных испытаний показали, что исследуемая проба 1 обладает мало значимой величиной природной сорбционной активности.

Повышение концентрации золота в растворе в первые часы теста связано с незначительным растворением золота из исследуемых проб даже при очень низкой концентрации NaCN (0,02 %) в искусственно приготовленном для тестов растворе золота.

Извлечение золота в раствор составило 72 % (по данным [49]).

Пример 4

Минерально-сырьевой объект 4 – некондиционная упорная золотосодержащая руда с высокой природной сорбционной активностью. Наиболее изученным и широко распространенным в горноперерабатывающей отрасли методом вскрытия упорных минералов является окислительный обжиг. В процессе обжига пирит – арсенопиритовых руд и концентратов образуется магнетит, гематит, а в возгоны выделяется триоксид мышьяка. Последние несколько десятков лет, данный процесс постоянно совершенствовался и модернизировался, поэтому до настоящего времени, на многих предприятиях обжиг применяется при переработке технологически упорных сульфидных, в том числе золотосодержащих руд с природными углистыми включениями [82]. Интенсификация обжига связана, прежде всего, с тем, что используемые ранее в промышленности печи Эдвардса, заменены многоподовыми печами Мак-Дугласа и Ведера, печами кипящего слоя. Технология CFB внедрена в 1997 г. на фабрике Minahasa (NewmontGold) в Индонезии для обжига упорных золотых руд [83].

В настоящее время для извлечения золота на фабриках практикуют технологию обжиг – цианирование без предварительного обогащения упорных пирит-арсенопиритовых руд (золотоизвлекательные предприятия NewmontGold в США) и Syama (Мали). Однако более широко распространён окислительный обжиг готовой продукции. Так, например, в ЮАР на обжиговом заводе (Eastern Transvaal Consolidated Mines) перерабатываются гравитационные и флотационные концентраты, поступающие с предприятий Sheba, Agnes and New Consort Mines [85, 86].

Имеет большое значение, дополнительно вводимые в технологический процесс операции, способствующие снижению количества применяемого цианида. Так, на предприятии GiantYellowknifeMines водная отмывка огарка позволяет снизить расход NaCN с 0,8 до 0,35 кг/т. Аналогичная отмывка проводится и на предприятии Getchell США. Впервые в 1989 г. технология кипящего слоя или CFB (CirculatingFluidBed) использована для обжига золотосульфидного концентрата на фабрике Gidji (KalgoorlieGoldMines, Австралия).

Также обжиг упорных золотосодержащих материалов с использованием технологии CFB внедрен в 1997 году на фабрике Minahasa (NewmontGold) в Индонезии. На основании вышеизложенной информации, можно констатировать, что окислительный обжиг не выработал свои потенциальные возможности [87].

Предмет исследования – процесс двухстадиального обжига флотационного сульфидного концентрата, полученного при обогащении некондиционной упорной золотосодержащей руды с высокой природной сорбционной активностью. Технологические исследования с целью установления возможности выщелачивания благородных металлов из огарков, полученных в процессе окислительного обжига, проводились на композитной пробе золотосодержащей некондиционной руды массой 400 кг. При пробоподготовке некондиционная руда дробилась до крупности –2 мм, тщательно перемешивалась и сокращалась, отбирались навески для проведения химического анализа и технологического тестирования.

Выводы по вещественному составу

Химический анализ показал, что содержание золота находится в пределах 1,36 г/т, серебра – 3,35 г/т, мышьяка – 1,87 %, органического углерода – 1,82 % и др. металлов. По данным рентгеноструктурных исследований, углеродистые образования представляют собой агрегаты тонкодисперсных частиц органики, кварца, карбонатов, слюд, сульфидов, т.е. по характеру нахождения в руде оно классифицируется

как рассеянное углеродистое вещество (РУВ). РУВ характеризуется четко выраженной золотоносностью, которая связана, в основном, с присутствием в данном веществе тонких частиц золотосодержащих сульфидов.

При проведении исследований на обогатимость упорной золотосодержащей руды разработана гравитационно-флотационная схема. Флотационный сульфидный концентрат, содержащий золота – 28,4 г/т, серебра – 44,8 г/т, направлялся на технологическое тестирование окислительным обжигом.

Результаты тестов по одностадиальному обжигу при 400, 500, 600, 700, 800, 900 и 1000°С в течение 100 мин показали, что приемлемая степень удаления серы, мышьяка и углерода достигается только при температурах 700–800°С, в тоже время следует отметить, что полученные показатели последующего цианирования являются неудовлетворительными – извлечение золота в раствор не превысило 42%, серебра – 21%, что свидетельствует о неполном вскрытии упорной сульфидной матрицы. Поэтому далее проводилось тестирование концентрата без доизмельчения с использованием двухстадиального обжига. Оптимальные условия для получения пористых огарков, подготовленных к последующему цианированию, осуществлялось с использованием следующих технологических режимов: первая стадия деарсенизации – удаление мышьяка при температуре 500°С без доступа воздуха в течение 100 мин, вторая окислительная стадия для удаления серы и углерода – при температуре 800°С в течение 120 мин с интенсивной подачей воздуха. Следующий этап исследований – цианирование.

Для определения изотермы сорбции проводили последовательное насыщение навески сорбента при контакте ее с новыми порциями эталонного золотоцианидного раствора, полученного при выщелачивании большой партии предварительно промытого горячей водой огарка. Всего наработано около 6,0 кг, загрузка каждого опыта составляла 300 г огарка, продолжительность цианирования 6 часов. Продолжительность первых двух циклов насыщения смолы составляла 24 часа, последующих – 6 часов.

Изотермы сорбции Au, Ag, Zn,Cu, Sb, As приведены на рис. 3.17–3.22, соответственно.

Результаты тестирования по выщелачиванию благородных металлов из техногенных отходов с высокой природной сорбционной активностью, свидетельствуют о том, что применение двухстадиального обжига упорного флотоконцентрата, позволяет получить практически приемлемое извлечение золота (76,2%.) Однако имеются потенциальные резервы по увеличению качественных показателей химического обогащения.

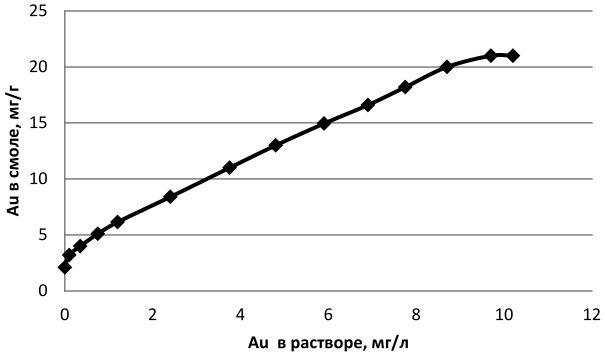


Рис. 3.17. Изотерма сорбции Au

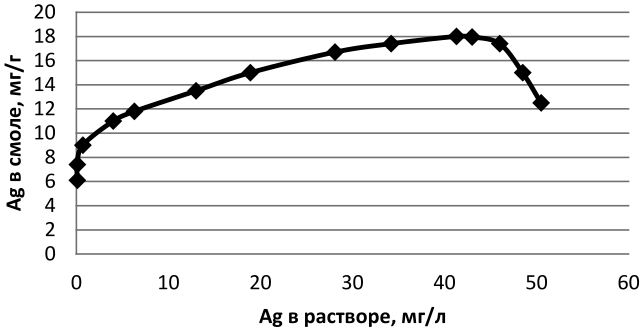


Рис. 3.18. Изотерма сорбции Ag

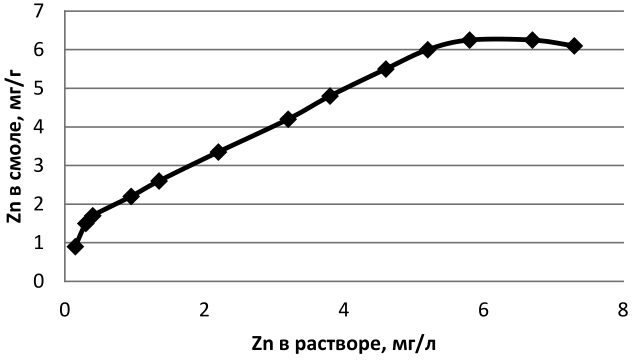


Рис. 3.19. Изотерма сорбции Zn

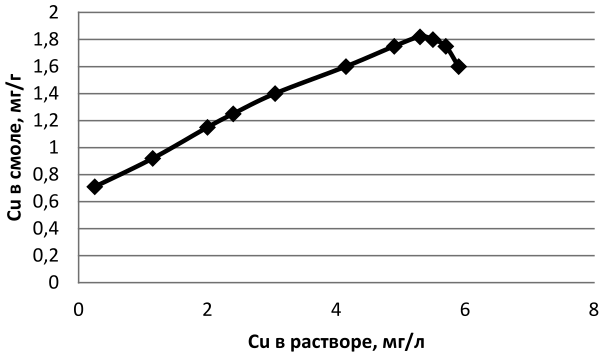


Рис. 3.20. Изотерма сорбции Cu

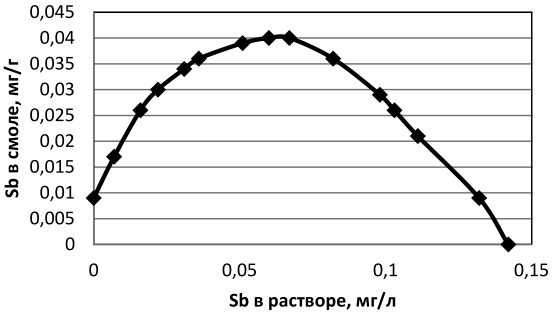


Рис. 3.21. Изотерма сорбции Sb

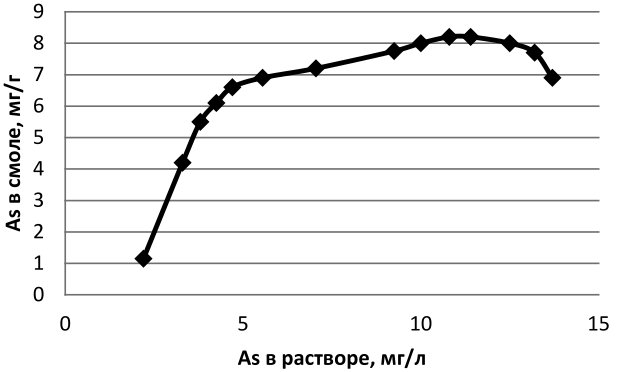


Рис. 3.22. Изотерма сорбции As

Для решения данной проблемы необходимо рассмотреть вопрос о введении дополнительных нетрадиционных комбинированных способов интенсификации методов вскрытия минералов, содержащих тонкодисперсное золото. Также требуется дальнейшее проведение исследований на укрупнённых лабораторных пробах для уточнения полученных экспериментальных технологических показателей и рабочих параметров обжига [88].

Пример 5

Минерально-сырьевой объект 5 – лежалые огарки Дарасунского рудника, полученные при переработке золотосодержащих руд Дарасунского месторождения.

Лежалые огарки Дарасунского рудника, получены при обжиге золотосодержащего арсенопиритового флотационного концентрата. Объем огарков, накопленный до 1973 г., составляет более 50 тыс. т с потенциальными запасами золота 200...280 кг.

Цель экспериментальных исследований – изучение влияния и особенностей фотоэлектрохимических воздействий и бактериального окисления на изменение структуры поверхности упорного материала и процесс вскрытия минеральных сред. Определение возможности извлечения золота из труднообогатимого сырья при использовании специальных методов подготовки к выщелачиванию.

Предмет исследований – процессы физико-химического и бактериального окисления при переработке упорного сырья комбинированными методами кюветного и кучного выщелачивания золота.

Контролируемые параметры воздействия: $t_{обл}$ – продолжительность облучения; $t_{бар}$ – продолжительность барботажа; $U_э$ – напряжение на электродах в электролизере; $C_{H_2SO_4}$ – концентрация раствора H_2SO_4; $У_{Me_mS_n}$ – степень окисления сульфидов; $У_{S^s}$ – степень окисления сульфидной серы; рост и окислительная активность культур Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus thiooxidans (по изменению pH, Eh, соотношению Fe^{2+}/Fe^{3+}); количество биомассы и концентрация выщелачиваемого золота в жидкой фазе пульпы;

Методика проведения испытаний: Пат. 2361937 РФ, Пат. 2350665, Пат. 2283879 РФ. В процессе экспериментов исследовались два варианта переработки огарков:

1) сорбционное выщелачивание;

2) двухстадиальное (физико-химическое и бактериальное) окисление – сорбционное выщелачивание.

Результаты гранулометрического состава огарков приведены в табл. 3.19.

Таблица 3.19

Гранулометрический состав огарков

Класс, мм	Выход, %	Содержание, г/т		Распределение, %	
		Au	Ag	Au	Ag
+ 12,5	2,20	1,71	6,05	0,61	0,37
–12,5 + 7,90	3,05	8,12	15,35	3,99	1,30
–7,90 + 4,75	4,52	2,01	28,12	1,05	3,52
–4,75 + 3,35	4,83	2,15	30,21	1,47	4,04
–3,35 + 2,00	6,05	2,98	31,53	1,67	5,28
–2,00 + 1,18	9,55	3,17	34,24	4,88	9,06
–1,18 + 0,425	16,51	4,85	16,32	12,92	7,46
–0,425 + 0,212	10,84	8,23	26,41	14,38	7,93
–0,212 + 0,106	9,57	9,25	40,95	14,28	10,85
–0,106 + 0,075	3,98	8,95	42,4	5,75	4,67
–0,075	28,9	8,37	57,8	39,0	45,52
Итого	100	6,2	36,1	100	100

Химический состав огарков – массовая доля, %: $S_{общ}$ – 3,35, $S_{сульфидн}$ – 0,9, As – 1,5, Fe – 16,3, Sb – 0,03, Al – 1,6, Ba – 0,012, Be – < 0,00005, Bi – 0,0045, Ca – 1,13, Cd – 0,0003, Co – 0,0014, Cr – 0,0035, Cu – 0,149, K – 0,76, La – 0,001, Li – 0,005, Mg – 0,49, Mn – 0,085, Mo – 0,0002, Na – 0,04, Ni – 0,002, P – 0,08, Pb – 0,7, Sc – 0,00043, Sn – < 0,001, Sr – 0,0127, Ti – < 0,01, *V* – 0,0041, *W* – 0,007, *Y* – 0,00074, Zn – 0,367, Zr – 0,0003, Au – 6,2 г/т, Ag – 36,1 г/т.

Форма нахождения золота по результатам фазового анализа, %: свободное с чистой поверхностью (амальгамируемое) – 26,1, цианируемое – 41,4, покрытое пленками растворимыми в кислотах – 7,95, в сульфидах – 22,01, «запечатанное в кварце» – 2,54.

Двухстадиальное окисление испытуемых геоматериалов осуществлялось в два этапа:

1) физико-химическим методом на основе направленных фотоэлектрохимических воздействий с изменяющимися параметрами;

2) биоокисление.

Испытания проводились на лабораторном фотоэлектрохимическом активаторе, в котором из кислорода воздуха под воздействием ультрафиолетового излучения образовывались активные формы кислорода (озон, перекись водорода, гидроксил-радикал, димеры и тримеры перекиси

водорода) – не стойкие соединения с высокой реакционной способностью, разлагающиеся с выделением атомарного кислорода, обладающего высоким окислительным потенциалом. В электролизере из смеси окислителей, воды и серной кислоты под воздействием напряжения образовывался вторичный активный полиреагентный комплекс, которым обрабатывали испытуемые образцы.

В процессе экспериментов поддерживались следующие параметры:

1) фотоэлектрохимических воздействий:

– $t_{обл}$ – продолжительность облучения, мин	1–8
– $t_{бар}$ – продолжительность барботажа, ч	0,5–2
– U – напряжение на электродах, В	5–30
– $C_{H_2SO_4}$ – концентрация раствора H_2SO_4, %	1–4

2) биоокисления:

– продолжительность, ч	48
– крупность исходного материала, мм	+12,5
– Ж:Т	5:1
– температура пульпы, °С	25–30
– pH пульпы	2–2,5
– расход воздуха, $м^3/(м^3 \cdot мин)$	0,3–0,4
– минимальная концентрация кислорода в пульпе, мг/л	2,0
– количество бактерий в растворе (начало/окончание), кл/мл	$(3–4)\cdot10^6/(9–10)\cdot10^7$

Окисление огарков осуществлялось с использованием экспериментально полученного бактериального комплекса, включающего гетеротрофные бактерии Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus thiooxidans. Для микроорганизмов Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus thiooxidans использовали среду Сильвермана и Людгрена (среда 9К). Для приготовления этой среды готовили два раствора: I раствор – 700 мл дистиллированной воды, $(NH_4)_2SO_4$ (3 г), KCl (0,1 г), K_2HPO_4 (0,5 г), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,5 г) и $Ca(NO_3)_2$ (0,1 г); II раствор – 300 мл дистиллированной воды, сульфат закиси железа $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (44 г) и серная кислота H_2SO_4, 10 М (10 мл). Полученные растворы отдельно стерилизовали, а затем смешивали с получением среды с pH 2,5...2,7. Серу перед внесением в стерильную среду стерилизовали отдельно, для чего ее помещали в колбу, заливали спиртом, закрывали ватной пробкой и через 2 ч помещали в термостат при $t = 50...60$°С.

Адаптацию бактериального комплекса осуществляли в емкости, обеспечивающей необходимое перемешивание, обогрев и аэрацию пульпы при содержании твердого в пульпе не более 10%. Адаптацию проводили на синтетической среде (9К) в присутствии выщелачиваемого сульфидного продукта.

Для этого в три емкости параллельно подавали 50 мл среды 9К, 20 мл посевного материала (3-суточная культура со средой 9К) и 3 % общей массы раствора выщелачиваемого сульфидного продукта. Бактерии выращивались на питательной среде 9К с добавлением железа (9 г/л) и серы (0,5 г/л), накапливая их до 10^3 кл/мл. Рост и окислительную активность культуры определяли ежедневно по изменению pH, Eh, соотношению Fe^{2+}/Fe^{3+}, а также по количеству биомассы и концентрации выщелачиваемых металлов в жидкой фазе пульпы.

Для дальнейшей работы из емкости, в которой отмечено наиболее активное выщелачивание металлов в раствор, делали пересевы на свежую пульпу с содержанием твердого 10 %. При последующих пересевах содержание твердого в пульпе увеличивали до оптимального для данного процесса.

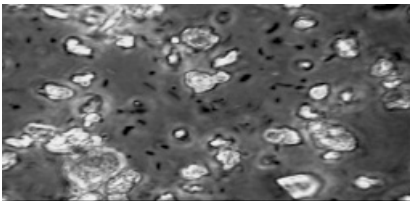
Культура считалась адаптированной и подготовленной к использованию в технологии бактериального окисления, так как в течение ряда последовательных пересевов на пульпу с необходимой плотностью получали стабильные и удовлетворительные результаты по извлечению металлов в раствор (не менее 75 %). Таким образом, бактериальный комплекс был адаптирован в течение 5 сут.

Раствор для бактериального окисления содержал одну часть минеральной среды на три части дистиллированной воды (среда 9К). Культурной жидкостью заливали огарки (Т:Ж = 1:5, t = 20...23°С, pH = 2,5...2,7) при постоянной аэрации и периодической смене раствора. Процесс окисления контролировали по показателям кислотности (pH), окислительно-восстановительного потенциала (Eh), концентрации железа и численности бактерий. Через каждые 3 ч определяли концентрации Fe^{2+} и Fe^{3+}, SO_4^{2-} в жидкой фазе пульпы. Наблюдения показали, что лаг-фаза длилась 9...12 ч, после чего начинался активный рост бактерий и активное разрушение сульфидов (рис. 3.23).

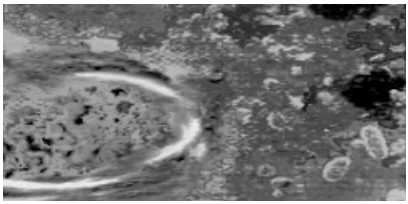
Далее проводили исследования влияния параметров фотоэлектрохимических воздействий на степень окисления сульфидных минералов и сульфидной серы (табл. 3.20, 3.21).

Степень окисления сульфидов увеличивается с 60,3 до 98,9 %, степень окисления сульфидной серы – с 46,1 до 87,7 %. Данные рентгенофазового анализа подтверждают образование новых фаз: магнетита, гематита, скородита, элементной серы при фотоэлектрохимической обработке минералов. После I стадии фотоэлектрохимического окисления проводилась вторая стадия биоокисления. Период времени между этими стадиями составляет от 7,5 до 14 ч. Ультрафиолетовое облучение применялось для генерации озона из кислорода воздуха, с последующим образованием

перекиси водорода, продолжительность облучения за один прием 5–8 мин. Прямое ультрафиолетовое воздействие на пульпу с бактериями не производилось, а осуществлялось до биоокисления на воздух.



а



б

Рис. 3.23. Бактериальное окисление лежалых огарков Дарасунского рудника после фотоэлектрохимических воздействий на минеральную массу: а – активное развитие бактерий в процессе окисления пирита, арсенопирита и халькопирита; б – вскрытие минеральной матрицы сульфидных минералов (арсенопирита) бактериями Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus Thiooxidans

Таблица 3.20

Характеристика процесса биоокисления огарков

Период	pH	Eh, МВ	Концентрация в растворе, г/л		Количество бактерий, кл./мл
			Fe^{2+}	Fe^{3+}	
Начальный	2,1	640–690	5,1–5,5	10,4–13,5	$4 \cdot 10^6$
Активный	2,3–2,5	750–790	0,0	14,0–64,1	$9 \cdot 10^7$
Спад	1,8–1,9	710–730	0,0	21,1–20,5	$5 \cdot 10^7$
Конечный	1,7–1,9	700–690	0,0	5,3–5,4	$3 \cdot 10^6$

Таблица 3.21

Влияние параметров фотоэлектрохимических воздействий на степень окисления сульфидов и сульфидной серы огарков при применении двухстадиального окисления

Параметры	Время облучения, мин				Время барботажа озонированным воздухом, ч				Напряжение, В				Концентрация раствора H_2SO_4, %			
	1	3	5	8	0,5	1,0	1,5	2	5	10	20	30	1	2	3	4
Степень окисления сульфидов, %	60,3	71,8	87,1	89,2	64,6	73,6	89,9	91,4	68,7	78,3	91,4	92,7	75,5	87,9	97,6	98,9
Степень окисления сульфидной серы, %	46,1	57,2	72,1	74,0	51,3	59,7	74,9	76,1	55,2	64,8	78,5	80,1	64,3	75,8	85,8	87,7

Затем озонированным воздухом осуществляли барботаж межэлектродного пространства электролитической ячейки в течение 1,5–2 ч, далее проводилось фотоэлектрохимическое окисление геоматериала полиреагентными растворами продолжительностью 6–12 ч и только затем осуществлялось биоокисление. За такой длительный период времени световой поток ультрафиолетового облучения теряет дезинфицирующие (обезвреживающие) функции, губительные для бактерий.

Концентрацию активных форм кислорода определяли следующими методами: кислорода, гидроксил-радикала – колориметрическим, озона – йодометрическим титрованием, перекиси водорода и высокомолекулярных пероксидов – спектральным анализом. Концентрация активного кислорода 10–15 мг/м^3. Каждые 9 ч отбирали пробу минеральной суспензии и осуществляли декантацию и центрифугирование. В полученном растворе определяли:

1) концентрацию Fe^{2+} и Fe^{3+} спектрометрическим или калориметрическим методом;

2) концентрацию S^{2-} и SO_4^{2-} – калориметрическим методом;

3) pH – pH-метром;

4) Eh – потенциометром или pH-метром.

В процессе биоокисления pH снижался с 2,5 до 1,7, Eh увеличивался с 640 до 790 мВ, концентрация железа с 10,4 до 64,1 г/л, количество бактерий с 10^3 до 10^7 кл/мл. Комплекс бактерий Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus thiooxidans активно окислял пирит, арсенопирит, халькопирит и другие сульфидные минералы и характеризовался высокой скоростью окисления железа (0,5 г/л в час). В связи с тем, что в огарках помимо благородных металлов содержались медь, свинец, цинк, мышьяк и другие элементы, в растворах выщелачивания также определены Cu, Zn, As в концентрации 0,15...0,2 г/л, что свидетельствует об их активном растворении в присутствии бактерий. Процесс биоокисления завершался после того, как растворы не обогащались железом и прекращалось образование серной кислоты. Время биоокисления составило 48 час [81].

После предварительного двухстадиального окисления сорбционное выщелачивание – базовый вариант (конценцентрация NaCN – 0,1%, pH = 10,0...11,0, Т:Ж = 1:2, t = 24 ч, расход NaCN = 2,0 кг/т), извлечение золота из огарков составило 76,8%. Сорбционное выщелачивание проводили при тех же технологических параметрах как в первом варианте переработки огарков. Полученные результаты экспериментальных испытаний свидетельствуют о высокой эффективности подготовки огарков

к выщелачиванию двухстадиальным окислением. Прирост извлечения золота при выщелачивании огарков составил 21,8 % (с 70,3 до 92,1 %) в жидкую фазу и 18,4 % (с 76,8 до 95,2 %) на смолу по сравнению с сорбционным выщелачиванием (базовый вариант) (табл. 3.22).

Таблица 3.22

Результаты экспериментальных испытаний выщелачивания огарков

Наименование операций	Параметры	
	$\varepsilon^{ж}_{Au}$, %	$\varepsilon^{с}_{Au}$, %
– двухстадиальное окисление (физико-химическое и бактериальное) – сорбционное выщелачивание	92,1	95,2
– сорбционное выщелачивание	70,3	76,8

Анализ состава отходов горного производства, в том числе золотопромышленных горно-металлургических комплексов, а также имеющийся опыт использования вторичных минеральных ресурсов в Российской Федерации и странах ЕС, свидетельствует о том, что интерес к техногенным месторождениям будет неуклонно возрастать по мере истощения запасов крупных месторождений, как к значительным источникам получения металлов. Решающим фактором вовлечения техногенных месторождений в разработку должна стать экологическая составляющая и экономическая целесообразность их разработки, которая возможна лишь при условии развития и промышленного использования передовых инновационных технологий – наилучших доступных технологий переработки отходов горного производства.

Глава IV. НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ЕС выпущены справочные документы (BREFs) в соответствии с директивой IPPC и IED. В данных документах для НДТ отраслей промышленности, в том числе и конкертно для цветной металлургии, может быть найдена следующая информация [33].

• Каждый документ в целом дает информацию о конкретном промышленном секторе в ЕС, на методы и процессы, используемые в этом секторе, текущие уровни выбросов и потребления, методы определения НДТ и новых методов.

• Список ссылок (справочный материал).

• Ссылки на веб-страницах, содержащих соответствующие законодательства / стандарты.

• Дополнительная техническая информация.

• Перевод исполнительных резюме для BREFs, принятых в рамках Директивы IPPC и IED.

С 01.01.2015 г. в России вступил в действие Федеральный закон от 21.06. 2014 г. № 219 «О внесении изменений в Федеральный закон (ФЗ) «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты РФ». Данный ФЗ внес принципиальные поправки в существующий ФЗ от 10.01.2002 г. № 7 «Об охране окружающей среды». Впервые на уровне ФЗ введено понятие «наилучшая доступная технология» – это технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения. Введена государственная поддержка хозяйственной и (или) иной деятельности в целях охраны окружающей среды.

• Применение наилучших доступных технологий направлено на комплексное предотвращение и (или) минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

• Определение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов в качестве НДТ для конкретной области применения осуществляется уполномоченным Правительством РФ федеральным органом исполнительной власти, который создает технические рабочие группы, включающие экспертов заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, государственных научных организаций, некоммерческих организаций, в том числе государственных корпораций.

При внедрении НДТ предусмотрено предоставление налоговых льгот в порядке, установленном законодательством Российской Федерации о налогах и сборах; предоставление льгот в отношении платы за негативное воздействие на окружающую среду в порядке, установленном настоящим Федеральным законом и принимаемыми в соответствии с ним нормативными правовыми актами Российской Федерации; выделение средств федерального бюджета и бюджетов субъектов Российской Федерации в соответствии с бюджетным законодательством Российской Федерации.

Предложено ввести перечень областей применения наилучших доступных технологий и установить порядок разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям в каждом виде экономической деятельности. При разработке отечественных справочников могут использоваться международные информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям. Здесь, конечно, речь идет о Директиве Европейского Союза 2008/1/ЕС по комплексному предотвращению и контролю загрязнений (IPPC) и о других справочниках НДТ ЕС.

Общее количество справочников НДТ в РФ для разработки – 46.

4.1. Логистика металлургических отходов в России

Снижение удельных издержек и повышение качества продукции в условиях современного металлургического предприятия требуют не только внедрения новых технологий по производству металла и проката. Не менее важно уделять внимание управлению перемещениями сырья, топлива, полуфабрикатов, готовой продукции, отходов и брака между производственными циклами.

В силу специфических особенностей металлургических производственных процессов логистическая инфраструктура – внутризаводской транспорт (железнодорожный и автомобильный, специальный автотранспорт для технологических перевозок) и топология складского хозяйства – играет важнейшую роль в производстве. Инфраструктура непосредственно влияет и на ход выполнения производственной программы, и на себестоимость готовой продукции [90].

4.1.1. Сбор и накопление металлургических отходов

В результате производственной деятельности в подразделениях металлургического комбината образуются и накапливаются отходы, которые подлежат учету, сбору, накоплению и временному хранению, дальнейшей утилизации, обезвреживанию и размещению.

Накопление и временное хранение отходов на территории подразделений допускается временно как исключение в следующих случаях: при использовании отходов в последующем технологическом цикле в целях их полной утилизации; при отсутствии организаций-потребителей данных видов отходов; до формирования транспортной партии при отправке отходов на использование, утилизацию, размещение [91].

Накопление и временное хранение отходов на территории предприятия и его филиалов осуществляется в специально отведённых местах.

Способы временного хранения отходов определяются классом опасности отходов: отходы I класса опасности хранятся в запираемых помещениях на стеллажах, в заводской упаковке или металлических контейнерах; отходы II класса опасности хранятся в закрытой таре (бочки и полиэтиленовые мешки, металлические контейнеры); отходы III класса опасности хранятся в бумажных, полиэтиленовых или хлопчатобумажных мешках, металлических контейнерах; все остальные отходы складируются в специально отведенных для этих целей местах (металлические контейнеры, установленные на бетонированной площадке, склады временного хранения) и далее автомобильным или железнодорожным транспортом отправляются потребителям (сторонним организациям).

При наличии в составе отходов веществ различного класса опасности предельное количество накопления, время и способ хранения определяются наличием наиболее опасных веществ.

Для сбора и временного хранения отходов на промплощадке завода (комбината) должны быть оборудованы места, площадки, в соответствии с санитарными нормами и правилами, с учетом опасных свойств отходов: открытые площадки для специализированного хранения твердых отходов; закрытые помещения для хранения отработанных ртутных ламп и отработанных аккумуляторов и конденсаторов; места сбора и временного хранения отходов в подразделениях до вывоза на переработку.

4.1.2. Вывоз металлургических отходов

Вывоз отходов, образующихся в результате производственной деятельности металлургического предприятия, обеспечивается на основе договорных отношений со специализированными организациями. При наличии специально оборудованного транспорта, вывоз отходов на полигон может производиться собственными силами (железнодорожным или автомобильным транспортом). Конструкция и условия эксплуатации специализированного транспорта должны исключать возможность аварийных ситуаций, потерь и загрязнения окружающей среды по пути следования. Вторичные ресурсы вывозятся в специализированные предприятия по сбору, утилизации и (или) переработке отходов собственным

транспортом при наличии специально оборудованного транспорта или транспортом специализированного предприятия по вывозу отходов.

Отработанные горюче-смазочные материалы, автошины, аккумуляторы, иные опасные отходы, а также металлолом, собираются на территории комбината (завода) в специально отведенных и оборудованных местах для обязательной последующей утилизации и (или) переработки в соответствии с действующим законодательством.

4.2. Хранение металлургических отходов в России

4.2.1. Нормативные акты по хранению металлургических отходов

Металлургическое предприятие осуществляет производственную деятельность на основании разрешительной документации, выданной управлением по технологическому и экологическому надзору: лимиты на размещение отходов; разрешение на выброс загрязняющих веществ стационарными источниками загрязнения [91].

На металлургическом предприятии может быть внедрена система экологического менеджмента в соответствии с международным стандартом ISO-14001-2004 и разработан стандарт предприятия «Порядок сбора, размещения и утилизации отходов», в котором устанавливается порядок выполнения работ по обращению с отходами.

На все отходы I–IV класса опасности должны быть разработаны Паспорта и Свидетельства, согласованные в управлении по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора.

4.2.2. Открытые площадки для специализированного хранения твердых отходов

Для хранения отходов на промплощадке завода (комбината) должны быть оборудованы места, площадки, в соответствии с санитарными нормами и правилами, с учетом опасных свойств отходов: открытые площадки для специализированного хранения твердых отходов; открытые площадки временного хранения отходов в подразделениях до вывоза на переработку.

4.2.3. Закрытые помещения для хранения отходов

Для хранения отходов на промплощадке завода (комбината) должны быть оборудованы закрытые помещения места, площадки, в соответствии с санитарными нормами и правилами, с учетом опасных свойств отходов: закрытые помещения для хранения отработанных ртутных ламп и отработанных аккумуляторов и конденсаторов; закрытые площадки временного хранения отходов в подразделениях до вывоза на переработку.

4.2.4. Площадки сбора и временного хранения отходов, производственные площадки

Для сбора и временного хранения отходов на промплощадке завода (комбината) должны быть оборудованы помещения, производственные площадки, в соответствии с санитарными нормами и правилами, с учетом опасных свойств отходов: закрытые помещения для временного хранения отработанных ртутных ламп и отработанных аккумуляторов и конденсаторов; открытые и закрытые площадки временного хранения отходов в подразделениях до вывоза на переработку.

4.3. Размещение металлургических отходов в России

Для размещения и захоронения шламов в металлургическом производстве России используются шламохранилища (шламонакопители); для размещения золошлаковых отходов – золоотвалы; для размещения и захоронения промышленных отходов в металлургическом производстве – полигон примышленных отходов; для размещения нетоксичных строительно-промышленных отходов используется свалка нетоксичных строительно-промышленных отходов.

Остающиеся после добычи или переработки полезных ископаемых отходы принято складировать в специальные хранилища. Хранилища твердых минеральных отходов оказывают отрицательное влияние на состояние окружающей среды. Их размещение служит причиной загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и подземных водоемов. Причем нередко загрязняющие вещества обладают токсичными или радиоактивными свойствами. Достигая 100 и более м. высотой, отходохранилища влияют на ветровой режим и тем самым изменяют климатические условия местности, в которой они расположены. Они обладают значительной массой, и их размещение служит причиной изменения горного давления в недрах и гидрогеологического режима.

4.4. Наилучшие доступные технологии по обращению с отходами металлургической промышленности в Российской Федерации

Регион Восточной Сибири и Забайкалья представлен крупнейшими производителями первичного алюминия (ОАО «РУСАЛ Братск» (г. Братск), ОАО «РУСАЛ Братск» филиал в г. Шелехов) и золотодобывающими, золотоперерабатывающими предприятиями и организациями, расположенными на территории Иркутской обл., Забайкальского края.

Требования при разработке безотходного (малоотходного) производства

Окружающая природная среда в районах разработки месторождений полезных ископаемых выходит из экологического равновесия – формируются горнопромышленные природно-техногенные системы.

Необходимая предпосылка разработки экологически безопасных технологических решений по формированию техногенных массивов состоит в учёте физико-географических, геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических факторов, определяющих состояние и характер возможного изменения геологической среды.

Богатства недр Земли относятся к числу исчерпаемых и невозобновляемых природных ресурсов, поэтому главной задачей и основной особенностью их охраны является организация рационального и комплексного использования в процессе их разведки и разработки с целью предотвращения расточительной и бесхозяйственной эксплуатации полезных ископаемых, потерь минерального сырья.

Стратегические задачи недропользования:

– охрана недр (рациональное и комплексное освоение ресурсов с одновременным их воспроизводством – М.И. Агошков);

– рациональное и комплексное использование недр (полное извлечение всех ценных компонентов с помощью рационального сочетания различных аппаратов и методов – М.И. Агошков или достижение максимальной эффективности использования ресурсов в хозяйстве при существующем уровне развития техники и технологии с одновременным снижением техногенного воздействия на окружающую среду).

Рациональное и комплексное использование недр позволяет уменьшить количество недоиспользованных минеральных ресурсов, выпускать новые продукты из той части сырья, которая раньше уходила в отходы, увеличить ассортимент выпускаемой продукции и снизить себестоимость переработки 1 т руды.

Идея о комплексном использовании сырья сформулирована в 30-х гг. академиком А.Е. Ферсманом и получила свое развитие на основе малоотходных технологий. За время более чем полутора вековой промышленной добычи золота на территории России, а особенно за последние 60 лет интенсивной отработки, сформировалось большое количество техногенных объектов (отвалы, хвостохранилища и т.д.). В общей структуре ресурсов и запасов золота России их доля составляет около 7–12 %.

Все большее внимание уделяется вовлечению таких объектов в отработку. Причиной этого послужило резкое сокращение легкодоступных запасов золота. Несмотря на то, что формы нахождения золота таковы, что сырье является упорным для переработки его с использованием традиционных технологических схем, технический прогресс, связанный с появлением новых технологий, поддерживает рост интереса к объектам данного типа.

Вовлечение в хозяйственный оборот техногенных месторождений позволит решить некоторые важные проблемы минерально-сырьевого комплекса страны и улучшить экологическую ситуацию. В частности, оно обеспечит: сокращение расходов на поиски и разведку новых месторождений; повышение производительности труда за счет рентабельной переработки уже добытого сырья; улучшение условий труда, так как техногенные месторождения расположены на поверхности Земли, в отличие от все более глубокозалегающих обычных коренных месторождений полезных ископаемых; высвобождение занимаемых техногенными отходами земель и их рекультивацию; ликвидацию источников загрязнения окружающей среды.

Экспертами прогнозируется использование 30–40 % твёрдых отходов горного производства в качестве стройматериалов, 20–30 % для закладки выработанного пространства в шахтах и карьерах. Бактериальное выщелачивание позволит доизвлекать из хвостов обогащения тяжёлые цветные металлы.

Потери благородных металлов в горно-обогатительном и металлургическом производствах образуются по следующим направлениям: добыча руды подземным способом (3–6 %); переработка руды на ЗИФ с получением флотационных концентратов (5–12 %); переработка руды с получением золотосодержащего слитка (4–8 %); переработка золотосодержащих флотоконцентратов на медеплавильных заводах (2–4 %); аффинаж (0,1 %).

На каждом производстве используются различные способы снижения указанных потерь. Например, на подземных горных предприятиях возвращаются к отработке охранных целиков с последующей бетонной закладкой; используют гидросмыв и вакуумную зачистку забоев после их отработки. Наиболее оптимальным вариантом максимального использования недр является последующая отработка подземного месторождения открытым способом, когда количество добытой руды и, соответственно, золота приближается к 99 % от разведанных запасов.

Потери благородных металлов на медеплавильных заводах с газами обжигового, конверторного производства и шлаками отражательной плавки на протяжении длительного времени остаются постоянными, главным образом, из-за консервативной, десятилетиями отработанной технологии. При этом основные потери благородных металлов происходят

в отражательном переделе за счёт недоизвлечения меди. Некоторые колебания в извлечении меди и, соответственно, золота преимущественно зависят от её содержания в исходном сырье. Поэтому даже при самой современной технологии с повышением содержания извлекаемого металла в рудах и других исходных продуктах неизбежно возрастает его извлечение и, наоборот. Для возврата ранее потерянного металла, на медеплавильных заводах перерабатывают шлаки, особенно прежних лет, с повышенным содержанием меди и, соответственно, золота. На аффинажных производствах, где извлечение металлов в слиток очень высокое, также прибегают к повторной переработке шлаков, боя футеровки и т.д.

СССР явился инициатором идеи безотходного производства и термин «безотходная технология» впервые был предложен комиссией по охране природных вод СССР в 1972 г. российскими учеными Н.Н. Семеновым и И.В. Петряновым-Соколовым.

Безотходная (чистая) технология – есть практическое применение знаний, методов и средств, с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и защитить окружающую среду.

Малоотходная технология – промежуточная ступень перед созданием безотходной технологии, подразумевающая приближение технологического процесса к замкнутому циклу.

Принцип организации безотходного производства подразумевает использование сырья и энергии в замкнутом цикле.

Идея малоотходных технологий – это первое приближение к замкнутому циклу технологического процесса и включает в себя ресурсосбережение, рациональное использование ресурсов и утилизацию отходов горного производства.

Понятие безотходной технологии условно. Под ним понимается теоретический – идеальный предел или предельная модель производства. Направления безотходных и малоотходных технологий получило развитие в Европейском Союзе, когда специалисты и учёные начали заниматься разработкой современных инновационных технологий – наилучших доступных технологий, в том числе в горной отрасли.

Как указывалось выше, НДТ – это наиболее эффективная и передовая стадия в развитии производственной деятельности и методов эксплуатации объектов, которые указывают на практическую пригодность определённых технологий в целях создания основы для определения предельных величин выбросов, предназначенных для предотвращения или, если оно практически невозможно, сокращения выбросов и воздействия на окружающую среду в целом.

Инновационная деятельность как фактор расширения ресурсной базы минерально-сырьевой отрасли действует сразу по трем направлениям: дает возможность открыть и вовлечь в хозяйственный оборот новые (ранее неоткрытые) месторождения; обеспечивает эффективное освоение ранее нерентабельных (забалансовых, упорных или техногенных) месторождений; позволяет увеличивать извлекаемый потенциал разрабатываемых месторождений за счет переоценки величины их запасов.

В промышленно-развитых странах мира, по различным оценкам, от 75 до 100% прироста промышленного производства обеспечивается за счет использования инноваций. Можно отметить, что доля инновационно-активных предприятий России составляет 7,5%, в то время как в странах Евросоюза этот показатель составляет 53,0%, а в США – 33,0%.

Критерии безотходности:

1. Горно-обогатительные производства должны, в первую очередь, выполнять санитарно-гигиенические требования (ПДК), поскольку экологические нормативы (ПДЭК, ПДЭН) еще только разрабатываются.

2. Коэффициент комплексности (цветная металлургия).

3. Коэффициент безотходности (горная, химическая, угольная и другие отрасли производств).

Требования при разработке безотходного (малоотходного) производства:

1. К технологическим процессам:

– разработка принципиально новых процессов, при внедрении которых существенно снижается или практически исключается образование отходов и отрицательное воздействие на окружающую среду;

– комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное использование потенциала энергоресурсов;

– возможность замены первичных сырьевых и энергетических ресурсов вторичными;

– создание энерготехнологических процессов;

– внедрение непрерывных процессов и т.д.

2. К аппаратурному оформлению:

– разработка принципиально новых аппаратов (например, позволяющих проводить в одном аппарате несколько технологических процессов);

– оптимизация размеров и производительности;

– герметизация;

– использование новых конструкционных материалов и т.д.

3. К сырью, материалам и энергоресурсам:

– обоснованность их качества (в частности, использование сырья и материалов, например, технической воды, не питьевого, а более низкого качества);

– предварительная подготовка сырья и топлива (извлечение из него токсичных компонентов, например, серы из топлива и т.п.);

– возможность замены сырья и энергоресурсов на нетрадиционные, местные, попутно добываемые и т.д.

4. К готовой продукции, включая побочную и попутно образующуюся:

– обеспечение возможности и условий возвращения продукции в производственный цикл после физического и морального износа (рецикл);

– биоразлагаемость и т.д.

5. К обезвреживанию и ликвидации не утилизируемых отходов:

– обоснование способов обезвреживания и ликвидации, включая конструкцию установок и сооружений;

– оценка возможного воздействия на окружающую среду в зависимости от способа обезвреживания и ликвидации и т.д.

Интегральные принципы организации горно-перерабатывающего производства, реализующего инновационные технологии представлены на рис. 4.1.

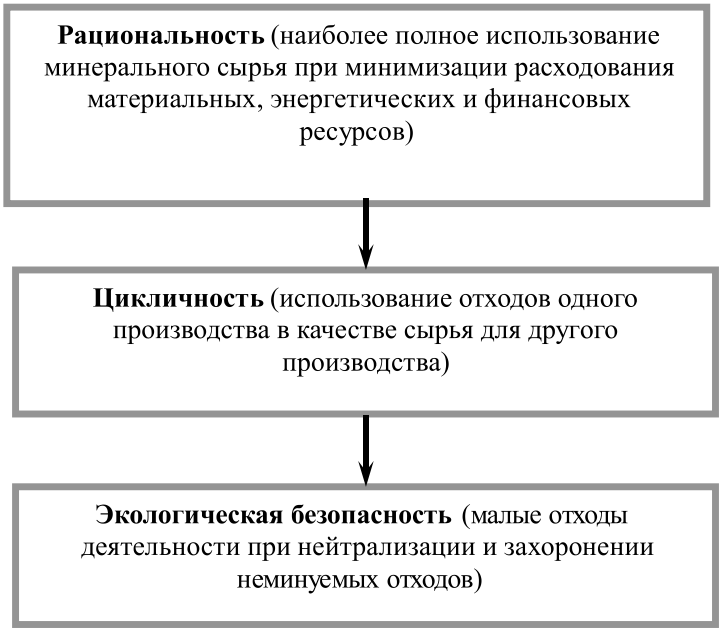


Рис. 4.1. Интегральные принципы организации горно-перерабатывающего производства, реализующего инновационные технологии

При этом в целом к рациональным комплексам малоотходных технологий предъявляется ещё ряд требований. Современная технология переработки природного и техногенного сырья должна быть:

– обоснованной особенностями вещественного состава исходного сырья;

-обеспечивающей минимальные потери ценных компонентов в отходах переработки;

– универсальной по отношению к различным литологическим разновидностям руд, фракциям руды и технологическим продуктам первичного обогащения, в том числе крупнокускового;

– рациональной и мобильной по схемным и компоновочным решениям;

– оптимальной по глубине обогащения (соотношению механических и пиро-, гидро- и биогидрометаллургических методов), обеспечивающей получение высоколиквидной товарной продукции;

– устойчивой по отношению к изменчивости вещественного состава перерабатываемой руды (изменениям фазового состава и степени окисления, содержаний ценных, попутных и вредных компонентов и т.д.);

– экологически безопасной;

– экономически выгодной, обеспечивающей максимальное извлечение при оптимальных капитальных и эксплуатационных затратах.

На основании учёта вышеперечисленных требований, разработана модель инновационной технологии переработки отходов горного кластера, которая представлена на рис. 4.2 [81].

В основе разработанной и предложенной модели технологии переработки техногенных отходов учтены: коэффициент безотходности (коэффициент комплексности) и принципы безотходных технологий.

Коэффициент безотходности (коэффициент комплексности) принят для практических целей в качестве количественного критерия оценки деятельности горных предприятий и имеет следующие значения:

– для безотходного производства – 95% (при этом обязательно должна учитываться токсичность отходов);

– для малоотходного производства – 75% и выше (вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарными органами, но часть сырья, всё же превращается в отходы и подвергается длительному хранению или захоронению);

– современный уровень, достигнутый горными предприятиям, – от 0 до 25–30%.

Естественная (природная) молекулярная технология, включающая системы по принципу «от малого к большому» или «снизу вверх», позволяет создать различное многообразие трехмерного мира.

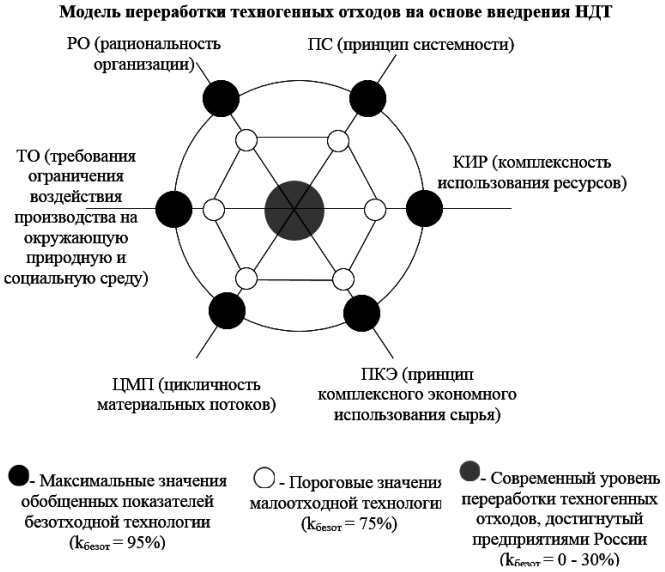


Рис. 4.2. Модель современного горно-обогатительного производства на основе внедрения инновационных технологий

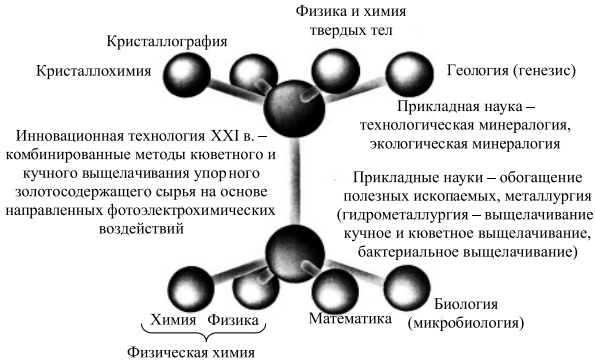


Рис. 4.3. Структура кластера фундаментальных и прикладных наук – основа разработки инновационной технологии XXI в.

По аналогии «от малого к большому», представлена структура кластера фундаментальных (химия, физика, математика, микробиология) и прикладных наук, которые легли в основу разработки инновационной

технологии XXI века (комбинированные методы кюветного и кучного выщелачивания упорного техногенного золотосодержащего сырья на основе направленных фотоэлектрохимических воздействий (рис. 4.3).

При разработке инновационной комбинированной технологии использовались также знания дополнительных прикладных инженерных специфических наук с приставкой «горные»: горное право, горная экология, охрана труда, горная экономика (рис. 4.4).

Рис. 4.4. Дополнительные прикладные инженерные науки, используемые при разработке инновационной комбинированной технологии

Горное право взаимосвязано с другими отраслями права: Земельное право, Экологическое право, Международное право, Государственное право, Гражданское право, Административное право, Финансовое право, Уголовное право.

Формирование стратегии (деятельности, направленной на получение планируемого результата с учетом перспективы долговременного развития) в области разработки малоотходных и безотходных технологий переработки минерального сырья состоит из нескольких этапов:

– Формирование стратегии в области разработки малоотходных и безотходных технологий переработки минерального сырья.

– Разработка инновационной технологии переработки минерального сырья.

– Оценка коэффициента комплексности (экспертная оценка ключевых показателей максимально возможного вторичного вовлечения отходов в хозяйственный оборот).

– Составление плана действий по охране окружающей среды (вовлечение персонала в процесс оценки и управления).

– Составление плана действий по охране окружающей среды.

– Экомониторинг (постоянный сбор информации с последующим совершенствованием системы управления).

– Экоаудит (максимально быстрое принятие корректирующих мер в случае неудовлетворительного результата).

– Формирование новой стратегии или корректировка предыдущей в области разработки малоотходных и безотходных технологий переработки минерального сырья.

Система управления отходами горного производства с целью планомерного снижения и минимизации затрат на охрану окружающей среды и повышение эффективности, основана на реализации принципов безотходных технологий – НДТ при разработке эффективных инновационных цикличных горных производств, перерабатывающих минеральное сырьё, представляет собой не что иное как «петлю качества» (рис. 4.5).

Все вышеизложенное указывает на актуальность и хозяйственную важность проблемы переработки и утилизации отходов горнорудной, металлургической отраслей промышленности России.

Для решения этой проблемы необходимо выполнить следующие мероприятия:

– провести инвентаризацию и классификацию техногенных отходов;

– провести общую оценку минерально-сырьевого потенциала техногенных отходов;

– провести районирование техногенных месторождений и выделить первоочередные объекты для возможной эксплуатации;

– выполнить геолого-экономическую и стоимостную оценку первоочередных вовлекаемых в разработку техногенных месторождений;

– разработать предложения по созданию геолого-экономических и правовых основ подготовки техногенных месторождений к промышленному освоению [28].

Все эти вопросы должны найти отражение в целевой программе вовлечения техногенных месторождений России в хозяйственный оборот.

Таким образом, реализация плана действий горного предприятия по охране окружающей среды при переработке техногенных отходов, в конечном итоге позволяет получить ряд важных результирующих показателей по экологическому, экономическому и социальному направлениям.

Экологические результаты:

1. Показатели охраны и качества атмосферного воздуха:

– сокращение средней массы выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками, т;

– сокращение средней массы выбросов загрязняющих веществ передвижными источниками, т;

– прирост массы уловленных и утилизированных веществ из пылегазовых выбросов предприятия, т.

Рис. 4.5. Схема цикличного процесса переработки минерального сырья на основе модели современного горно-обогатительного производства

2. Показатели охраны и рационального использования водных ресурсов:

– снижение объемов потребления питьевой воды для технических нужд, $м^3$;

– увеличение оборачиваемости потребляемой воды, %;

– снижение средней массы вредных веществ в 1 $м^3$ сточных вод, т;

– прирост массы уловленных и утилизированных веществ из жидких стоков предприятия, т.

3. Показатели охраны и рационального использования земельных ресурсов:

– сокращение площади нарушенных земель, га, $м^2$;

– сокращение массы размещаемых отходов (в том числе до стадии горнотехнической, биологической и лесотехнической рекультивации), т.

4. Показатели охраны и рационального использования минеральных ресурсов:

– снижение потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче, %;

– увеличение извлечения основного и попутных полезных компонентов, %;

– прирост массы утилизированных отходов производства (в том числе токсичных), т;

– уменьшение массы накапливаемых отходов, т.

Экономические результаты:

– предотвращенный экономический ущерб в результате проведения средозащитных мероприятий (в том числе воздухоохранных, водоохранных, землеохранных, недроохранных), руб.;

– предотвращенный экономический ущерб в результате проведения ресурсосберегающих мероприятий (в том числе водосберегающих, землесберегающих, недросберегающих), руб.

2. Прирост дохода от реализации продукции:

– прирост дохода в результате реализации дополнительного объема продукции, руб.;

– прирост дохода в результате реализации попутной продукции, руб.

3. Снижение платежей за загрязнение и ресурсопользование:

– снижение платежей за загрязнение окружающей среды (в том числе сбросы выбросы, размещение отходов), руб.;

– сокращение платежей за пользование природными ресурсами (в том числе минеральными, земельными, водными, лесными и др.), руб.

4. Повышение эффективности затрат на природоохранную деятельность:

– повышение эффективности затрат на проведение средозащитных мероприятий (в том числе воздухоохранных, водоохранных, землеохранных, недроохранных), руб./руб.;

– повышение эффективности затрат на проведение ресурсосберегающих мероприятий (в том числе водосберегающих, землесберегающих и др.), руб./руб.

5. Снижение издержек на поддержание состояния здоровья у персонала горного предприятия и населения, проживающего в зоне влияния этого предприятия:

– снижение издержек на компенсационные выплаты (натуральные и денежные) персоналу горного предприятия, руб.;

– снижение затрат на оплату бюллетеней (в том числе по причине профессиональных заболеваний), руб.;

– снижение выплат по судебным искам физическим и юридическим лицам, требующим возмещения вреда, нанесенного их здоровью и имуществу, в результате производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия, руб.

Социальные результаты:

1. Нормализация и улучшение состояния здоровья у персонала горного предприятия:

– снижение уровня заболеваемости персонала (в том числе профессиональных заболеваний), %;

– уменьшение случаев досрочного ухода на пенсию по состоянию здоровья, количество случаев;

– снижение уровня смертности персонала, %.

2. Нормализация и улучшение состояния здоровья населения, проживающего в зоне влияния горного предприятия:

– снижение уровня заболеваемости местного населения, %;

– снижение уровня смертности местного населения, %.

По прогнозам аналитиков Союза золотопромышленников, тенденция к увеличению доли добычи золота из коренных месторождений будет сохраняться, и к 2016 г. ее уровень составит 70%. В соответствии с расчетными показателями федеральной программы, разработанной МПР России, годовая добыча золота к 2020 г. должна достигнуть не менее 200 т с изменением вектора структуры на коренные месторождения: 140 и 60 т россыпного золота, поэтому содержание золота в техногенных отходах будет только увеличиваться.

Ведущие научно-исследовательские институты России (ИПКОН РАН, Иргиредмет, ЦНИГРИ, ИГД СО РАН, Гинцветмет и др.) разработали и успешно внедрили на горно-перерабатывающих предприятиях страны и ближнего зарубежья весьма эффективные технологии извлечения благородных металлов из золотосодержащего минерального сырья.

Дальнейшее развитие сырьевой базы планируется достичь за счет внедрения новых, конкурентоспособных, высокопроизводительных технологий переработки не только руд, но и техногенных отходов, не требующих больших капитальных и эксплуатационных затрат, обеспечивающих быстрый возврат вложенных средств, по сравнению с традиционными методами извлечения ценных компонентов (Распоряжение

Правительства РФ от 31 октября 2014 г. № 2178-р. О поэтапном графике создания в 2015–2017 гг. отраслевых справочников наилучших доступных технологий. – 17 ноября 2014 г.; http:// www.rospromeco.com/zakonodatelstvo/27-analytic/zakonodatelstvo/66-zakonodatelstvo-8).

4.4.1. Наилучшие доступные технологии в производстве первичного алюминия электролизом криолито-глиноземных расплавов

Экологическая политика ОК РУСАЛ, утвержденная приказом № РГМ-11-П029 от 26.10.2011 г., гласит:

– снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, включая выбросы парниковых газов;

– создание систем замкнутого оборотного водоснабжения для основных производственных процессов предприятий компании;

– увеличение доли переработки и использования отходов и их безопасное складирование;

– замена и утилизация электрооборудования, содержащего полихлорированные бифенилы (ПХБ);

– восстановление нарушенных земель и содействие сохранению биологического разнообразия;

– создание корпоративной системы менеджмента для управления экологическими аспектами и рисками.

Основные направления реализации экологической стратегии:

- внедрение передовых технологий на вновь вводимых мощностях;
- модернизация существующего производственного цикла на действующих предприятиях (Экосодерберг, перевод на обожженный анод);
- замена устаревшего газоочистного оборудования;
- создание систем замкнутого оборотного водоснабжения или строительство современных очистных сооружений;
- строительство современных объектов складирования и переработки отходов для обеспечения их долгосрочного и надежного хранения;
- рекультивация нарушенных земель.

Вопросы НДТ в настоящее время являются актуальными для предприятий ОК РУСАЛ [92].

При получении первичного алюминия НДТ предусматривают ведение технологии путем:

1) электролиза в электролизерах с предварительно обожженными анодами второго поколения (мощностью 300 кА и выше) [93];

2) электролиза в электролизерах с верхним подводом тока к аноду (ВТ) по технологии «Экологический Содерберг» (ЭкоСодерберг) [94–96].

При этом для 1 типа ванн выбросы загрязняющих веществ составляют, кг/т Al, соответственно: $HF \leq 0{,}23$; $F_{тв} \leq 0{,}43$; пыль – 2,6–3,3. Для

технологии с анодом Содерберга выбросы загрязняющих веществ составляют, кг/т Al, соответственно: HF ≤ 0,5; $F_{тв}$ ≤ 0,9; пыль – 1,8–4,6; смолистые вещества – 0,9–1,4.

На всех отечественных алюминиевых заводах с самообжигающимся анодом извлечение особо опасных выбросов фтористых соединений осуществляется в цехах производства фтористых солей. В настоящее время в ОПФС ИркАЗа основными способами утилизации отходов алюминиевого производства являются переработка угольной пены методом флотации с получением флотационного криолита (ФК) и очистка газовых выбросов путем абсорбции фтористого водорода содобикарбонатным способом с получением регенерированного криолита (РК).

Технологическая схема производства вторичного криолита представлена на рис. 4.6 (*W* – влажность, %).

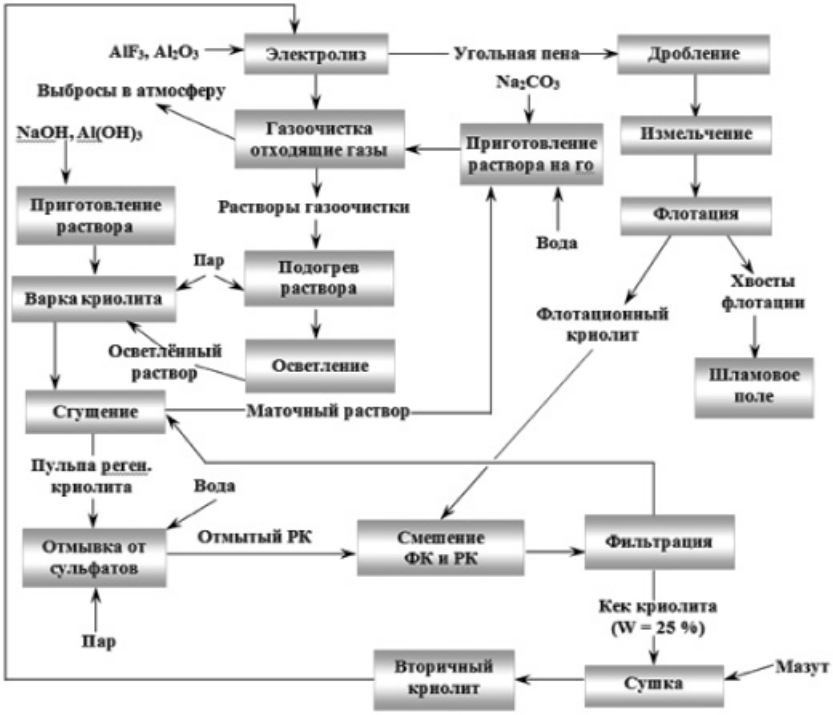


Рис. 4.6. Технологическая схема производства вторичного криолита

Производство вторичного криолита включает в себя три независимых процесса:

– производство регенерационного криолита;
– производство флотационного криолита;
– производство смешанного криолита.

4.4.1.1. Улавливание пылегазовой смеси и ее очистка

Очистка газов электролизного производства алюминия имеет свои специфические особенности, связанные со значительными объемами очищаемых газов, их сложным и неоднородным составом, включающим оксид и диоксид углерода, фтористый водород, сернистый ангидрид, смолистые вещества, мелкодисперсную, склонную к налипанию глиноземную пыль.

В общем виде аппаратурная схема очистки анодных газов включает колокольные укрытия электролизеров (газосборники), горелочные устройства, тракт газо-воздушной смеси (переходные колена, опуски от горелок, подкорпусные и межкорпусные газоходы, запорные устройства), дымососы, пылегазоочистные установки (электрофильтры и/или аппараты мокрой очистки), циклоны-каплеуловители, дымовые трубы [39, 42].

Для электролизеров с СА наиболее распространенной является двухступенчатая схема очистки. В соответствии с данной схемой, анодные газы на 1-й ступени проходят очистку от пыли в электрофильтрах, а на 2-й стадии обрабатываются содовым раствором в абсорберах, где улавливаются фтористый водород и сернистый ангидрид.

Известно также использование «сухой» сорбционной очистки газов глиноземом в реакторах и рукавных фильтрах, а также совмещенной «сухой» и мокрой газоочисток [97, 98].

Сжигание анодных газов в горелочных устройствах

Перед выбросом в атмосферу газы организованного газоотсоса подвергаются очистке с целью уменьшения их вредного воздействия на окружающую среду. Первым звеном в технологической цепи обезвреживания газообразных выбросов является сжигание горючих составляющих анодных газов в горелочных устройствах [99]. Эффективность работы горелочных устройств, помимо конструкционных особенностей горелки, в значительной мере зависит от концентрации в анодных газах монооксида углерода CO. Интенсивное горение газов происходит при содержании CO, равном 60 % об. и более.

Ведутся работы по совершенствованию газоходов электролизеров, горелочных устройств. Так, в целях снижения температуры продуктов

горения, поступающих в газоходную сеть корпуса электролиза, воздух в горелочные устройства подается с избытком $\alpha = 6$. Эта величина существенно превышает значения, рекомендуемые для сжигания газообразного топлива. В результате охлаждения горелки избыточно подсасываемым воздухом, температура в зоне горения может снижаться до 300°С. Снизить температуру транспортируемых анодных газов предлагается за счет организации подсоса воздуха непосредственно в газоход и оборудования последнего теплоотводящими ребрами, стальными или алюминиевыми. Предлагаемые технические решения обеспечат температуру анодных газов на входе в ГОУ на уровне 120–140°С, снизит их физические объемы и энергозатраты на их транспортировку, уменьшат материалоемкость газоходной сети корпуса электролиза [100].

Очистка от пыли

Как правило, на электролизерах с самообжигающимся анодом первая стадия очистки пылегазовой смеси реализуется в электрофильтрационных установках горизонтального типа. Эффективность очистки газов электрофильтрационными установками зависит от физико-химических параметров пылегазового потока, скорости и времени пребывания газа в электрофильтре, конструкции и технического состояния электродной системы, электрического режима работы электрофильтра, режима встряхивания электродов и в реальных условиях может варьироваться от 30 до 98%.

К числу наиболее важных факторов, влияющих на работу электрофильтров, также относятся: напряженность электрического поля, скорость дрейфа частиц в электрическом поле, распределение напряженности электрического поля и величина объемного заряда в межэлектродном пространстве, удельное электрическое сопротивление слоя пыли на электродах, а также эффективность работы встряхивающих устройств.

Улавливание газов электролизного производства содовым раствором

В основу мокрого способа очистки положены абсорбционные методы, основанные на диффузионном переходе газообразного компонента в жидкую среду. Очистка газов электролизного производства алюминия в аппаратах мокрой газоочистки обеспечивается путем орошения (промывки) проходящего через аппарат газа водным раствором кальцинированной соды Na_2CO_3 [39, 41].

Сухая очистка газов электролизного производства

Суть метода очистки анодных газов с использованием промышленного глинозема основана на сорбции фтористого водорода поверхностным мономолекулярным слоем частичек твердого адсорбента. «Сухая»

газоочистка обеспечивает высокую степень улавливания электролизной пыли, а вместе с ней твердых фторидов, смолистых веществ и полициклических ароматических углеводородов (в том числе бенз(а)пирена). Остаточная концентрация вредных компонентов в очищенных газах составляет, мг/нм^3: HF ~ 0,2–2,0; пыли ~ 1,0–7,0; в том числе: твердых фторидов ~ 0,3–1,0; смолистых веществ ~ 0,25–1,0 [42].

4.4.1.2. Производство регенерационного криолита из фторсодержащих растворов систем газоочистки

Регенерация криолита из растворов газоочистки включает в себя следующие процессы:

– приготовление растворов для газоочистки;
– осветление растворов газоочистки;
– приготовление алюминатного раствора;
– варка криолита;
– отмывка криолита;
– сгущение и фильтрация.

Аппаратурно–технологическая схема получения регенерационного криолита приведена на рис. 4.7.

Водный содовый раствор, поступающий на орошение газа в скрубберах, должен содержать 3–5 % Na_2CO_3 (30–50 г/л).

Фторсодержащий раствор из скрубберов после газоочистки со взвешенными в нем частицами шлама поступает в отстойники отделения регенерации для осветления. Отстаивание растворов зависит от скорости осаждения взвешенных частиц, которая составляет всего 0,1 м/ч, но при предварительном подогреве раствора до 60–70°С удается повысить скорость отстаивания в 7–10 раз и увеличить производительность отстойников по осветленному раствору.

Осветление раствора осуществляется в сгустителе, стенки которого теплоизолированы. Осветление считается законченным, если раствор содержит твердых взвесей менее 0,3–0,5 г/л.

Сгущенный в отстойниках шлам с соотношением жидкого к твердому Ж:Т = 1–2,5 фильтруется на барабанном фильтре. Шламовая паста после распульповки в мешалках откачивается на шламовое поле, а полученный фильтрат направляется в баки осветленного раствора. Химический состав шлама в значительной степени зависит от типа используемых электролизеров. Так, по данным НкАЗа, оборудованного электролизерами с верхним токоподводом, процентное содержание веществ в шламах газоочистки составляет: F – 32,7; Al – 13,0; Na – 21,9; Ca – 0,5; Mg – 0,3; Ee_2O_3 – 3,7; SiO_2 – 0,9; SO_4 – 5,2; ппп – 16,2.

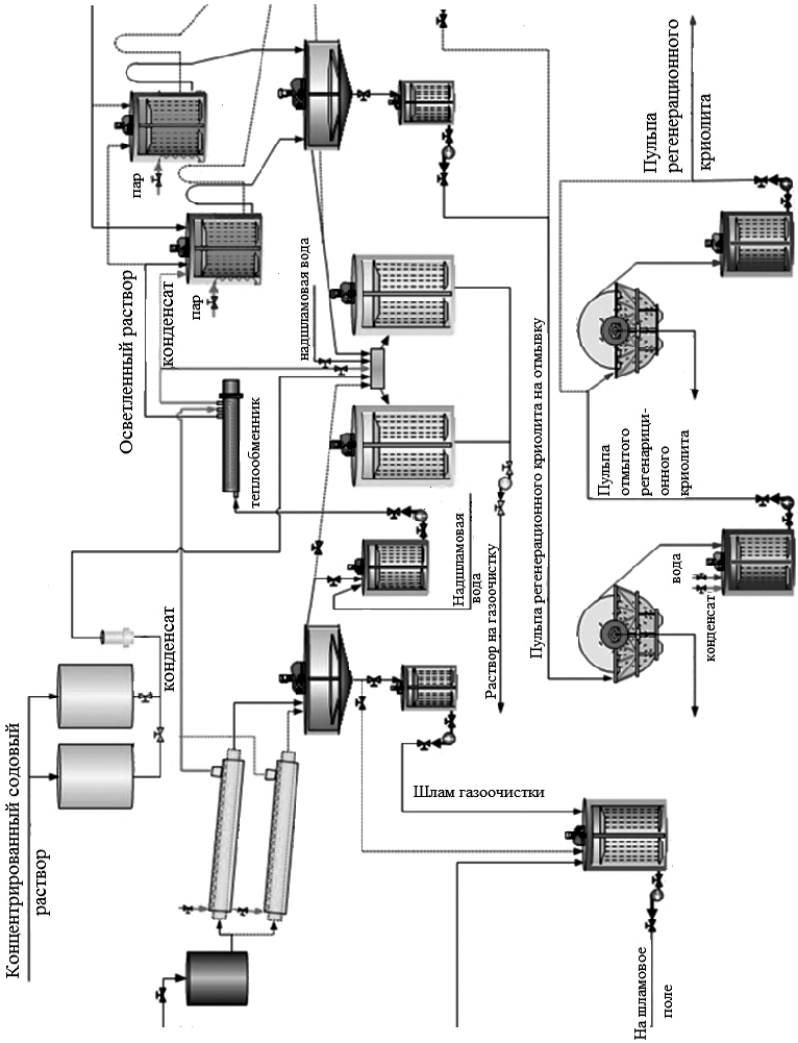


Рис. 4.7. Аппаратурно-технологическая схема получения криолита из растворов газоочистки

Процесс выделения криолита из фторсодержащего раствора называется варкой, которую можно вести как в периодическом, так и в непрерывном режимах. Непрерывная варка обеспечивает более высокую производительность передела и лучшее качество криолита, поэтому является предпочтительной.

Для получения криолита необходимо приготовить алюминатный раствор, для чего гидроокись алюминия $Al(OH)_3$, растворяют в растворе каустической соды NaOH. При этом протекает реакция

$$6NaOH + 4Al(OH)_3 = 2(1{,}5Na_2O{\cdot}Al_2O_3) + 9H_2O,$$

где $1{,}5Na_2O{\cdot}Al_2O_3$ – алюминат натрия с каустическим модулем 1,5. Под каустическим модулем понимают молекулярное отношение оксида натрия к оксиду алюминия в алюминатном растворе.

Варка криолита ведется в теплоизолированных обогреваемых паром реакторах с мешалками и при температуре 85–95°С. Из баков-сборников осветленный раствор подается в напорный бак, из которого самотеком поступает в дозатор, а из него – в реакторы, которые обычно собираются в нитки по 3–5 шт.

В эти реакторы с нагретым фторсодержащим раствором подается строго дозированное количество алюминатного раствора. В результате взаимодействия компонентов осветленного раствора с алюминатным раствором практически мгновенно протекает реакция образования криолита (по фтор-содо-бикарбонатной схеме), который выпадает в осадок [39, 42]:

$$12NaF + 1{,}5Na_2O{\cdot}Al_2O_3 + 9NaHCO_3 = 9Na_2CO_3 + 2Na_3AlF_6 + 4{,}5H_2O.$$

Сгущенная криолитовая пульпа с соотношением Ж:Т = (1,5–2,5)/1 из сгустителя выводится в мешалку-репульпатор и оттуда подается на вакуум-фильтр. Фильтрат поступает в бак маточного раствора, а отфильтрованный криолит еще дважды репульпируют для снижения криолитового отношения и уменьшения содержания в нем сульфата натрия, причем во второй раз пульпа регенерационного криолита смешивается со сгущенной пульпой флотационного криолита, производство которого из угольной пены рассмотрено ниже. Криолитовое отношение регенерацонного криолита составляет 3,0–3,2 и поэтому его называют щелочным.

Паста смешанного криолита с влажностью 15–20 % поступает в сушилку, где сушится до влажности 1,5 %, а оттуда направляется в бункер готовой продукции и периодически отгружается в электролизные корпуса.

В последние годы был разработан ряд технических решений, направленных на повышение технико-экономических показателей регенерации криолита [101].

4.4.1.3. Производство флотационного криолита из электролитной (угольной) пены

Электролитная угольная пена является одним из первых отходов алюминиевого производства, переработка которого была освоена в промышленном масштабе на большинстве отечественных алюминиевых заводах, оборудованных электролизерами с СА. Экономическая целесообразность переработки пены обусловлена тем, что в ее состав входит до 70 % ценных для электролиза алюминия компонентов. Переработка угольной пены направлена на разделение углеродистой и электролитной составляющей с целью возврата последней в процесс электролиза алюминия.

В настоящее время процесс разделения углеродистой и электролитной составляющих пены осуществляется методом флотационного обогащения, в результате которого получают целевой продукт – флотационный криолит и отход производства – хвосты флотации угольной пены. Наиболее распространенная на алюминиевых заводах технологическая схема флотации угольной пены включает (рис. 4.8) основную флотацию, одну перечистку концентрата основной флотации и одну контрольную флотацию пенного продукта основной флотации [42, 102].

Доставленная из электролизного цеха угольная пена подвергается магнитной сепарации (во избежание попадания в дробилку металлических предметов) и затем дробится на щековой дробилке, а после направляется на мокрое измельчение в шаровую мельницу. Измельченная в мельнице пена разделяется в спиральном классификаторе на два продукта – пульпу, вмещающую тонкие частицы пены, и пески, состоящие из более крупных частиц пены.

Эффективность помола твердых частиц, содержащихся в сливе классификатора, характеризуется следующим показателем – 80–90 % частиц пены относятся к классу крупности – 0,075 мм, что обеспечивает хорошее разделение частиц угля и электролита.

Пески возвращают на доизмельчение в шаровую мельницу. Слив из классификатора, разбавленный водой до соотношения Ж:Т = (3–4)/1, поступает в контактный чан на перемешивание с флотореагентом и далее направляется на флотацию.

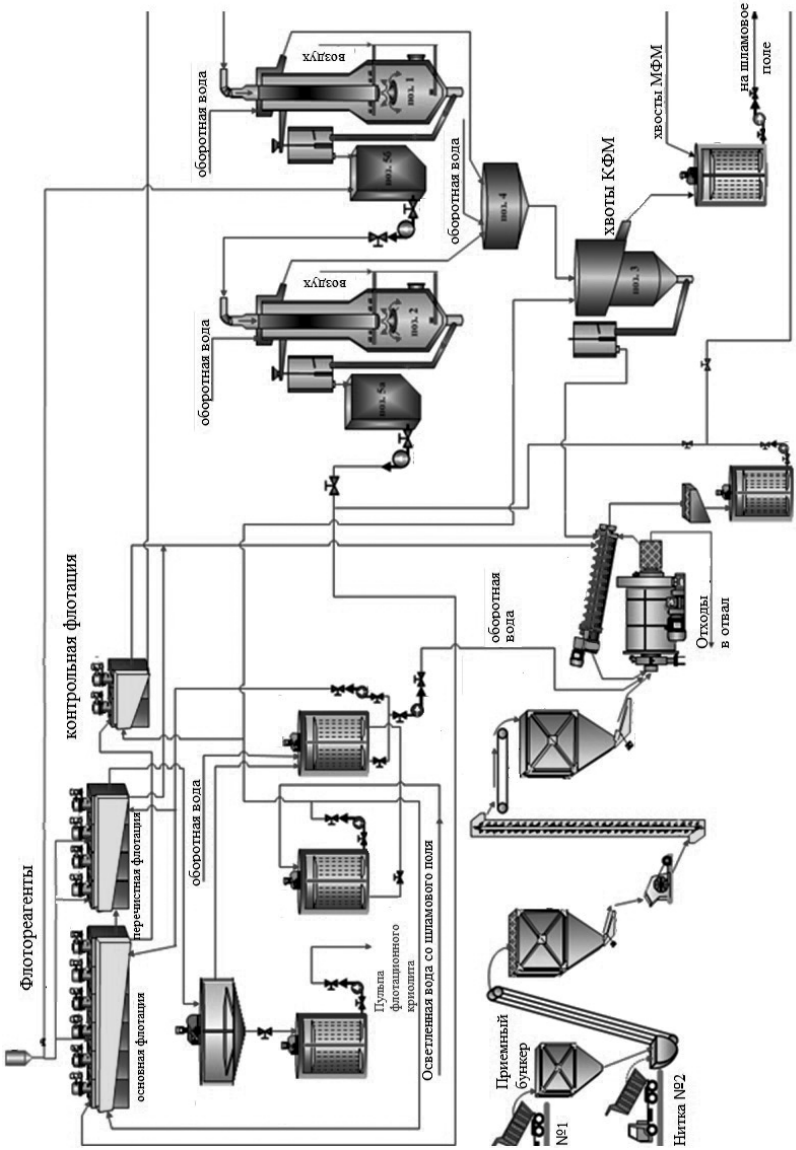


Рис. 4.8. Аппаратурно-технологическая схема получения флотационного криолита

Флотационная обработка основана на свойстве не смачивающихся водой (гидрофобных) материалов прилипать к находящимся в водном растворе пузырькам воздуха. Гидрофобность материалов может быть усилена введением в раствор флотореагентов, которые, попадая на поверхность мелкодисперсных гидрофобных частиц, еще более ухудшают их смачиваемость водой, и поэтому они более интенсивно прилипают к пузырькам воздуха и вместе с ними выносятся на поверхность пульпы. Для увеличения эффективности процесса флотации важно иметь тонкое измельчение материала, т.к. крупные частицы не могут удерживаться пузырьками воздуха.

В процессе флотации угольной пены присутствуют два вида частиц: хорошо смачиваемые водой (гидрофильные) частицы электролита и гидрофобные частицы угля.

Для усиления гидрофобных свойств угля в качестве флотореагента применяют смесь соснового масла с керосином в соотношении 1:9 или технического скипидара и керосина в соотношении 2:1. На производство 1 т флотационного криолита расходуется 1700 кг угольной пены, 0,4 кг соснового масла и 3–4 кг керосина. Возможно применение также и других видов флотореагентов.

Частицы угля, адсорбировавшие на своей поверхности флотореагент, становятся практически не смачиваемыми водой и увлекаются вверх пузырьками воздуха, образуя пену, которая непрерывно механическими гребками снимается с поверхности пульпы. В результате пульпа обогащается частицами электролита, которые оседают на дно флотационной машины, а затем удаляются из нее как конечный продукт флотации – концентрат. Угольные частицы, снимаемые с пеной, являются вторым конечным продуктом флотации (хвосты), который направляется в отвал. Химический состав хвостов флотации следующий, мас.%: F – 8,8; Na –6,7; Al – 5,7; Ca – 0,7; Mg – 0,5; SiO_2 – 0,25; Fe_2O_3 – 1,6; SO_4 – 0,5; ппп – 72,1.

Процесс флотации проводится во флотационной машине (рис. 4.9), представляющей собой емкость прямоугольного сечения, разделенную поперечными перегородками на ряд камер, снабженных импеллерами, вращающимися со скоростью 275–600 об/мин. Благодаря наличию отверстий в придонной части перегородок уровень пульпы во всех камерах одинаков. Пульпа подается в первую камеру машины и последовательно переходит из одной камеры в другую. Из последней камеры первой флотомашины непрерывно самотеком выпускается пульпа, обогащенная криолитом, а угольные частицы в виде пены снимаются гребками пекогонов с поверхности пульпы каждой камеры в общий желоб. В первой группе камер первой флотомашины проводится основная флотация. Хвосты же основной флотации отправляются на контрольную

флотацию, которая осуществляется в нескольких камерах второй флотомашины. В остальных камерах первой и второй флотомашин, соединенных последовательно, производится перечистка криолита с получением криолитового концентрата. После контрольной флотации и выделения промпродукта-2 хвосты отправляют в отвал.

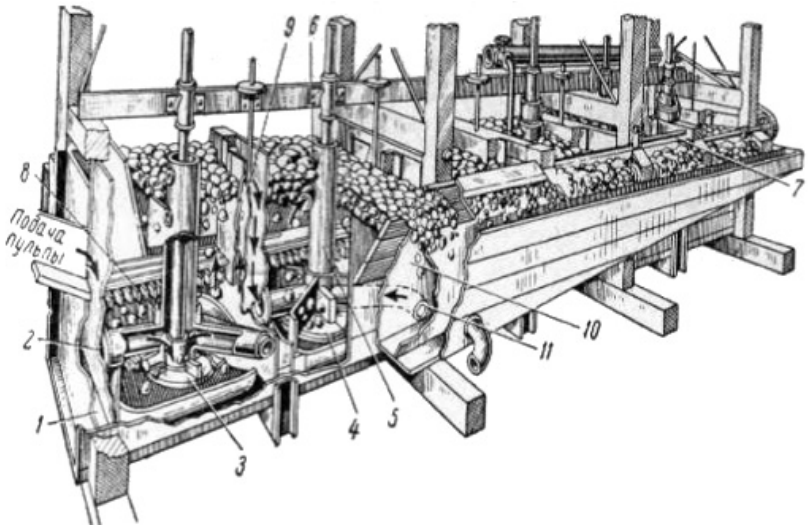


Рис. 4.9. Общий вид флотационной машины:
1 – коробка; 2 – труба; 3 – мешалка; 4 – диск; 5 – труба; 6 – отверстие; 7 – пеногон; 8 – решетка; 9 – порог; 10 – желоб; 11 – труба

Первичный криолитовый концентрат направляется на перечистную флотацию, продуктами которой являются: промпродукт-1, возвращаемый на измельчение и классификацию, и криолитовый концентрат, который после сгущения, фильтрации и сушки отправляется в электролизные корпуса. Как правило, криолитовая пульпа, полученная флотацией угольной пены, смешивается с пульпой регенерационного криолита, и в электролизный цех направляется смешанный криолит.

Сухой готовый флотационный криолит должен содержать, мас.%: F – более 44; Na – не более 30; Al – более 12; C – 1,5; SiO_2 – 0,9; Fe_2O_3 – 0,5; H_2O – 1,5.

На каждую 1 т получаемого флотационного криолита приходится образование 700 кг хвостов, которые направляются на шламовое поле (примерно 40% от исходной массы угольной пены).

Основным компонентом хвостов флотации является углерод, но компоненты электролита по-прежнему содержатся в них в опасных для экологии концентрациях. Если считать, что при производстве 1 т алюминия снимается 40–45 кг пены, около 20 кг из нее отправляется на шламовое поле. К этому надо добавить уловленную пыль в мокрых скрубберах, количество которой составляет около 20 кг/т алюминия (для электролизеров ВТ). Общее количество шламов и хвостов флотации составляет порядка 40 кг на тонну алюминия.

Следовательно, завод с годовой производительностью 250 тыс. т алюминия отправляет на шламовое поле более 10 тыс. т веществ, содержащих фтористые и иные химические соединения. Поэтому сооружение и эксплуатация шламовых полей относится к экологическим проблемам производства алюминия.

Химический состав угольной пены приблизительно следующий, мас. %, соответственно: F – 29–31; Na – 15–18; Al – 10–13; Ca – 0,8–1,5; Mg – 0,2–0,5; SiO_2 – 0,2–0,5; Fe_2O_3 – 0,2–0,8; C – 28–30.

На некоторых заводах российской алюминиевой подотрасли освоены технологии флотации угольной пены в колонных аппаратах с нисходящим пульповоздушным потоком, базирующейся на отечественных разработках [101, 102].

4.4.1.4. Утилизация отработанной футеровки алюминиевых электролизеров

Утилизация изношенной футеровки электролизеров так же представляет собой большую экологическую проблему в связи с тем, что она пропитывается фторсодержащими солями и другими компонентами, которые входят в состав электролита. Отработанная футеровка содержит в среднем около 30 % углерода, 30 % огнеупорных материалов и 40 % фтористых солей. Фактическое содержание компонентов в отработанной футеровке зависит от конкретных заводских условий – параметров работы ванн, конструкции и срока службы футеровки, качества футеровочных материалов и т.д.

Большинство солей, содержащихся в отработанной футеровке, являются водорастворимыми и, при складировании отходов капитального ремонта ванны на открытых площадках или в отвалах, могут выщелачиваться атмосферными осадками и загрязнять водоемы. С другой стороны, наличие ценных компонентов в отходах футеровки ставит задачу их извлечения и утилизации.

Изношенная футеровка состоит из двух частей – угольной и огнеупорной. Угольная футеровка в среднем содержит 30 % углерода, 26 % глинозема, 13 % криолита, 8 % фтористого натрия, 3 % фтористого кальция,

6 % соды, 3 % кремнезема и 11 % прочих примесей. Огнеупорная же часть футеровки содержит 55–70 % оксида кремния, остальное приходится (приблизительно поровну) на глинозем и фторсодержащие соли.

Проблема утилизации отработанной футеровки является общей для всех производителей алюминия. Варианты переработки футеровки, применяемые, к примеру, в ОК «РУСАЛ»: сталелитейное производство – углеродосодержащая часть футеровки используется в качестве топлива [103].

Потенциальные возможности для ОК «РУСАЛ» – производство цемента: в качестве топлива (сгорание углерода) и сырья (неорганические элементы футеровки взамен примесей, улучшающих качество состава сырья); производство стекловаты: в качестве дополнительного топлива взамен стандартного коксового топлива; производство недокристаллизованного стекла (применяется в качестве усилителя цемента); комплексная переработка, получение продукции: углерод, NaOH, CaF_2, NaF.

Для дальнейшей переработки отработанная футеровка должна быть подвергнута дроблению и просеиванию на специальном оборудовании.

Одним из возможных путей использования отработанной футеровки является ее применение в производстве металлургического кремния [104].

4.4.1.5. ЭкоСодерберг

Наиболее опасными выбросами алюминиевого производства с точки зрения оказываемого влияния на атмосферу являются бенз(а)пирен (класс опасности 1), газообразные и плохо растворимые фториды (класс опасности 2). Также следует отметить менее опасные, но выделяющиеся в больших объемах, пыль неорганическую с содержанием до 20 % SiO_2 (класс опасности 3), диоксид серы (класс опасности 3) и оксид углерода (класс опасности 4).

Для электролизного производства выделяют два источника загрязнения атмосферного воздуха: дымовые трубы газоочистных установок и аэрационные фонари электролизных корпусов. При этом максимальный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят выбросы через аэрационные фонари в силу следующих причин:

1. Через аэрационные фонари поступает основной объем наиболее опасных загрязняющих веществ. Например, удельные выбросы фтористого водорода через аэрационные фонари примерно в 20 раз выше, чем через дымовые трубы [42].

2. Аэрационные фонари не оборудованы каким-либо газоочистным оборудованием, и количество выбросов через аэрационный фонарь отдельно взятого корпуса электролиза является функцией состояния технологии, организации труда, культуры производства и КПД укрытия электролизеров.

3. Аэрационный фонарь, при прочих равных условиях, обуславливает более высокие приземные концентрации загрязняющих веществ, являясь линейным источником средней высоты (высота ~ 26 м, длина ~ 600 м), по сравнению с дымовой трубой – точечным высоким источником (высота 80 м).

Существующий для электролизеров с анодом Содерберга типа С-8БМ уровень КПД укрытия недостаточен для достижения современных экологических требований, поэтому в рамках проекта по созданию технологии экологичного Содерберга, получившего аббревиатуру С-8БМ(Э), ставилась задача по увеличению КПД укрытия до не менее 96 %. Задача была решена за счет комплексного совершенствования газосборного колокола (ГСК) и системы газоудаления (СГУ) (рис. 4.10).

Совершенствование конструкции ГСК на электролизерах С-8БМ(Э) заключалось в увеличении пропускной способности и улучшении аэродинамических характеристик подколокольного пространства. Для этого была увеличена площадь поперечного сечения газоходного канала и изменена конфигурация секций ГСК с трапецеидальной на параболическую. Результат реализованных технических решений – увеличение площади поперечного сечения газоходного канала в 2,5 раза, уменьшение скорости движения газов в подколокольном пространстве и его аэродинамического сопротивления более чем в 2 раза. При этом аэродинамические характеристики подколокольного пространства электролизера С-8БМ(Э) сопоставимы с характеристиками подколокольного пространства электролизеров С-2 и С-3, для которых ГСК рядовой конструкции создавался изначально (см. табл. 4.1).

Рис. 4.10. Электролизер с анодом Содерберга для получения первичного алюминия

Таблица 4.1

Сравнительные характеристики параметров газосборного колокола

Параметр	Единица измерения	Тип электролизера		
		С-2, С-3	С-8, С-8БМ	С-8БМ(Э)
Общий объем образующихся анодных газов	$м^3/ч$	30,0	42,0	42,0
Объем анодных газов, поступающих в подколокольное пространство по одной продольной стороне	$м^3/ч$	15,0	21,0	21,0
	$м^3/с$	0,0041	0,0058	0,0058
Площадь поперечного сечения подколокольного пространства	$м^2$	0,05	0,05	0,125
Скорость движения газов в подколокольном пространстве	м/с	0,09	0,2	0,08
Число Рейнольдса	–	80,0	160,0	80,0
Коэффициент трения λ	–	0,73	0,37	0,85
Потери давления	$Н/м^2$	0,05	0,12	0,05

Таблица 4.2

Параметры газов, выбрасываемых в атмосферу от корпуса, работающего по технологии «ЭкоСодерберг»

Выбросы через аэрационный фонарь			
Объем отходящих через от корпуса газов*, $нм^3/ч$	Температура газа, °С	Концентрация загрязняющих веществ, $мг/нм^3$	
10000000–12000000	–10 ...+36	Фтористый водород	≤ 0,18
		Твердые фториды	≤ 0,18
		Смолистые вещества	≤ 0,9
		Диоксид серы	0,2
		Оксид углерода	до 10
Выбросы через трубу			
Объем отходящих газов, $нм^3/ч$	Температура газа на выходе из трубы, °С	Концентрации загрязняющих веществ, $мг/нм^3$	
50400–70400 30–40		Фтористый водород	≤ 1,3
		Твердые фториды	≤ 1,2
		Смолистые вещества	≤ 1,0
		Диоксид серы	≤ 60
		Оксид углерода	≤ 10000

Примечание. *Объемы газов приведены для стандартного корпуса электролиза с ваннами с верхним токоподводом, при изменении типоразмеров корпуса электролиза объемы газов могут соответственно изменяться.

Задача увеличения КПД укрытия электролизеров Содерберга решена путем замены горелочных устройств щелевого типа на четырехкупольные системы газоудаления [105].

В результате установки в корпусах электролиза, оснащенных модернизированными ваннами «ЭкоСодербеог», были получены следующие показатели параметров отходящих газов.

4.4.2. Наилучшие доступные технологии в практике золотодобывающих и золотоперерабатывающих предприятий

Основными проблемами извлечения золота из техногенных отходов являются:

1) группа химических факторов при использовании химических способов обогащения: обеспечение к золоту доступа выщелачивающего раствора за счет формирования в кристаллах минералов-носителей достаточно развитой системы подводящих микротрещин и пор; выбор эффективной системы окислителей и комплексообразователей, нарушающих первичные химические связи между атомами золота и минералообразующими атомами, а также формирующих с ним более устойчивые связи в сравнении с теми элементами, с которыми оно связано изначально в минеральной матрице; решение вопросов с последовательным и продолжительным выходом золота в жидкую фазу, обусловленным различными формами его нахождения, и, соответственно, различными условиями его растворения и переосаждением части растворенного в первые минуты металла на минералы-сорбенты;

2) группа биотехнологических факторов при использовании биотехнологии: ограниченность применения, обусловленная сложностью вещественного состава отходов (наличие углистых и органических веществ); экстенсивностью процесса; неполнота вскрытия золотосодержащей матрицы;

3) группа геолого-технологических факторов при применении биотехнологии: наличие двух и более генераций пирита и постоянно меняющееся соотношение пирита и арсенопирита (при условии значительного преобладания первого), в связи, с чем снижается эффективность биоокисления за счет роста концентрации растворенного мышьяка, подавляющего жизнедеятельность бактерий.

По причине использования неэффективных технологий при переработке и добыче, запасы золота на балансе существенно отличаются от объемов его производства – суммарные потери драгметалла достигают 27%.

Повысить эффективность процесса извлечения золота, в частности ультрадисперсного из техногенных отходов, можно, увеличив активность кислород – и водородсодержащих комплексов в растворе (жидкой фазе).

Это связано, в первую очередь, с тем, что в таких минералах, обладающих соответственно повышенной микротрещиноватостью (капиллярностью) и пористостью (слоистой микроструктурой), определяющую роль играет диффузия активных компонентов раствора вглубь минерального каркаса. Во-вторых, нарушение связей между золотом и соответствующими элементами в поверхностных слоях минералов-сорбентов будет зависеть от окисляющей способности, содержащих кислород свободных радикалов. В-третьих, естественный сорбент, например, монтмориллонит или другой минерал, активированный в ходе рудоподготовки при стандартном цианировании, т.е. без дополнительных, подавляющих его сорбционные свойства комплексов, может поглощать уже растворенное золото из жидкой фазы пульп. Органо-металлические формы дисперсного золота также представляют сложность при его извлечении стандартным цианированием и требуют использования процессов окисления матрицы перед или в процессе выщелачивания [77].

4.4.2.1. Технология извлечения золота из отходов горного производства комбинированным методом фотоэлектрохимического, бактериального и химического выщелачивания

Комбинированные технологии переработки золотосодержащих отходов на основе направленных фотоэлектрохимических воздействий с применением сильных окислителей в сочетании с процессами кюветного и кучного выщелачивания позволяют извлечь благородные металлы из техногенных месторождений. В процессе испытаний исследовались процессы при переработке упорного сырья (лежалых огарков обжига золотосодержащего арсенопиритового флотационного концентрата ООО «Дарасунский рудник») комбинированными методами кюветного и кучного выщелачивания золота.

Сжатый воздух, в том числе озонированный, для достижения следующих целей:

а) пассивации поверхности сульфидов и сульфосолей и, соответственно, снижения выхода в форме цианового комплекса Fe, Ni, Co, Zn, Cu, Ag и снижения образования роданидов (CNS);

б) повышения пористости оксидных, гидрооксидных и скородитовых пленок, концентрирующих дисперсное золото;

в) снижения сорбционной активности глинисто-слюдяных минералов и, соответственно, переосаждения на них $Au[CN]_2^-$ из жидкой фазы пульпы.

В зависимости от вещественного состава руды применяют различные полиреагентные комплексы, которые образуются в процессе пероксидной или хлоридно-пероксидной подготовки минеральной массы перед цианированием, выщелачивание осуществляется по одной из

технологических схем (рис. 4.11–4.16). Предварительно минеральную массу размещают в кювету с гидроизолированными стенками и днищем, а затем подают раствор исходного реагента до получения пульпы с соотношением Ж:Т, определяемым конкретными минералого-технологическими параметрами рудной массы. В одной из торцевых частей кюветы устанавливают циркуляционный электрохимический или фотоэлектрохимический реактор для образования вторичных реагентов, выполняющий также и функцию аэролифта, который соединяют трубопроводом с её противоположным концом. Далее проводят локальную порционную активацию полученной пульпы при периодическом удалении активированной и введением неактивированной части пульпы в зону активации.

После достижения в жидкой фазе пульпы, требуемой по условиям извлечения концентрации металла, окисленный материал подвергают фракционированию с выделением глинисто-шламистой и песковой фракций. Полученную глинисто-шламистую фракцию после обезвоживания подвергают сорбционному выщелачиванию. Песковую фракцию также обезвоживают, формируют штабель, осуществляют кучное выщелачивание и сорбцию. Жидкую фазу, оставшуюся после сорбционного выщелачивания песковой и глинисто-шламистой фракции, доукрепляют и направляют на кучное выщелачивание.

Технологическая схема извлечения золота из лежалых огарков обжига золотосодержащего арсенопиритового флотационного концентрата ООО «Дарасунский рудник» комбинированными методами фотоэлектрохимического, бактериального и химического выщелачивания и схема цепи аппаратов представлены на рис. 4.11, 4.12, соответственно [62, 106].

Полупромышленные испытания в соответствии с разработанной технологической схемой проводились в следующей последовательности:

1. Предварительная подготовка упорных золотосодержащих огарков к выщелачиванию осуществлялась обработкой геоматериала с использованием первичного окисляющего раствора, полученного в результате барботирования сернокислотного раствора воздухом, облученным ультрафиолетовыми лучами в диапазоне волн, обеспечивающем генерацию озона и электролизом раствора в электрохимическом реакторе.

2. Периодическое порционное локальное (в торцевой части кюветы) перемешивание пульпы, насыщение ее активными формами кислорода.

3. Обработка в кювете минеральной массы, полученным полиреагентным раствором, содержащим компоненты (активный кислород, микроскопления элементной серы, молекулярный электролизный кислород в пленочной воде минеральных частиц и ионы водорода) и проведение предварительного окисления огарков, обеспечивающее полноценное проникновение реагентов в минеральную матрицу относительно крупных частиц.

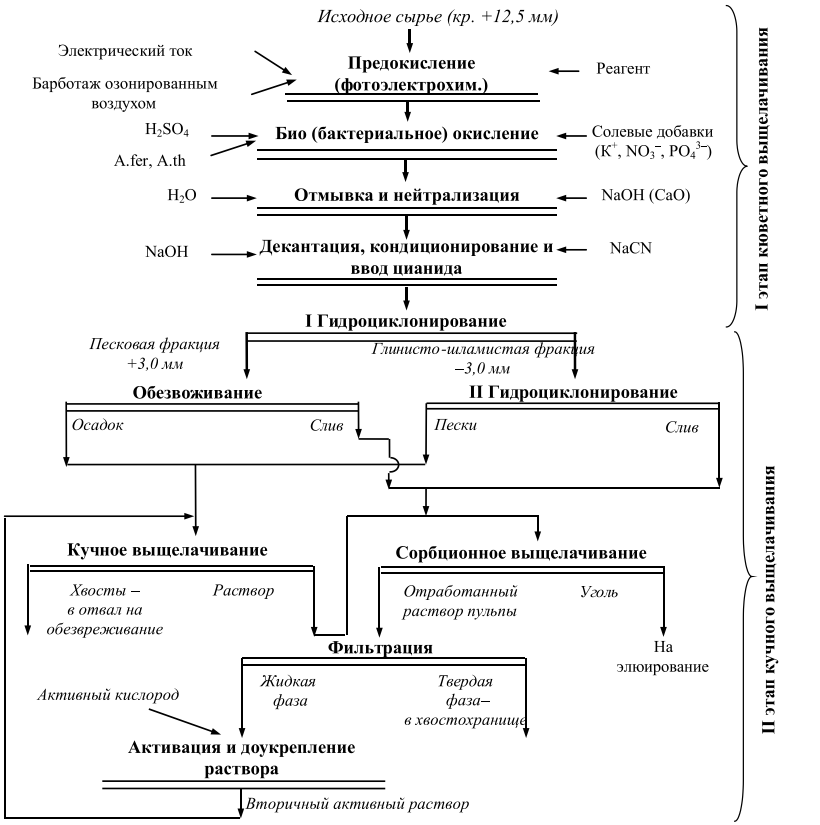


Рис. 4.11. Технологическая схема извлечения золота из лежалых огарков ООО «Дарасунский рудник» комбинированными методами фотоэлектрохимического, бактериального и химического выщелачивания

4. Ввод в кювету бактерий Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus thiooxidans на шламовом носителе огарков проведение биоокисления.

5. Первая стадия гидроциклонирования – отделение крупнозернистой фракции (+2,0 мм) от глинисто-шламистой (–2,0 мм). Обезвоживание и грохочение на несколько классов крупности песковой фракции, вторая стадия гидроциклонирования глинисто-шламистая фракции.

6. Отсыпка огарков в штабель ориентацией широкой частью на юг, а узкой частью – на север с основанием под углом 5...8° фракционированными слоями с уменьшением крупности от нижнего слоя к верхнему и разделением каждого слоя перфорированной полимерной пленкой.

Установка над системой орошения и питания на дуговых опорах водорастворонепроницаемой светопрозрачной пленки (в период отрицательных температур поверх пленки укладывается искусственный теплоизолятор).

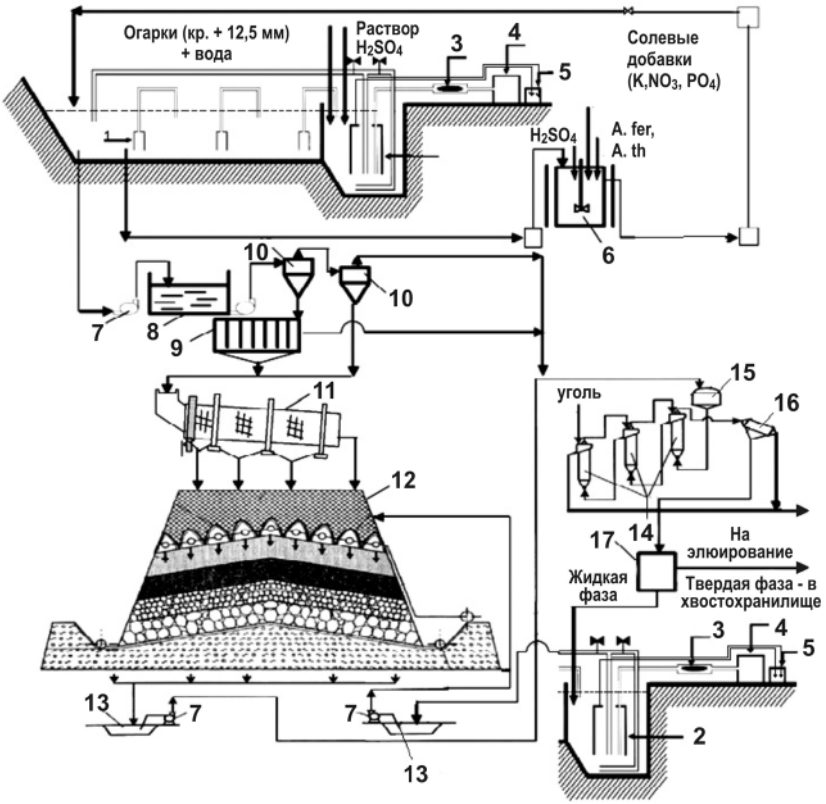


Рис. 4.12. Схема цепи аппаратов технологии извлечения золота из лежалых огарков комбинированными методами фотоэлектрохимического, бактериального и химического выщелачивания:
1 – аэролифт; 2 – аэролифт-электроактиватор; 3 – фотоактиватор воздуха; 4 – компрессор; 5 – блок питания; 6 – контактный чан для культивирования бактерий; 7 – насосный агрегат; 8 – зумпф; 9 – пластинчатый сгуститель; 10 – гидроциклон; 11 – барабанный грохот; 12 – блок-секция выщелачивания (штабель огарков); 13 – сборник золотосодержащих растворов; 14 – сорбционные колонны; 15 – буферная емкость; 16 – промывочный барабанный грохот; 17 – песчаный фильтр

7. Выщелачивание золота из фракции огарков +2,0 мм кучным методом с использованием активного цианидного раствора.

8. Доукрепление жидкой фазы, оставшейся после выщелачивания песковой и глинисто-шламистой фракции и направление ее на кучное выщелачивание.

9. Сорбционное выщелачивание золота из глинисто-шламистой фракции и продуктивного раствора кучного выщелачивания.

10. Десорбция, электролиз, плавка.

При применении направленных фотоэлектрохимических воздействий на раствор реагентов, которым обрабатывалось упорное минеральное сырье, создаются благоприятные условия для последующего активного роста микроорганизмов Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus thiooxidans в процессе биоокисления и вскрытия минеральной матрицы, которые способствуют сокращению продолжительности последующего биоокисления в 2,5 раза (со 120 ч – классический метод биоокисления до 48 ч – экспериментальный), а также уменьшению расхода NaCN в 3,84 раза (с 7,68 до 2,0 кг/т); сквозное извлечение золота увеличивается на 16,6%: с 75,6 до 92,2% по сравнению с сорбционным выщелачиванием.

Технологические схемы переработки отходов различного вещественного состава представлены на рис. 4.13–4.16 [81]. Приведённые схемы отличаются технологическими операциями I этапа (подготовка минерального сырья к кучному выщелачиванию), поэтому в дальнейшем рассматриваются только варианты кюветного активационного выщелачивания золота из техногенного сырья различного вещественного состава. II этап кучного выщелачивания (КВ) является аналогичным, независимо от минерального состава отходов.

Технологическая схема кюветного активационного выщелачивания минерального сырья с золотосодержащими углистыми включениями представлена на рис. 4.13.

Технологическая схема с хлоридно-пероксидной подготовкой включает два варианта I этапа кюветного активационного выщелачивания из техногенного сырья (либо из упорной сульфидно-углистой руды) и позволяет интенсифицировать процесс извлечения золота. Данная схема переработки применяется для сырья, содержащего, как правило, 1% и более органических включений и углистых веществ, при доминировании сульфидов железа над сульфосолями и арсенидами (арсенопиритом) и, в присутствии больших количеств пирротина, который является более упорным сульфидным минералом для биоокисления. В схему включена операция доокисления геоматериала активным кислородом.

Рис. 4.13. Технологическая схема кюветного активационного выщелачивания (I этап) минерального сырья с золотосодержащими углистыми включениями

Схемы хлоридно-пероксидной подготовки к выщелачиванию техногенного минерального сырья с золотосодержащими углистыми включениями в зависимости от вещественного состава представлены в двух вариантах на рис. 4.14 и 4.15 и дают пояснение сущности образования

активных полиреагентных комплексов в результате фотохимического и электрохимического синтеза.

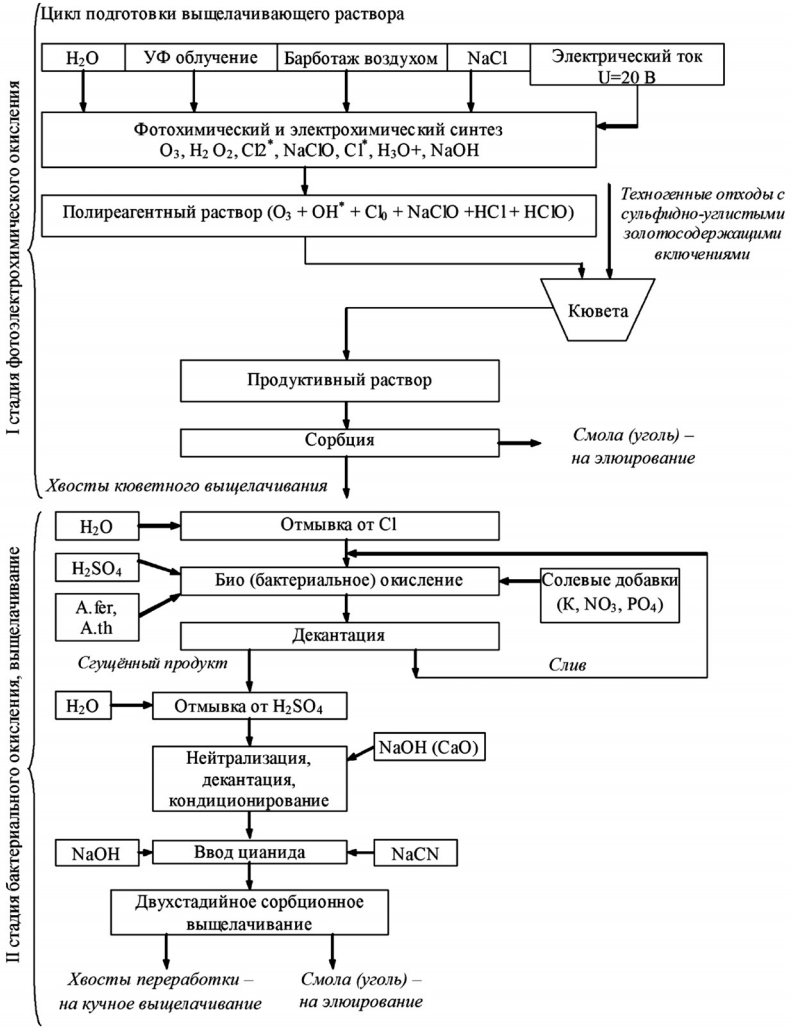


Рис. 4.14. Схема хлоридно-пероксидной подготовки (1 вариант) к выщелачиванию техногенного минерального сырья с золотосодержащими углистыми включениями

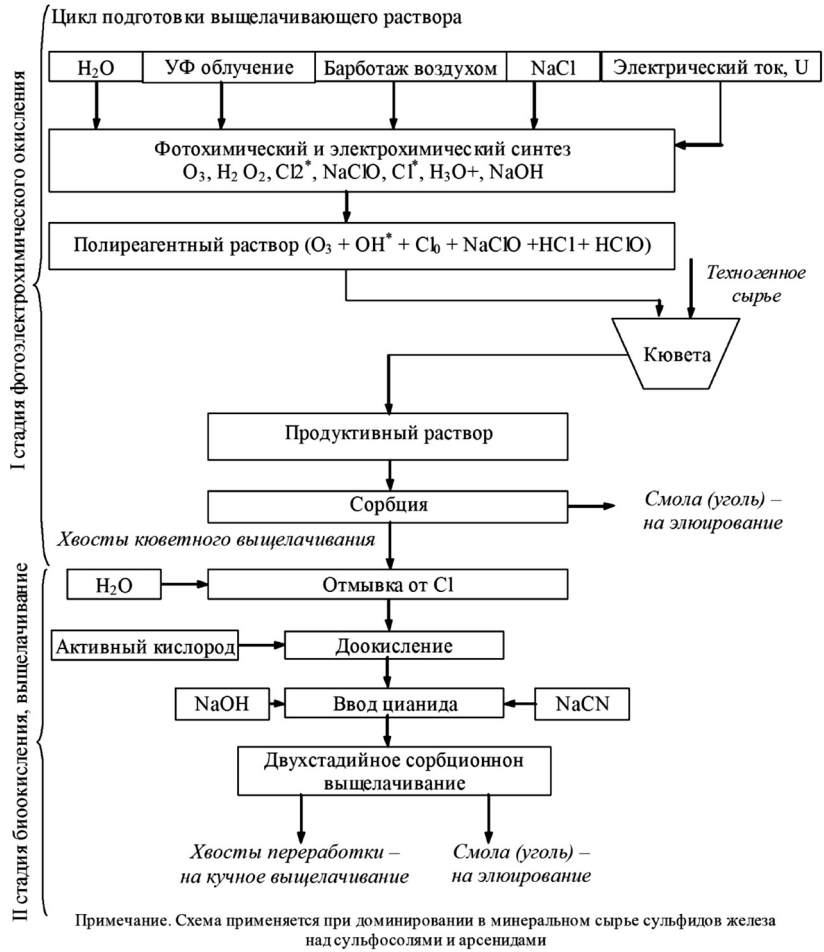


Рис. 4.15. Схема хлоридно-пероксидной подготовки (2 вариант) к выщелачиванию техногенного минерального сырья с золотосодержащими углистыми включениями

Схема пероксидной подготовки к выщелачиванию техногенного золотосодержащего минерального сырья показана на рис. 4.16 и дает пояснение в различии химического состава активного полиреагентного комплекса по сравнению с хлоридно-пероксидной подготовкой.

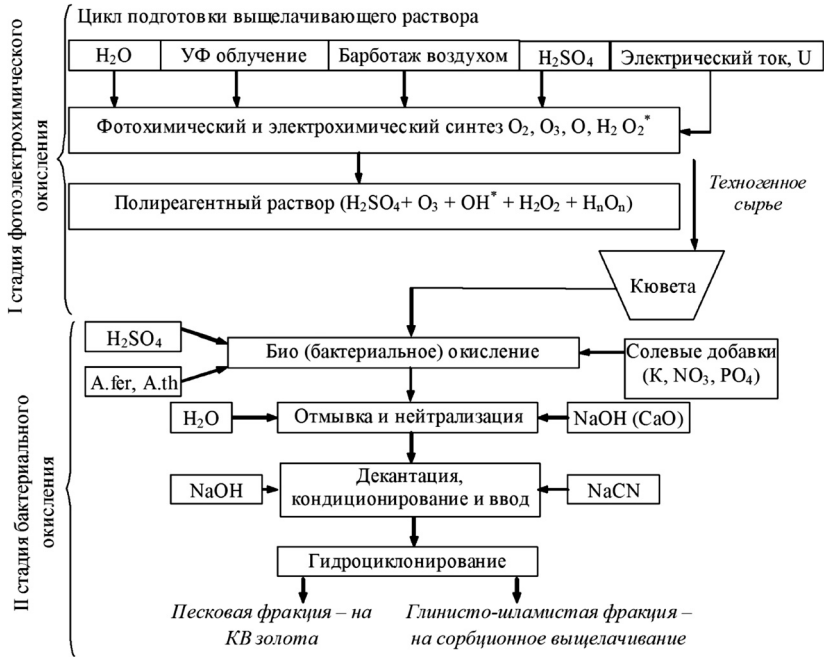


Рис. 4.16. Технологическая схема пероксидной подготовки к выщелачиванию техногенного золотосодержащего минерального сырья

Интенсификация процесса КВ осуществляется подачей вторичного активного раствора, образованного в процессе выщелачивания глинисто-шламистой фракции, на участок кучного выщелачивания металла из зернистой фракции, за счет чего осуществляется активация золота, находящегося в матрице зернистой фракции. Создается разность концентраций выщелачиваемого золота в плёночно-поровых водах и растворе реагента, что ускоряет процесс диффузии металла в раствор, а активно выщелачивающих и окисляющих компонентов – в твёрдую фазу, в результате чего выщелачивание золота из штабеля руды осуществляется с большей полнотой и скоростью. Жидкую фазу, оставшуюся после выщелачивания песковой и глинисто-шламистой фракции, доукрепляют и направляют на кучное выщелачивание. В период отрицательных температур предлагается использовать вместо кюветы – сгуститель, который необходимо разместить в здании стационарной фабрики и складировать в штабель песковую фракцию, полученную при гидроциклонировании

пульпы I этапа кюветного выщелачивания, для дальнейшей переработки кучным методом в межсезонный период.

Дополнительное повышение извлечения золота на 5–10 % из техногенных отходов достигается за счёт применения следующих технических решений:

– специальной отсыпке штабеля путем выделения однородных по фракциям кусков руды с наклоном слоёв от центра к боковым поверхностям и орошением кучи под водорастворонепроницаемой светопрозрачной пленкой и ориентацией штабеля руды широкой частью на юг [107];

– отсыпке слоев руды, предварительно выделенной по фракциям крупности, и последующей обработкой каждого слоя выщелачивающим раствором цианида повышенной концентрации до полного влагонасыщения и выстаивания в течение нескольких суток с последовательным уменьшением концентрации реагента и времени выщелачивания от нижнего слоя к верхнему [108].

Комбинированная технология переработки минеральных отходов различного вещественного состава с использованием мобильных, оперативно перестраивающихся горных комплексов, позволяет повысить эффективность извлечения золота и обеспечить глубину процессов окислительной подготовки пульпы перед выщелачиванием.

При комбинации методов кюветного и кучного выщелачивания устраняется ряд технологических недостатков как кучного, так и кюветного вариантов переработки сырья и достигаются следующие преимущества:

1) полноценное проникновение выщелачивающих растворов реагентов в минеральную матрицу за счет образования микро – и нанопор при использовании глубоких процессов двухстадиального окисления;

2) интенсификация процесса КВ золота за счет подачи вторичного активного раствора, образованного в процессе выщелачивания глинисто-шламистой фракции на штабель, сформированный из зернистой фракции;

3) существенное снижение эффекта переосаждения растворенного золота на сорбционно активные мелкие частицы глин, слюд, углистого вещества;

4) возможность эффективной переработки упорных сульфидных, сульфидно-углистых техногенных отходов, в том числе бедных, забалансовых;

5) устранение эффекта кольматации порового пространства за счет раздельного выщелачивания золота из зернистой и глинисто-шламистой фракций;

6) интенсивность массообменных процессов в кювете, достижение эффективного соотношения контактной поверхности и выщелачивающего раствора;

7) отсутствие необходимости в операциях измельчения забалансовой руды техногенных пород и как следствие – сокращение затрат на подготовку материала к выщелачиванию;

8) сокращение продолжительности процесса извлечения золота из труднообогатимого сырья, в том числе сокращение времени биоокисления упорных сульфидных минералов;

9) повышение сквозного извлечения золота;

10) дифференцированный подход к переработке упорного и бедного техногенного сырья в зависимости от вещественного состава на основе возможности использования гибкой оперативно перестраивающейся технологии;

11) сокращение технологических потерь ультрадисперсного золота с хвостами обогащения на основе полноты извлечения ценного компонента;

12) решение экономических, сырьевых, экологических и социальных проблем при переработке скоплений техногенных отходов горно-обогатительного производства, так как предприятие будет функционировать в уже экономически освоенных районах с хорошо развитыми социальной и производственной инфраструктурами, обслуживающими и вспомогательными производствами, что предотвратит ликвидацию градообразующих горных предприятий, а также обеспечит занятость населения;

13) снижение минимального содержания золота в техногенных отходах до 0,5 г/т, что обеспечивает инвестиционную привлекательность субъектов РФ;

14) рациональное использование золотосодержащего техногенного сырья, заключающееся в максимально возможном использовании отходов (вскрышных и вмещающих пород, хвостов обогащения и т.п.);

15) решение важной хозяйственной проблемы на основе применения экологически безопасных комбинированных методов с высокими показателями сквозного извлечения золота наноразмерного уровня;

16) возможность расширения минерально-сырьевой базы золотодобычи за счет вовлечения в переработку ранее нерентабельных (нетехнологичных) природных и техногенных месторождений.

Следует отметить, что в процессе научно-технического прогресса будут развиваться все три метода выщелачивания, взаимно дополняя друг друга и, как следствие, этого сочетания – получение оптимальных результатов переработки упорного техногенного минерального сырья сложного вещественного состава с высокими показателями сквозного извлечения золота.

4.4.2.2. Технология вскрытия тонкодисперсных минеральных комплексов и извлечения благородных металлов из хвостов обогащения на основе воздействия наносекундных электромагнитных импульсов (МЭМИ)

Для преодоления физической упорности золотосодержащих отходов, раскрытия тонковкрапленных минеральных комплексов весьма перспективны немеханические способы энергетического воздействия, применение которых способствуют реализации процесса селективной дезинтеграции геоматериалов с предельно высокими механическими свойствами без излишнего переизмельчения минералов. Большинство из этих методов относятся к так называемым импульсным энерготехнологиям (Pulsed Power), зародившимся в военнл-промышленном комплексе и находящим в настоящее время применение в горно-перерабатывающей промышленности.

Использование импульсных энергетических воздействий, предшествующих биообработке сульфидсодержащих продуктов, и исследование их влияния на процесс бактериального выщелачивания (БВ) сульфидов представляют особый интерес [109].

Принцип действия установки представлен структурной схемой, изображенной на рис. 4.17. Блок-схема модульного образца опытной экспериментальной установки для обработки минеральных продуктов наносекундными МЭМИ (УОМЭП-1) показана на рис. 4.18.

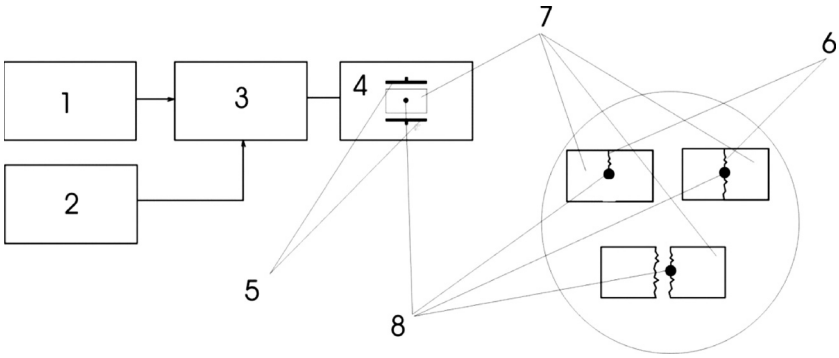


Рис. 4.17. Принцип работы высокоимпульсной установки

Для преодоления физической упорности золотосодержащих отходов, раскрытия тонковкрапленных минеральных комплексов весьма перспективны немеханические способы энергетического воздействия, применение которых способствует реализации процесса селективной дезинтеграции

геоматериалов с предельно высокими механическими свойствами без излишнего переизмельчения минералов. Большинство из этих методов относятся к так называемым импульсным энерготехнологиям (Pulsed Power), находящим в настоящее время применение в горно-перерабатывающей промышленности. Использование импульсных энергетических воздействий, предшествует биообработке сульфидсодержащих продуктов.

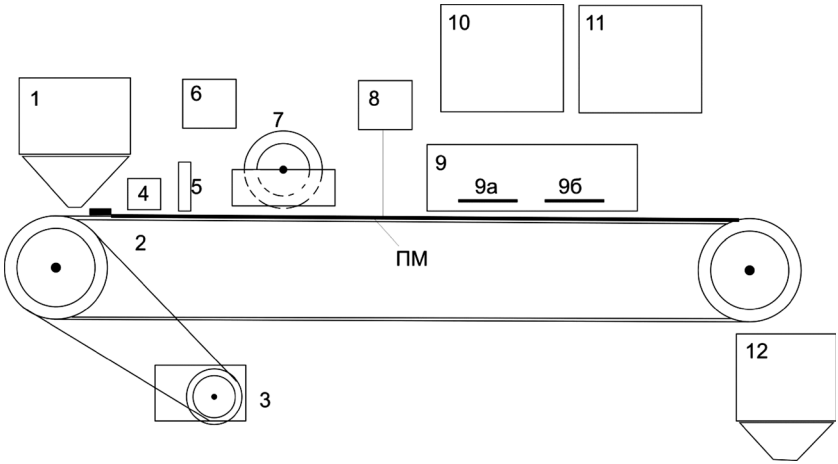


Рис. 4.18. Блок-схема модульного образца опытной экспериментальной установки для обработки минеральных продуктов наносекундными МЭМИ (УОМЭП-1):
1 – бункер для загрузки и дозирования материала; 2 – транспортная система с подвижным электродом; 3 – электропривод; технологические блоки:
4, 5 –предварительной формовки потока породы по ширине и высоте;
6 – увлажнения породы; 7 – окончательной формовки потока породы;
8 – изменения уровня потока материала; 9 – блок электродов и формирователя МЭМИ;
10 – генератор импульсов управления; 11 – преобразователь напряжений;
12 – бункер-накопитель обработанной породы

Основными техническими решениями, реализующими способ обработки минерального сырья МЭМИ, являются: конструкция генератора и способ формирования высоковольтных импульсов; оригинальное конструктивное решение для электродной и транспортной систем, исполняющих роль формирователя рабочего пространства с необходимой напряженностью электрического поля и временными характеристиками импульсов в наносекундном диапазоне. Предложенные технические решения использованы при выполнении работ по созданию опытного

образца укрупненного экспериментального модульного стенда по воздействию МЭМИ на минеральное сырье в непрерывном режиме с производительностью более 100 кг/ч и его апробации применительно к процессам дезинтеграции и вскрытия минеральных комплексов.

С целью повышения эффективности операции центробежной сепарации доводка продуктов осуществлялась по схеме: «МЭМИ – доизмельчение – сепарация». Оба продукта подвергались электроимпульсной обработке при следующих электрофизических параметрах импульсов: амплитуда– 40 кВ, длительность импульса – 10–30 нс, длительность фронта – 3–5 нс, форма – однополярный, энергия в импульсе – 0,1 Дж, частота следования импульсов –100 Гц; апробированы три режима воздействия: $2 \cdot 10^2$, $6 \cdot 10^2$ и 10^3 имп. [110].

Предварительное воздействие МЭМИ интенсифицирует процесс бактериально-химического окисления сульфидных минералов, в результате которого наблюдается снижение pH и рост Eh продуктивного раствора; концентрация ионов железа в растворе и скорость окисления пирита существенно превосходят значения, полученные в экспериментах по бактериальному выщелачиванию без предварительного энергетического воздействия [111].

Преобразователь напряжения (1) преобразует напряжение сети переменного тока 220 В (50 Гц) в постоянное напряжение, которое производит зарядку ёмкостного накопителя энергии формирователя импульсов наносекундной длительности (3). Генератор импульсов управления (2) вырабатывает импульсы управления для формирователя импульсов наносекундной длительности (3) с определенной, заданной генератором (2), частотой следования. Формирователь импульсов (3) создаёт высоковольтные импульсы наносекундной длительности на электродах плоского воздушного конденсатора (5), в межэлектродное пространство которого с помощью транспортной системы (4) подаётся материал, предварительно измельченный до заданной крупности. Таким образом, все частицы обрабатываемого минерального продукта попадают в область воздействия МЭМИ наносекундной длительности. При достижении критической напряженности электрической компоненты поля, достаточной для пробоя геоматериала, возникают каналы электрического пробоя (6) в минеральных частицах (7), содержащих микро- и наночастицы благородных металлов (8). Электрический пробой приводит к частичному или полному разрушению минерального комплекса в местах вкрапления тонкодисперсных металлических включений или на границе сростков минералов с различными тепло- и электрофизическими свойствами.

Время воздействия электромагнитного поля на минеральные частицы ограничено длительностью высоковольтного импульса, приложенного к электродам конденсатора, которая определяется таким образом, чтобы лавинный электрический разряд не успевал возникнуть в воздушной среде между частицами. Число локальных пробоев, образующихся в частицах руды, зависит от параметров высоковольтных импульсов, их амплитуды, скорости нарастания напряжения, длительности фронта импульса, длительности и энергии импульса, а также частоты повторения и общего числа импульсов, воздействующих на материал, поступающий в межэлектродную область (в воздушный конденсатор 5). Технологический эффект электроимпульсной обработки и производительность установки определяются как ее физико-техническими параметрами, так и особенностями состава, микроструктуры и свойствами геоматериалов (минеральным и гранулометрическим составом, электрофизическими, механическими, физико-химическими свойствами, влажностью материала и некоторыми другими параметрами).

Технологический процесс обработки минерального сырья состоит из следующих основных операций. Из бункера-накопителя (1) минеральное сырье через регулируемый зазор поступает на транспортерную ленту (она же подвижный пассивный электрод) транспортной системы, которая обеспечивает перемещение материала по всей технологической схеме. Транспортер подает материал в блок формирования потока материала по ширине с помощью подвижных направляющих и регулируемого по высоте ракеля (4, 5). Формирование толщины потока осуществляется с помощью специального валка (7), прикатывающего материал. В установке предусмотрена возможность формирования потока материала со следующими параметрами: ширина потока – 80 ± 1 мм, толщина потока – 2,5...5 ± 0,2 мм. Установка обеспечивает перемещение минеральных продуктов со скоростью в диапазоне 0,1...10 мм/с. В результате этих операций достигается максимальное приближение размеров потока обрабатываемого материала к размерам активного электрода (9), расположенном в блоке электроимпульсной обработки.

Сформированный поток материала транспортером подается в зону энергетической обработки наносекундными МЭМИ, интенсивность и доза которой регулируется в зависимости от вида минерального сырья за счет изменения скорости движения ленты транспортера и частоты следования импульсов. Электрофизические параметры электроимпульсного воздействия задаются с пульта управления, который выполнен на передней панели установки.

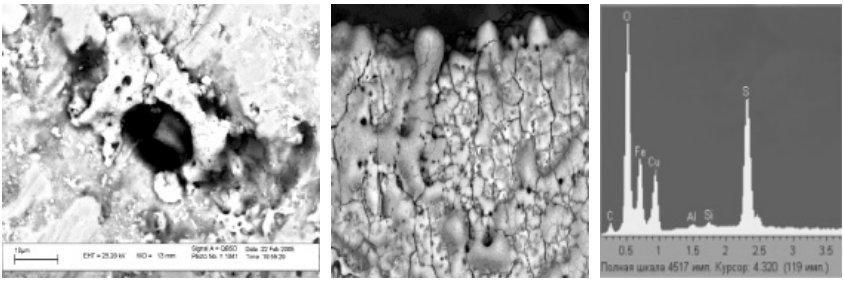
Обработанный материал поступает в бункер-накопитель (12) и далее направляется на обогащение или цианирование. Крупность материала поступающего на обработку МЭМИ может изменяться в диапазоне от 20–50 до 500–1000 мкм. Возможна обработка материала в сухом или увлажненном (до 20 % влаги) состоянии.

Основными техническими решениями, реализующими способ обработки минерального сырья МЭМИ, являются: конструкция генератора и способ формирования высоковольтных импульсов; оригинальное конструктивное решение для электродной и транспортной систем, исполняющих роль формирователя рабочего пространства с необходимой напряженностью электрического поля и временными характеристиками импульсов в наносекундном диапазоне.

Устройство перемещения потока материала (2) представляет собой транспортер, выполненный из токопроводящего материала, и предназначен для подачи минерального продукта в зону электроимпульсного воздействия. Одновременно с этим транспортерная лента является подвижным электродом – конденсатором энергетической системы устройства обработки материала (9). Размеры верхнего неподвижного электрода следующие: ширина – 85 мм, длина – 80 мм, толщина – 6 ± 1 мм. Длина транспортера –электрода выбрана минимальной, но достаточной для размещения технологического и электродного блоков.

Транспортная система опирается на нижнюю плиту электродной системы и приводится в движение электромеханическим приводом (3). Такое построение транспортера и электродной системы позволяет обеспечить более равномерное распределение электрического поля в конденсаторе энергетической системы и практически однородную обработку материала. Над транспортерной лентой расположен активный верхний электрод (9а), на который подаются высоковольтные наносекундные импульсы от генератора импульсов (9), (10). Обработанный материал поступает в бункер-накопитель (12) и далее в соответствии с технологической схемой переработки направляется на обогащение или в гидрометаллургический процесс.

Крупность материала, поступающего на обработку МЭМИ, может изменяться в диапазоне от 20–50 до 500–1000 мкм. Возможна обработка материала в сухом или увлажненном (до 20 % влаги) состоянии, Длительность импульса 3–5 нс, напряжения находится в диапазоне 20 до 30 кВ. Вскрытие микровключения золота в пирите и образование функционального покрова на поверхности сульфидов при воздействии МЭМИ; а также рентгеновский спектр от новообразований оксида железа показаны на рис. 4.19.



а б в

Рис. 4.19. Вскрытие микровключения в пирите (а) и образование функционального покрова на поверхности сульфидов: пирита (а) и халькопирита (б) при воздействии МЭМИ; рентгеновский спектр от новообразований оксида железа (в)

На основе анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований особенностей поведения тонкодисперсных минеральных сред сложного вещественного состава при импульсном воздействии электрических полей высокой напряженности в наносекундном диапазоне было дано обоснование основных физико-технических и технологических параметров модульного образца опытной экспериментальной установки для обработки минеральных продуктов МЭМИ. Установка предназначена для изучения влияния воздействия наносекундных МЭМИ на физические, физико-химические и технологические свойства минералов, руд и промпродуктов и интенсификации процессов дезинтеграции и вскрытия минеральных комплексов с учетом различных условий их обработки [109].

Технологический процесс обработки минерального сырья состоит из следующих основных операций. Из бункера-накопителя минеральное сырье через регулируемый зазор поступает на транспортерную ленту (она же подвижный пассивный электрод) транспортной системы, которая обеспечивает перемещение материала по всей технологической схеме. Транспортер подает материал в блок формирования потока материала по ширине с помощью подвижных направляющих и регулируемого по высоте ракеля. Формирование толщины потока осуществляется с помощью специального валка, прикатывающего материал. В результате этих операций достигается максимальное приближение размеров потока обрабатываемого материала к размерам активного электрода, расположенном в блоке электроимпульсной обработки. Сформированный поток материала транспортером подается в зону энергетической обработки наносекундными МЭМИ, интенсивность и доза которой регулируется в зависимости

от вида минерального сырья за счет изменения скорости движения ленты транспортера и частоты следования импульсов. Обработанный материал поступает в бункер-накопитель и далее направляется на обогащение или цианирование. Крупность материала поступающего на обработку МЭМИ может изменяться в диапазоне от 20–50 до 500–1000 мкм. Возможна обработка материала в сухом или увлажненном (до 20 % влаги) состоянии.

Основными техническими решениями, реализующими способ обработки минерального сырья МЭМИ, являются: конструкция генератора и способ формирования высоковольтных импульсов; оригинальное конструктивное решение для электродной и транспортной систем, исполняющих роль формирователя рабочего пространства с необходимой напряженностью электрического поля и временными характеристиками импульсов в наносекундном диапазоне. Предложенные технические решения были использованы при выполнении работ по созданию опытного образца укрупненного экспериментального модульного стенда по воздействию МЭМИ на минеральное сырье в непрерывном режиме с производительностью более 100 кг/ч и его апробации применительно к процессам дезинтеграции и вскрытия минеральных комплексов при обогащении медно-никелевых руд и промпродуктов в рамках договора УРАН ИПКОН РАН с ОАО ЗФ «Норильский никель» в лице НЛО ГМОИЦ г. Норильск.

Перспективность применения метода селективной дезинтеграции минеральных комплексов воздействием МЭМИ и его эффективность доказаны при переработке платиносодержащих продуктов обогащения Норильской обогатительной фабрики: песковой фракции отвальных хвостов (содержание МПГ ~ 1 г/т) и первичного гравитационного концентрата рудного цикла (МПГ ~ 500 г/т). Доводка данных минеральных продуктов на обогатительной фабрике осуществляется по схеме: «доизмельчение – сепарация» в центробежном концентраторе «Knelson». Анализ технологических базовых данных по извлечению Pt, Pd и Au свидетельствует о том, что они недостаточно высоки: при переработке хвостов извлечение данных компонентов находится на уровне 15 %, а при переработке гравитационного концентрата – на уровне 84 %, и, вполне вероятно, что операция доизмельчения недостаточно эффективна.

С целью повышения эффективности операции центробежной сепарации доводка продуктов осуществлялась по схеме: «МЭМИ – доизмельчение – сепарация». Оба продукта подвергались электроимпульсной обработке при следующих электрофизических параметрах импульсов: амплитуда – 40 кВ, длительность импульса – 10–30 нс, длительность фронта – 3–5 нс, форма – однополярный, энергия в импульсе – 0,1 Дж, частота следования импульсов –100 Гц; апробированы три режима воздействия: $2 \cdot 10^2$, $6 \cdot 10^2$ и 10^3 имп.

После обработки МЭМИ продукты доизмельчались и тестировались на гравитационное обогащение в концентраторе «Knelson-3» (работы по измельчению и гравитационному обогащению проводились в ГМОИЦ Заполярного филиала ОАО «ГМК «Норильский никель» Ю.В. Благодатиным и В.Д. Чегодаевым). Для исходных продуктов песковой фракции отвальных хвостов время предварительного измельчения в шаровой мельнице перед операцией гравитационного обогащения составляло 0, 40 и 75 мин. Для продуктов, подвергнутых воздействию МЭМИ в течение 2, 6 и 10 с, время последующего измельчения составило 15, 30, 40 мин соответственно.

Повышение извлечения благородных металлов обусловлено не увеличением выхода продукта, а за счет более высокого коэффициента концентрирования металла, который определялся соотношением содержания металла в продукте после сепарации и его содержанием в исходном продукте и оказался выше во всех экспериментах с использованием МЭМИ. За счет селективной дезинтеграции минеральных комплексов при импульсном воздействии повышается качество готовой продукции, что обеспечивает увеличение эффективности центробежной сепарации в классификаторе «Knelson» при переработке хвостов обогащения в 2–3 раза, а при переработке первичного гравиоконцентрата рудного цикла в 1,5–2 раза.

Интенсификация процессов вскрытия тонкодисперсных минеральных комплексов благородных металлов и извлечения микро- и наночастиц золота, платины и серебра при воздействии МЭМИ и последующем выщелачивании и цианировании упорного золото-сульфидного сырья [112] достигается за счет образования каналов электрического пробоя, микротрещин и селективного раскрытия сростков.

Перспективность применения метода селективной дезинтеграции минеральных комплексов воздействием МЭМИ и его эффективность доказаны при переработке платиносодержащих продуктов обогащения Норильской обогатительной фабрики: песковой фракции отвальных хвостов (содержание МПГ ~ 1 г/т) [113].

4.4.2.3. Технология доизвлечения тонкого золота из техногенных золотоносных кор выветривания магнитной сепарацией с предварительной магнитно-коллоидной обработкой

Технология подготовки к обогащению золотоносных кор выветривания и способ извлечения благородных металлов из лежалых отходов с магнитной сепарацией с предварительной магнитно-коллоидной обработкой основан на естественном выветривании отходов в отвалах. При

выветривании, независимо от добавленных реагентов, в течение четырех лет хранения техногенных отходов происходит ошламование. Увеличивается выход класса – 0,044 мм. Максимум распределения крупности материала снижается. Установлено, что в процессе выветривания происходит раскрытие дисперсной вкрапленности благородных металлов со скоростью, превышающей скорость окисления сульфидной матрицы, и сопровождающееся переходом платины и палладия в шламы крупностью менее 0,044 мм [114] и происходит переход металлов в жидкую фазу.

Предложены различные технологические решения по подготовке техногенного минерального сырья (хвостов золотоносных кор выветривания Верхне-Таловского участка Самсоновского рудного поля) к обогащению.

Первое технологическое решение – подготовка лежалых хвостов к обогащению.Схема подготовки лежалых хвостов к обогащению включает в себя следующие операции:

– обработка лежалых хвостов на мобильном промывочном комплексе с получением гравиоконцентата. Данная операция позволяет извлечь свободные платиноиды и их реализацией окупить затраты;

– после промывки, пески и шламы хвостов складируются отдельно и организуется дренаж на том и на другом массиве.;

– по истечении 4–5 лет происходит практически полное разрушение остаточных сульфидов и высвобождение благородных металлов, эти отвалы разрабатываются и подвергаются специальной обработке;

– материал промывается водой и в жидкую фазу извлекается 45–50 % цветных металлов, остальные благородные металлы извлекаются гравитационными методами, далее после обработки жидкой фазы известково-серным отваром получаем концентрат благородных металлов и техногенные воды, которые возвращают в оборот.

Это инженерное решение позволяет получить после обработки хвостов полностью безопасную территорию, не выделяющую растворимых и токсичных веществ, в то же время получить дополнительно доход от реализации гравиоконцентрата.

Второе технологическое решение направлено на доизвлечение благородных металлов из хвостов с помощью метода магнитно-коллоидной обработки. Классический метод флотации заменяется высокоградиентной сепарацией с целью последующего выделения ценного компонента из фракции –10 + 0 мм барабанного грохота, хвостов обогащения на шлюзах и шлиходоводки. Эффективность использования магнитно-коллоидной обработки для подготовки кор выветривания к сепарации и получения готового концентрата с содержанием Au в хвостах (0,7 г/т) подтверждена экспериментально (рис. 4.20).

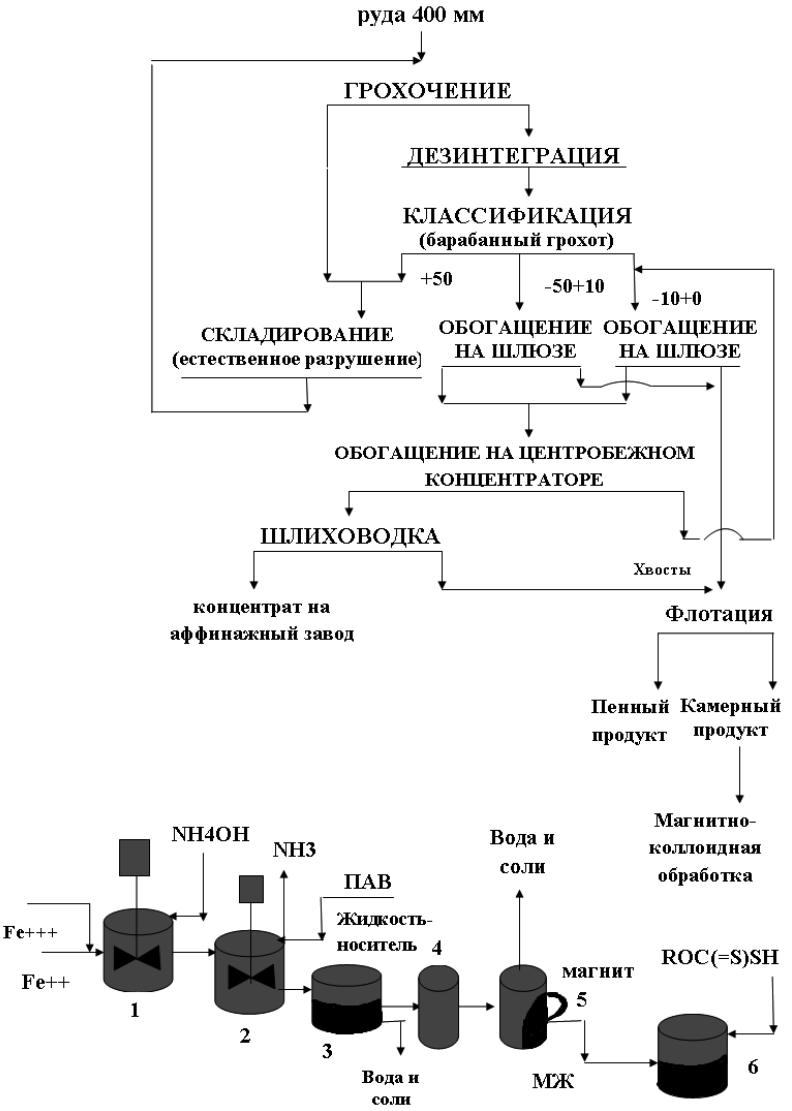


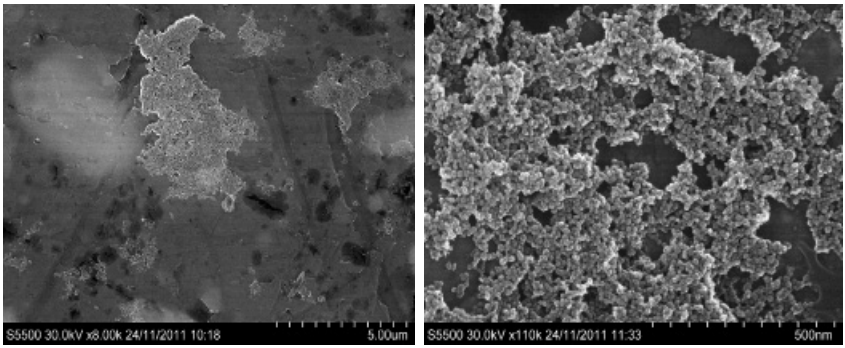
Рис. 4.20. Схема доизвлечения золота из лежалых хвостов золотоносных кор выветривания Верхне-Таловского участка Самсоновского рудного поля на основе применения магнитно-коллоидной обработки

Повышение эффективности извлечения тонких минеральных частиц заключается в селективном изменении их магнитных свойств с помощью обработки магнитным коллоидом, имеющим сродство к частицам, магнитную восприимчивость которых нужно повысить. В этом случае коллоидные частицы селективно сорбируются на минеральной поверхности, увеличивая их магнитную восприимчивость. Сродство коллоидных частиц к минеральной поверхности регулируется изменением состава и свойств поверхности коллоида, т.е. его модификацией.

Технологическая схема с использованием только флотации, предложенная ранее, не позволяет извлекать тонкое золото. Поэтому разработана и апробирована в производственных условиях схема доизвлечения золота из лежалых хвостов на основе применения магнитно-коллоидной обработки [115].

Использовались магнитные коллоиды, синтезированные по методике В.С. Эльмора, а также промышленная ферромагнитная жидкость (ФМЖ) на основе керосина. Водный коллоид из ФМЖ был получен разрушением ФМЖ добавлением ацетона, магнитной сепарацией осадка и последующей стабилизацией его лимонной кислотой. Модификация водного коллоида осуществлялась тиоктовой кислотой в форме этилендиаминовой соли. Активированная водная эмульсия ферромагнитной углеводородной жидкости была получена эмульгированием ФМЖ в водном растворе бутилового ксантогената с добавлением, в качестве стабилизатора, спиртов [116].

Микрофотография поверхности минералов техногенного месторождения после обработки эмульсией ферромагнитной жидкости представлены на рис. 4.21.



а б

Рис. 4.21. Микрофотография поверхности:
а – поверхность после обработки эмульсией ферромагнитной жидкости (ФМЖ);
б – поверхность, покрытая Au, после обработки эмульсией ФМЖ

4.4.2.4. Ресурсосберегающая технология попутного извлечения золота из хвостов рентгенорадиометрической сепарации (РРС)

Разработана поточная линия для переработки сурьмяных золотосодержащих руд, которая позволяет повысить комплексность использования сырья и снизить себестоимость продукции за счёт доизвлечения золота из хвостов РРС методом кучного выщелачивания на промышленной площадке [117].

Схема цепи аппаратов поточной линии для круглогодичного выщелачивания золота из хвостов рентгенорадиометрической сепарации при переработке комплексных сурьмяных руд представлена на рис. 4.22.

Результат достигается следующим образом. Поточная линия включает два радиометрических сепаратора, последовательно соединенные через питатель и устройства для дробления и грохочения, а также устройства для флотационной, гравитационной и гидрометаллургической доводки сурьмяного концентрата. Дополнительно линия снабжена промышленной площадкой для складирования и кучного выщелачивания бедных продуктивных фракций (хвостов РРС). Площадка оборудована противофильтрационным экраном, системой орошения штабеля и лебёдочным скрепером, который связан с магистральным конвейером для транспортировки хвостов в отвал.

Площадка соединена со вторым радиометрическим сепаратором через приёмник-делитель рудного потока и транспортный конвейер с установленными на нём устройствами для разгрузки и послойной укладки руды в рудный штабель. Выход площадки связан с комплексом для сбора продуктивных растворов, соединённым через насосную станцию и трубопровод с узлом выделения ценного компонента из продуктивных растворов.

Принцип работы. Исходная сурьмяная золотосодержащая руда поступает в радиометрический сепаратор, где разделяется на сурьмяный черновой концентрат, промпродукт и хвосты. Концентрат удаляется конвейером, а хвосты попадают на конвейер, транспортирующий их в приёмник-делитель рудного потока. Промпродукт через питатель попадает в устройство для дробления [118–120].

Дроблёный продукт попадает на грохот, откуда плюсовой продукт подаётся на дальнейшее флотационно-гравитационное обогащение, а минусовой – на питатель, передающий руду в радиометрический сепаратор, где она разделяется на концентрат и хвосты.

Рис. 4.22. Схема цепи аппаратов поточной линии для круглогодичного выщелачивания золота из хвостов рентгенорадиометрической сепарации при переработке комплексных сурьмяных руд

Сурьмяный черновой концентрат удаляется конвейером, объединяется с сурьмяным черновым концентратом с конвейера и поступает на гравитационную, флотационную и гидрометаллургическую доводку. Хвосты попадают на конвейер, он транспортирует их в приёмник-делитель рудного потока, делящий хвосты РРС на равные потоки, каждый

из которых попадает на конвейер для равномерной послойной укладки в рудный штабель на промышленной площадке. Поверхность материала после укладки выравнивается съёмными граблинами, установленными на место съёмного рабочего органа лебёдочного скрепера. Затем материал с помощью оросительной системы орошается выщелачивающим раствором, который, пройдя по дренажной системе штабеля, попадает в комплекс для сбора продуктивных растворов.

Продуктивный раствор насосом по трубопроводу перекачивается в узел для извлечения золота. После окончания процесса выщелачивания посредством лебёдочного скрепера со съёмным рабочим органом, вновь установленным на место съёмных граблин, выщелоченный материал поступает на магистральный конвейер, подающий его в отвал.

Учитывая необходимость организации круглогодичного кучного выщелачивания золота из руд, предложена ещё одна поточная линия, в которой решены проблемы, возникающие в условиях низких температур и криолитозоны за счёт обеспечения, вместо низкоэффективных диффузионных, фильтрационных режимов и выполнения специальных мероприятий, предохраняющих отдельные элементы технологической системы от замерзания [121].

Линия апробировалась в полупромышленных условиях на руде Солонеченского месторождения. Результаты: из рядовой руды участка Западный $\beta^{Sb} = 12{,}01\,\%$; $\beta^{Au} = 0{,}8$ г/т получен сурьмяный концентрат $\beta^{Sb} = 62{,}4\,\%$, $\gamma^{Sb} = 18{,}1\,\%$, $\varepsilon^{Sb} = 94{,}04\,\%$ и золото в виде товарной продукции (сплава Доре), $\varepsilon^{Au} = 75{,}0\,\%$.

Кроме того, линия дополнительно снабжена теплогазогенератором паровоздушной смеси, системой вертикальных и наклонных перфорированных труб, установленных в штабеле и снабженных датчиками измерения температуры, соединенными гибкой связью с устройством контроля и управления технологическим процессом, при этом вход теплогазогенератора связан с устройством контроля и управления технологическим процессом, а выход соединен с патрубками, закрепленными сверху перфорированных труб.

В период с положительными температурами на железобетонную кювету с дренажной системой производится отсыпка руды первого участка штабеля с размещением в нем разъемных перфорированных труб. Затем после формирования первого участка штабеля устанавливается второй участок разборных труб, на каждом участке находиться датчик температуры. Аналогично формируются последующие участки штабеля, на последних перфорированных трубах закрепляются патрубки для размещения гибкой связи датчиков, соединенных с устройством контроля

температуры внутри штабеля. Далее на сформированную поверхность штабеля укладывается система орошения. Выщелачивающий раствор из нее поступает на рудный штабель и после фильтрации насыщенный раствор по дренажной системе поступает в утепленную приемную емкость и с помощью насоса подается в комплекс сорбции-десорбции.

Для работы в холодный период времени система орошения совместно со штабелем укрывается теплозащитным покрытием (причем толщина теплоизоляции определяется глубиной сезонного промерзания приповерхностного слоя). От теплогенератора по перфорированным трубам в рудный штабель поступает теплоноситель, и по достижении заданной температуры горных пород, сигнал от датчиков поступает на устройство контроля и автоматического регулирования температуры, отключающее подачу теплоносителя. Перед подачей выщелачивающего раствора к оросительной системе его пропускают через устройство для подогрева раствора. Насыщенный раствор направляется по дренажной системе в устройство для приема насыщенных растворов, в котором поддерживается положительная температура с помощью нагревательных элементов. После подогрева в нижнем модуле направляется насосом по трубопроводу в комплекс устройств для сбора и переработки насыщенных растворов, расположенный в отдельном утепленном здании.

Отдельный элемент линии – устройство для приема насыщенных растворов выполнено в виде решета и двух последовательно установленных друг за другом модулей, первый из которых на входе соединен с решетом, а второй, снабженный нагревательными элементами для подогрева раствора, на выходе соединен с насосом и напорным трубопроводом, связанными с комплексом устройств для сбора и переработки насыщенных растворов, при этом комплекс размещен в обогреваемом помещении.

Поточная линия для круглогодичного кучного выщелачивания благородных металлов в криолитозоне включает железобетонную кювету с бортом, отсыпанный на нее рудный штабель. Под ним установлена система дренажа, соединенная с комплексом устройств для работы в летний период, состоящим из последовательно соединенных самотечными трубопроводами буферной емкости и расположенных ниже границы сезонного промерзания-оттаивания грунтов.

В целом представленная поточная линия позволяет решить проблему эффективного всесезонного обогащения бедных комплексных сурьмяных руд, содержащих благородные металлы, на месте их залегания в районах распространения многолетнемерзлых пород криолитозоны

и обеспечить надежную и безаварийную работу указанного технологического оборудования [90].

Технологические преимущества поточной линии:

– ведение процесса выщелачивания сформированного штабеля в требуемом фильтрационном режиме;

– управление температурным режимом штабеля в холодный период времени;

– повышение технологических показателей выщелачивания золота;

– повышение экологической безопасности за счет минимизации утечек продуктивных растворов;

– проведение размораживания мерзлых слоев руды в штабеле.

4.4.2.5. Экологически щадящие и экономически выгодные технологии переработки золотосодержащих отходов предприятий горной промышленности с использованием методов интенсификации процессов извлечения благородных металлов

Благородные металлы находятся в гале-эфельных отвалах и хвостах шлихообогатительных установок старательских артелей, образованных при отработке россыпных месторождений, для которых характерно тонкое и чешуйчатое золото, золото в «рубашке», а также его ультрадисперсные включения в окислы железа и сульфидные шлиховые минералы. Новая технология включает процесс предварительной подготовки минерального сырья к выщелачиванию путём обработки гравитационного концентрата активным раствором реагентов, полученным в процессе фотохимического и электрохимического синтеза. Предложен гравитационно-электрохимический способ извлечения золота из техногенных россыпей гале-эфельных на основе эффективной хлоридно-пероксидной подготовки геоматериала к процессу выщелачивания.

Технологическая схема гравитационно-электрохимического способа извлечения золота при переработке техногенных россыпей гале-эфельных отвалов включает следующие операции: грохочение геоматериала по классу крупности – 20,0 мм; гравитация на шлюзах глубокого наполнения с получением концентрата (магнетитовой фракции, $\beta^{Au} = 0{,}6$ г/м.^{3}); складирование материала в специально подготовленную кювету с гидроизолированной внутренней поверхностью (размерами: 2 м (глубина)×5 м (ширина)×20 м (длина); коэффициент заполнения равен 0,8, объем кюветы – 160 м^3, разжижение пульпы Т:Ж = 1:1, вместимость кюветы 112 т); локальное фотоэлектроактивационное воздействие (параметры: продолжительность облучения воздуха ультрафиолетовыми лампами 5 мин с целью образования активных

форм кислорода, включая озон; продолжительность барботажа озонированным воздухом межэлектродного пространства электролитической ячейки 1,5 ч; напряжение на электродах в электролизере 30 В; расход NaCl 10 г/т) на минеральную массу в зоне аэролифта полиреагентным раствором; периодическое удаление активированной и введение не активированной части пульпы в зону активации для чего аэролифт-активатор переводится в транспортный режим функционирования, перемещение активированной части пульпы по трубопроводу в дальнюю часть траншеи; подача в кювету раствора цианида натрия до тех пор пока не будет достигнута концентрации 500–750 мг/л; осуществление цикла порционной электроактивации с подачей в аэролифт обычного воздуха с периодичностью 15 мин до завершения активации всего объема пульпы; классификация пульпы в гидроциклоне на фракции +3,0 мм (песковую) и –3,0 мм (шламовую) при достижении концентрации золота в растворе порядка 1–1,5 мг/л; обезвоживание песковой фракции и складирование в штабель на предварительно сформированное основание со специальным многослойным покрытием и дренажной системой, а после временной консервации – орошение поверхности кучи активированным раствором с концентрацией NaCN 0,1 %; извлечение выщелоченного золота из песковой и шламовой фракций в сорбере, который установлен в торце траншеи; периодическое повторение циклов; декантирование отработанной пульпы; обезвоживание через песчаные фильтры отделенной жидкой фазы, насыщение активным кислородом, корректировка pH до 10,5; доукрепление цианидом до концентрации 700...800 мг/л и подача в систему циркуляционного орошения песковой фракции (+3,0 мм); откачивание раствора и возврат его в процесс после контакта с выщелачиваемым материалом при достижении концентрации золота 0,5 мг/л; фильтрация растворов перед сорбцией; нейтрализация остаточных цианидных растворов гипохлоритом натрия по окончании выщелачивания [49, 82, 122, 123].

Гравитационно-электрохимический способ извлечения золота из техногенных россыпей устраняют недостатки классического кюветного выщелачивания – низкую интенсивность массообменных процессов и кучного выщелачивания – ограниченность проникновения раствора в минеральную матрицу магнититовой фракции с инкапсулированным золотом. Высокая эффективность процесса извлечения золота из техногенного сырья гале-эфельных отвалов по технологической схеме, разработанной на основе комбинации гравитационного обогащения и электрохимического способа, доказана экспериментально (сквозное $\varepsilon_{Au} = 91{,}7\,\%$). Новая технология позволяет вовлечь

в переработку около 209 млн т отходов золотодобывающих предприятий Забайкальского края.

Один из основных исходных параметров – концентрация генерируемого озона из кислорода воздуха под воздействием ультрафиолетового излучения. Впервые получена зависимость концентрации азона от параметров фотоэлектрохимических воздействий.

В фотоэлектрохимическом реакторе образуется полиреагентный раствор, полученный в процессе фотохимического синтеза, из первичных газов воздуха, облученных ультрафиолетовыми лучами в диапазоне волн, обеспечивающем генерацию озона (200 нм), и электролизом в процессе электрохимического синтеза из соединений NaCl и воды.

За счет инициирования образования активных центров в процессе фотоэлектрохимических воздействий протекают цепные разветвленные химические реакции в режиме автоускорения, лавинообразного роста их числа. Полученным активным полиреагентным раствором обрабатывают минеральную массу, в результате чего происходит интенсификация последующего процесса дезинтеграци упорных минералов и полноценное проникновение выщелачивающих растворов реагентов в минеральную матрицу за счет образования микро – и нанопор и выщелачивание части золота (в форме микронных включений и интерстиций).

Также предложена технологическая схема на основе инновационных разработок по извлечению золота из хвостов ЗИФ при применении гидроакустических излучателей в процессе цианирования золотосодержащих отвалов ОАО «Покровский рудник». Материал, хранящийся в хвостохранилищах, уже предварительно измельчён до крупности –0,074 мм и находится в однородном состоянии. Цианирование осуществляется в реакторах, снабжённых гидроакустическими излучателями, которые помещаются в нижней части реактора. Концентрация цианида в растворе должна быть ~ 0,06 %, щёлочи – 0,1 %. Раствор подаётся на вход всасывающей трубы гидроакустического излучателя, через которую засасывается воздух. Контроль за концентрацией растворенного кислорода воздуха в пульпе ведут с помощью оксиметра, а pH с помощью pH-метра непрерывно, соотношение Ж:Т = 2:1 [124, 125].

После 6 ч выщелачивания пульпа направляется на сорбцию с применением активированного угля, что увеличение времени выщелачивания с 6 до 8 ч не приводит к повышению измельчения золота и серебра, однако 4 ч недостаточно для полного растворения.

Предварительная обработка отходов золотоизвлекательной фабрики в ультразвуком поле с частотой 20 ± 1,65 кГц, с числом ультразвуковых

излучателей – 12 штук, напряжением питания 380/50 В/Гц, потребляемой мощностью не более 1,0 кВт позволила повысить извлечение золота с 16,2 до 28,8 % [126, 127].

Исследовано воздействие количества импульсов электромагнитного поля и времени обработки на степень извлечения золота. Установлено: при оптимальных условиях обработки извлечение золота не превышает 67,2 %. Это связано с тем, что остальная часть золота в хвостах связано с немагнитовосприимчивыми сульфидными минералами; при использовании гидроакустического воздействия в процессе выщелачивания происходит измельчение материала с увеличением класса крупности –0,02 мм с 35,4 % до 58,2 %, повышается концентрация кислорода с 4–6 до 14,5 мг/л, увеличивается степень извлечения золота за счет разрушения минеральных зерен, содержащих ассоциированное и тонковкрапленное золото, до 95,5 % [128].

Определены технологические параметры и разработана технология переработки отвалов золотоизвлекательных фабрик с применением цианидного выщелачивания, обеспечивающая извлечение золота до 95,6 % и увеличение производительности фабрики в 4–6 раз за счет сокращения времени цианирования до 4–6 часов вместо обычных 24–48 ч. Предложенная технология позволит эффективно перерабатывать отвалы ЗИФ с высокой степенью извлечения золота и серебра [129].

На рис. 4.23–4.25 приведены технологические схемы переработки техногенных отходов ряда золотодобывающих предприятий горной отрасли России, которые представляют коммерческий интерес для инвесторов.

4.4.2.6. Технология комплексной переработки и утилизации техногенных вод предприятий металлургии

Снижение воздействия техногенных вод на природные системы в совокупности с ресурсовозобновляющей их переработкой является приоритетной задачей обеспечения экологической безопасности и комплексности использования сырья. От качества водной среды зависит эффективность принятия решений и реализации политики рационального природопользования.

На рис. 4.21 приведена технологическая схема селективного извлечения меди и цинка из кислых подотвальных вод ООО «Медногорский медно-серный комбинат» (ММСК).

В технологической схеме переработки металлоносных вод горных предприятий использован метод гальванокоагуляции с применением

гальвано-пары «железо-углерод» для селективного выделения меди и цинка в утилизируемые металлсодержащие продукты путём подшихтовки к концентратам обогатительного процесса или в качестве компонента шихты металлургических переделов [130–132].

Рис. 4.23. Технологическая схема переработки отвалов по гравитационно-флотационной схеме

Использование в гальванокоагуляционной технологии очистки кислых металлоносных вод горных предприятий железо- и кокссодержащего отхода металлургического передела – медистого клинкера позволяет получить селективные медь- и цинксодержащие продукты, дополнительный экологический эффект за счет уменьшения площадей под складирования этого вида отхода и снизить техногенную нагрузку на биоту в зоне расположения горно-металлургических производств.

Технология комплексной переработки металлоносных вод включает двухстадиальную гальванокоагуляционную предочистку потоков с использованием гальванопары «железо-углерод» с получением селективных медь и цинксодержащих продуктов и очистку с применением силикатно-карбонатного двухслойного барьера. Получены ферритные продукты с массовыми долями меди и цинка, позволяющие их рентабельную переработку в металлургическом переделе.

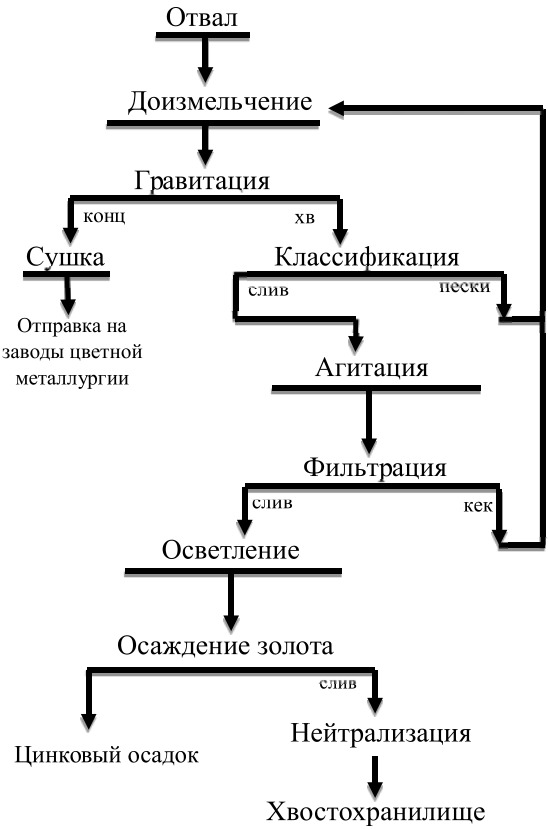


Рис. 4.24. Технологическая схема переработки отвалов по комбинированной технологии

Технологическая схема переработки подотвальных вод и медистого клинкера показана на рис. 4.27.

Наличие собственного металлургического передела позволяет ООО «Медногорский медно-серный комбинат» Уральского ГМК утилизировать образующиеся при совместной переработке медистого клинкера и подотвальной воды медьсодержащие продукты в шихте медеплавильных агрегатов, транспортировать цинксодержащие продукты на профильные предприятия, входящие в состав Холдинга. Осадок известкования используется предприятием в качестве связующей добавки при брикетировании медных концентратов. Переработка осуществляется циклически, со сменой загрузки после ее обеднения по металлическому железу на 75–80 %.

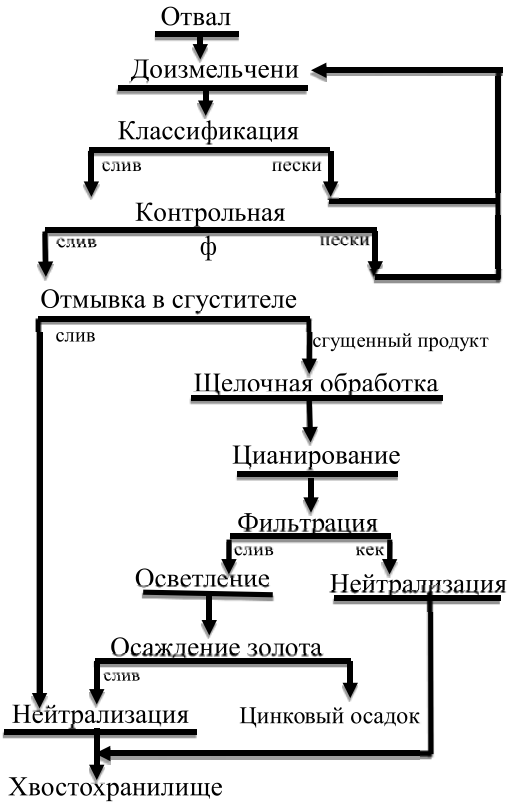


Рис. 4.25. Технологическая схема переработки золотосодержащих отвалов

Рис. 4.26. Технологическая схема переработки подотвальных вод

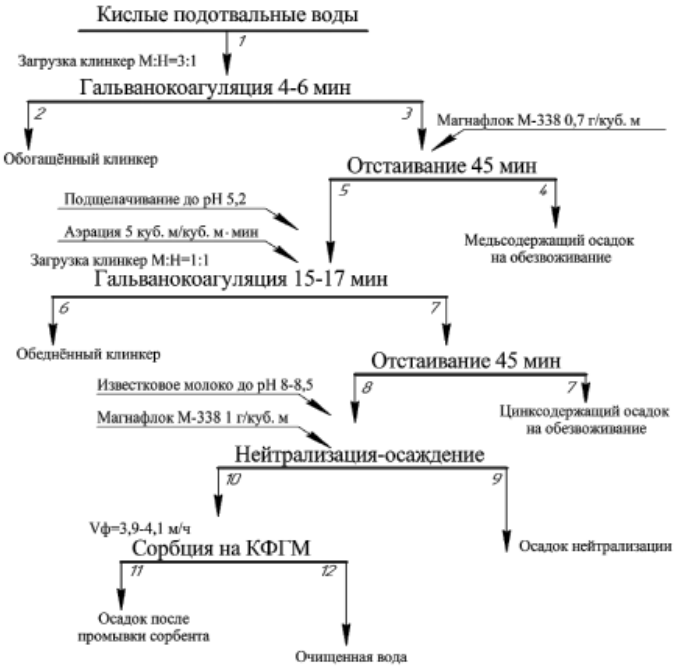


Рис. 4.27. Технологическая схема переработки подотвальных вод и медистого клинкера

4.4.2.7. Технология производства буроугольных брикетов для выплавки золота с применением материалов из отходов трёх техногенных объектов

На территорию Дальнего Востока приходится 35 % угольных ресурсов страны. В структуре установленной мощности энергетики Дальневосточного федерального округа 70 % составляют тепловые электростанции.

Буроугольные брикеты применяются в качестве топлива при извлечении золота из техногенных отходов при пирометаллургическом способе, поэтому снижение себестоимости переработки одной тонны геоматериала за счёт сокращения денежных затрат на приобретение вспомогательных материалов плавки, которые имеют низкую закупочную цену, в связи с тем, что изготовлены с применением материалов из отходов трёх техногенных объектов: является важным экономическим решением.

При выемке, обогащении и транспортировке ископаемых углей в районы потребления, образуется значительное количество тонких классов, которое, по самым приближенным подсчетам, достигает 6–8 %. Часть мелкодисперсных углей выдувается и просыпается из вагонов при транспортировке, теряется и интенсивно измельчается при погрузо-разгрузочных работах. Сокращение уровня потерь в виде шламов и мелочи путем прямого сжигания затруднено из-за сложности их транспортировки к месту использования. Вместе с тем, угольная мелочь по качественным характеристикам может использоваться для получения качественного брикетного топлива, но её переработка затруднена из-за сложности организации брикетного производства и необходимости выполнения большого объема строительно-монтажных работ.

Методом ситового анализа установлен гранулометрический состав угля Ушумунского месторождения. Выявлено, что содержание тонкой пыли (–0,2 мм) в среднем составляет 8 % и колеблется в широких пределах: от 3 до 14 % (рис. 4.28).

Разработан способ получения топливных брикетов с применением материалов из отходов трёх техногенных объектов: буроугольной мелочи, технического гидролизного лигнина (ТГЛ) и углеводородного связующего – остаточного продукта нефтепереработки.

Выявлен характер влияния зольности на теплоту сгорания топливного брикета и обоснована необходимость ее снижения методом пневматической сепарации. Установлено, что механоактивирующее воздействие на компонент брикета изменяет структуру обрабатываемого вещества и позволяет повысить прочностные характеристики углебрикетного топлива. Наиболее эффективным с точки зрения направленного изменения физических свойств ТГЛ является время механоактивации 6 мин.

После сушки из угольной мелочи отделяют мелкую фракцию (2 мм), надрешетный продукт дробится, смешивается с мелочью и подвергается пневматическому обогащению. ТГЛ после сушки и отделения мелкой фракции (2 мм) поступает на механоактивацию. Применяемый в качестве связующего остаточный продукт нефтепереработки расплавляется, затем все компоненты направляются на дозирование и смешение и после охлаждения (до 45°С) брикетируются на штемпельном прессе. Брикеты охлаждаются, фасуются и отгружаются потребителю [133].

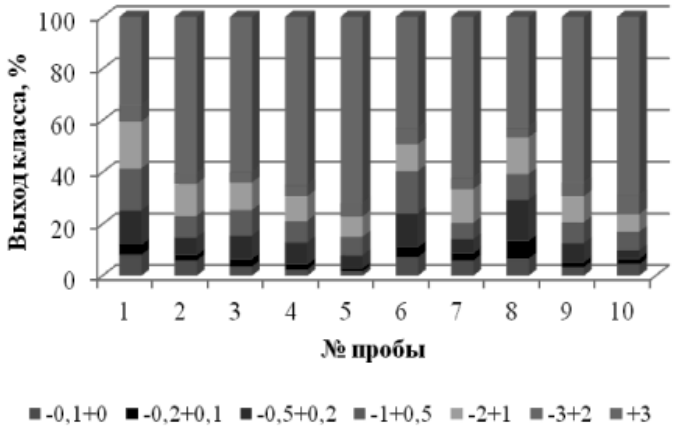


Рис. 4.28. Гистограмма распределения классов крупности угля Ушумунского месторождения

Брикеты имеют цилиндрическую форму (высота и диаметр 50 мм), масса брикетов колеблется в пределах 98–102 г. Технологическая схема процесса производства буроугольных брикетов с применением материалов из отходов трёх техногенных объектов представлена на рис. 4.29.

4.4.2.8. Технология повторной разработки техногенных объектов золоторудной добычи, содержащих ртуть

Ртуть содержащие отходы (РСО) необходимо утилизировать. В настоящее время не существует отработанной системы сбора, учета, транспортировки и переработки РСО. В связи с обострившейся проблемой сверхлимитных накоплений РСО на предприятиях, в том числе золотодобывающих, использовавших в прошлом ртуть, по Поручению Комитета экологии Государственной думы РФ и Правительства РФ НИЦ ПУРО Минэкономики РФ выполнил НИР по теме: Анализ состояния ртутного

загрязнения окружающей среды в Российской Федерации где были рассмотрены проблемы утилизации РСО.

Сбор и транспортировка РСО организовывается через структуры региональных отделений Госкомэкологии РФ, штабы МЧС, экологических организаций регионов России. Собранная ртуть перерабатывается на производственных площадях специализирующихся в этом направлении предприятий. Одним из наиболее крупных является ООО «Мерком» (п. Лыткарино, Московская обл.).

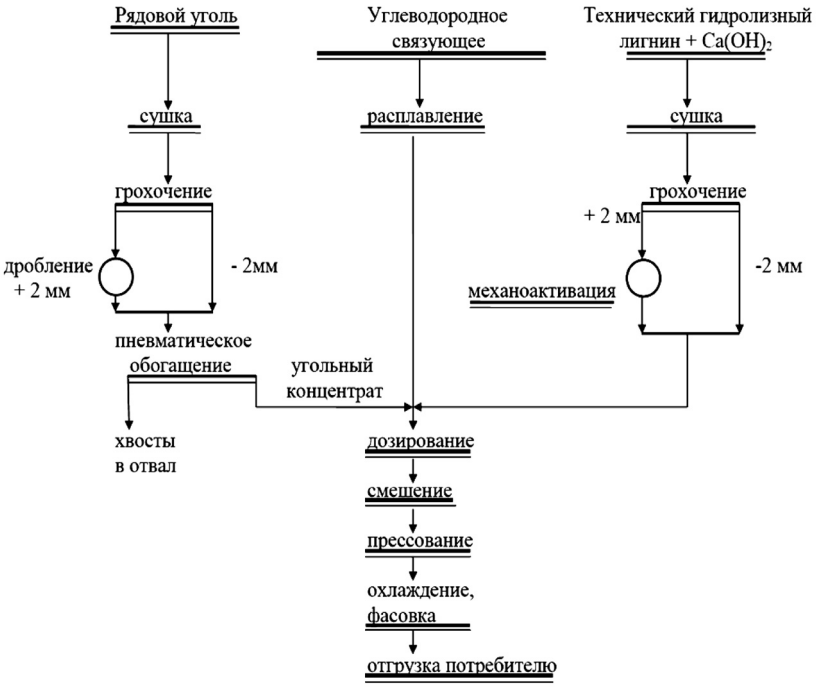


Рис. 4.29. Технологическая схема процесса производства буроугольных брикетов с применением материалов из отходов трёх техногенных объектов

ЗАО «НБЛзолото» имеет определенный опыт по выполнению проектов организации повторной разработки техногенных объектов золоторудной добычи, содержащих концентрации ртути и других вредных компонентов. В частности, в 2002 г. ЗАО «НБЛзолото» выполнена подобная

работа по заказу рудника Веселый (п. Сейка, Республика Алтай). В результате разработана рациональная технология, позволяющая провести эффективную демеркуризацию, при этом получить дополнительный существенный экономический эффект от доизвлечения золота. Важно отметить, что экологическая направленность подобного рода работ позволяет не только обеспечить доступ к средствам финансирования предприятий из общепринятых источников государственного финансирования, но и открывает возможности для эффективного получения коммерческих кредитов и целевых средств за счет экологических программ (EBRD, IFC и т.д.).

Принципиальная технологическая схема переработки хвостов, получаемых при использовании на фабрике процесса амальгамации, включает в себя следующие операции: гравитационное извлечение ртути, амальгамы и свободного золота; цианирование и сорбция золота на активированный уголь; десорбция, электролиз золота из растворов, сушка и плавка на сплав Доре, регенерация активированного угля; обезвреживание кеков цианирования.

При выборе технологического оборудования для комплектования узлов цианирования и гравитации должна учитываться возможность установки оборудования с минимальными затратами на строительство и монтаж, такие требования связаны с сокращением срока ввода комплекса в эксплуатацию, минимизацией капитальных вложений и издержек производства. Эти же ограничения по срокам диктуют необходимость поставки модульной обогатительной фабрики, максимальной заводской готовности.

При выборе оборудования гравитационного цикла предпочтение отдаётся центробежным концентраторам Falcon и Knelson. Выбор концентраторов именно этого производителя обусловлен следующими его преимуществами: высокое значение фактора разделения, минимальное количество разжижающей воды, высокие значения G (до 200), что позволяет эффективно извлекать даже очень тонкие частицы (меньше 15 микрон). При разгрузке тяжелой фракции подача питания прекращается примерно на 30 секунд, этого времени достаточно для разгрузки концентрата.

В качестве гидрометаллургической установки с технологией CIP (уголь-в-пульпе) возможно использование быстромонтируемых модульных установок сорбционного выщелачивания с чанами шестигранной формы, широко применяемых при переработке отвалов и хвостов фабрик. Особенностью данных установок является мобильность установки и возможность переноса оборудования на новое место эксплуатации после окончания отработки данного объекта. Комплект шестигранных баков и другие необходимые детали предварительно изготавливаются,

а затем монтируются непосредственно на объекте. Отказ от наиболее распространенных скругленных конструкций в пользу шестиугольных позволяет производить транспортировку установки в контейнерах.

В связи с тем, что оптимальный режим работы комплекса по переработки лежалых хвостов сезонный, площадка проектируется без обогрева. Стены площадки выполняются из легких панелей. Основными капитальными и несущими конструкциями являются опоры мостового крана, при его необходимости.

Основными экологическими аспектами переработки лежалых хвостов после амальгамации являются: демеркуризация с использованием гравитационного оборудования для извлечения металлической ртути; обезвреживание ртути, находящейся в пептизированном состоянии; утилизация ртутьсодержащих отходов

При разработке технологических решений особое внимание должно уделяться процессу демеркуризации. Наиболее распространённым является применение двух технологий улавливания металлической ртути и амальгамы из лежалых хвостов: применение центробежной сепарации; применение классификации в условиях стесненного падения частиц в восходящем водном потоке.

При применении центробежной сепарации материал направляется на концентратор с конструктивными изменениями, позволяющими извлекать металлическую ртуть одновременно с золотом. При условии преобладания в хвостах металлической ртути в виде амальгамы использование центробежной сепарации является наиболее эффективным процессом. Несмотря на это, без подробной характеристики форм нахождения золота и ртути в хвостах, проблематично говорить о высокой эффективности применения концентраторов. Причин несколько: большая часть золота в хвостах может находиться в сростках и в гравиоконцентрат за одну перечистку извлечется, скорее всего, не более 15–20 %; без опытных работ сложно прогнозировать высокое извлечение в гравиоконцентрат ртути, поскольку наличие пептизированной ртути не обеспечивает необходимого слипания ее в конусе концентратора; присутствие в хвостах пористых минералов может привести к сорбции ртути на них.

Применение классификации в классифицирующей колонне (гидравлическом классификаторе ГК) с восходящим потоком воды позволяет проводить разделение частиц по скорости падения с учетом различий по форме, крупности и плотности. Разделение минеральных частиц основано на действии сил тяжести, подъемной силы воды, гидродинамического сопротивления и сил механического взаимодействия. Использование

ГК позволяет произвести разделение исходного материала на несколько продуктов (классов).

Основной сложностью при применении данной технологии является точная регулировка скорости подаваемого водного потока в колонну классификации, трудность регулирования производительности аппаратов. Для решения этих вопросов необходим точный ситовый анализ материала хвостов, его крупность, геометрическая форма минеральных компонентов и физико-химические свойства.

Тяжелая ртутьсодержащая фракция, выделяемая в результате классификации, направляется в приемный бункер с последующей отжимкой ртути на фильтре.

Обезвреживание ртути, находящейся в пептизированном состоянии, из хвостов гравитации происходит на стадии цианирования. Металлическая ртуть слабо растворяется в цианистых растворах. Несравненно быстрее растворяются химические соединения ртути, в частности оксиды. В этом случае ртуть извлекается в раствор совместно с золотом. Для предотвращения этого процесса в чаны цианирования добавляется 10–15 г/т сернистого натра. Ртуть, переходящая в раствор, осаждается сернистым натрием в виде киновари и в дальнейшем выходит из процесса совместно с кеками цианирования. Проведение такой химической обработки позволяет производить захоронение кеков цианирования с остаточным содержанием ртути в спецхранилищах на территории в непосредственной близости от предприятия.

4.4.2.9. Способы обезвреживания отходов гидрометаллургии

Для решения проблем промышленной безопасности при использовании технологии КВ горные предприятия в обязательном порядке должна включать следующие природоохранные мероприятия: создание противофильтрационных слоев в основании площадки, на которой формируется куча, и противофильтрационных экранов в сборниках технологических растворов, включая и аварийный бак; использование внутреннего оборота технологических растворов; постоянное поддержание оптимальных параметров технологических процессов, при соблюдении которых выделение HCN в окружающую среду не превышает ПДК; обезвреживание жидкой фазы хвостов выщелачивания, содержащей цианиды и роданиды до ПДК; наличие запасной емкости для сбора избытка технологических растворов, образующихся в результате продолжительных атмосферных осадков; наличие резервного объема в сборниках растворов, составляющего не менее 1/3 вместимости каждого сборника; охрана атмосферы – защита от пыли при формировании кучи и при ее

эксплуатации с учетом пылесноса с бортов за счет применения простых систем увлажнения руды и орошения сухих бортов; защита поверхностных вод за счет перехвата ливневых стоков, очистки промывных вод, специально разработанной системы отмывки кучи от токсичных соединений; защита поверхностного почвенного слоя, заражение которого происходит через атмосферу и выпадение осадков; качественное проведение экологического мониторинга с замером и определением токсичных соединений в подземных и поверхностных водах, в атмосфере и почвах; закрытие или восстановление дорог, карт выщелачивания, отвалов рудника, а также демонтаж зданий, оборудования, строений.

После завершения кучного выщелачивания в системе (переработанная горная масса и технологические растворы) остаётся остаточная концентрация цианида и ряд тяжелых металлов. С позиций охраны окружающей среды горная масса и технологические растворы должны быть обезврежены от цианид-ионов и комплексных цианидных анионов тяжелых металлов (цинка, меди и др.).

Основным элементом установки КВ и одной из серьезных проблем этой схемы, с точки зрения охраны окружающей среды, является площадка выщелачивания. Гидроизоляция площадки КВ преследует две цели: предотвратить возможные потери продуктивных растворов при эксплуатации и исключить загрязнение окружающей среды за счет утечки растворителей, в особенности, опасных цианидных растворов.

Гидроизолирующие покрытия на площадках должны состоять из материалов, которые классифицируются на четыре категории: синтетические; естественные или модифицирование-естественные; композитные синтетические и естественные; двойные (иногда тройные). Основное требование к площадке: она должна оставаться непроницаемой в течение всего периода эксплуатации полигона и дополнительного времени, необходимого для «жизни» штабеля на стадии его обезвоживания химическими способами или же за счет естественного разложения оставшегося цианида. Сочетание в гидронепроницаемом основании глин с полимерными пленками обеспечивает повышенную эластичность и самозалечивание (в случае образования трещин и прорывов), что важно для соблюдения экологических норм (рис. 4.30).

Существует большое число методов, способных обезвредить цианиды в отработанном штабеле и растворах, содержащихся в нем. Принципиально все методы обезвреживания можно разделить на две группы: природное обезвреживание; обезвреживание химической обработкой.

Природное обезвреживание включает в себя естественное разложение и промывку штабеля свежей водой. Естественное разложение

является комбинацией физических, химических и биологических процессов, представляющих собой реакции с солнечными лучами (фоторазложение), окисление бактериями (аэробное и анаэробное разложение), окисление воздухом, окисление материалом в самом штабеле (гидролиз, испарение, окисление и адсорбция). Естественное разложение цианидов происходит непрерывно как в штабеле, так и в растворосодержащей карте (прудке).

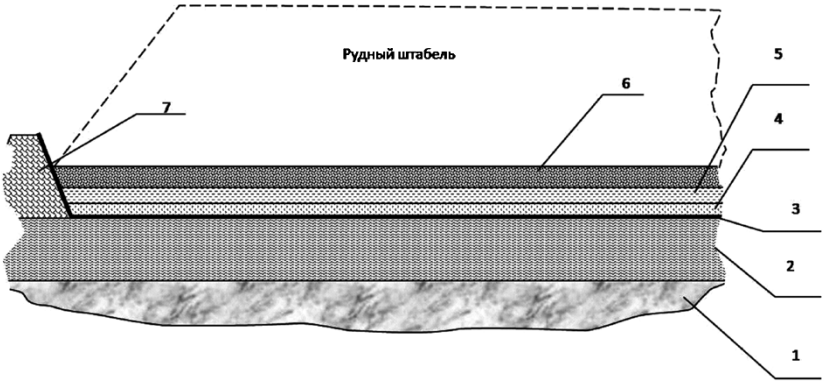


Рис. 4.30. Гидроизолированное основание штабеля:
1 – естественное основание после снятия плодородного слоя;
2 – слой глины толщиной 500 мм; 3 – полиэтиленовая пленка толщиной 1 мм, ГОСТ 10354-82; 4 – защитный слой из песка; 5 – дренажные трубы;
6 – гравийная засыпка; 7 – берма

Водная промывка отработанного штабеля ускоряет естественное разложение. Процессы разложения усиливаются при водной промывке за счет гидролиза, окисления и отмывки растворимых цианидов из штабеля. Степень обезвреживания штабеля водной промывкой определяется проницаемостью штабеля, составом промывной воды и интенсивностью орошения. Операторы обычно тщательно промывают штабель перед обезвреживанием, для того чтобы вымыть из руды оставшиеся извлекаемые концентрации растворимых цианидов золота и серебра. Точных методик по определению длительности и эффективности промывок в настоящее время не существует.

Отходами кучного выщелачивания являются сбросные растворы. Для обезвреживания сбросных растворов, образующихся при выщелачивании золота за счет положительного водного баланса, необходимо применять ряд методов.

Щелочное хлорирование можно использовать для обезвреживания цианида в прудках, содержащих продуктивные растворы, и в растворах, оставшихся в отработанной руде штабеля. Если процесс довести до конца, весь свободный и общий цианид за исключением цианидов железа будет разрушен.

Преимущества использования щелочного хлорирования следующие: широкая апробация этого метода разрушения цианидов; низкие капитальные затраты на оборудование; высокая эффективность метода при комнатной температуре и нормальном атмосферном давлении; процесс легко автоматизируется; тяжелые металлы образуют гидроксиды, и концентрация металла может быть снижена до 1 мг/л и менее.

Недостатки рассматриваемой технологии: ферро- и феррицианиды не удаляются, также трудно разлагаются цианиды кобальта и никеля; существует потенциальная возможность превышения уровня токсичной концентрации в растворе хлорамина и хлора, которые требуют удаления обработкой SO_2 и SO_3; необходим тщательный контроль pH для предотвращения образования хлорциана, весьма токсичного. Он образуется при pH ниже 10 и существенно увеличивает расход хлора; газообразный хлор и соли гипохлорита весьма токсичны, и существует потенциальная опасность при перевозках и работе с ними; щелочное хлорирование является процессом неселективным, имеет место взаимодействие с другими веществами в хвостовых растворах, что ведет к повышенному расходу и затратам.

Окисление пероксидом водорода. Эту схему широко применяют для разложения цианидов в заводской практике и пока мало используют для КВ. Метод требует значительной подготовки для определения характера отрабатываемого материала и возможных проблем, возникающих при его осуществлении (рис. 4.31).

Прочно связанные металлоцианидные комплексы, в частности ферроцианиды, не удаляются пероксидом водорода, также как и тиоцианаты. Для их удаления необходима дополнительная обработка.

Преимущества применения пероксида водорода: степень разложения общего свободного цианида составляет 91–99 %; при оптимальных условиях процесс легко осуществим, не требует строгого поддержания условий проведения; в процесс не вводят дополнительных реагентов; не выделяются такие отравляющие газы, как хлор; процесс можно осуществлять в щелочной среде, не способствуя этим окислению сульфидов и растворению содержащихся тяжелых металлов; в процессе образуются нерастворимые гидроксиды металлов, которые затем могут быть удалены из хвостовых растворов.

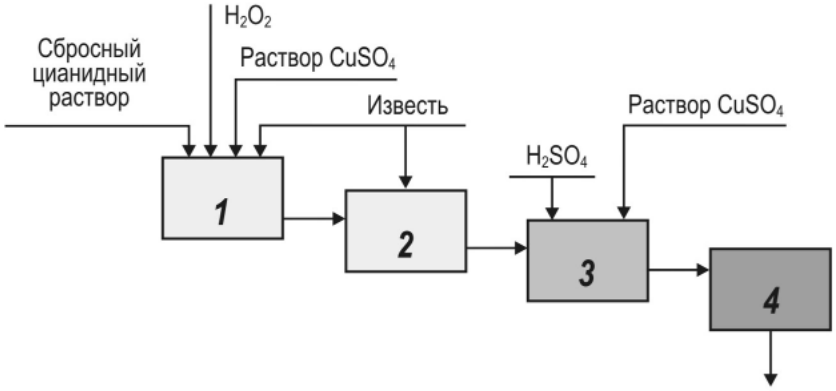


Рис. 4.31. Схема обезвреживания цианидсодержащих растворов перекисью водорода: 1 – ёмкость для обезвреживания; 2 и 3 – емкости для обработки; 4 – прудок осветления раствора

Недостатки технологии с применением пероксида водорода: в процессе не происходит удаления тионоцианатов, в том числе прочных металлоцианидных комплексных соединений; в обращении с пероксидом водорода требуется осторожность; присутствие некоторых катионов в перерабатываемых растворах, в частности никеля, может приводить к разложению пероксида водорода, вызывая высокий расход.

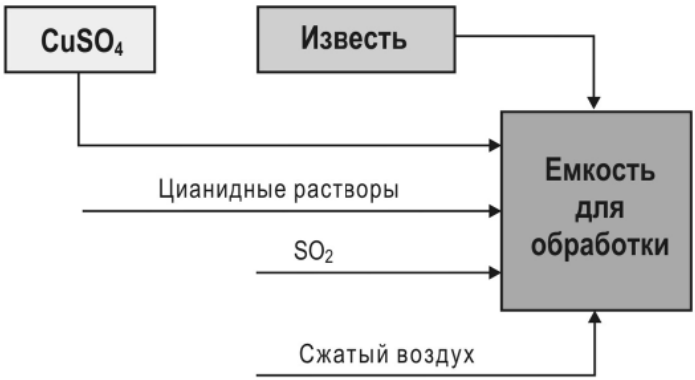
Следующий метод – *окисление смесью сернистого газа и воздуха*. В водных щелочных растворах цианиды в присутствии медного катализатора нейтрализуются до цианата CNO при добавке сернистого газа. В ряде случаев через агитационные аппараты пропускают воздух для увеличения содержания кислорода в растворе. Целесообразно использовать рассматриваемый процесс и для удаления общего цианида. Для этого необходимо осуществлять дополнительные реакции, которые сначала восстанавливают феррицианид до ферроцианида, а затем образуют купроферроцианидный осадок. Таким образом, ионы меди выполняют двойную роль в процессе сульфит + воздух: катализируют нейтрализацию цианидов и реагируют непосредственно с более стабильными солями цианида железа с образованием осадков:

Присутствие таких металлов, как сурьма, может осложнить обработку – потребуются дополнительные стадии. Процесс сульфит + воздух зависит от температуры, реакции протекают быстро при 25°С, при 5°С идут весьма медленно и возможно неполное удаление цианистых соединений.

Существуют два варианта осуществления метода сульфит + воздух: процесс INCO и процесс Норандо. В последнем воздух не вводят в раствор. В настоящее время применению INCO сопутствует огромный промышленный успех. В процессе INCO вначале снижается концентрация свободного цианида и менее прочных комплексных металлоцианидов. На преобладающие в растворе, но менее токсичные тиоцнанаты он оказывает слабый эффект.

Преимущества рассматриваемой схемы: из всех указанных ранее химических технологий обезвреживания: требует наименьших затрат; обезвреживаются все цианидные формы, обычно встречающиеся в сбросных растворах; первоначально воздействует на высокотоксичные цианидные соединения и лишь затем на менее токсичные; присутствие твердого существенно не увеличивает расход реагента, поэтому можно перерабатывать как пульпы, так и растворы; характеризуется невысокой продолжительностью процесса обезвреживания; не оказывает влияние присутствие сульфидных и окисленных минералов в хвостах.

Недостатки технологии: генерирует относительно большое количество осадков, которые из-за содержания в них металлов, могут представлять опасность при определенных условиях; процесс чувствителен к pH и менее эффективен при пониженных температурах; сопровождается образованием кислоты, что требует тщательного контроля pH; прямое воздействие на штабель практически исключается. Схема обезвреживания цианидных растворов методом INCO показана на рис. 4.32.



Рису. 4.32. Схема обезвреживания цианидсодержащих растворов (процесс сульфит + воздух)

Обезвреживание сульфатом железа (II). Обезвреживание цианидсодержащих растворов сульфатом железа основано на переводе простых или комплексных цианидов в нерастворимые цианиды железа. Как показали результаты опытов, добавление сульфата железа (II) уменьшает концентрацию цианидов. Однако данный способ не позволяет снизить концентрацию цианид-иона в растворе ниже 2 мг/л и не разрушает CN-группу, которая лишь связывается с железом (II) и в ряде случаев может снова перейти в раствор. С учетом разбавления промывных растворов дождевыми и талыми водами, а также естественного разложения цианид-иона концентрация последнего может достигнуть ПДК (0,1 мг/л).

Цианосорбция. В процессе цианосорбции используют способность HCN улетучиваться при нейтральных значениях pH, что позволяет извлечь цианиды из слабокислотных диссоциированных комплексов, содержащихся в растворах и жидкой фазе пульп. Расход кислоты и извести при переработке пульпы (содержащей жидкую и твердую фазы) будет зависеть от специфических свойств жидкой фазы, и обычно его принимают соответственно 1,45 и 0,45 кг на 1 т руды. Расход извести для адсорбции HCN основывается на стехиометрнческих расчетах, составляя 0,9 кг на 1 кг извлекаемого цианида. Для осветленных растворов расход серной кислоты и извести будет меньше. Его обычно принимают соответственно 0,81 и 0,23 кг на 1 т раствора. Расход извести на адсорбцию HCN при переработке чистых растворов обычно равен значениям, принятым при переработке пульпы. В отличие от других схем обезвреживания рассматриваемый процесс сопровождается извлечением цианида (рис. 4.33).

В настоящее время цианосорбцию в процессах КВ не используют, однако можно предполагать, что вследствие ряда преимуществ она может быть применена в будущем. Первый цианосорбционный процесс реализован в 1991 г. на руднике Голден Кросс в Новой Зеландии для извлечения цианидов из хвостов, в которых их содержание составляло 150 мг/л. При цианосорбции извлечено 85% цианидов. Второй процесс цианосорбции реализован в 1992 г. на серебряном руднике компании Нерко Де Лемур (штат Айдахо, США). По сравнению с рассмотренными методами обезвреживания процесс цианосорбции изобилует большим набором аппаратуры и требует постоянного наблюдения и контроля за процессом. При использовании цианосорбцин для обезвреживания хвостовых растворов в схему цепи аппаратов вносят незначительные изменения.

Разложение цианидов в автоклавах. Суть способа заключается в том, что раствор, содержащий цианиды, подвергают окислению в автоклавах при повышенных температурах в присутствии кислорода. При этом происходит разрушение свободного и связанного цианида.

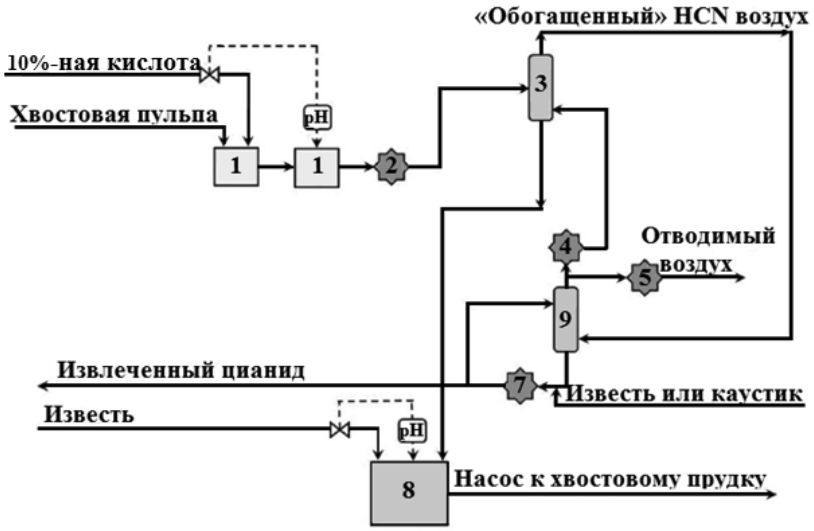


Рис. 4.33. Схема процесса цианосорбции хвостовых пульп:
1 – конверсионные емкости; 2 – насос для перекачки пульпы;
3 – колонна отгонки HCN; 4 – технологический вентилятор подачи воздуха;
5 – отводной вентилятор; 6 – колонна извлечения HCN;
7 – рециркуляционный насос; 8 – емкость нейтрализации

Результаты опытов показывают, что температура является решающим фактором, влияющим на показатели процесса разложения цианидов. Практически полное разложение циан-иона происходило при температуре 200–240°C (t – 2 ч). Установлено, что увеличение продолжительности разложения до 4 ч уже при 150°C позволяет получить остаточную концентрацию циан-иона 0,15 мг/л. Присутствие в растворе ионов цветных металлов и железа оказывает каталитическое действие на разложение циан-иона в растворе при обработке последнего в автоклаве.

Обезвреживание озоном. Среди наиболее перспективных методов обезвреживания в последнее время выделяют метод озонирования, привлекающий прежде всего высокой эффективностью и экологической чистотой, не приводящий к загрязнению окружающей среды посторонними реагентами и образующимися продуктами разложения цианидов. Часто немаловажным фактором является то, что необходимый озон

получают непосредственно на месте потребления, в этом случае исключаются затраты на приобретение, транспортирование и хранение обезвреживающих реагентов.

Разложение цианидов в технологических растворах на практике осуществляют озоновоздушной смесью, содержание озона в которой зависит от режима работы озонатора и достигает 2% по объему. Содержания в смеси таких примесей, как пероксид водорода, оксиды азота, пары воды, зависят от условий работы озонаторной установки (степени предварительной очистки и сушки воздуха, частотной характеристики озонаторов и т.д.).

Подводя итоги современного состояния и существующих проблем промышленной безопасности при переработке техногенных золотосодержащего минерального сырья методом КВ можно констатировать, что реализация перечисленных стратегических направлений и мероприятий в деятельности горноперерабатывающих предприятий позволит уменьшить экологическую напряженность в регионе.

4.4.3. Минимизация генерирования отходов

Предотвращение или минимизация генерирования отходов в металлургическом процессе достигается путем изменения качества сырьевых материалов, продукции или технологического регламента производственного процесса, совершенствования организации управления производственным процессом или эксплуатации технологического агрегата [134].

Разделение отходов – например, путем разделения потоков отходов с различным содержанием полезных компонентов на концентрированные и бедные, разделения отходов различного происхождения, химического состава и класса опасности, удаления воды из шламов и т.д. Чем ближе к источнику образования осуществляется разделение отходов, тем более рентабельным оно является.

Вторичное использование – осуществляется путем возврата в производственный процесс по месту образования отходов их же производителем и является эффективным методом снижения расхода природных ресурсов вследствие их частичной замены отходами. Вторичное использование требует изменения внутризаводской практики обращения с отходами, зачастую в сочетании с какой-либо их обработкой для того, чтобы превратить эти отходы во вторичные сырьевые материалы.

Переработка отходов в сырье или продукты (рециклинг) подразумевает производство из отходов новых видов сырья или продукции. Рециклинг может осуществляться как производителем отходов внутри предприятия, так и на других промышленных предприятиях. В соответствии с директивными документами ЕС различают материальный и сырьевой рециклинг.

Материальный рециклинг – это рециклинг отходов, при котором происходит механическое выделение из отходов определенных компонентов, направляемых на производство новых видов продукции, без их химического изменения.

Сырьевой рециклинг – рециклинг отходов, при котором происходит химическое разрушение входящих в состав отходов соединений путем химической или термической обработки, в результате которой производятся новые материалы. Рециклинг отходов требует более сложной организации экономической и технологической структуры, чем просто их вторичное использование, и в связи с этим приводит к значительным экономическим последствиям.

Обезвреживание отходов – обеспечивает снижение степени опасности отходов для окружающей среды. Не существует единого метода, который мог бы обеспечить наиболее эффективное обезвреживание отходов. Сжигание отходов обогащения угля, например, для извлечения тепловой энергии позволяет снизить негативное воздействие отходов на окружающую среду при захоронении и сэкономить природное топливо. Сжигание горючих компонентов твердых бытовых отходов обеспечивает существенное сокращение их объемов и уменьшение необходимых для их захоронения территорий. В то же время процесс сжигания может привести к образованию токсичных соединений, которые, перейдя в газовые выбросы или твердые отходы, вновь приведут к загрязнению окружающей среды. В этом отношении в настоящее время наиболее безопасными способами сжигания горючих компонентов отходов считаются высокотемпературные металлургические процессы.

4.4.4. Минимизация сбросных вод при мокрой очистке газа

Минимизация сбросных вод при мокрой очистке газа может достигаться с применением современного оборудования. При этом происходит одновременное улавливание и абсорбция вредных газовых примесей. Принцип действия таких установок основан на создании в вихревой камере вращающегося газожидкостного слоя пузырьково-пенной структуры, характеризуемого большой поверхностью контакта фаз, высокой скоростью ее обновления устойчивостью и однородностью структуры. Эффективным также можно считать применение для минимизации сбросных вод при мокрой очистке газа пенных аппаратов. В пенных аппаратах жидкость, взаимодействующая с газом, приводится в состояние подвижной пены, что обеспечивает большую поверхность контакта между жидкостью и газом и высокую степень очистки газа от пыли, дыма и тумана. Аппарат при улавливании пыли с частицами размером более 5 мкм имеет КПД до 99% [135].

4.4.5. Основные направления развития малоотходных технологий в металлургической промышленности зарубежных стран

В странах ЕС система управления отходами (переработки) предполагает наличие интегрированной системы различных аспектов: социальных, экономических, нормативно-правовых, управленческих, технических. Кроме того, принципы устойчивого развития определяют основное направление управления отходами и создают основу иерархии методов обращения с отходами.

Кроме нормативных документов (директив), Европейская комиссия регулярно выпускает т.н. коммюнике, или сообщения (Communication), которые содержат обобщенные положения директив в той или иной области, а также планируемый порядок применения этих директив и ожидаемые результаты. Такие сообщения являются программными документами и определяют основные направления национальной политики стран – членов ЕС в различных областях. По вопросам обращения с отходами Комиссия выпустила несколько таких сообщений: сообщение Комиссии «К тематической стратегии по предотвращению и переработке отходов» от 27 мая 2003 г., сообщение Комиссии «Обзор стратегии управления отходами в Европейском сообществе» от 30 июля 1997 г. и др.

Еще одним программным документом в этой области стала Стратегия управления отходами в ЕС, принятая 14 ноября 1996 г. Стратегия содержит определение основных понятий, используемых в практике обращения с отходами, и определяет основные направления работы в этой области для стран – членов ЕС. Положения вышеуказанных документов послужили основой для создания соответствующих национальных законодательных актов во многих странах ЕС (Финляндия, Германия, Швеция, Австрия, Великобритания, Бельгия, Хорватия, Эстония и др.).

Примером соответствующих национальных программ могут служить: программа «Отходы 21» Датского правительства (план обращения с отходами Датского правительства на период 1998–2004 гг.), национальный план Испании по муниципальным отходам на период 2000–2006 гг. и т.д. Относительно новым понятием в сфере обращения с отходами стали т.н. товарные сертификаты или товарные экологические разрешения (Tradable environmental permits). Этот инструмент пришел из практики экологической политики и представляет собой разрешение на определенное количество (квоты) тех или иных видов отходов. Если тот или иной потребитель производит меньшее количество отходов, он может продать свою квоту другим потребителям.

В настоящее время такие сертификаты нашли широкое применение только в Великобритании, в основном, при работе с отходами упаковки и биоразлагаемыми отходами. Такие сертификаты обычно признаются экономически эффективным средством для использования в экологических проектах. Кроме того, это удобный инструмент для компаний при выполнении ими своих обязательств в рамках принятой на себя ответственности производителей по сокращению отходов. Такое перенесение ответственности за отходы на производителей практикуют почти все страны Европы; 10 из них объединены в организацию «ПРО Европа». Эта организация занимается оценкой национальных систем сбора и переработки отходов и присуждает им знак «Зеленая точка» (Die Grune Punkt).

Одной из целей Шестой Экологической программы действий является «...восстановление и вторичная переработка отходов в разумных масштабах, т.е. до того уровня, пока это производит положительный экологический эффект, является экономически выгодным и технически возможным...». На сегодня в странах ЕС вторично перерабатывается всего около 15 % общего объема отходов [http://themes.eea.eu.int; www.ciwm.co.uk; www.ecoline.ru; www.unep.or.jp].

Большинство развитых зарубежных стран осуществляют политику сбережения своих ресурсов, интенсивно вовлекая в переработку ТМ, утилизируя отходы производства, разрабатывая технологии. Например, в США ещё в 1993 г. доля вторичного сырья в производстве цветных металлов составляла, %, соответственно: по меди – 55, вольфраму – 28, никелю – 25. Подобная тенденция использования вторичных ресурсов наблюдается в Канаде, Великобритании, ЮАР, Испании и других странах. Вот несколько примеров: В Канаде из отходов меднорудных предприятий, содержащих 0,45 % Cu, достигается извлечение 40 % меди благодаря новым способам обогащения (кучного кислотного выщелачивания, кучного пиритного и бактериального выщелачивания).

Основными направлениями развития малоотходных и безотходных технологий в золотодобывающей промышленности зарубежных стран являются:

– доизвлечение золота из старых хвостовых отвалов и огарков сернокислотного производства;

– комплексная переработка золото-урановых и золотосодержащих руд;

– доизвлечение золота и серебра из руд цветных металлов; использование нерудных составляющих при производстве стройматериалов.

В штате Монтана (США) из отвалов рудника Мандиски получают ежегодно 2 т Au и 4 т Ag при содержании в отвалах золота – 0,84 г/т и серебра – 2,8 г/т. В штате Мичиган (США) из хвостов обогащения,

содержащих 0,3 % Cu, достигнуто извлечение 60 % меди. В Болгарии из отходов, содержащих 0,1–0,15 % Cu, получают медный концентрат, себестоимость которого в 3 раза ниже, чем при получении его из природного сырья. В ЮАР из отвалов золотоизвлекательных фабрик при содержании золота – 0,53 г/т и урана – 40 г/т получают 3,5 т золота и 696 т урана в год при производительности 50000 т/сут.

Эффективные технологии извлечения золота из хвостов разрабатываются в Национальном институте металлургии в ЮАР, где запасы хвостов обогатительных фабрик оцениваются в 225 млн т со средним содержанием золота 0,9 г/т. Установлено, что золото в отходах, в основном содержится либо в сростках, либо покрыто защитной пленкой, а другие ценные компоненты не извлекаются. Поэтому перспективными признаны методы гравитации и высокоградиентной сепарации. При гравитации извлекаются 10–20 % золота и часть урана. При «пиритной» флотации извлекается 20–40 % золота при 85 %-ном извлечении пирита и высоком извлечении урана. При высокоградиентной магнитной сепарации из хвостов можно извлечь 40–60 % золота и урана с одновременным высоким извлечением железа, хрома, ильменита, рутила, циркона.

Стоимость сооружения такой обогатительной установки производительностью 300 т хвостов за 1 ч составляет 2,8 млн долл. США. Это в 2–3 раза больше затрат на строительство флотационной установки такой же производительности. Но себестоимость обогащения будет значительно ниже. В настоящее время хвосты обогатительных фабрик в ЮАР перерабатываются по схемам, включающим гравитацию или флотацию, доизмельчение концентрата и извлечение из него золота сепарированием и урана – кислотным выщелачиванием. В настоящее время в ЮАР действует крупный комбинат по переработке хвостов золотоизвлекательных фабрик производительностью 50 тыс. т в сут.

Комбинат включает: трехсекционную фабрику флотации, урановый цех по переработке пиритного концентрата, фабрику для извлечения золота из отходов сернокислотного производства. В трех первоочередных отвалах содержание золота 0,53 г/т, урана 40 г/т, серы 1,04 %. Капитальные затраты на строительство комбината 101 млн долл. Годовое производство составляет: серной кислоты – 350 тыс. т, U_3O_8 – 69 т, золота – 3,57 т. Сквозное извлечение серы (в пиритовый концентрат) 85 %, урана 32 %, золота 51 % (при выщелачивании огарков 90 %). Предусмотрена рекультивация освобождаемых площадей. Весьма рационально используются хвосты полиметаллических руд в Испании. Комбинат Apirisa перерабатывает 2 млн т хвостов в год [136, 137].

Основными направлениями развития малоотходных и безотходных технологий в золотодобывающей промышленности зарубежных стран являются: доизвлечение золота из старых хвостовых отвалов и огарков сернокислотного производства.; комплексная переработка золото-урановых и золотосодержащих руд; доизвлечение золота и серебра из руд цветных металлов; использование нерудных составляющих при производстве стройматериалов.

Схемы извлечения золота из техногенных отходов на зарубежных предприятиях представлены на рис. 4.34, 4.35.

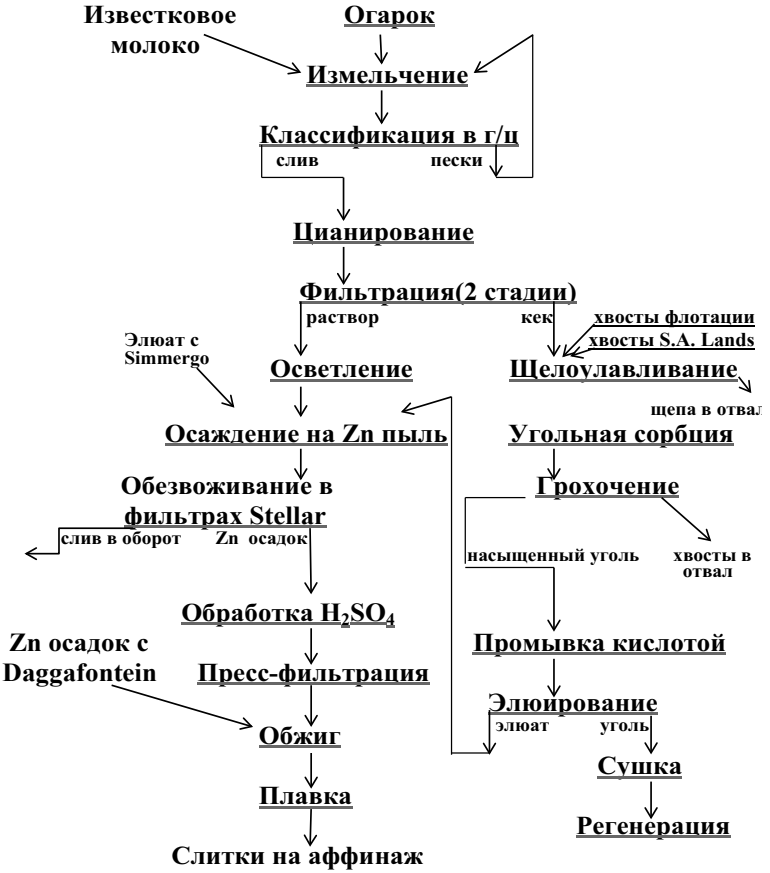


Рис. 4.34. Схема извлечения золота на предприятии Эрго

Рис. 4.35. Схема переработки хвостов комплекса Амуран

В Европе многие процессы переработки отходов золотоперерабатывающей промышленности являются коммерческой тайной, поэтому доступны только краткие описания технологии.

Существует более 200 видов сырья, имеющихся в золотодобывающей отрасли, и они, как правило, делятся на пять категорий. Характеристика сырья основывается на выборе подходящей технологической схемы и во многом независимо от содержания драгоценных металлов в материале. Образцы подлежат обработке для растворения драгоценных металлов.

Производственные процессы осуществляются обычно в различных комбинациях для восстановления благородных металлов, которые присутствуют в конкретном минеральном сырье. Другой особенностью отрасли является то, что, как правило, драгоценные металлы восстанавливаются на платной основе.

Основными источниками золотосодержащих отходов и лома являются цветная металлургия, электротехническая и электронная отрасли промышленности. Основными источниками серебросодержащих отходов и лома являются электротехническая, электронная и химическая отрасли промышленности, зеркальное, часовое и ювелирное производства, фото- и кинопромышленность, полиграфическая промышленность, лечебные учреждения.

Важным источником драгоценных металлов являются анодные шламы электролитического рафинирования меди. Оптимальный выбор технологических комбинаций зависит от тщательности отбора и анализа проб. После их обработки восстанавливают не только драгоценные металлы, но и вместе с ними другие металлы, такие как селен и теллур. Детали процесса зависят от содержания металлов. В технологические схемы переработки отходов включают пирометаллургические и гидрометаллургические процессы, включая экстракцию растворителями.

Аноды электролитического рафинирования (electrorefining) меди, как правило, содержат значительные количества серебра, золота, состав которых зависит от исходных материалов и процессов, используемых на гидрометаллургическом медном заводе. Золото присутствует также в анодных шламах электролиза серебра, применяется технология выщелачивания шламов горячей соляной кислотой и газообразным хлором. Скрап может содержать значительное количество цинка, меди и олова.

Дальнейшая технология включает удаление основной массы свинца и цинка путем ликвации и вакуумной перегонки и купелирование в отражательной печи, TBRC, TROF. При рафинировании никеля, драгоценные металлы извлекают из медного побочного продукта.

При рафинировании цинка драгоценные металлы могут быть извлечены в цинково-свинцовой шахтной печи.

Золотые аноды, содержащие сусальное золото или титановые катоды, перерабатываются Wohlwill камере. В качестве электролита используют кислотный раствор хлорного золота, при этом поддерживается температура на уровне примерно 70°C, проводится измерение значений постоянного электрического тока. Между электродами, аноды растворяются и ионы золота осаждаются на катодах, получая продукт, с содержанием 99,99% золота. Хлор, выделившийся у анода, концентрируется в закрытом корпусе. Золото также может быть восст ановлено путем растворения исходных материалов в царской водке.

Из твердых и жидких цианистых растворов, например, гальванических ванн золото также подлежит утилизации. Растворы цианида натрия или цианида калия можно использовать для извлечения золота из облицовки поверхности материалов, таких как электронные контакты или, покрытые золотом материалы. Золото извлекается из цианистых растворов электролизом. Цианиды реагируют с кислотами с образованием цианистого водорода, поэтому тщательно следят за отсутствием контакта между этими материалами.

Для разрушения цианидов при очистке сточных вод используются окислители, такие как перекись водорода или гипохлорит натрия, Пылеуловители на предприятиях, выделяющих пыль, как правило, содержат сменные фильтрующие элементы, которые имеют эффективность улавливания частиц размером от 0,5 мкм > 99,99%. Патронные фильтры, забитые пылью, сжигаются вне территории предприятия [138–140]. На рис. 4.36 приведен пример технологической схемы для обработки анодного шлама из зарубежной практики.

Для решения проблемы переработки и утилизации отходов горнорудной и металлургической отраслей промышленности России необходимо выполнить следующие мероприятия:

– провести инвентаризацию и классификацию техногенных отходов;

– провести общую оценку минерально-сырьевого потенциала техногенных отходов;

– провести районирование техногенных месторождений и выделить первоочередные объекты для возможной эксплуатации;

– выполнить геолого-экономическую и стоимостную оценку первоочередных вовлекаемых в разработку техногенных месторождений;

– разработать предложения по созданию геолого-экономических и правовых основ подготовки техногенных месторождений к промышленному освоению [48].

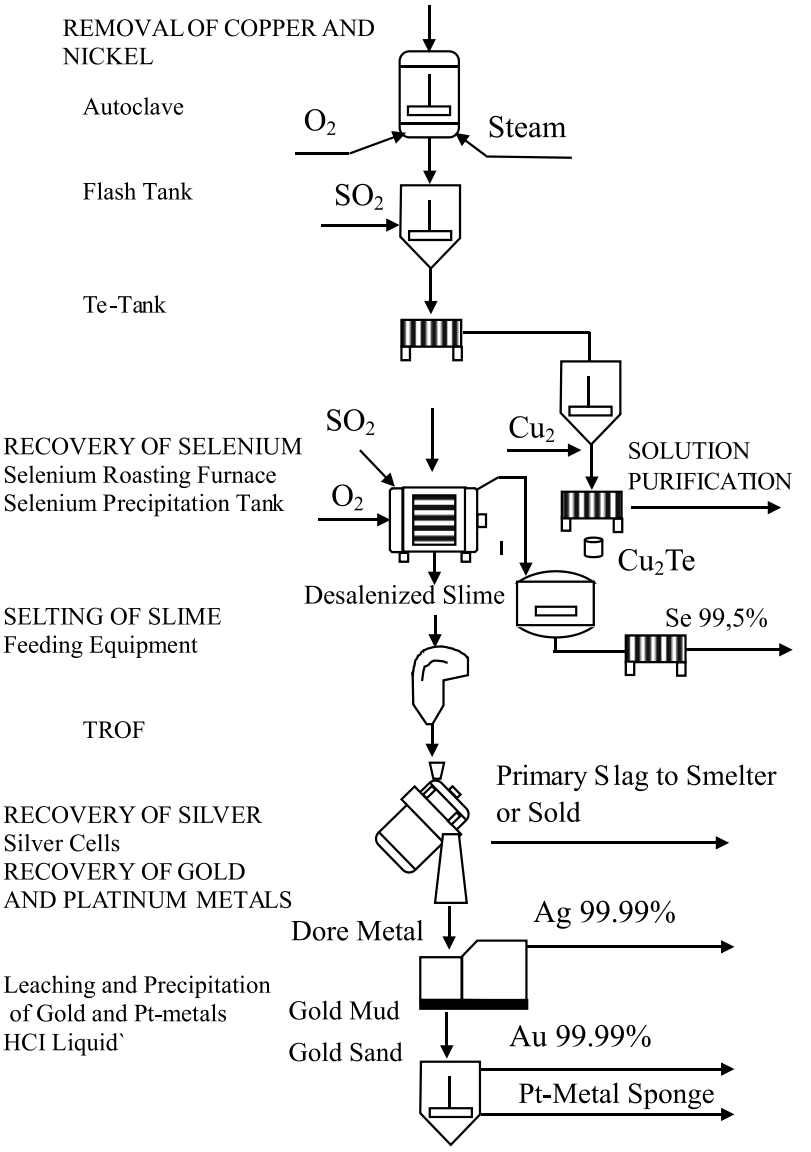


Рис. 4.36. Пример технологической схемы для обработки анодного шлама

Все эти вопросы должны найти отражение в целевой программе вовлечения техногенных месторождений России в хозяйственный оборот.

В целом эффективное управление горнопромышленными отходами на основе внедрения НДТ позволяет получить следующие результаты:

– рациональное использование техногенных месторождений полезных ископаемых;

– эффективное действие систем контроля и управления элементами окружающей среды с ее взаимодействием со службами всех подразделений горнодобывающих и горноперерабатывающих объединений и предприятий;

– уменьшение до или ниже регламентированного уровня или полную ликвидацию загрязнения атмо-, гидро-, лито- и биосферы выбросами и сбросами;

– комплексную разработку месторождений полезных ископаемых с полным использованием попутных или побочных продуктов и вторичных материалов в процессах малоотходных технологий;

– сокращение (до обоснованного минимума) потерь полезных ископаемых и их разубоживания;

– соблюдение экологически обоснованных требований к продукции предприятий горного кластера;

– обучение студентов рациональному и комплексному использованию минерального сырья, владению наилучшими доступными технологиями горно-добывающей отрасли, а также экологическим сознанием и рискориентированным мышлением, воспитание культуры безопасности, в том числе, профессиональной.

Вовлечение в переработку техногенного сырья дополнительно обеспечивает:

1. Сокращение расходов на поиски новых и разведку эксплуатируемых месторождений.

2. Сохранение истощающихся минеральных ресурсов в недрах.

3. Повышение производительности труда за счёт рентабельной переработки уже добытого сырья.

4. Улучшение условий труда.

5. Производство дешёвых стройматериалов (песок, щебень, гравий, цемент, абразивы, материал для отсыпки дорожного полотна, строительства плотин, дамб, и т.д.), а из шлаков – шлаковаты, шлакового литья (брусчатка, тюбинги, плитки, бордюрный камень и т.д.), литого шлакового щебня, стеклокерамических изделий, вяжущих добавок в цемент, минеральных добавок для улучшения почв, удобрений для сельского хозяйства и др.

6. Освобождение занимаемых им земель и их рекультивацию и ликвидацию источников загрязнения окружающей среды, улучшая тем самым экологическую обстановку вокруг действующих предприятий.

Таким образом, внедрение наиболее эффективных и передовых технологий с учётом экономической и технической обоснованности, так называемых «Наилучших доступных технологий» на предприятиях горной промышленности, позволит добиться высокого уровня защиты окружающей среды и минимизации неблагоприятного воздействия техники и технологии, а также повысить эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов. Необходимо разрушить связь между экономическим ростом, использованием ресурсов и образованием отходов. Высокие показатели экономического роста должны сопровождаться устойчивым использованием природных ресурсов и таким же устойчивым уровнем отходов. Вовлечение в хозяйственный оборот отходов горнорудной, металлургической отраслей промышленности, образующихся в результате производственной деятельности этих комплексов и составляющих природно-техногенные месторождения, – остается крупной хозяйственной задачей всех государств мира.

Глава V. ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ

5.1. Общие сведения

По имеющимся оценкам, в США из всего используемого сырья примерно 6 % приходится на продукты производства, только 1 % составляют долговечные продукты, а весь оставшийся объем сырьевых материалов в итоге становится отходами [141]. Управление этими отходами представляет собой затратный процесс с точки зрения времени и ресурсов, а при неправильной организации приводит к истощению полезных ископаемых и загрязнению окружающей среды.

К концу 20 в. в мире возникло новое направление человеческой деятельности, которое в мировой практике получило название «Waste Management», или «управление отходами». Не смотря на то, что появление и быстрое развитие этого вида деятельности прошло менее заметно, чем, например, информатики, это событие можно назвать революционным, обозначающим скачок на новую ступень сознания.

Термин «управление отходами» в сложившейся мировой практике обозначает организацию обращения с отходами с целью снижения их влияния на здоровье человека и состояние окружающей среды, а «обращение с отходами» определяется как «деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов».

Управление отходами является еще более сложным для организаций, которые имеют дело с большим количеством материалов разного типа, с большими объемами отходов или с большим количеством задействованных работников, покупателей и посетителей. Основные характеристики муниципальных отходов могут быть одинаковыми в разных регионах; в то же время в промышленном, коммерческом и государственном секторе образуются разнообразные потенциальные потоки отходов, которые сильно различаются в зависимости от организации. В связи с таким разнообразием не существует единого решения, которое подойдет всем организациям. Однако интегрированный подход к планированию управления твердыми отходами как ресурсом позволяет организациям создавать комплексную стратегию, которая может оставаться гибкой в свете меняющихся экономических, социальных, материальных (продукция и упаковка) и экологических условий.

Всемирно известный американский ученый и консультант по теории управления качеством У. Деминг говорил: «Система не может эффективно работать без чётко установленной цели». Конечной целью при обращении с отходами, образующимися на предприятии, в результате внедрения Программы управления отходами производства на предприятии должно стать получение финансовой выгоды при реализации отходов.

Терминологический аппарат (основные понятия)

Программа управления отходами на предприятии – необходимость, которая усилиями грамотных специалистов может стать действующим механизмом возврата средств при реализации отходов производства.

В условиях высокой конкуренции и сложившейся экономической ситуации, предприятию необходимо поддерживать на должном уровне не только качество производимой продукции и выполнение тех обязательных требований, которые накладываются на него, как на источник негативного воздействия, но и второстепенные процессы, в т.ч. обращение с отходами производства.

Для разработки на высоком качественном уровне Программы управления отходами на предприятии, необходимо владеть терминологическим аппаратом.

Основные понятия согласно Федеральному закону от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Об отходах производства и потребления» [142]:

размещение отходов – хранение и захоронение отходов;

хранение отходов – складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения;

захоронение отходов – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду (в ред. Федеральных законов от 30.12.2008 № 309-ФЗ, от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

утилизация отходов – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация) (в ред. Федерального закона от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду (в ред. Федерального закона от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

объекты размещения отходов – специально оборудованные сооружения, предназначенные для размещения отходов (полигон, шламохранилище, в том числе шламовый амбар, хвостохранилище, отвал горных пород и другое) и включающие в себя объекты хранения отходов и объекты захоронения отходов (в ред. Федерального закона от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

трансграничное перемещение отходов – перемещение отходов с территории, находящейся под юрисдикцией одного государства, на территорию (через территорию), находящуюся под юрисдикцией другого государства, или в район, не находящийся под юрисдикцией какого-либо государства, при условии, что такое перемещение отходов затрагивает интересы не менее чем двух государств;

лимит на размещение отходов – предельно допустимое количество отходов конкретного вида, которые разрешается размещать определенным способом на установленный срок в объектах размещения отходов с учетом экологической обстановки на данной территории;

норматив образования отходов – установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции;

паспорт отходов – документ, удостоверяющий принадлежность отходов к отходам соответствующего вида и класса опасности, содержащий сведения об их составе (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 № 309-ФЗ);

вид отходов – совокупность отходов, которые имеют общие признаки в соответствии с системой классификации отходов;

лом и отходы цветных и (или) черных металлов – пришедшие в негодность или утратившие свои потребительские свойства изделия из цветных и (или) черных металлов и их сплавов, отходы, образовавшиеся в процессе производства изделий из цветных и (или) черных металлов и их сплавов, а также неисправимый брак, возникший в процессе производства указанных изделий (абзац введен Федеральным законом от 29.12.2000 № 169-ФЗ);

сбор отходов – прием или поступление отходов от физических лиц и юридических лиц в целях дальнейших обработки, утилизации, обезвреживания, транспортирования, размещения таких отходов (абзац

введен Федеральным законом от 30.12.2008 № 309-ФЗ, в ред. Федерального закона от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

транспортирование отходов – перемещение отходов с помощью транспортных средств вне границ земельного участка, находящегося в собственности юридического лица или индивидуального предпринимателя либо предоставленного им на иных правах (абзац введен Федеральным законом от 30.12.2008 № 309-ФЗ);

накопление отходов – временное складирование отходов (на срок не более чем одиннадцать месяцев) в местах (на площадках), обустроенных в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в целях их дальнейших утилизации, обезвреживания, размещения, транспортирования (абзац введен Федеральным законом от 30.12.2008 № 309-ФЗ, в ред. Федерального закона от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

обработка отходов – предварительная подготовка отходов к дальнейшей утилизации, включая их сортировку, разборку, очистку (абзац введен Федеральным законом от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

объекты захоронения отходов – предоставленные в пользование в установленном порядке участки недр, подземные сооружения для захоронения отходов I–V классов опасности в соответствии с законодательством Российской Федерации о недрах (абзац введен Федеральным законом от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

объекты хранения отходов – специально оборудованные сооружения, которые обустроены в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предназначены для долгосрочного складирования отходов в целях их последующих утилизации, обезвреживания, захоронения (абзац введен Федеральным законом от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

объекты обезвреживания отходов – специально оборудованные сооружения, которые обустроены в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предназначены для обезвреживания отходов (абзац введен Федеральным законом от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

группы однородных отходов – отходы, классифицированные по одному или нескольким признакам (происхождению, условиям образования, химическому и (или) компонентному составу, агрегатному состоянию и физической форме) (абзац введен Федеральным законом от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

отходы от использования товаров – готовые товары (продукция), утратившие полностью или частично свои потребительские свойства и складированные их собственником в месте сбора отходов, либо переданные в соответствии с договором или законодательством Российской Федерации лицу, осуществляющему обработку, утилизацию отходов, либо брошенные или иным образом оставленные собственником с целью отказаться от права собственности на них (абзац введен Федеральным законом от 29.12.2014 № 458-ФЗ);

норматив утилизации отходов от использования товаров (далее также – норматив утилизации) – установленное как выраженное в процентах отношение количества товаров определенного вида, упаковки таких товаров, реализованных юридическим лицам, физическим лицам, в том числе индивидуальным предпринимателям, и подлежащих утилизации после утраты потребительских свойств, к общему количеству товаров определенного вида, выпущенных в обращение на территории Российской Федерации (абзац введен Федеральным законом от 29.12.2014 № 458-ФЗ).

5.2. Характеристика потоков отходов

Прежде чем разрабатывать план действий, необходимо иметь общие представления о составе и объеме отходов. Эту информацию обычно можно получить путем проведения исследований по характеристике отходов. Промышленный и коммерческий сектор производит множество разнообразных потенциальных потоков отходов, включая муниципальные и промышленные твердые отходы, клинические отходы, отходы строительства и сноса зданий, а также опасные отходы. Отходы коммерческих фирм и официальных учреждений обычно характеризуются как «отходы от торговой и коммерческой деятельности», в то время как потоки отходов промышленности (изготовления, ремонта, обработки изделий) представляют собой «жидкие отходы», «твердые отходы» или «загрязнители воздуха». Каждый из этих видов отходов, как правило, требует своего подхода к управлению и регулированию.

Стратегии управления отходами, описанные в этом издании, в общем виде применимы к любым видам отходов – от твердых муниципальных отходов (ТМО) до промышленных и опасных отходов. Прежде всего, речь идет о твердых отходах. Типичные потоки отходов бытового, промышленного, коммерческого и государственного секторов представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Потоки отходов муниципального, промышленного, коммерческого и государственного секторов (по [143])

Вид отходов	Объекты, деятельность или место формирования отходов	Типы твердых отходов
Бытовые	Частные дома; многоквартирные дома	Пищевые отходы, бумага, картон, пластмасса, ткани, дворовые отходы, дерево, зола, листья деревьев, особые виды отходов (в том числе крупногабаритный мусор, электроника, и т.д.), опасные бытовые отходы
Коммерческие	Магазины, рестораны, рынки, офисные здания, отели, мотели, типографии, станции обслуживания автомобилей, авторемонтные мастерские	Бумага, картон, пластмасса, дерево, пищевые отходы, стекло, металлолом, зола, особые виды отходов, опасные отходы
Институциональные	Школы, университеты, больницы, тюрьмы, государственные учреждения	То же, что и коммерческие, плюс биомедицинские отходы
Промышленные (непроизводственные)	Строительство, производственные предприятия, легкая и тяжелая промышленность, перерабатывающие предприятия, химические заводы, электростанции, снос сооружений	То же, что и коммерческие
Промышленные	Строительство, производственные предприятия, легкая и тяжелая промышленность, перерабатывающие предприятия, химические заводы, электростанции, снос сооружений	То же, что и коммерческие, плюс отходы промышленного производства, подручные материалы

5.3. Концепции управления отходами

В области управления отходами существуют разные концепции, которые частично совпадают друг с другом. Основные черты наиболее распространенных на данный момент концепций представлены ниже.

5.3.1. Концепция Zero Waste

Концепция Zero Waste (ZW), что означает «ноль отходов», привлекает пристальное внимание общественности с конца 1990-х гг., и под этим термином часто подразумевается стремление к технологиям, в рамках которых отходы вообще не складируются на свалках и полигонах и не сжигаются. Тем не менее, философия ZW предполагает и другие подходы целью которых может быть максимально возможная переработка образующихся отходов, минимизация их объемов, а также разработка новых продуктов с учетом их будущей переработки, рекультивации, возврата в природную среду или использования в качестве материала для создания другой продукции [144]. Организация Zero Waste Alliance (www.zerowaste.org) дает еще более широкую формулировку своих целей:

– ZW of Resources, «безотходность ресурсов» (энергия, материалы, человеческие ресурсы);

– Zero emissions, «ноль выбросов» (в воздух, в воду, твердых, и т.д.);

– ZW in activities, «безотходная деятельность» (административная, производственная);

– ZW in product life, «безотходный жизненный цикл товара» (транспортировка, использование, утилизация);

– Zero use of toxics, «ноль токсичных веществ» (в процессах и продуктах).

Концепция Zero Waste относится ко всем этапам жизненного цикла, так что можно выделить три уровня или фазы [145]:

1) предотвращение образования отходов путем безотходных процессов добычи, разработки и производства («ZW extraction, design and production processes»);

2) предотвращение образования отходов путем устойчивого потребления и ответственного покупательского поведения («sustainable consumption»);

3) снижение объемов отходов путем безотходных стратегий управления («zero waste management and treatment»).

1. *Безотходная добыча, разработка и производство.* Первая фаза объединяет различные методы добычи полезных ископаемых и экологические принципы (Industrial Ecology, Cradle-to-Cradle, Green Engineering), применяемые для обеспечения промышленного симбиоза и процессов вторичной переработки.

Данная фаза ставит своей целью использование обществом уже имеющихся материалов вместо добычи нетронутых невозобновляемых природных ресурсов. С целью минимизировать повреждение природной среды и обеспечить оптимальную утилизацию ресурсов, предполагается интегрированное применение экологических принципов (Industrial Ecology, Cradle-to-Cradle, Green Engineering).

Концепция ZW применительно к горно-добывающей промышленности означает инновационную методику, которая позволяет избавляться от отходов либо с помощью продвинутых технологий (к примеру, безотходная полимерная технология или безотходная металлообработка) [146, 147] либо путем использования побочных продуктов производства для других полезных целей [148–150]. Однако особое внимание в настоящее время должно уделяться проблеме замены традиционных добываемых ресурсов альтернативными (в этом направлении развивается, например, технология «urban mining»).

Zero waste design («безотходная разработка») – это один из фундаментальных аспектов достижения целей концепции ZW, так как он нацелен на предотвращение формирования отходов на первой фазе производства путем применения экологических принципов (Green Engineering and Production). Традиционно на стадии разработки продукта крайне редко идет речь о том, чтобы предотвратить образование отходов. Однако для инновационных технологий именно этот аспект должен стать одним из важнейших. Примером этого подхода является концепция Cradle-to-Cradle Design (см. раздел 5.3.4). Если продукция разрабатывается и производится с применением принципа «cradle-to-cradle», впоследствии намного проще извлекать полезные ресурсы из полученных отходов и эффективно реализовывать программы утилизации таких ресурсов и их оптимальную переработку. В рамках этой концепции производителям часто рекомендуется отказаться от производства продуктов, которые с трудом поддаются разборке, переработке и рекультивации ресурсов из продуктов утилизации [151].

2. *Устойчивое потребление.* Результатом современной практики избыточного потребления становится образование огромных объемов мусора, которого можно избежать, применяя принцип устойчивого потребления («sustainable consumption»). Данный принцип не призывает потреблять меньше, а только лишь потреблять эффективнее с целью минимизировать образование отходов и экологический вред. Концепция «zero consumption» («нулевое потребление») относится к материалам, которые пригодны для полноценного повторного использования в той же системе после окончания срока службы. Таким образом, концепция «потребления» как такового заменяется понятием «использования», когда ресурсы вовлечены в циклическую схему.

3. *Безотходное управление.* Традиционные системы управления отходами рассматривают отходы как продукты, образующиеся на конечной стадии потребления. Соответственно, методики управления отходами сводятся к простому «выбрасыванию». В рамках безотходного управления

(«zero waste management and treatment») предполагается, вместо традиционного определения «отходов», использовать понятие «вторичных ресурсов», которые образуются не на конечной, а на промежуточной фазе потребления. На этой фазе процессы сортировки, сбора, переработки, рекультивации и очистки отходов должны строго следовать рекомендациям ZW по оптимальному повторному использованию ресурсов с минимальным ущербом для окружающей среды.

Реализация концепции Zero Waste невозможна без значительных усилий и действий со стороны промышленности и властей. Промышленность контролирует процесс разработки продукции и упаковки, сам процесс производства, а также выбор материалов [152]. Правительство может формировать политику и предоставлять субсидии на усовершенствование процессов производства, разработки и продажи продукции, а кроме того, разрабатывать и внедрять комплексные стратегии, направленные на предотвращение образования отходов, нежели на управление ими. Ввиду того, что предотвращение образования отходов в высокой степени зависит от производства, существенной частью стратегии Zero Waste часто является расширенная ответственность производителя («extended producer responsibility»).

5.3.2. Концепция Cleaner Production

В 1989 г. в рамках программы ЮНЕП была предложена инициатива Cleaner Production («более чистое производство»), которая концептуализирует современный термин «Cleaner Production». Концепция Cleaner Production (CP) разработана в качестве программы ЮНЕП и ЮНИДО для развивающихся стран.

Концепция CP – это не чисто технический термин (не «clean technology», что дословно переводится как «чистая технология»). Ключевое различие между контролем загрязнений и Cleaner Production – время. Контроль загрязнений, использующий вышеупомянутый принцип «выбрасывания» конечного продукта, включает меры, принимаемые постфактум (по принципу «реагировать и устранять»). Философия Cleaner Production, наоборот, предполагает превентивные меры (по принципу «предвидеть и предотвратить»). В рамках этой концепции разрабатываются подходы к производству товаров и услуг с минимальным экологическим ущербом при существующих технологических и экономических ограничениях.

Начавшись с простой идеи «производить меньше мусора», постепенно Cleaner Production развилась в полноценную концепцию повышения ресурсной эффективности продукта в целом. Концепция CP

включает в себя то, что некоторые страны называют предотвращением загрязнения, минимизацией отходов, эко-эффективностью или «green productivity («зеленая продуктивность», «эко-продуктивность»). Целостный подход ЮНИДО к концепции Cleaner Production является интегрированной превентивной стратегией, которая применима ко всему жизненному циклу продукции с целью:

– повысить продуктивность, обеспечив более эффективное использование сырья, энергии и воды;

– обеспечить лучшую экологическую деятельность предприятия, изначально снизив количество производимых отходов и выбросов;

– снизить воздействие продукции на окружающую среду в течение жизненного цикла путем разработки экологичных, но при этом конкурентоспособных продуктов.

Цели СР для процессов производства:

– снизить потребление сырья и энергии в расчете на единицу продукции;

– по возможности перестать использовать токсичные и опасные материалы;

– снизить количество и токсичность производимых выбросов и отходов.

Цели СР для продукции – снизить воздействие на окружающую среду, здоровье людей и безопасность:

– в течение всего жизненного цикла;

– от добычи сырья, включая производство и потребление продукта, до этапа утилизации.

Для услуг СР предполагает:

– проработку экологических вопросов в процессе разработки и предоставления услуг.

В начале 1990-х гг. ЮНИДО и ЮНЕП совместно запустили программу, в рамках которой были основаны Национальные Центры Cleaner Production (NCPC), благодаря деятельности которых к настоящему моменту программа уже охватывает 47 развивающихся стран и стран с переходной экономикой. Такие центры оказывают разнообразные услуги, в том числе:

– повышение осведомленности о преимуществах СР;

– демонстрация экологических, финансовых и социальных преимуществ СР путем проведения экспертизы на предприятии и в рамках демонстрационных проектов;

– помощь в получении финансирования для внедрения СР;

– консультирование по вопросам политики СР для органов управления как национального, так и местного уровня;

– распространение технической информации.

5.3.3. Концепция Green Engineering

Концепция Green Engineering («зеленая инженерия», «эко-инженерия») имеет своей основной целью достижение стабильности благодаря использованию достижений науки и технологии. В рамках этой концепции предполагается снижение загрязнения и минимизации рисков для людей и окружающей среды уже на стадии разработки новых продуктов, материалов, процессов и систем. Концепция Green Engineering основывается на принципах, которые в самом общем смысле нацелены на разработку материалов и процессов таким образом, чтобы они могли быть использованы в качестве сырья для промышленных процессов. Это достигается путем пересмотра и усовершенствования продукта с тем, чтобы повысить его перерабатываемость в различных масштабах [153].

12 принципов Green Engineering:

– Принцип 1: Разработчики продуктов прилагают максимум усилий, чтобы все материалы и энергия на входе и выходе производства, были по своей природе как можно менее опасными.

– Принцип 2: Лучше предотвращение отходов, чем очистка и управление отходами после их появления.

– Принцип 3: Операции разделения и очистки должны быть продуманы с тем, чтобы минимизировать затраты энергии и материалов.

– Принцип 4: Продукты, процессы и системы должны создаваться с максимальной эффективностью в отношении массы, энергии, места и времени.

– Принцип 5: Продукты, процессы и системы должны быть спланированы относительно использования энергии и материалов с учетом в первую очередь ситуации «на выходе» (производственного процесса) нежели «на входе».

– Принцип 6: Предполагаемая энтропия и сложность должны рассматриваться как инвестиция при принятии решений относительно рециклинга, переработки или выгодного размещения.

– Принцип 7: Целью являются долговечные, а не вечные продукты.

– Принцип 8: Необязательные улучшения (напр., «один размер для всех») должны рассматриваться как недостаток.

– Принцип 9: Количество компонентов в многокомпонентных материалах и продуктах должно быть минимизировано с тем, чтобы обеспечить возможность разборки и сохранение ценности материала.

– Принцип 10: Разработка продуктов, процессов и систем должна включать интеграцию и взаимосвязь с доступными энергетическими и материальными потоками.

– Принцип 11: Продукты, процессы и системы должны разрабатываться с учетом коммерциализации после окончания использования.

– Принцип 12: Выбор применяемых материалов и источников энергии должен быть в пользу возобновляемых ресурсов.

5.3.4. Концепция Cradle-to-Cradle

Традиционная концепция потребления нашла отражение в использовании термина Cradle-to-Grave (C2G) – дословно «от колыбели до могилы» – которым описывается линейный, однонаправленный поток материалов в процессе их последовательного превращения из сырьевых ресурсов в отходы, которые требуют складирования. Новая концепция Cradle-to-Cradle (C2C) – соответственно, «от колыбели до колыбели» – сосредоточена на разработке промышленных систем, в которых материальные потоки вовлечены в замкнутые, циклические процессы; это значит, что образование собственно отходов минимизировано, так как побочные продукты производства перерабатываются и вторично используются (рис. 5.1). Концепция C2C предполагает не просто поиск решения уже существующих проблем, а рассмотрение источников этих проблем и соответствующую переформулировку решаемых задач [154].

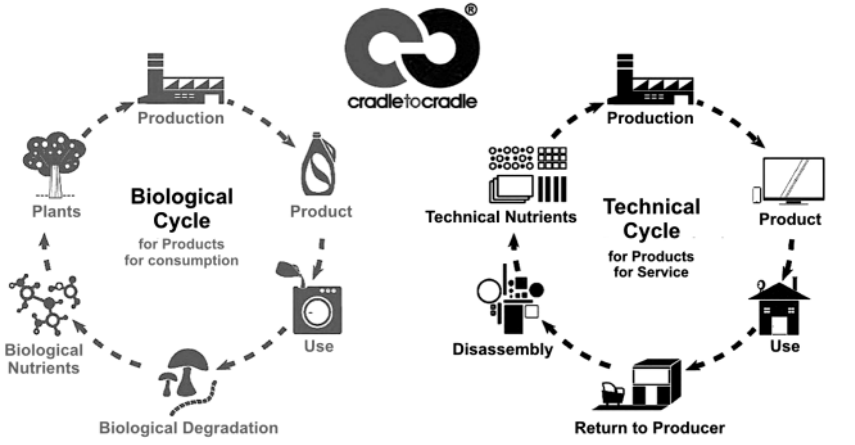


Рис. 5.1. Концепция Cradle-to-Cradle (источник: www.wakeup-world.com)

Концепция использования отходов в качестве сырья для различных процессов объединяет самые разные подходы к управлению отходами, в частности, концепции Recycling («переработка») и Industrial Symbiosis

(«промышленный симбиоз»). В природных экосистемах питательные вещества циркулируют внутри циклической цепи питания; производимые одним организмом отходы перерабатываются или используются другими организмами. Этот процесс называют биологическим метаболизмом экосистемы. По аналогии, современные инновации в планировании и дизайне могут быть направлены на создание «технического метаболизма» – циклического обмена продуктами, товарами и услугами в производственном процессе, который позволит эффективно применить доступные отходы подобно тому, как это происходит в биологических системах [143].

В идеале, целью концепции C2C является именно технический метаболизм, которую можно охарактеризовать как циклическую систему, в которой ресурсы проходят циклы производства, использования, рекультивации и повторного использования [154]. Наиболее значительные возможности доступны в этой сфере для производителей техники [155]:

– Remanufacturing («обновление», «восстановление», «улучшение»): восстановление продукта до состояния нового путем ремонта и замены частей.

– Reuse («повторное использование»): использование подходящих частей от утилизированных конструкций.

На обновление влияют три фактора: экология, законодательство и экономика [156]. Сегодня все больше компаний внедряют подобные стратегии в связи с огромной ценностью, которую можно извлечь из больших объемов использованных продуктов, конструкций и деталей. При дизайне и адаптации продукта к процессу обновления можно использовать различные стратегии. Например, подлежащая утилизации техника и детали (камеры, мобильные телефоны, печатные станки, шины грузовиков, детали и узлы автомобилей и самолетов, копировальные аппараты, картриджи с краской) могут быть восстановлены и заново проданы (либо сданы в аренду) пользователям. В США обновление практикуется в автомобильной и автошинной индустрии, в авиационно-космической промышленности; качестве примера можно назвать также крупных производителей техники и электроники, таких как Kodak (фотокамеры) и Xerox (копировальные и печатные картриджи).

Сторонники обновления указывают на то, что ценность товара, приобретенная при его изготовлении, сохраняется и заменяются только отработанные части. Себестоимость обновленных товаров на 40–60 % ниже, чем у новых, так как большинство материалов уже присутствуют в своей конечной форме и лишь часть из них вовлечены в процессы обработки и изготовления. Авторы работы Giuntini and Gaudette под названием «Remanufacturing: The Next Great Opportunity for Boosting

US Productivity» (2003) («Обновленные товары: новая потрясающая возможность повысить продуктивность в США») приводят данные о том, что в процессе обновления экономится 85% энергии от того объема, который требуется для производства товара с нуля. Обновленные товары проходят такой же строгий контроль качества, что и новые (заявляемое качество указывается производителем в формулировке «как новый»), при этом потребители выигрывают по причине сниженной цены порядка 30–40%. Что касается процесса повторного использования, он разрушает готовые изделия и превращает их в материалы, которые подлежат вторичной промышленной обработке и служат для изготовления товаров с нуля. С экологической точки зрения, обновление дает значительные преимущества, в том числе экономию ресурсов, энергии и снижение объемов производимого мусора.

5.3.5. Концепции Industrial Symbiosis и Industrial Ecology

Концепция Industrial ecology (IE) («промышленная экология») определяется в [157] как «подход к разработке промышленных продуктов и процессов, предполагающий двоякую оценку с точки зрения конкурентоспособности продукта и его экологичности». Концепция IE, подобно подходу «эко-эффективности» («eco-efficiency»), изучает экономические и экологические аспекты деятельности и процессов, но при этом ориентируется главным образом на инженерную сторону, касающуюся переработки, интеграции, и адаптации технологии для повышения ее стабильности подобно тому, как это делается в схемах C2C. Подход IE имеет некоторые специализированные инструменты и методики, которые можно использовать в управлении отходами, особенно с развитием эко-промышленных парков в рамках промышленного симбиоза [143].

Эко-промышленный парк представляет собой сеть компаний, которые сотрудничают друг с другом с целью улучшить экономические и экологические показатели для минимизации использования энергии и сырья путем планомерного обмена материалами и энергией [158]. Сеть физических процессов и взаимоотношений между компаниями, которая позволяет превращать сырье и энергию в готовые продукты и отходы, известна как «промышленный метаболизм».

Концепция Industrial symbiosis (IS) («промышленный симбиоз») описывает отношения между двумя или более фирмами, когда одна из фирм использует побочные продукты другой [157]. Chertow [159] определяет IS как требующую минимум трех отдельных организаций, обменивающихся по крайней двумя различными ресурсами. Это определение значительно отличается в том отношении, что оно не признает односторонний линейный обмен в качестве IS.

Промышленный метаболизм подражает биологическим системам, так как в рамках этого подхода промышленные фирмы используют в производстве побочные продукты друг друга, которые в противном случае были бы просто выброшены как мусор. В результате такого вторичного использования появляются замкнутые циклические системы, которые производят меньше отходов и требуют меньше природных ресурсов и энергии. Существует пять различных категорий промышленного симбиоза (табл. 5.2), которые классифицируются в соответствии с пространственным масштабом отношений между фирмами или природой продуктов, которыми они обмениваются [157, 158].

Таблица 5.2

Пять категорий промышленного симбиоза (по [143])

Категория 1	Обмен отходами: материалы продаются или передаются безвозмездно для переработке другой фирме. Такой обмен является незапланированным, поэтому не рассматривается как пример истинного IS
Категория 2	Включает обмен материалами внутри одного объекта, фирмы или организации, но между разными процессами
Категория 3	Близко расположенные фирмы фирмы в определенной промышленной области обмениваются материалами и ресурсами
Категория 4	Фирмы, находящиеся в относительной близости друг к другу для обмена материалами и ресурсами
Категория 5	Фирмы, существующие на территории крупного региона, обмениваются материалами и ресурсами (в настоящее время не существует примеров успешной реализации ПС 5)

Разъяснения (рекомендации) по некоторым вопросам при обращении с отходами на производстве

Основным источником опасности для населения и природной среды является незамкнутость создаваемых хозяйственной деятельностью техногенных потоков вещества, что приводит к нарушению биосферного равновесия. Биосфера создала биотические механизмы ликвидации отходов собственной жизнедеятельности. Кроме того, она способна разрушать многие вещества искусственного происхождения. Создать искусственную систему, в которой бы вращались вещества техногенного происхождения, равную по эффективности биосфере, означает создать другую систему, которая заменит биосферу. Это противоречит законам развития, поскольку любая новая система должна включать в себя старую в снятом виде. Кроме того, это просто невозможно в те сроки, которые отведены человечеству на решение его экологических проблем.

Поэтому единственный путь дальнейшего развития общества должен заключаться в уменьшении потоков вещества и энергии в биосферу до величины, с которой могут справиться экосистемы. Основные усилия должны быть направлены на уменьшение этих потоков до приемлемых значений и на создание замкнутых ресурсных циклов для вредных для биосферы веществ.

Поскольку экономическая система является открытой, надо рассмотреть баланс потоков вещества и энергии через ее границу: потоки из среды в систему и потоки из системы в среду. Открытая система образует со средой надсистему, состоящую из рассматриваемой системы и части окружающей среды, обеспечивающей систему ресурсами. От устойчивости этой надсистемы зависит устойчивость самой открытой системы.

Все открытые системы по типу взаимодействия с окружающей средой можно разбить на три класса.

1. *Открытые физические системы.* Баланс сдвинут в сторону среды. Такие системы постепенно рассеивают свой вещественный и энергетический ресурс, приближаясь к равновесию с окружающей средой.

2. *Живые системы.* Обеспечивают постоянный баланс обмена веществом и энергией с неживой окружающей средой путем кооперации живых систем, образующей сверхсистему – биосферу. За все время существования биосферы масса живого вещества на планете остается практически постоянной.

3. *Разумные системы.* Способны целесообразно, в соответствии с поставленной целью, регулировать обмен веществ с окружающей средой. Баланс потоков вещества и энергии сдвинут в сторону системы. Такие системы находятся в неравновесном состоянии по отношению к окружающей среде, постоянно увеличивая потоки вещества и энергии из среды через границу системы и вызывая деградацию среды. Однако, в отличие от живых систем, разумные системы потенциально способны путем активного воздействия на среду восстанавливать ее ресурсный потенциал. Эта их способность связана с появлением у них разума, являющегося регулятором природных процессов и способного к созданию управляемых систем, не существующих в природе.

Экономические системы, включающие человека как необходимый элемент, относятся к классу разумных систем, активно потребляющих ресурсы внешней среды. Однако до настоящего времени этот процесс был неуправляемым и приводил к разрушению эксплуатируемых экосистем, что привело земную цивилизацию к глобальному экологическому кризису. Выход заключается в создании эффективной системы управления потоками вещества и энергии между экономическими системами и биосферой.

Имеется множество предприятий, производящих отходы. Деятельность каждого из них в той или иной мере создает опасность для населения, проживающего вблизи этого предприятия, и оказывает негативное влияние на окружающую природную среду. Таким образом, каждое промышленное предприятие, являясь производителем отходов, создает экологическую проблему. Как правило, каждое предприятие производит отходы нескольких типов. Количества производимых в единицу времени отходов каждого типа известны. Каждое предприятие загрязняет определенную территорию.

Устойчивость эколого-экономической системы может быть достигнута в условиях сложившихся производственных структур посредством поиска и реализации таких методов управления этими структурами, которые заставят предприятия взаимодействовать с биосферой с наименьшим вредом для нее, то есть минимизировать количество производственных отходов. Это означает создание эффективного экономического механизма управления отходами. Таким образом, появится возможность придать процессам, вызывающим изменения в биосфере, управляемый характер, тем самым сохранив ее устойчивость.

Если обратиться к зарубежной практике обращения с отходами, все развитые страны мира пришли к заключению о необходимости усиления государственного регулирования в области сбора и переработки отходов. Целевыми установками директив Парламента и Совета Европейского союза, является последовательное наращивание уровня сбора и переработки отходов и постепенный отказ от практики их захоронения.

И это не последний аргумент в пользу того, что традиционная деятельность по обращению с отходами не только не эффективна, но в скором времени может стать незаконной.

Комплекс требований федерального законодательства в части экологически безопасного обращения с отходами показан на рис. 5.1.

Правовое регулирование в области обращения с отходами осуществляется Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Об отходах производства и потребления», другими законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, законами и иными нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации, а также муниципальными нормативными правовыми актами.

Образование, использование, обезвреживание и размещение по классам опасности отходов производства и потребления на объектах в России, принадлежащих предприятию, по классам опасности для окружающей среды представлены в табл. 5.3 и 5.4, отходы производства (рис. 5.3).

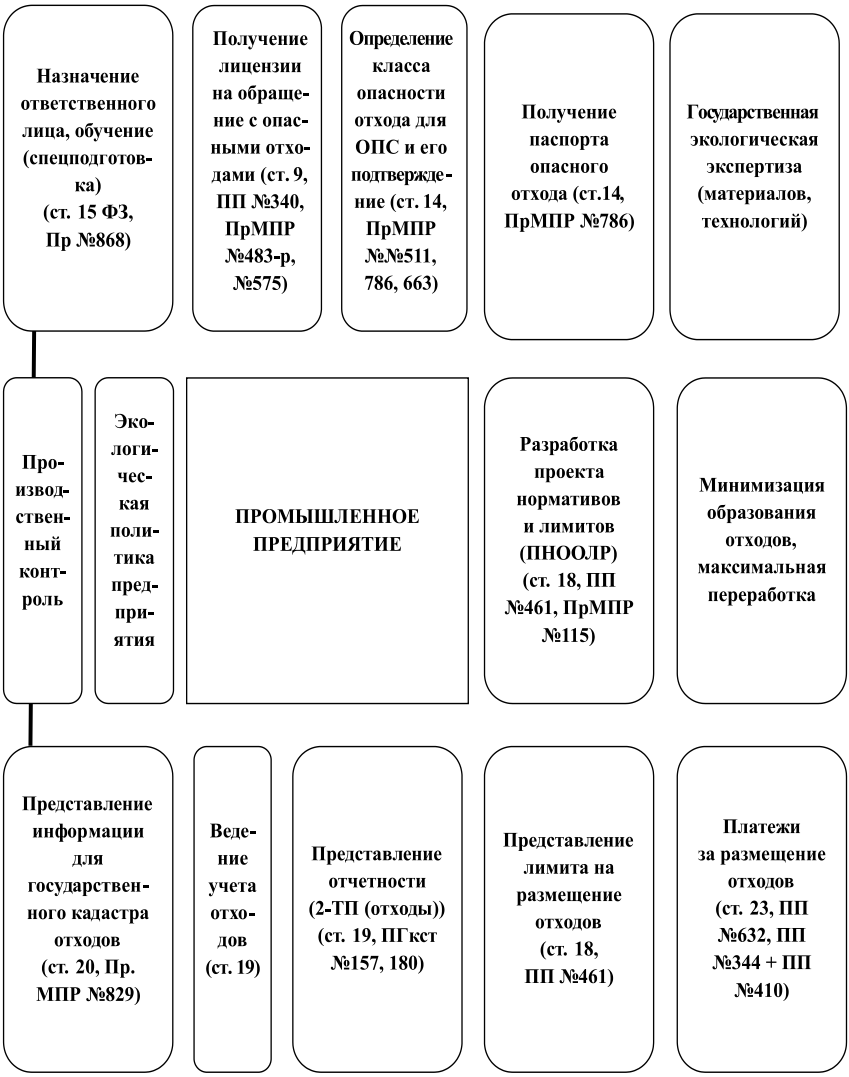


Рис. 5.2. Комплекс требований федерального законодательства в части экологически безопасного обращения с отходами

Таблица 5.3

Образование, использование и обезвреживание отходов производства и потребления по классам опасности для окружающей среды[1)] (тыс. т)

	Образование отходов производства и потребления			Использование и обезвреживание отходов производства и потребления		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
I класс опасности	51	57	52	40	44	44
II класс опасности	459	356	298	452	444	371
III класс опасности	11643	19118	19716	10309	17093	17425
IV класс опасности	101512	97134	104270	80953	84518	85974
V класс опасности	4894272	5036159	5044013	2256359	1941521	2253398

Примечание. [1]По данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования. Основные показатели охраны окружающей среды (по данным «Статистический бюллетень. Москва,2015 г.»).

Таблица 5.4

Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию, по классам опасности для окружающей среды[1)] (тыс. т)

	2012			2013			2014		
	Всего	в том числе в местах		Всего	в том числе в местах		Всего	в том числе в местах	
		хранения	захоронения		хранения	захоронения		хранения	захоронения
I класс опасности	2	1	0,3	0,8	0,4	0,4	0,6	0,3	0,3
II класс опасности	109	30	79	18	11	7	31	26	5
III класс опасности	676	400	275	1026	694	332	2075	1824	216
IV класс опасности	49838	20429	28070	49372	20421	29148	45516	21716	24258
V класс опасности	2861329	2088243	748893	4847270	4050665	785395	2903728	2402585	500016

Примечание. [1)] По данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования. Основные показатели охраны окружающей среды (по данным «Статистический бюллетень. Москва,2015 г.»).

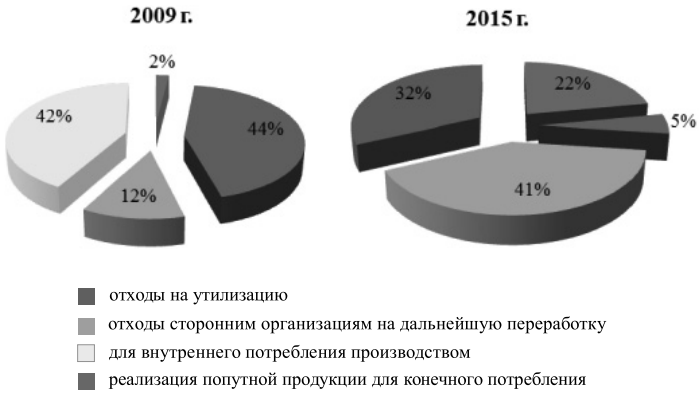


Рис. 5.3. Отходы производства

Отношения в области обращения с радиоактивными отходами, с биологическими отходами, веществами, разрушающими озоновый слой (за исключением случаев, если такие вещества являются частью продукции, утратившей свои потребительские свойства), с выбросами вредных веществ в атмосферу и со сбросами вредных веществ в водные объекты регулируются соответствующим законодательством Российской Федерации.

Основными принципами государственной политики РФ в области обращения с отходами являются:

– охрана здоровья человека, поддержание или восстановление благоприятного состояния окружающей среды и сохранение биологического разнообразия;

– научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества в целях обеспечения устойчивого развития общества;

– использование наилучших доступных технологий при обращении с отходами;

– комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов;

– использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот;

– доступ в соответствии с законодательством Российской Федерации к информации в области обращения с отходами;

– участие в международном сотрудничестве Российской Федерации в области обращения с отходами.

Направления государственной политики в области обращения с отходами являются приоритетными в следующей последовательности:

– предотвращение образования отходов;

– сокращение образования отходов и снижение класса опасности отходов в источниках их образования;

– максимальное использование исходных сырья и материалов;

– обработка отходов;

– обезвреживание отходов;

– утилизация отходов.

Право собственности на отходы определяется в соответствии с гражданским законодательством.

Процессы обращения с отходами (жизненный цикл отходов) включают в себя следующие этапы: образование, накопление и временное хранение, первичная обработка (сортировка, дегидрация, нейтрализация, прессование, тарирование и др.), транспортировка, вторичная переработка (обезвреживание, модификация, утилизация, использование в качестве вторичного сырья), складирование, захоронение и сжигание.

Вариант примера жизненного цикла Программы управления отходами производства может быть представлены на рис. 5.4.

Различают следующие основные способы складирования:

– временное хранение на производственных территориях на открытых площадках или в специальных помещениях (в цехах, складах, на открытых площадках, в резервуарах и др.);

– временное складирование на производственных территориях основных и вспомогательных (дочерних) предприятий по переработке и обезвреживанию отходов (в хранилищах, накопителях, отстойниках); а также на промежуточных (приемных) пунктах сбора и накопления, в том числе на терминалах, железнодорожных сортировочных станциях, в речных и морских портах;

– складирование вне производственной территории – на усовершенствованных полигонах промышленных отходов, шламохранилищах, в отвалах пустой породы, террикониках, золошлакоотвалах, а также в специально оборудованных комплексах по их переработке и захоронению;

– складирование на площадках для обезвоживания илового осадка от очистных сооружений.

Временное складирование и транспортировка отходов производства и потребления определяются проектом развития промышленного предприятия или самостоятельным проектом обращения с отходами.

Общая схема решения проблемы промышленных отходов представлена на рис. 5.5.

Рис. 5.4. Жизненный цикл Программы управления отходами производства

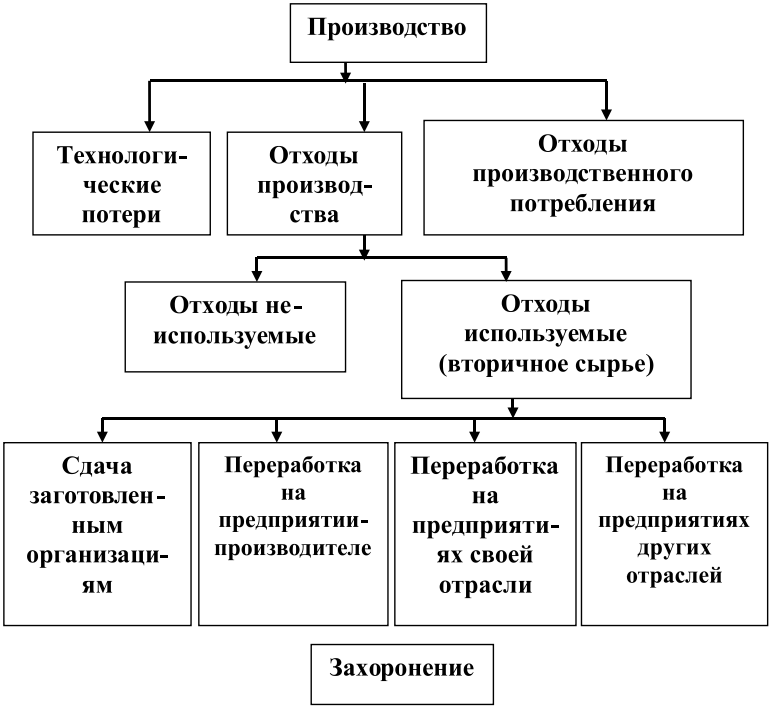


Рис. 5.5. Общая схема решения проблемы промышленных отходов

Временное складирование отходов производства допускается:

– на производственной территории основных производителей (изготовителей) отходов;

– на приемных пунктах сбора вторичного сырья;

– на территории и в помещениях специализированных предприятий по переработке и обезвреживанию токсичных отходов;

– на открытых, специально оборудованных для этого площадках.

Временное хранение отходов на производственной территории предназначается:

– для селективного сбора и накопления отдельных разновидностей отходов;

– для использования отходов в последующем технологическом процессе с целью обезвреживания (нейтрализации), частичной или полной переработки и утилизации на вспомогательных производствах.

В зависимости от технологической и физико-химической характеристики отходов допускается их временно хранить:

– в производственных или вспомогательных помещениях;

– в нестационарных складских сооружениях;

– в резервуарах, накопителях и прочих наземных и заглубленных специально оборудованных емкостях;

– в вагонах, цистернах, вагонетках, на платформах и прочих передвижных средствах.

Классы опасности отходов. Отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются в соответствии с критериями, установленными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды, на пять классов опасности:

I класс – чрезвычайно опасные отходы;

II класс – высокоопасные отходы;

III класс – умеренно опасные отходы;

IV класс – малоопасные отходы;

V класс – практически неопасные отходы.

Малоопасные (IV класса) отходы могут складироваться как на территории основного предприятия, так и за его пределами в виде специально спланированных отвалов и хранилищ. При наличии в составе отходов разного класса опасности расчет предельного их количества для единовременного хранения должен определяться наличием и удельным содержанием наиболее опасных веществ (I–II класса).

Инструменты инфраструктуры работ с отходами различных классов опасности и объектами представлены на рис. 5.6.

Программа «Управление отходами производства на предприятии», разрабатываемая сотрудниками и, подбираемая в зависимости от специфических особенностей и пожеланий предприятия, поможет создать природопользователю действующий и эффективный механизм удаления отходов (рис. 5.7).

Предельное накопление количества отходов на территории предприятия, которое единовременно допускается размещать на его территории, определяется предприятием в каждом конкретном случае на основе баланса материалов, результатов инвентаризации отходов с учетом их макро- и микросостава, физико-химических свойств, в том числе агрегатного состояния, токсичности и уровней миграции компонентов отходов в атмосферный воздух.

Функциональные направления деятельности одного из элементов Программы управления отходами производства на предприятии для осуществления производственного экологического контроля показаны на примере календаря эколога на год (рис. 5.8).

Рис. 5.6. Инструменты инфраструктуры работ с отходами и объектами

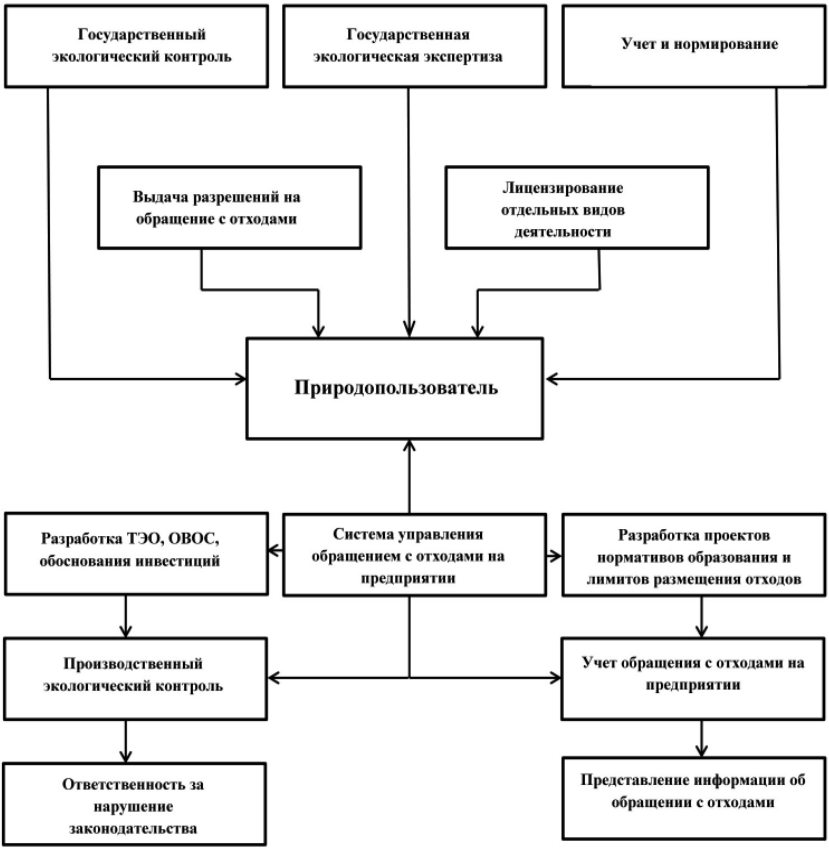


Рис. 5.7. Система управления обращения с отходами на предприятии

Требования к разработке и реализации региональных программ в области обращения с отходами

Региональная программа в области обращения с отходами, базирующаяся на Программах управления отходами производства на предприятиях, расположенных на территории субъекта РФ, должна содержать:

– значения целевых показателей в области обращения с отходами, достижение которых обеспечивается в результате реализации соответствующей программы;

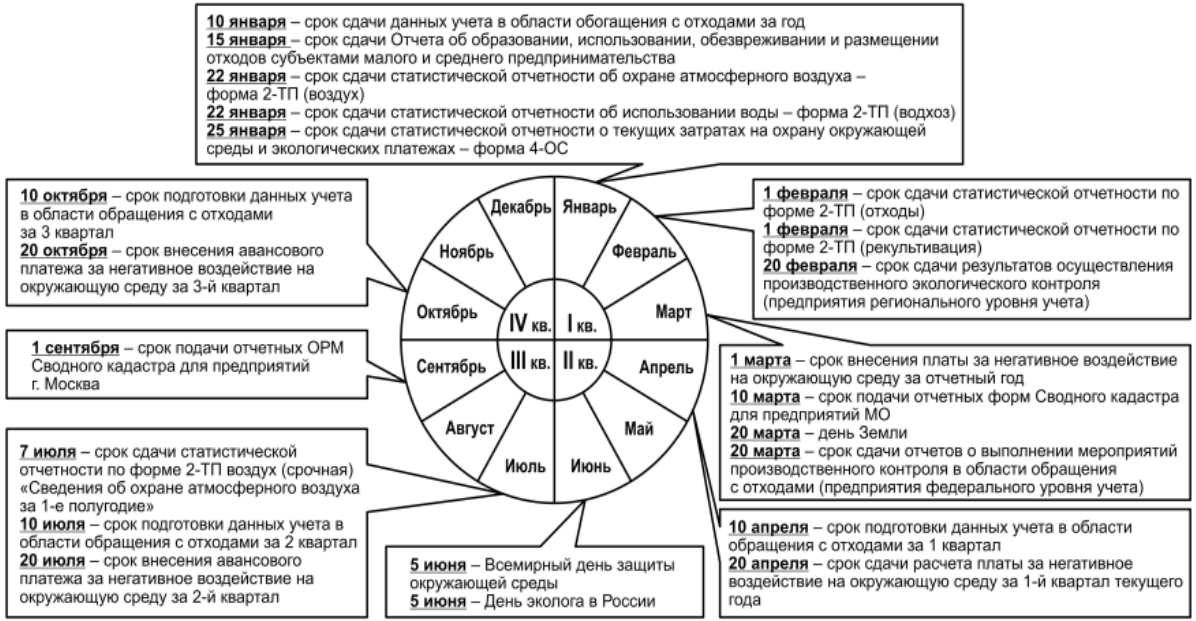


Рис. 5.8. Календарь эколога на год

– перечень мероприятий в области обращения с отходами с указанием ожидаемых результатов в натуральном и стоимостном выражении, включая экономический эффект от реализации соответствующей программы, сроки проведения указанных мероприятий;

– информацию об источниках финансового обеспечения мероприятий в области обращения с отходами;

– иные определенные органом государственной власти субъекта Российской Федерации вопросы.

Перечень мероприятий в области обращения с отходами должен содержать мероприятия, направленные на:

– стимулирование строительства объектов, предназначенных для обработки, утилизации, обезвреживания, захоронения отходов;

– софинансирование строительства объектов по сбору, транспортированию, обработке и утилизации отходов от использования товаров;

– стимулирование утилизации отходов;

– выявление мест несанкционированного размещения отходов;

– предупреждение причинения вреда окружающей среде при размещении бесхозяйных отходов, выявление случаев причинения такого вреда и ликвидацию его последствий;

– обеспечение доступа к информации в сфере обращения с отходами.

Перечень мероприятий региональных программ в области обращения с отходами учитывается при формировании мероприятий соответствующих государственных программ.

Региональные программы в области обращения с отходами подлежат согласованию с соответствующими территориальными органами уполномоченного Правительством Российской Федерации федерального органа исполнительной власти.

Региональная программа в области обращения с отходами должна быть опубликована в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» на официальном сайте субъекта Российской Федерации для всеобщего и бесплатного доступа.

Индивидуальные предприниматели, юридические лица, в процессе деятельности которых образуются отходы I–V классов опасности, обязаны осуществить отнесение соответствующих отходов к конкретному классу опасности для подтверждения такого отнесения в порядке, установленном уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти. Подтверждение отнесения отходов I–V классов опасности к конкретному классу опасности осуществляется уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти.

Подтверждение отнесения к конкретному классу опасности отходов, включенных в федеральный классификационный каталог отходов.

На основании данных о составе отходов, оценки степени их негативного воздействия на окружающую среду составляется паспорт отходов I–IV классов опасности. Порядок паспортизации отходов и типовые формы паспортов отходов устанавливаются уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти. Определение данных о составе и свойствах отходов, включаемых в паспорт отходов, должно осуществляться с соблюдением установленных законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений требований к измерениям, средствам измерений.

При обращении с группами однородных отходов I–V классов опасности должны соблюдаться требования, установленные федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды.

Муниципальный уровень управления отходами производства

На муниципальном уровне управлением отходами должны заниматься местные власти. В частности, предусматривается существование специально уполномоченных органов власти. Полномочия их определены Федеральным Законом «Об отходах производства и потребления» [142]. Данные организации должны координировать все взаимоотношения в сфере обращения с отходами, например, лицензировать деятельность в этой области. Образец лицензии представлен на рис. 5.9.

Федеральная служба по надзору в сфере природопользования

ЛИЦЕНЗИЯ

Рис. 5.9. Образец лицензии

5.4. Практические основы внедрения Программы управления отходами предприятия на основе Программы экологического управления

Промышленные предприятия реализуют Программу управления отходами производства совместно с разработкой проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР), которая должна включать рекомендации по внедрению малоотходных технологий на основе отечественного и зарубежного оборудования по оптимальной цене и качеству с реальными сроками окупаемости.

Программы экологического управления. Горному, например, предприятию необходимо определять и реализовывать программы экологического управления, следить за их актуальностью, вовремя вносить коррективы для достижения установленных целей и улучшения состояния окружающей среды. Например, если в результате внедрения мероприятий по охране окружающей среды максимальная приземная концентрация сернистого ангидрида в районе расположения предприятия не превышает допустимую, вопросы, связанные с необходимостью снижения выбросов сернистого ангидрида становятся неактуальными и необходимо внести коррективы в политику и экологические цели горного предприятия. Этот аспект уже не войдёт в программы экологического управления.

В число экологических входят программы:

– производственного экологического мониторинга;

– производственного экологического контроля;

– управления отходами;

– профессионального образования в области охраны окружающей среды.

Для реализации Программ необходимо определить ответственных лиц за достижение целей и выполнение задач, средства для их реализации, график и сроки достижения целей и выполнения задач.

Программы должны разрабатываться с учетом новых планируемых проектов, процессов, услуг. Необходимо постоянно пересматривать программы и адаптировать их к изменяющимся условиям. В зависимости от размера горного предприятия программы экологического управления могут быть самостоятельными документами, входящими в план предприятия или могут быть официально зарегистрированными документами с экологическими показателями.

Экологические программы включают в себя мероприятия:

1) направленные на обеспечение экологической безопасности личности, общества и государства от угроз, возникающих в результате антропогенных и природных воздействий на окружающую среду;

2) улучшающие состояние окружающей среды повышением её качественных характеристик за счет снижения эмиссий вредных веществ в окружающую среду, например, снижение приземных концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе; снижение концентраций токсических веществ в поверхностных и подземных водах, сокращение количества твердых отходов и т.д.

3) способствующие стабилизации и сохранению биологического разнообразия, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов: минеральных, лесных, воды и т.д.

Реализация схемы формирования и реализации плана действий по охране окружающей среды горного предприятия (ПДООС) дает возможность [161]:

– разработать собственную экологическую политику;

– идентифицировать экологические аспекты, исходя из деятельности предприятия в прошлом, настоящем и будущем;

– определить значимость воздействия производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия на окружающую среду;

– идентифицировать соответствующие требования законодательных и нормативных актов, регулирующих природоохранную деятельность предприятия;

– идентифицировать приоритеты, экологические цели и задачи;

– разрабатывать целевые экологические показатели оценки деятельности предприятия;

– совершенствовать систему управления охраной окружающей среды и планировать действия по реализации экологической политики, достижению ее целей и задач;

– обеспечивать контроль, экологический аудит, анализ состояния системы управления со стороны руководства предприятия;

– адаптировать экологическую политику предприятия к изменяющимся условиям, связанным как с аспектами охраны окружающей среды, так и с другими областями производственно-хозяйственной деятельности.

Разработке ПДООС горного предприятия (этап 1) предшествует первичный экологический обзор.

Этап 1. Формирование политики и целей предприятия в сфере охраны окружающей среды:

– оценка исходной экологической ситуации;

– анализ соблюдения требований законодательных и нормативных актов, регулирующих природоохранную деятельность предприятия и связанных с производством соответствующей продукции или услуг;

– установление степени соблюдения требований внутренних и внешних стандартов;

– соблюдение правил и норм, существующей практики и процедур управления охраной окружающей среды.

Обязательным является вовлечение в разработку ПДООС внутрипроизводственных организационных структур и подразделений, которые могут способствовать или препятствовать улучшению характеристик окружающей среды и снижению уровня воздействий отходов производства.

Логичным завершением оценки исходных условий выступает разработка политики экологической безопасности, предусматривающей учет следующих аспектов: цели и направления деятельности предприятия; соответствие руководящим документам по охране окружающей среды, законам и подзаконным актам, нормам и правилам, за соблюдение которых предприятие несет ответственность; требования всех заинтересованных сторон, задействованных в природоохранной деятельности предприятия; предотвращение аварийных загрязнений окружающей среды, согласование экологической политики с другими аспектами политики предприятия по обеспечению качества продукции, здоровья работников, безопасности жизнедеятельности; специфические местные или региональные условия, влияющие на состояние окружающей природной среды.

Экологическая политика может содержать обязательства, последовательно раскрывающиеся в экологических целях и задачах. В их числе разработка процедур оценки и показателей природоохранной деятельности:

– внедрение подхода «с точки зрения всего жизненного цикла»; минимизация экологического воздействия при производстве, использовании и реализации продукции;

– предотвращение загрязнения, снижение отходов и потребляемых ресурсов, а также использование вторичных ресурсов взамен первичных; обучение и подготовка кадров;

– содействие подрядчикам и поставщикам в установлении собственных систем управления окружающей средой;

– привлечение заинтересованных сторон и поддержание связей с ними;

– работа в направлении обеспечения экоэффективности.

Элементы системы управления окружающей средой, определяющие содержание второго этапа, включают: выявление экологических аспектов и оценку связанных с ними воздействий на окружающую среду; правовые требования и обеспечение доступа к ним; разработку критериев природоохранной деятельности исходя из целей и задач экологической политики; разработку планов и программ по «управлению» окружающей средой.

Этап 2. Планирование деятельности предприятия, направленной на реализацию принятой экологической политики:

– идентификация требований законодательства и других нормативных требований, соблюдение которых горное предприятие считает для себя обязательным (внешние – требования федерального и регионального законодательства, отраслевые, внутренние – требования, самостоятельно устанавливаемые горным предприятием);

– идентификация в данном случае направлена на более эффективное и последовательное использование нормативных требований в практике экологической деятельности горных предприятий.

Непременной составляющей деятельности на втором этапе является разработка внутренних критериев природоохранной деятельности, применяемых в тех областях, где внешние стандарты не соответствуют потребностям или вообще отсутствуют.

Направленность природоохранной деятельности предприятия напрямую, увязывается со знанием экологических аспектов и значимых воздействий на окружающую среду, связанных с производственным процессом. Пользуясь специальными методическими рекомендациями, можно оценить общий уровень экологической опасности и риск, обусловленный возможностью возникновения техногенных аварий и катастроф. Перечень областей, в которых могут быть введены внутренние критерии, включает: системы управления; обязанности сотрудников; обязанности поставщиков и подрядчиков; управление отходами; управление энергопользованием и др.

Согласно обязательствам, закрепленным экологической политикой, формируются планы (программы) по управлению окружающей средой, в которых конкретизируются цели и задачи, служащие достижению поставленных целей (этап 3). Все сотрудники горного предприятия должны осознавать важность достижения природоохранных целей и задач, за которые они отвечают и/или по которым подотчетны. Руководству следует оказывать им в этом поддержку, а они в свою очередь должны поощрять в этом других членов предприятия.

В рамках планов программ указываются конкретные мероприятия, касающиеся приоритетных аспектов деятельности предприятия в отношении отдельных процессов, проектов, видов продукции, услуг, объектов или оборудования. Органичному встраиванию в планы по управлению окружающей средой и рациональным использованием природных ресурсов подлежат программы чистого производства, а также программы по экологическому обучению.

Целесообразным является составление соответствующего регистра выявленных приоритетных экологических аспектов, деятельности горного предприятия, начиная с наиболее очевидных и поддающихся описанию и оценке. Качественное определение приоритетности выделения экологических аспектов деятельности возможно на основе экспертных оценок, отражающих степень экологического риска и величину затрат, необходимых для его снижения.

Этап 3. Реализация мероприятий и действий по достижению целей и задач экологической политики:

– в процессе планирования обязательному решению подлежат задачи установления организационной структуры системы экоменеджмента, конкретизации и уточнения полномочий и ответственности руководства предприятия и ведущих сотрудников в системе экоменеджмента и др.;

– приоритетные аспекты деятельности в области экоменеджмента могут относиться к горному предприятию в целом, основным производственным подразделениям, вспомогательным подразделениям, поставщикам и смежникам, потребителю продукции и др.

Особый аспект природоохранной деятельности при планировании – обеспечение готовности к чрезвычайным ситуациям техногенного характера и реагирование на них (учет возможных аварийных ситуаций, связанных с аварийными выбросами в атмосферу, с аварийными сбросами в воду и на почву, конкретного влияния аварийных выбросов на окружающую среду и экосистемы).

Для эффективной реализации управления окружающей средой предприятия должны создаваться требуемые условия и использоваться специальные механизмы управления

Этап 4. Внутренний мониторинг:

– реализация природоохранных программ, планов мероприятий предусматривает обязательное введение в действие системы рабочих процедур и контроля, устанавливающих степень соответствия экологической политике, целям и задачам горного предприятия;

– контролируемые виды деятельности подразделяются на три категории: деятельность по предотвращению загрязнения и ресурсосбережению, а также деятельность, связанная с новыми видами продукции и упаковки; текущая деятельность по управлению с целью соблюдения внутренних и внешних требований; стратегическая деятельность по управлению с целью прогнозирования изменений в требованиях в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов и реагирования на них.

Оценка природоохранной деятельности осуществляется с помощью системы критериальных показателей, которые могут быть валовыми (технология и производство в целом) или удельными по отношению к единице продукции, единице потребляемого сырья и материалов, одному занятому на производстве. К наиболее предпочтительным для планирования деятельности в области экоменеджмента относятся внутренние количественные удельные показатели, одним из наиболее эффективных методов обоснования, которых выступают схемы материальных потоков и материальных балансов в системе производство – окружающая среда.

В частности, выполнение природоохранной программы плана мероприятий требует обеспечения их соответствующими трудовыми, материальными и финансовыми ресурсами, а также создания процедур по отслеживанию результатов и затрат. При этом в процессе решения вопроса трудоресурсного обеспечения программ планов следует четко определять знания и умения, необходимые для достижения природоохранных целей, и учитывать их при проведении отбора персонала, найма, подготовки, повышения квалификации и обучения без отрыва от производства. Особой тщательности требует проработка вопроса финансового обеспечения.

Рекомендации относительно организации связи, учета и отчетности внутри предприятия отражены в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Природоохранная отчетность и информация на предприятии

Направления, охватываемые отчетностью	Требования к организации связи	Виды передачи информации
Организация	Установление двусторонней связи	Годовые отчеты
Природоохранная политика, цели, задачи	Обеспечение проверки достоверности информации	Средства массовой информации
Процессы управления окружающей средой	Отражение точной картины действительности	Коммерческая реклама издания промышленных ассоциаций
Оценка природоохранной деятельности	Единообразие информации	Проведение «дней открытых дверей»
Возможности для совершенствования		Настенные информационные бюллетени
Дополнительная информация		Собственные газетные издания
Подтверждение достоверности отчетности		Сообщения по электронной почте

Этап 5. Независимая оценка результатов деятельности:

– требование информационной связи предусматривает установление отчетности внутри предприятия, которая при необходимости может быть предоставлена и сторонним предприятиям,

– система результирующих показателей природоохранной деятельности,

– экологические результаты,

– экономические результаты,

– социальные результаты,

– природоохранная отчетность и информация на предприятии,

– успешная реализация системы управления охраной окружающей среды требует эффективного управления природоохранной информацией (сбор, индексация, сортировка, хранение, архивация и т.д.).

– осуществление контрольных функций предусматривает наличие документации по управлению окружающей средой, которая может иметь различный характер в зависимости от размера и сложности структуры организации.

Требование информационной связи предусматривает установление отчетности внутри предприятия, которая при необходимости может быть предоставлена и сторонним предприятиям.

Первоочередным и необходимым шагом в реализации Программы управления отходами производства на предприятии является анализ объемов образования отходов, в составе проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение.

Реализация региональной Стратегии управления отходами

Проблема минимизации количества отходов тесно связана с объемом привлекаемых финансовых средств, направляемых для достижения поставленной цели. В соответствии с действующим законодательством источниками финансирования проектов по обращению с отходами являются бюджетные средства всех уровней бюджетной системы Российской Федерации, средства предприятий, средства экофондов, заемные средства и прочие источники. Основными субъектами управления, реализующими экологические проекты, являются промышленные предприятия.

На региональном уровне возможно лишь распределение средств областного бюджета. Другие методы управления лишь создают стимулы для предприятия решать свои экологические проблемы. С организационной точки зрения решение проблемы управления отходами сводится к задаче принятия решений при ограниченных ресурсах по одновременному управлению множеством экологических проектов. Предметная

область этой задачи состоит из следующих объектов: предприятия, экологические проекты, инвесторы. Между ними существуют сложные связи: одно предприятие может реализовывать одновременно несколько проектов, один проект может реализовываться группой предприятий, у каждого проекта может быть несколько инвесторов и т.д.

Каждый проект может проходить через несколько стадий, образующих его жизненный цикл:

- выявление проблемной ситуации;
- разработка альтернативных проектов;
- выбор одной из альтернатив;
- выделение финансовых средств;
- реализация проекта.

Исходной предпосылкой создания региональной системы управления отходами должно быть, во-первых, понимание того, что государственная проблема, в которую превратилась проблема отходов, должна решаться на государственном уровне. Во- вторых, информация, необходимая для принятия управленческих решений, должна формироваться специальными государственными органами, обеспечивающими ее достоверность и пользующимися поддержкой органов административного управления.

Реализация региональной стратегии управления отходами возможна лишь при условии создания эффективной государственной системы управления отходами. Для создания такой системы необходим единый управляющий центр, который взял бы на себя координацию всех работ по проблеме отходов.

При формировании системы управления отходами необходимо исходить из того, что создаваемая система является организационной системой управления, в которой объектами управления являются организации и предприятия, производящие, перерабатывающие, транспортирующие, хранящие и захоранивающие отходы и осуществляющие непосредственное управление технологическими процессами.

Существующий взгляд на промышленное предприятие заключается в рассмотрении его в качестве производителя определенного вида продукции. Необходимо изменить эту точку зрения и рассматривать предприятие не только в качестве производителя продукции, но и в качестве производителя отходов. Эта сторона деятельности предприятия, несущая опасность для природы и человека, никак не управляется.

С функциональной точки зрения предприятие можно рассматривать как систему взаимосвязанных техпроцессов. Источником отходов являются технологические процессы, как на уровне отдельных предприятий,

так и в цепочке связанных предприятий. Таким образом, объектом управления должна быть сложная система взаимосвязанных технологических процессов, рассматриваемая с точки зрения ее опасности для населения и окружающей среды. Управление ею требует формирования специальной системы управления, которую будем называть системой управления отходами.

Управление отходами возможно на трех уровнях:

- на уровне технологических агрегатов;
- на уровне предприятия;
- на уровне промышленного региона.

Концепция управления отходами региона должна включать в себя:

- стратегию управления;
- финансовый механизм управления;
- принципы составления целевых экологических программ;
- принципы отбора вариантов целевых программ по некоторым критериям;
- алгоритм распределения ресурсов, которыми обладает центр управления;
- способы контроля хода выполнения целевых программ;
- принципы построения системы мониторинга отходов, предоставляющего информацию для выявления и ранжирования экологических проблем;
- концептуальные модели системы баз данных по различным аспектам проблемы отходов.

Как и в любой целеустремленной системе, включающей в себя как необходимый элемент человека, управление осуществляется путем принятия решений. Причина возникновения экологических проблем заключается в том, что общество неправильно организует свою деятельность и принимает неправильные решения. Поэтому задача принятия решений является центральной проблемой при создании системы управления отходами. В этом смысле теория принятия решений дает методологию, общий подход к разрешению проблем, к принятию правильных решений. В этом ее огромное значение.

Экономический механизм управления отходами должен заключаться в формировании целевых программ, обеспечивающих уменьшение энтропии инвестиций и, вследствие этого, уменьшение энтропии эколого-экономической системы. Для реализации целевой программы органу управления отходами выделяется некоторый финансовый ресурс, который должен быть распределен между предприятиями для решения проблемы отходов.

Целевая программа складывается из набора экологических проектов, реализуемых на отдельных предприятиях. Под экологическим проектом будем понимать любые требующие затрат регионального бюджета мероприятия, приводящие к снижению объемов производства промышленных отходов или их накопления. Каждый проект направлен на решение некоторой частной экологической проблемы. Объектом управления является целевая программа и отдельные образующие ее проекты.

Описание всех хранилищ вместе с массами хранящихся в них отходов является кадастром отходов. На содержательном уровне кадастр – это свод сведений о местонахождении, количественных и качественных характеристиках отходов, зафиксированный на какой-то момент времени.

Количество отходов предприятия регистрируется в региональном кадастре отходов (рис. 5.10).

Рис. 5.10. Региональный кадастр отходов

Для поддержания кадастра в актуальном состоянии необходима система непрерывного наблюдения за производством, перемещением, хранением и переработкой отходов, то есть система мониторинга отходов. Потребителями информации, хранящейся в кадастре, являются администрация области (края) и органы представительной власти, центр по управлению

отходами, специально уполномоченные федеральные органы в области экологии, переработчики отходов, контролирующие органы.

Задача составления кадастра – это, прежде всего, задача классификации и распознавания образов. Поэтому должны быть выделены классы хранящихся в кадастре объектов и даны их описания. С точки зрения системного аналитика и программиста кадастр есть база данных. При заполнении этой базы данных решается задача отнесения конкретного отхода к одному из описанных классов. На первом этапе эта задача решается при инвентаризации содержимого существующих хранилищ отходов. В дальнейшем она должна решаться непосредственно в местах производства отходов [162].

Центр управления отходами не решает конкретные проблемы. Они решаются на более низком уровне на предприятиях, производящих отходы, и в научных организациях, разрабатывающих малоотходные технологии и технологии утилизации отходов. Центр формулирует проблемы, определяет их приоритеты и выделяет ресурсы для их решения, исходя из цели улучшения общей экологической ситуации в регионе. Для решения этих задач создается автоматизированная система управления отходами, которая должна оказывать помощь в структуризации проблемы отходов и принятии управленческих решений.

Управление параллельно выполняемыми экологическими проектами может быть осуществлено на основе понятия «процесс». Процессом будем называть последовательность шагов решения экологической проблемы. Понятие процесса шире понятия задачи управления. Решение задачи управления экологическим проектом заканчивается принятием управленческого решения. Процесс охватывает как процедуру принятия решения, так и стадию его реализации.

С каждой выявленной экологической проблемой связывается свой процесс. Процесс запускается, выполняется и завершается. Процесс запускается с момента обнаружения проблемы и существует до ее полного решения. Несколько процессов могут выполняться параллельно. Во время выполнения процессы конкурируют за финансовые и другие ресурсы, которыми распоряжается центр.

Процесс может находиться в активном состоянии, когда он обеспечен ресурсами и выполняется, и в пассивном состоянии, когда он приостановлен и ожидает выделения ресурсов. Управление процессами (запуск, временная остановка, выделение ресурсов и пр.) осуществляет центр управления. Процессам присваиваются приоритеты, которые учитываются при управлении ими. Пассивные процессы, ожидающие запуска или временно остановленные, находятся

в очереди ожидания ресурсов. Центр управления осуществляет управление процессами путем принятия решения об их финансировании в дискретные моменты времени.

Одним из основных направлений программ утилизации отходов должно быть накопление местного опыта. Осуществляя недорогие проекты в небольших масштабах, например экспериментальные программы раздельного сбора и переработки вторсырья, власти и общественность могут расширить свой опыт в областях, с которыми они прежде были незнакомы.

Проектно-конструкторская и технологическая документация (как для вновь строящихся предприятий, так и для уже существующих) должна охватывать весь цикл обращения с отходами и опираться на уже разработанные и/или внедренные новейшие технологические процессы переработки отходов, а также предусматривать заключение договоров с лицензированными предприятиями, занимающимися их переработкой.

Построение интегрированной территориальной системы по управлению отходами с включением в нее различных по функциям предприятий подразумевает организацию системы их экономических взаимоотношений, основанную на принципе хозяйственного расчета – самофинансирования. Пример Интегрированной территориальной системы по управлению отходами производства на основе перспективных производственных и технологических связей горнорудных предприятий Забайкальского участка зоны Байкало-Амурской магистрали представлен на рис. 5.11. В качестве примера кооперации стройиндустрии с горнодобывающими и горноперерабатывающими предприятиями, горно-химическими комбинатами приведён технологический процесс по дроблению базальтов для строительства автострады (см. рис. 5.12).

5.5. Планы мероприятий по снижению количества образования и размещения отходов, обеспечению соблюдения действующих норм и правил в области обращения с отходами на алюминиевых предприятиях

Для снижения вредного воздействия отходов на окружающую среду и обеспечения полного соответствия мест их централизованного хранения на территории предприятия санитарным и экологическим требованиям предусмотрены организационные вопросы по предприятию в целом и мероприятия, касающиеся вопросов обращения с конкретным видом отхода.

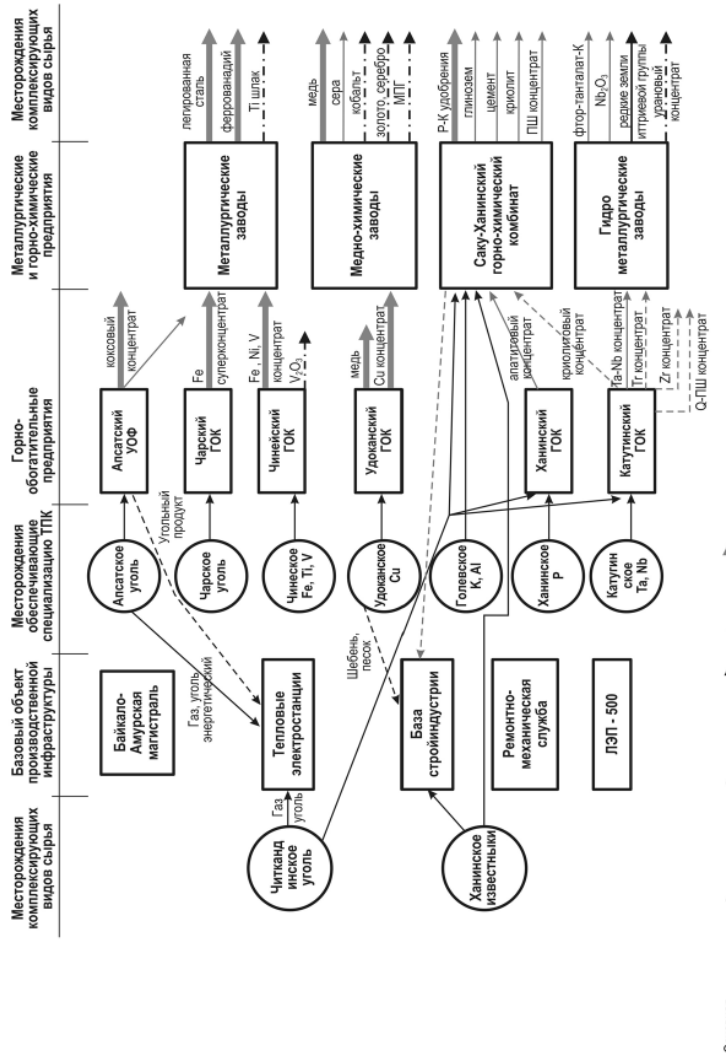


Рис. 5.11. Интегрированная территориальная система

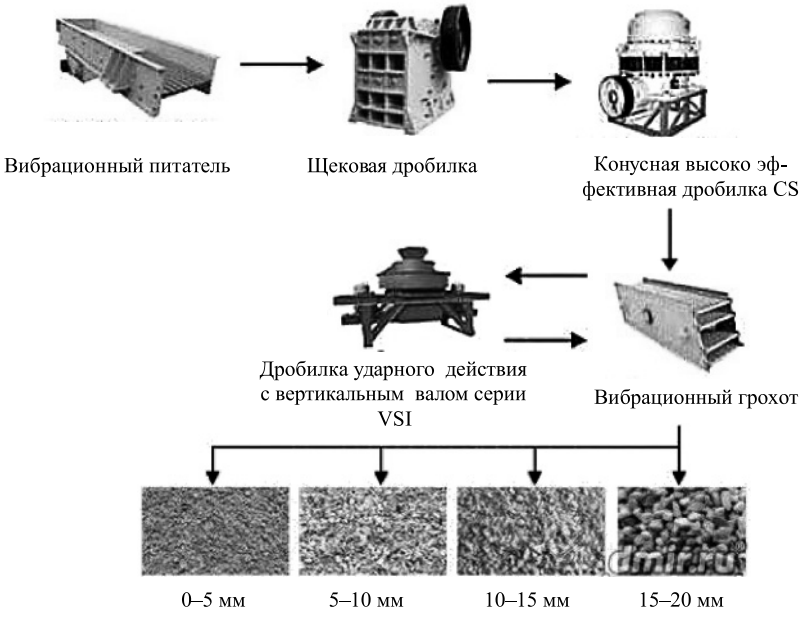


Рис. 5.12. Технологический процесс по дроблению базальтов для строительства автострады посредством кооперации стройиндустрии с горнодобывающими и горноперерабатывающими предприятиями, горно-химическими комбинатами

Организационные вопросы представлены следующим перечнем:

– проводить регулярно инструктаж персонала по соблюдению правил обращения с отходами производства и потребления;

– обеспечить учет объемов образования и движения отходов, контроля за периодичностью их вывоза;

– своевременное заключать и продлевать договора на передачу отходов сторонней организации для захоронения, использования и обезвреживания, все операции по передаче отходов сторонним организациям и предприятиям подтверждать актами сдачи-приемки (или накладными, справками и пр.);

– приказом по предприятию установить места хранения отходов на территории, назначить ответственных за соблюдение правил сбора и хранения отходов во всех подразделениях, образующих отходы;

– произвести маркировку емкостей хранения отходов;

– разработать план природоохранных мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций, противопожарные мероприятия при хранении пожароопасных отходов.

Примеры проводимых плановых мероприятий, направленных на снижение влияния образующихся отходов на состояние окружающей среды, представлены в Приложении 2.

На предприятии предусмотрено выполнение следующих мероприятий по уменьшению воздействия отходов на окружающую среду:

- обеспечение учета объемов образования отходов, контроля за периодичностью вывоза отходов;
- своевременное заключение и продление договоров на передачу отходов для захоронения, использования и обезвреживания.

Примеры проводимых плановых мероприятий по снижению количества размещения отходов приведены в Приложении 3.

Сведения о противоаварийных мероприятиях при обращении с отходами

Хранение отходов на территории предприятия, производящего первичный алюиний и изделия из него (чушки, катанку) осуществляется при соблюдении всех необходимых санитарных норм и правил.

Места временного хранения отходов, расположенные на территории предприятий, не оказывают экологически опасного воздействия на окружающую среду. Соблюдаются все меры по обеспечению безопасности хранения отходов на открытых площадках. Вследствие герметичности и гидроизоляции контейнеров, используемых для временного хранения отходов, наличия выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, отрицательного влияния на почву, поверхностные и подземные воды не имеется. Места для временного хранения отходов не являются источниками загрязнения и не наносят негативного влияния на окружающую природную среду. При анализе возможности возникновения аварийной ситуации установлено, что в связи с частой передачей хранящихся отходов на специализированные предприятия создание аварийных ситуаций сведено до минимальных размеров.

По всем образующимся видам отходов проводится контроль за соблюдением правил хранения и своевременный вывоз отходов.

Соблюдение правил техники безопасности и экологической безопасности при обращении с отходами предусматривается следующим образом:

– погрузочно-разгрузочные работы необходимо проводить с использованием персоналом спецодежды и средств индивидуальной защиты (СИЗ);

– персонал, занятый погрузкой и транспортировкой отходов, должен быть ознакомлен с соответствующими инструкциями по технике безопасности, пожарной безопасности, разработанными предприятием и утвержденными руководителем;

– во избежание попадания в организм человека вредных веществ необходимо принимать пищу только в специально отведенных для этого местах и соблюдать правила личной гигиены;

– отработанные люминесцентные ртутьсодержащие трубки должны собираться и храниться в вертикальном положении в металлическом контейнере, исключающем возможность боя ламп, и вывозятся в этом контейнере на специализированной машине;

– отработанные масла должны собираться и храниться в металлических, герметически закрытых баках, установленных на металлический поддон. Площадка для их хранения должна быть забетонирована, снабжена обваловкой не менее 250 мм и оборудована средствами пожаротушения;

Возможные аварийные ситуации при обращении с опасными отходами, о противоаварийных мероприятиях и правил в области обращения с отходами представлены в табл. 5.6.

5.6. Управление отходами предприятий промышленных регионов на примере Концепции обращения с отходами производства и потребления в Забайкальском крае на 2013–2020 годы

Задача управления отходами на региональном уровне рассматривается как задача принятия решений по управлению экологическими проектами. Предлагается создание специальной системы управления. В основу механизма управления положено понятие процесса, включающего все шаги решения экологической проблемы от момента ее обнаружения до окончательного решения, обосновается необходимость создания кадастра отходов, системы мониторинга отходов и финансового мониторинга.

Концепция обращения с отходами производства и потребления в Забайкальском крае на 2013–2020 годы одобрена распоряжением Правительства Забайкальского края 23 октября 2012 г. № 523-р. Рассмотрим направления Концепции в части производства отходов на горных предприятиях добывающей и перерабатывающей промышленности.

5.6.1. Концепция обращения с отходами производства и потребления в Забайкальском крае на 2013–2020 годы

Общие положения

Концепция обращения с отходами производства и потребления в Забайкальском крае на 2013–2020 гг. (далее – Концепция) представляет собой систему взглядов на обращение с отходами производства и потребления (далее – отходы) в Забайкальском крае, направлена на снижение негативного влияния отходов на окружающую среду и здоровье населения региона.

Таблица 5.6

Противоаварийные мероприятия и меры по ликвидации аварий при обращении с отходами

№ п/п	Наименование вида отхода	Код отхода по ФККО	Класс опасности	Опасные свойства, которые могут привести к аварийной ситуации	Возможные аварийные ситуации	Противоаварийные мероприятия	Меры по ликвидации аварий
1	Ртутные лампы, люминисцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак	3533010013011	1	Токсичность	Разбитие лампы	Хранение в заводской упаковке в металлическом ящике, в помещении недоступном для посторонних	Ликвидация аварийной ситуации: 1. Обработка поверхности: А). 20% водным р-ром хлорного железа; Б). Процентным водным р-ром перманганата калия подкисленного соляной кислотой (5 мл кислоты уд. весом 119 на 1 л р-ра перманганата калия). 2. Сбор стеклобоя с использованием совка и щетки с последующей сдачей на пункт демеркуризации
	Ртутные термометры отработанные и брак	3533030013011	1				
2	Масла моторные отработанные	5410020102033	3	Пожароопасность	Пролив масла	Хранение в металлических, закрывающихся емкостях. Предупреждение переполнения емкости, металлический поддон	Разлив ликвидируется опилками, затем собираются в металлический контейнер и вывозятся вместе с твердыми бытовыми отходами
	Масла трансмиссионные отработанные	5410020602033	3				
	Масла гидравлические отработанные, не содержащие галогены	5410021302033	3				
3	Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел менее 15%)	5490270101034	4	Пожароопасность	Возгорание	Хранение в закрытых металлических ящиках. В удалении от источников огня. Соблюдение периодичности вывоза отходов	Применение средств пожаротушения
4	Отработанные замасленные фильтры	5490300000000	4	Пожароопасность			

Обеспечение экологически безопасного и экономически эффективного обращения с отходами является неотъемлемым условием устойчивого развития Забайкальского края и должно стать одним из приоритетных направлений деятельности органов государственной власти Забайкальского края, органов местного самоуправления муниципальных образований Забайкальского края и организаций, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность на территории Забайкальского края.

Соблюдение требований по обеспечению экологически безопасного обращения с отходами должно стать осознанной общественной обязанностью населения Забайкальского края, учитываться при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности на территории Забайкальского края, так как этот фактор связан с долгосрочными экономическими интересами организаций.

В настоящей Концепции применяются основные понятия, установленные в Федеральном законе «Об отходах производства и потребления» и Законе Забайкальского края «Об отходах производства и потребления».

Цели и задачи Концепции

Обеспечение экологически безопасного обращения с отходами на территории Забайкальского края является стратегической целью, которая определяется с учетом задач стратегического развития Российской Федерации, Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2009 г. № 2094-р, стратегических направлений развития Забайкальского края на период до 2025 года, утвержденных Законом Забайкальского края «О стратегических направлениях развития Забайкальского края на период до 2025 года и Программе социально-экономического развития Забайкальского края на 2010–2014 годы», направлено на снижение негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения от отходов и обеспечение экономически эффективного обращения с отходами в интересах устойчивого развития Забайкальского края.

Одним из основных средств достижения данной стратегической цели является построение эффективной системы управления в области обращения с отходами, которая будет адекватна интенсивному социально-экономическому развитию Забайкальского края и обеспечит защиту жизненно важных интересов населения Забайкальского края от экологической опасности при обращении с отходами.

Основными целями Концепции являются:

– совершенствование системы управления отходами;

– минимизация воздействия отходов на окружающую среду и максимальное их вовлечение в хозяйственный оборот;

– привлечение инвестиций в развитие отрасли обращения с отходами на территории Забайкальского края.

Для достижения поставленных целей необходимо комплексное, системное и целенаправленное решение следующих основных задач:

– развитие системы обращения с отходами с учетом территориального размещения населенных пунктов;

– развитие системы обращения с отходами в малых населенных пунктах;

– развитие системы централизованного сбора отходов, охват всех основных источников образования отходов;

– снижение объема потоков отходов, направляемых на захоронение, путем организации раздельного сбора отходов;

– развитие технологий переработки вторичного сырья;

– совершенствование механизмов взаимодействия органов государственной власти, органов местного самоуправления муниципальных образований и организаций в области обращения с отходами;

– повышение экологической культуры населения.

Современная ситуация в области обращения с отходами в Забайкальском крае

Ситуация с образованием, использованием, обезвреживанием, хранением и захоронением отходов на территории Забайкальского края остается сложной. Виды и величина отходов, имеющихся в крае, определяются, прежде всего, степенью и историческими особенностями его промышленного освоения, а также условиями гражданско-промышленного и дорожно-транспортного строительства. В Забайкальском крае отходы образуются на предприятиях топливно-энергетического комплекса, металлургической, горнодобывающей, лесной, деревообрабатывающей, строительной и транспортно-дорожной отраслей и при прочих видах экономической деятельности.

В крае накоплено значительное количество отходов горнодобывающей промышленности (хвосты обогащения и хвостохранилища, отвалы пустых пород и забалансовых руд), топливно-энергетического комплекса (золошлакоотвалы), различных предприятий и коммунальных служб. Именно указанные выше отходы представляют основную экологическую опасность для окружающей среды и населения.

Предприятия топливно-энергетического комплекса, а это теплоэлектростанции и котельные, образуют большое количество золошлаковых отходов, так как большинство из них работают на угле. Отходы хранятся, как правило, в гидрозолоотвалах, не имеющих противофильтрационного экрана. В результате происходит загрязнение подземных вод тяжелыми металлами, мышьяком и серой, которые содержатся в инфильтрационных водах. Отвалы пылят, загрязняя почвы. Многие золоотвалы нуждаются в замене или реконструкции. В то же время накопившиеся золошлаковые отходы могут быть использованы в строительной промышленности в качестве наполнителей и в дорожном строительстве.

Согласно официальным данным объем образования отходов на территории края в 2011 г. составил в среднем около 110 млн т, значительная часть которых представляет собой неиспользуемые отходы – выведенные из хозяйственного оборота безвозвратно теряемые вторичные материальные ресурсы.

Правовое регулирование в области обращения с отходами в Забайкальском крае осуществляется в соответствии с Законом Забайкальского края «Об отходах производства и потребления» краевой долгосрочной целевой инвестиционной программой «Обеспечение экологической безопасности окружающей среды и населения Забайкальского края при обращении с отходами производства и потребления, но для эффективного развития системы обращения с отходами требуется совершенствование правового регулирования.

Пути решения проблем в сфере обращения с отходами

Управление отходами

В сфере обращения с отходами необходима разработка экологически ориентированных методов управления с одновременным решением экономических задач. Анализ воздействия отходов на окружающую среду, применение ресурсосберегающих технологий, нормативное правовое регулирование в сфере обращения с отходами – основы эффективной системы управления отходами, ориентированной на решение комплекса экологических и санитарно-гигиенических задач, сокращение объемов образования отходов, возвращение их в экономический цикл в качестве вторичных материальных ресурсов и уменьшение объемов их размещения на свалках (полигонах).

Система управления отходами представляет собой совокупность принципов, методов, средств и форм управления потоками отходов в целях повышения эффективности их удаления, обезвреживания и переработки с одновременным снижением затрат.

Успешное решение проблемы регулирования возрастающего потока отходов возможно только на основе разработки и реализации единой комплексной системы управления в сфере обращения с отходами.

В целях совершенствования государственной системы управления отходами необходимо совершенствование системы учета отходов, в которой были бы прослежены технологические циклы образования и движения каждого типа отходов, последовательность организационных и технологических процессов их утилизации, а также создание современной инфраструктуры в области обращения с отходами, оценки прав, функциональных обязанностей, ответственности природопользователей, обеспечивающей при обращении с отходами соблюдение требований экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности и рационального использования вторичных ресурсов.

Для успешного решения проблемы обращения с отходами необходимо создать конкурентную среду, стимулирующую участие субъектов малого предпринимательства в этой сфере, при необходимости ввести тендерные условия при заключении контрактов на проведение работ по сбору, транспортировке, переработке и захоронению отходов. При этом приоритетным направлением является реализация мер, направленных на предотвращение (или снижение) объемов образующихся отходов.

Для обеспечения экологически безопасного обращения с отходами необходимо вести работу по следующим направлениям:

– модернизация производств, внедрение малоотходных технологий;

– развитие и совершенствование системы рециклинга отходов;

– уменьшение объемов размещаемых на полигонах (свалках) промышленных отходов, минимизация количества объектов размещения отходов, предупреждение их рассеивания или потерь в процессе перегрузки, транспортировки и промежуточного складирования;

– восстановление земель, загрязненных отходами (санация территорий, подвергшихся негативному воздействию отходов);

– создание и развитие сети пунктов раздельного сбора и переработки вторичного сырья;

– внедрение ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий переработки отходов;

– повышение эффективности и результативности контроля за возникновением несанкционированных свалок и их ликвидацией;

– развитие автоматизированной системы учета отходов;

– повышение роли органов местного самоуправления в осуществлении полномочий в сфере сбора, вывоза, утилизации и переработки отходов;

– осуществление юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими деятельность по обращению с отходами, производственного контроля, в том числе посредством лабораторных исследований и испытаний объектов окружающей среды (почва, атмосферный воздух, вода открытых водоемов), в целях оценки безопасности и безвредности отходов для окружающей среды и здоровья населения;

– разработка организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение и устранение последствий аварийного загрязнения окружающей среды опасными отходами.

Воспитание экологической культуры

Реализация комплекса мер, направленных на усовершенствование обращения с отходами на территории Забайкальского края, невозможна без участия предприятий, организаций, учреждений и населения.

Для улучшения ситуации помимо постоянного контроля за деятельностью предприятий – источников образования отходов необходимо вести целенаправленную просветительскую деятельность по формированию грамотного и ответственного подхода к обращению с отходами.

В целях внедрения передового опыта и новых технологий в области обращения с отходами и развития переработки вторичного сырья необходимо осуществление непрерывного экологического образования, ориентированного на развитие навыков рационального природопользования, проведение конференций, круглых столов, выставок соответствующей тематики.

Необходимо вовлечение населения в систему экологического просвещения. Невозможно без проведения соответствующей подготовки и разъяснительной работы среди населения организовать раздельный сбор отходов. Нужно довести до каждого жителя информацию о том, какие экологические и экономические результаты влечет раздельный сбор бытовых отходов, как он будет осуществляться (какие виды отходов будут собираться в отдельные контейнеры, чем отличаются контейнеры для бумаги, пластика и других видов отходов и т.д.).

Для обучения населения обращению с отходами целесообразно создавать научно-популярные фильмы, телепередачи, издавать и распространять листовки, буклеты и другие информационные материалы об экологических и экономических аспектах обращения с отходами, формирующих у населения интерес к проблемам охраны окружающей среды от негативного воздействия отходов.

Механизмы реализации Концепции

Реализация положений Концепции возможна на основе использования следующих механизмов управления отходами: правовых; организационных; научно-методических; экономических; социальных.

Правовые механизмы реализации Концепции подразумевают разработку нормативных правовых актов, регулирующих деятельность в области обращения с отходами, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду.

Организационные механизмы реализации Концепции подразумевают:

– разработку генеральных схем очистки территорий населенных пунктов;

– разработку генеральной схемы размещения полигонов отходов;

– разработку проектно-сметной документации на строительство новых и реконструкцию действующих полигонов твердых бытовых и промышленных отходов;

– внедрение практики обязательной разработки планов природоохранных мероприятий, направленных на снижение объемов образования отходов, увеличение объемов их повторного вовлечения в производство продукции (товаров);

– продолжение инвентаризации действующих свалок отходов в целях оценки их состояния и соблюдения требований природоохранного и санитарно-эпидемиологического законодательства;

– усиление государственного и общественного экологического контроля за соблюдением установленных требований и правил в области обращения с отходами.

Научно-методические механизмы реализации Концепции подразумевают:

– привлечение научно-технического потенциала региона к разработке новых технологий, проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, способствующих сокращению отходов, повторному их использованию;

– разработку методов эффективного и доступного мониторинга отходов.

Экономические механизмы реализации Концепции подразумевают:

– стимулирование инновационной деятельности, способствующей ресурсосбережению субъектов инновационной деятельности на период реализации инновационного проекта и осуществления инновационной деятельности в порядке, установленном Российской Федерацией;

– внедрение механизма стимулирования деятельности в области обращения с отходами;

– создание условий для привлечения в сферу обращения с отходами инвестиций, в том числе от частных предпринимателей, международных фондов и других внебюджетных источников, в целях обеспечения финансирования деятельности в области обращения с отходами.

Социальные механизмы реализации Концепции подразумевают:

– вовлечение в процесс принятия решений в области обращения с отходами всех заинтересованных сторон, в том числе и населения;

– разработку и реализацию мероприятий повышения экологической культуры населения;

– введение специальной системы профессиональной подготовки и переподготовки кадров в сфере обращения с отходами;

– разработку и внедрение системы стимулирования заинтересованности населения в сфере обращения с отходами, в частности, во внедрении раздельного сбора отходов, являющихся вторичным материальным ресурсом.

Основные этапы реализации Концепции

Реализация региональной политики в области обращения с отходами в интересах устойчивого развития Забайкальского края на 2013–2020 годы будет осуществляться в 2 этапа.

На первом этапе (2013–2015 годы) предполагается реализовать меры, направленные на совершенствование организационного, программного и информационного обеспечения в области обращения с отходами, в том числе:

– продолжить работу межведомственной комиссии по совершенствованию системы управления в сфере обращения с отходами производства и потребления Забайкальского края;

– реализовать мероприятия краевой долгосрочной целевой инвестиционной программы «Обеспечение экологической безопасности окружающей среды и населения Забайкальского края при обращении с отходами производства и потребления (2012–2015 годы)», утвержденной постановлением Правительства Забайкальского края от 18 октября 2011 г. № 375;

– разработать программы в области обращения с отходами, обеспечивающие внедрение современной системы обращения с отходами;

– разработать проектно-сметную документацию и осуществить строительство полигонов твердых бытовых и промышленных отходов;

– организовать информационное обеспечение населения в сфере обращения с отходами.

На втором этапе (2016–2020 годы) предполагается продолжить совершенствование организационного, программного, информационного обеспечения, а также реализовать меры, обеспечивающие переход на более современные технологии обращения с отходами, в том числе:

– развить систему централизованного сбора отходов;

– организовать раздельный сбор отходов с выделением потока отходов с повышенным содержанием вторичного сырья;

– создать мощности по сортировке отходов в качестве вторичного сырья;

– развить технологии переработки вторичного сырья;

– построить новые полигоны твердых бытовых и промышленных отходов, а также реконструировать и модернизировать существующие полигоны;

– ликвидировать и предотвратить образование несанкционированных свалок на территории Забайкальского края, в том числе рекультивировать захламленные земли.

Ожидаемые результаты реализации Концепции

В настоящее время деятельность в области обращения с отходами сопровождается значительными потерями вторичных ресурсов, а также увеличением их негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

В связи с этим, а также с учетом приоритета сохранения благоприятной окружающей среды, рационального использования природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений государственная политика в сфере управления отходами должна быть ориентирована главным образом на:

– предотвращение образования отходов;

– снижение количества образующихся отходов;

– создание (развитие) производств по переработке (использованию) отходов в качестве источника вторичного сырья;

– минимизацию количества объектов размещения отходов, расположенных на территории Забайкальского края, в первую очередь путем вывода из хозяйственного оборота объектов, не отвечающих установленным нормам и требованиям, проведение рекультивации нарушенных территорий.

В результате реализации данной Концепции до 2020 года планируется:

– совершенствование нормативной правовой базы Забайкальского края при обращении с отходами;

– разработка и реализация единой комплексной системы управления в сфере обращения с отходами;

– создание конкурентной среды, стимулирующей участие субъектов малого предпринимательства при обращении с отходами;

– содействие развитию рынка работ и услуг в сфере вторичной переработки ресурсов;

– формирование краевого государственного заказа для стимулирования производства продукции из вторичного сырья для нужд экономики.

Также до 2020 года будут достигнуты следующие целевые ориентиры:

– количество полигонов опасных отходов составит в 2013–2015 годах – 1 ед., в 2016–2020 годах – 1 ед.;

– количество созданных специализированных предприятий по переработке отходов производства и потребления составит в 2013–2015 годах – 4 ед., в 2016–2020 годах – 8 ед.;

– будет осуществлена рекультивация территорий, загрязненных отходами, на площади: в 2013–2015 годах – 400 га, в 2016–2020 годах – 800 га.

5.6.2. Программы управления отходами производства на примере предприятий Кузбасса

Наряду с созданием правовых и экономических механизмов требуется разработка технологических процессов по переработке промышленных отходов, в которых отходы рассматриваются как техногенное сырье для получения полезного продукта. Использование промышленностью страны большого числа устаревших технологий, дающих огромное количество отходов делает научные разработки в области технологий переработки промышленных отходов чрезвычайно актуальными.

Из практики работы ИНПЦ «ИННОТЕХ» выработались концептуальные технологические направления переработки промышленных отходов [163]:

1. Технологические процессы, направленные на прекращение образования отходов.

2. Технологические процессы, направленные на значительное снижение объемов образования отходов.

3. Технологические процессы, направленные на переработку образующихся отходов.

4. Технологические процессы, направленные на переработку того «что уже лежит».

Ярким примером первого направления является технология очистки шламовых вод углеобогатительных фабрик, внедренная уже на четырех обогатительных фабриках Кузбасса (автор д.т.н., доцент КузГТУ М.С. Клейн).

Достоинства процесса масляной аэроагломерации (МАА) угольных шламов:

– центрами агрегации становятся не капли масла, а омасленные микропузырьки воздуха;

– многократно увеличивается площадь поверхности раздела масло-вода;

– снижается расход масляных реагентов;

– повышается скорость и степень агрегации мелких частиц угля;

– достигается значительное снижение энергетических затрат на перемешивание аэрированной пульпы.

Результаты внедрения интенсивной технологии очистки шламовых вод:

– расход аполярного собирателя сократился на 20–30 %;

– выход флотоконцентрата увеличился на 2–3 % (от операции флотации);

– производительность флотомашин увеличилась в два раза;

– потери угля с отходами флотации снизились на 30–40 %;

– выбросы загрязняющих веществ в воздушную среду уменьшились на 15–20 % (меньше сжигается угля при сушке).

Годовой экономический эффект при переработке 1 млн т рядового угля (коксующегося) составляет до 30 млн руб.

Примером второго направления могут служить многокомпонентные низкоплотные смеси (автор д.т.н, доцент КузГТУ Катанов И.Б.). В результате взрывных работ только на разрезах Кузбасса в атмосферу выбрасывается до 5,74 млн т/год вредных газов. Многокомпонентные низкоплотные смеси – пеногели – наиболее выгодный метод борьбы с пылегазовыми выбросами при массовых взрывах в условиях открытых горных работ. Низкоплотные среды перераспределяют энергию взрыва, способствуют коагуляции пыли, снижают концентрацию вредных газов. Применение пеногелевой забойки позволяет снизить удельный расход взрывчатых веществ на 12–15 % при одинаковом результате дробления горной массы. Запыленность снижается на 40–50 %, а длина зоны оседания пыли (размером от 25 до 250 мкм) снижается почти в 10 раз.

Примером третьего направления можно считать технологию получения флуорена для синтеза высокоэффективного антивирусного препарата тилорона (авторы – группа сотрудников ХТФ КузГТУ). На любом коксохимическом предприятии образуется значительное количество отходов регенерации поглотительного масла, имеющих в своем составе флуорен, аценафтен, дифениленоксид в суммарном отношении около 85 %. Оригинальная технология позволяет выделить флуорен из отходов, как необходимое сырьё для лекарственных препаратов. Данная работа является первым звеном в цепи значительного увеличения получения продуктов из коксохимических смол и отходов коксохимических производств (3-пиколин, фенантрен, карбазол, антрацен). Стоимость

флуорена составляет около 25$ за 1 кг. Объём продаж может составить около 25 млн $ в год только по флуорену. Кроме того, дополнительно может производиться до 500 т аценафтена, 600 т дифенилоксида.

Примером четвертого направления является ресурсосберегающая безотходная технология получения технической керамики из лома футеровки тепловых агрегатов (автор Ф.И. Иванов, доцент Новокузнецкого филиала КемГУ). Налажено производство огнеупорных материалов из вторичных ресурсов на основе наукоемких технологий для металлургических, машиностроительных предприятий, ЖКХ, ТЭЦ. В результате себестоимость огнеупорного кирпича по сравнению со стандартным, снижена в 1,5 раза при повышенных механических свойствах, улучшена экологическая обстановка в регионе за счет использования вторичных ресурсов. Планируется создание производства огнеупорных материалов для нужд региона не менее 10 млн шт. в год [163].

Захоронение как метод удаления отходов

Ни для кого не секрет, что наиболее популярным и наименее эффективным способом удаления отходов с промплощадки предприятия – является захоронение на полигонах.

Однако в случае применения захоронения как метода удаления отходов предприятие сталкивается сразу с двумя сложностями: где захоронить все, что произвели и куда деть то, что захоронить не удается?

Например, в настоящее время при переработке мышьяксодержащего сырья в мировой практике традиционно сохраняется тенденция вывода мышьяка из технологического процесса в отходы, с последующим их захоронением или складированием в отвалах или хвостохранилищах. Формой захоронения этих отходов являются соединения мышьяка типа скородита и мышьяковых гидроксидов трёхвалентного железа – ферригидрита. Так складируются получаемые отходы на канадских заводах Inco CRED и Noranda Horne Smelter и Geant Mine, в российской практике – при биовыщелачивании золотомышьяковых концентратов. Для обеспечения стабильности этих отвальных форм, необходимо поддерживать подходящие условия хранения в течение нескольких лет.

Однако большинство арсенатов и гидроксиларсенатов метастабильны при атмосферных условиях и со временем разлагаются, выделяя растворимый мышьяк. Мышьяковый ферригидрид со временем переходит в гетит (α-FeOOH) или гематит (α-Fe_2O_3) и выделяет мышьяк в раствор. Исследования лаборатории мышьяка и сурьмы Агентства по охране окружающей среды США показали, что арсенатные кеки не могут быть стабильными при длительном хранении, поскольку диоксид углерода на воздухе превращает арсенат и арсенит кальция в карбонат кальция, а высвобождающийся при этом мышьяк поступает в окружающую

среду [164]. Поэтому мероприятия по складированию в могильниках и хвостохранилищах являются временными, способными лишь замедлить процессы миграции мышьяка из отвалов (рис. 5.13).

Рис. 5.13. Захоронение как метод удаления отходов

Весьма перспективным для вскрытия золота и удаления мышьяка из концентратов в сульфидной форме является метод окислительно-сульфидирующего обжига, который отвечает требованиям экологии и безопасности технологического процесса. Малотоксичный сульфид мышьяка можно получить в компактном виде, он обладает низкой растворимостью в воде, отличается длительностью хранения.

Например, предложена технологическая схема переработки золото-мышьяксодержащего сырья, включающая гравитационно-флотационное

обогащение руды, ступенчатый (окислительно-сульфидирующий и окислительный обжиг) концентрата, выщелачивание в щелочной среде в присутствии H_2O_2, раздельное цианирование кеков выщелачивания и хвостов флотации. Реализация комбинированной схемы обеспечивает извлечение золота на уровне 84,3 и 93,5%, соответственно, из первичных и частично окисленных руд и извлечение мышьяка в виде малотоксичного тетрасульфида на уровне 92,1 и 95,6% [165].

Программа-конструктор «Упрощённый проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР)»

Принятие обоснованных технических и управленческих решений по проблеме отходов возможно лишь при наличии полной и достоверной информации об источниках загрязнения, объемах производимых отходов, их составе, местах складирования и захоронения и пр. Поэтому важнейшим элементом системы управления отходами является система мониторинга отходов. Ввиду огромного объема собираемой информации создание системы мониторинга отходов возможно лишь на базе современных информационных технологий (базы данных, компьютерные сети, экспертные системы и т.д.).

Система мониторинга отходов представляет собой информационно-аналитическую службу получения, обработки и распространения данных об источниках и объёмах образования отходов, о влиянии образующихся и накопленных отходов на состояние природной среды и человека. Она должна предоставлять прогностическую информацию о состоянии мест хранения и захоронения отходов, природной среды и влиянии их на человека. В первую очередь система мониторинга создается для токсичных и опасных отходов.

Система мониторинга отходов позволяет решать следующие задачи:

- определять суммарные количества отходов по их типам, географическому расположению, отраслям производства и технологиям;
- выявлять пути перемещения отходов от источника их образования до потребителя (или природного объекта);
- оценивать влияние отходов на природную среду;
- выявлять производства и технологии, дающие наибольшее загрязнение природной среды;
- определять запасы вторичного сырья в отходах.

Кроме системы мониторинга отходов система управления отходами должна включать в себя систему финансового мониторинга, которая выполняет следующие функции:

- регулярное отслеживание расходования финансовых средств по контрольным точкам (этапам) реализации экологических проектов для определения степени их освоения;
- оценка эффективности расходования финансовых средств по выбранному критерию эффективности.

Например, информационная база данных в виде упрощенной (декларативной) формы проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение – Блок «Отходы производства и потребления» программного комплекса «Русь» включает следующие разделы:

- титульный лист, оформляемый в соответствии с приложением 2 к настоящим Методическим указаниям;
- содержание, в котором приводятся наименование и последовательность расположения разделов ПНООЛР с указанием номеров страниц;
- общие сведения об индивидуальном предпринимателе или юридическом лице;
- сведения о хозяйственной и иной деятельности, в результате осуществления которой образуются отходы;
- сведения об отходах;
- расчет и обоснование годовых нормативов образования отходов;
- предложения по лимитам на размещение отходов;
- Приложения».

Программный модуль (ПНООЛР) на примере Программного модуля 2-ТП (воздух) представлен на рис. 5.14.

Таким образом, подводя итоги реализации Программ управления отходами на предприятиях горного кластера субъектов РФ, можно констатировать, что на современном этапе уровень выполнения их достаточно низкий, пока идёт организационная работа в соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления». Роль органов государственной власти в деле активизации процесса применения технологий по всем направлениям переработки промышленных отходов, прежде всего, заключается в необходимости осуществления следующих мероприятий:

– обеспечить установление тесных связей исследовательских организаций с производственным сектором для лучшего понимания их технологических проблем и задач (работа на спрос);

– создать систему финансирования государственных исследований для привлечения конечных потребителей инноваций и оказать им поддержку;

– сформировать нормативную базу для реализации принципов партнерских отношений с частным предпринимательским сектором.

Разумеется, что решение проблемы переработки промышленных отходов невозможно без мер общеэкономического характера. Но определяющим фактором, обеспечивающим тесную связь между наукой и бизнесом, должно стать создание организационной и законодательной среды в виде полноценной инфраструктуры, как на региональном, так и на уровне федеральных округов и России в целом.

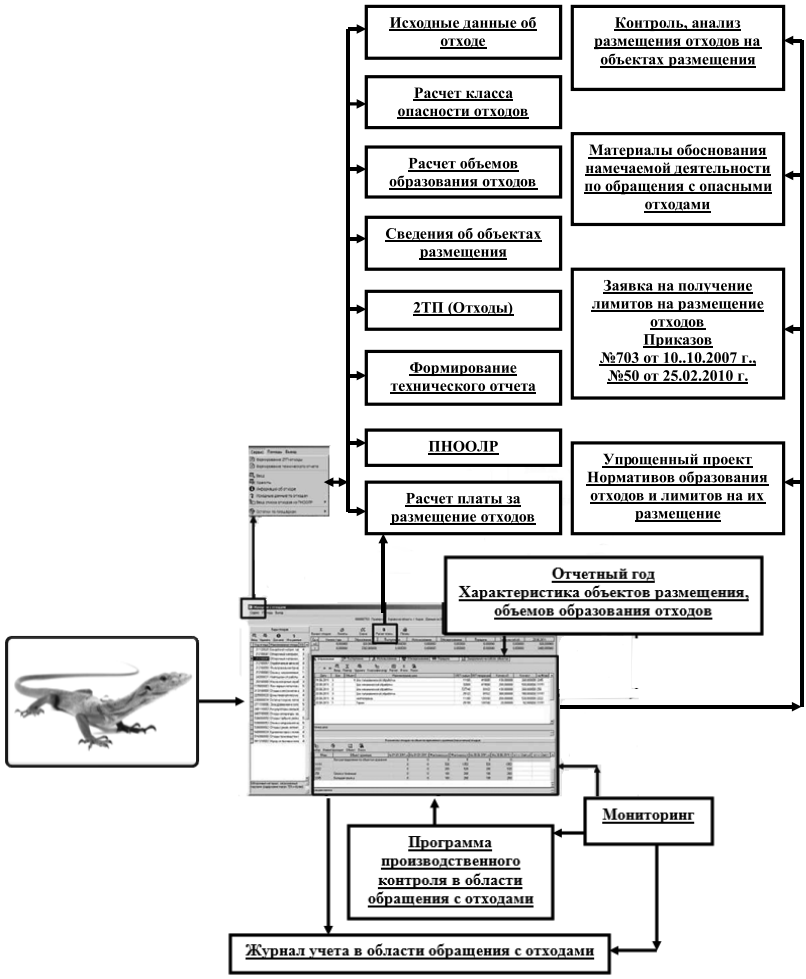


Рис. 5.14. Блок «Отходы производства и потребления» программного комплекса «Русь» Программный модуль «Упрощенный проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение» на примере Программного модуля 2-ТП (воздух) (http://www.aieco.ru/programms_main_waste.html#z01)

В условиях рыночной экономики интересы государства и частных производителей по вопросам финансирования природоохранных мероприятий не совпадают. Однако реализация одного из основных прав человека –

права на благоприятную окружающую среду (ст. 42 Конституции РФ) – требует от государства осуществления мероприятий по согласованию их интересов для минимизации антропогенного воздействия на природу, когда будут созданы замкнутые ресурсные циклы для вредных для биосферы веществ.

5.7. Инструменты управления отходами

5.7.1. Концепция управления промышленными отходами

Концепция управления отходами (Waste management concept, WMC) представляет собой описание ожидаемых объемов отходов от деятельности завода и мероприятий компании по их предотвращению, переработке и складированию. По данным Austrian legal regulations company, любая компания в Австрии должна разработать концепцию управления отходами если:

– в компании более 20 сотрудников;

– (новая) компания или завод подает заявку на лицензирование (независимо от размера компании);

– компания подает заявку на управление добывающим предприятием (независимо от размера компании).

Цели WMC:

– экспертиза потоков и запасов отходов в компании;

– деятельность по предотвращению и повторному потенциальному использованию отходов;

– соответствие правовым актам;

– повышение эффективности;

– организация управления отходами в компании (назначение ответственного лица, называемого менеджером по обращению с отходами, «Waste Manager»);

– база данных для властей.

Концепция должна обновляться каждые 7 лет, а также в случае значительных изменений объектов предприятия или значительного изменения объемов производимых отходов или их типов. Концепция является неофициальным документом, который в обязательном порядке включает следующие пункты:

1. *Общая информация* о предприятии.

2. *Описание процессов:* описание процессов и компонентов завода, имеющих отношение к управлению отходами в компании. Включает в себя анализ ситуации на входе и на выходе каждого функционального компонента завода с перечислением используемых материалов и продуктов, процессов, стадий, конечных продуктов, объемов и типов производимых отходов.

3. *Описание отходов*: описание видов и объемов отходов, производимых на территории завода; внутренняя логистика отходов (разделение,

хранение, обработка и т.д.); описание качественных и количественных мер по предотвращению и переработке отходов.

4. *Организационные меры:* описание управленческих мер, направленных на улучшение соответствия существующим нормам в области обращения с отходами, например, получение разрешений на коммерческие объекты управления отходами.

5. *Оценка будущего развития*: определение желаемых и планируемых будущих мер по предотвращению и переработке отходов (например, организация точек сбора, введение раздельного сбора отходов, возобновляемые схемы вместо однонаправленных, и др.); ожидаемые изменения в производственном процессе и их влияние на управление отходами.

Развитие WMC дает следующие серьезные преимущества:

– осведомленность об экологически значимых процессах в компании улучшается;

– образование отходов на заводах становится прозрачным, источники отходов определены;

– сбор информации об используемых материалах и производимых продуктах позволяет установить состав отходов;

– повышается ответственность производителя за состав продуктов;

– контроль раздельного сбора отходов;

– планирование внутренних объектов переработки;

– оптимизация хранения и транспортировки;

– осведомленность о расходах на размещение отходов, ответственность производителя отходов за подобные расходы;

– замена опасных или затратных потоков отходов.

5.7.2. Инструмент Eco-mapping

Техника Eco-mapping представляет собой свободный простой визуальный инструмент анализа и управления экологической деятельностью для малых предприятий и организаций. Дословно «map» означает «карта», так что «eco-mapping» – это составление экологической карты объектов предприятия, например, торгового этажа, цеха, офиса, общественного центра с целью составить представление о текущей экологической ситуации на предприятии. Экологическая карта («eco-map») описывает картину экологических проблем на предприятии (их называют «hot spots» – «горячие точки») в простой графической форме.

Инструмент Eco-mapping может использоваться в качестве отправного пункта в экологическом менеджменте, т.е. в первичной экологической экспертизе (например, для сертификата EMAS). Инструмент EMAS Easy на основе технологии Eco-mapping специально разработан для малых и средних

предприятий, которые желают внедрить систему экологического менеджмента. Такая экологическая карта составляется пропорционально размерам, финансовому потенциалу и уровню организационной культуры малого бизнеса.

Инструмент Eco-mapping имеет несколько функций:

– инвентаризация экологических практик и проблем;

– системный метод экологической экспертизы и аудита;

– инструмент, позволяющий привлечение и участие сотрудников;

– поддержка для обучения и осведомления, для внутренних и внешних коммуникаций;

– простой способ документировать и отслеживать экологические улучшения;

– каталог малых полезных мероприятий, доступных для внедрения в данный момент.

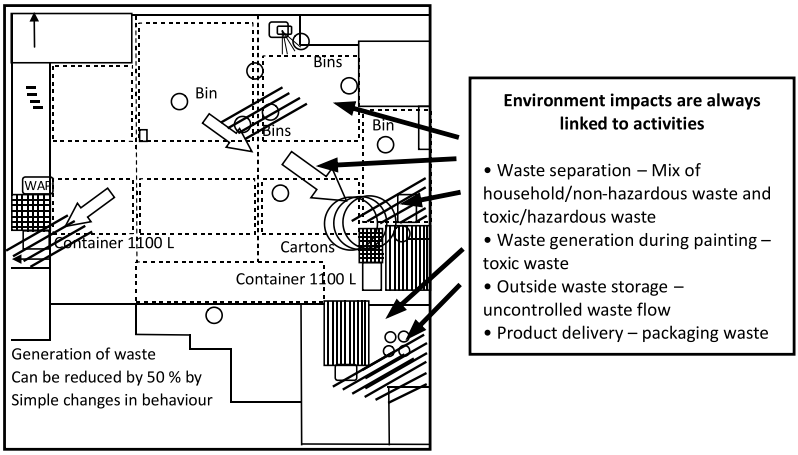


Рис. 5.15. Пример экологической карты отходов (источник: www.ecomapping.org)

Инструмент Eco-mapping очень прост в использовании и требует только возможности нарисовать относительно простую карту. Подготовка карт начинается с создания вида объекта сверху (спутниковое изображение), включая автомобильные парковки, области доступа, дороги и окружающую среду (2 экземпляра). Также необходимо выполнить контур в масштабе, показывающий внутреннее пространство (6 экземпляров). Эти 8 карт составят основу для будущей работы. Для указания проблемных мест используются специальные символы, например, пунктирные линии – для небольших, а круги – для более крупных проблем.

Разработка экологической карты включает 10 шагов:

– карта ситуации в городе (ближайшая местность, дороги и транспортное движение, отраслевые экологические рекомендации, лицензии и т.д.);

– входящие материальные потоки (сырье, энергия, вспомогательные продукты, упаковка);

– голосование работников, так называемая «погодная» карта («weather» map) (мнение сотрудников о том, где требуются экологические усовершенствования);

– экологическая карта воды (места потребления, утечки, вредные жидкости, методы уборки, очистное оборудование, счета за воду, разрешение на выбросы сточных вод, план канализационной системы и др.);

– экологическая карта почвы и хранилищ (состояние хранилищ, контейнеры, особенно с опасными веществами, связанные с утечкой инциденты, непроницаемость почвы и др.);

– экологическая карта воздуха, запахов, шумов и пыли (основные места выбросов, фильтрация и система снижения шума, измерение атмосферных загрязнений, отчеты и др.);

– экологическая карта энергии (типы и использование энергии, изоляция, энергоемкое оборудование, энергетическая эффективность);

– экологическая карта отходов (категории отходов, внутренний уровень переработки отходов, превентивные меры и др.);

– экологическая карта рисков (место с риском аварий и загрязнений);

– экологическая информационная система (на основе собранной информации).

Каждый из шагов требует следующих действий:

1. Выявление и нанесение на карту соответствующего оборудования, мест значительного потребления, очистных систем и др.

2. Оценка состояния оборудования, рабочих процедур, частоты проблем и нарушений.

3. Сбор релевантной информации: сертификаты обслуживания, стандарты и нормы выбросов, счета, разрешения, отчеты об измерениях, отчеты об авариях.

4. Предоставление показателей и отчетов: объем летучих загрязнителей (в литрах), энергопотребление (в кВт·ч), частота осмотра и обслуживания, результаты измерения (например, CO_2, NO_x, SO_x), затраты и налоги на выбросы (в евро) и др.

Предполагается, что на каждую карту требуется менее одного часа работы, а для внедрения готового инструмента сроком на год (рекомендуется) достаточно двух дней.

Инструмент Eco-mapping является бесплатным и доступен по адресу www.ecomapping.org.

Глава VI. АНАЛИЗ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ И ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

6.1. Анализ материальных потоков (АМП)

6.1.1. Введение в АМП

Анализ материальных потоков, или АМП (англ. Material flowan alysis, MFA) – это изучение потоков и аккумуляции природных ресурсов или материалов в конкретной системе. Это обследование материалов, поступающих в систему, аккумуляции и потоков внутри системы и конечных продуктов на выходе в другие системы. Это понятие соединяет источники, пути и трансформации, промежуточные и конечные стоки материалов и веществ.

Изучение материальных потоков может касаться любого набора материалов (OECD, 2008), и включает следующие основные моменты:

1) все материалы, входящие и выходящие из национальной экономики;

2) промышленный уровень, уровень предприятия, уровень продукта, начиная от групп продуктов и заканчивая конкретными товарами;

3) определенные материалы и вещества, начиная с национального и заканчивая местным уровнем;

4) набор спецификаций.

Таким образом, АМП может применяться для изучения потоков материалов в пределах глобальной экономики, экономики региона или страны, территории, муниципалитета или города, внутри природного объекта, такого как бассейн реки или экосистема, в рамках определенной отрасли или промышленного объекта, такого как компания или завод. Обзор потенциальных объектов, подходов и инструментов, охватываемых АМП, приведен в табл. 6.1 [166].

На каждом из этих уровней АМП помогает оценить потоки природных ресурсов и материалов, а также связанные с ними экономические и экологические последствия. Он позволяет

(a) определить источники экологического стресса;

(b) определить риски истощения ресурсов и срыва поставок;

(c) определить недостаточное использование природных ресурсов, энергии и материалов, а также возможности для его эффективного и продуктивного увеличения;

(d) сформулировать пути управления, контроля и сокращения неблагоприятных экологических воздействий от использования ресурсов.

Все это имеет большое значение во многих отраслях и бизнес-стратегиях, особенно в контексте экономических и технологических изменений, когда требуется использовать ресурсы с максимальной экономической и экологической эффективностью.

Таблица 6.1

Типы анализа материальных потоков и связанные с ним проблемы [166]

Проблема	Специфические проблемы, связанные с экологическим воздействием, бесперебойностью снабжения, технологическими разработками внутри отдельных видов бизнеса, экономической деятельности, стран, регионов			Общие экологические и экономические проблемы, связанные с производством веществ, материалов, готовых продуктов на уровне		
Объект изучения	Веществами химические элементы или соединения	Материалами сырье, полуфабрикаты	Продуктами (готовая продукция) батарейки, автомобили, компьютеры, ткани	Бизнеса учреждения, предприятия	Экономической деятельности добыча, потребление, химическая промышленность, производство железа и стали	Страны, региона полный комплекс материалов, группа материалов, отдельный материал
Тип анализа	Анализ потоков веществ	Системный анализ материалов	Оценка жизненного цикла	Анализ материальных потоков бизнес уровня	Анализ входящих и выходящих потоков	Анализ материальных потоков на уровне экономики

Основным принципом любого анализа материальных потоков является хорошо известный принцип сохранения материи (входящий поток равен выходящему потоку). Концепция АМП возникла в 20 веке и развилась в инструмент анализа и балансирования входящих и выходящих потоков в различных областях. Первые исследования в сфере сохранения ресурсов и экологического менеджмента появились в 1970-х гг. Изначально такой анализ использовался в двух сферах: метаболизм городов и анализ путей загрязнения в регионах (водоразделы или городские поселения). В последующие десятилетия АМП стал распространенным

инструментом во многих областях, среди которых контроль процессов, управление отходами и сточными водами, регулирование питательных веществ в сельском хозяйстве, управление качеством воды, сохранение и восстановление ресурсов, разработка продуктов, оценка жизненного цикла (ОЖЦ) и др. [167].

В этом кратком обзоре речь пойдет в основном об использовании данной концепции в промышленности и в бизнесе в отраслях, связанных с управлением ресурсами и отходами.

6.1.2. Методология АМП

АМП обязательно включает в себя следующие основные шаги [168]:

1. Определение целей и вопросов исследования.
2. Описание системы.
3. Сбор данных.
4. Балансирование материалов и моделирование сценариев.
5. Презентация и оценка результатов.

Определение целей и вопросов исследования. Пример цели и вопроса: определить материальные потоки промышленной компании или конкретной технологии управления сточными водами с целью определения потенциала оптимизации.

Описание системы предполагает:

(a) определение временных и пространственных границ изучаемой системы;

(b) определение основных значимых процессов, отбор наиболее важных товаров и веществ.

Пространственные границы определяются границами применения проекта (баланс азота в регионе, АМП электростанции и т.п.). АМП применим к объектам любого пространственного или временного масштаба – как к отдельно взятому обрабатывающему заводу в течение дня, так и к большому городу или стране в течение года.

Вещества – это химические элементы или соединения, связанные с конкретными экологическими проблемами (например, тяжелые металлы, хлорированные химические соединения, CO_2). Товары – это вещества, либо смеси веществ, имеющие экономическую ценность (дерево, вода, цемент, пластик, автомобили, осадок сточных вод и т.д.).

Отбор материалов и веществ зависит от целей исследования. Целью может быть определение потока одного или нескольких веществ как ресурсов и/или с точки зрения их экологического воздействия (например, редкоземельные металлы, питательные вещества и т.д.). Важно сократить число параметров в АМП насколько это возможно. Опыт показывает,

что многие антропогенные и природные системы можно грубо охарактеризовать в АМП малым числом веществ – от 5 до 10 [167].

Превращения, транспортировка или хранение материалов представляют собой процессы. Информация о материальных потоках берется из литературы или других источниках, в частности, из отчетов компании или государственных органов. Данные также можно получить через экспертов или государственные агентства. Опыт показывает, что системы, включающие более 15 процессов (кроме импорта и экспорта) оказываются излишне сложными [167]. На практике аккумуляция материалов (запас) в системе часто рассчитывается по разности между входящим и выходящим потоком.

Сбор данных включает в себя определение массовых потоков, запасов и концентраций. Массовые потоки товаров и концентрации веществ в этих потоках определяются путем измерений, изучения внутренних учетных данных компании, маркетинговых исследований, статистических данных, экспертных оценок, наилучших оценок, опросов и т.д. Измерение массовых потоков товаров и концентраций веществ может быть довольно дорогостоящим в случае больших систем. Поэтому измерения обычно производятся в меньших системах (обрабатывающий завод, компания и т.д.).

Баланс материалов и моделирование сценариев. После расчета потоков веществ и запасов более детально рассматриваются моменты, вызвавшие неопределенность. Баланс материалов осуществляется в тех процессах, где нет данных относительно использования принципа сохранения массы. Запасы часто рассчитываются по разнице между входящим и выходящим потоком. Моделирование различных сценариев бывает нужно для оценки воздействия различных мероприятий на запасы и потоки с точки зрения экологической нагрузки или их использования как ресурсов.

Процедуры необходимо оптимизировать итеративно. В целом рекомендуется начинать с приблизительных оценок и предварительных результатов, а затем непрерывно совершенствовать систему до достижения необходимой точности данных.

Презентация и оценка результатов. Хорошим способом визуализации результатов является диаграмма, включающая все процессы, запасы, материальные потоки, импорт и экспорт (входящие и выходящие потоки) системы. В качестве примера здесь приведен АМП муниципальной системы управления твердыми отходами на уровне города (рис. 6.1). Диаграмма составлена при помощи компьютерной программы STAN[1].

[1] STAN – свободное программное обеспечение, разработанное для поддержки процедур АМП (www.stan2web.net/)

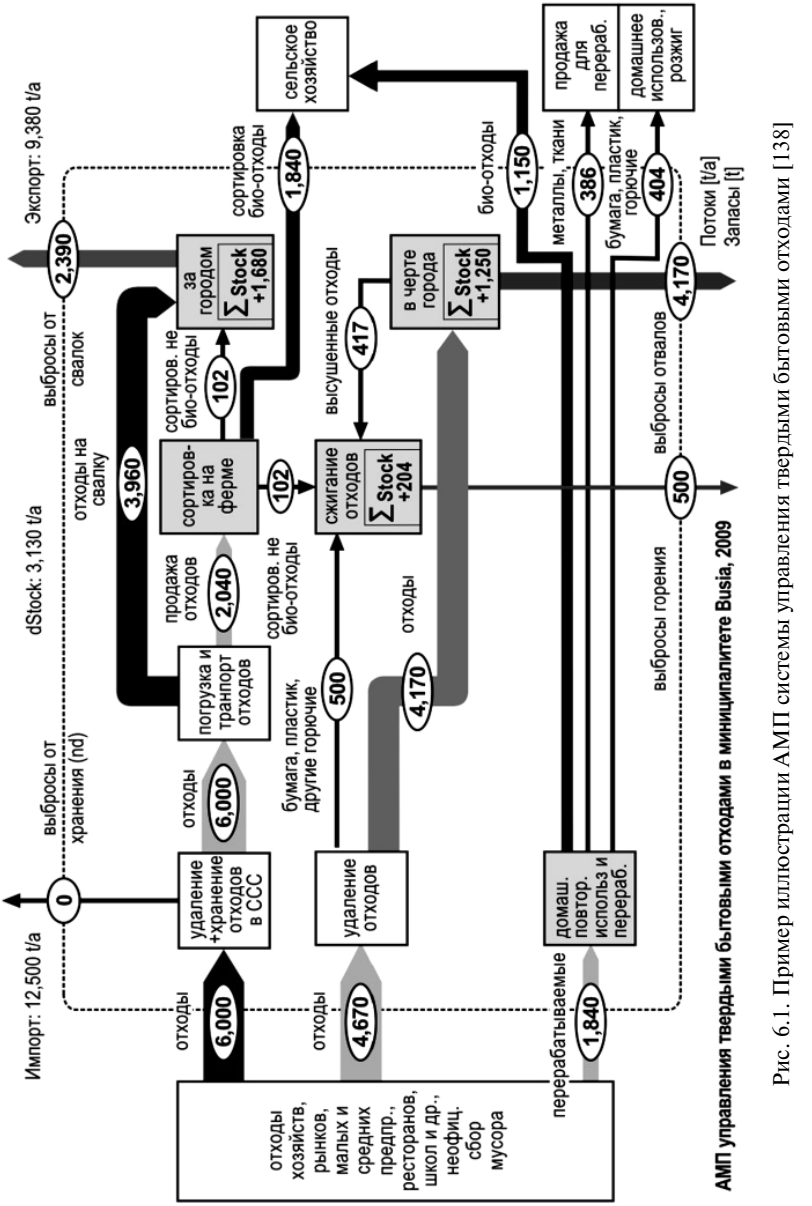


Рис. 6.1. Пример иллюстрации АМП системы управления твердыми бытовыми отходами [138]

Важность (ценность) потока показана толщиной. Необходимо указать оценку всех потоков и запасов (например, т/год и т, соответственно), а также импорт и экспорт через границу системы. Синим, выделены потоки и процессы, которые содержат исходные данные, черные и красные потоки рассчитаны программой STAN. Красные потоки показывают выбросы от процессов управления отходами.

Результаты АМП являются отправной точкой в анализе и оценке системы. Они могут быть интерпретированы и проверены на соответствие экологическим стандартам в соответствующей области (строительство, качество материалов, правила техники безопасности, нормы выбросов и т.п.). Либо оценены при помощи других технологий, например, оценка экологического воздействия, методика Material Intensityper Unit Service (MIPS) (дословно «материальная интенсивность на единицу услуги»), экологический след, оценка жизненного цикла, методика Costand Benefitanalysis и т.д. Выбор метода оценки результатов АМП зависит от целей исследования.

Методика Material Intensityper Unit Service (MIPS) позволяет измерить общий массовый поток материалов в рамках производства, потребления (например, ремонта) и складирования/переработки отходов, услуги или продукта. Примерами услуг в данном случае являются: стрижка волос, цикл мойки в посудомоечной машине, одна тонна переработанных отходов. Общий массовый поток услуги может состоять из минералов, руд, ископаемого топлива, воды, воздуха, биомассы. То есть MIPS использует оценку в рамках всего жизненного цикла, а также учитывает «скрытые» потоки, связанные с услугой. Такой «экологический рюкзак» включает ту часть входящих материалов, которая не включается в продукт или в материалы, непосредственно относящиеся к услуге. Например, материальная интенсивность 1 т меди с первичного производства составляет 350 т абиотических материалов, 365 т воды и 1,6 т воздуха [167].

Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) – это метод определения экологического воздействия продуктов, процессов или услуг в течение жизненного цикла. Жизненный цикл включает получение сырья, производство, использование, утилизацию, переработку и удаление отходов. ОЖЦ используется для сравнения экологического воздействия различных продуктов (например, холодильников) и технологий (например, технологий переработки мусора или систем хранения отходов). ОЖЦ будет подробно обсуждаться в следующей главе.

6.1.3. Применение АМП

Примерами применения АМП являются учет материальных потоков и определение показателей использования материалов разными сообществами, экосистемами и производствами; развитие стратегий улучшения систем материальных потоков в форме управления материальными потоками. Примеры использования АМП в технических науках: экологический менеджмент и инженерия, промышленная экология, антропогенный метаболизм, управление отходами и ресурсами [167]. Прямое управление потоками часто затруднено и требует масштабной программы отбора проб, так что АМП может быть более экономичной альтернативой. Далее будут кратко обсуждены некоторые сферы применения АМП.

6.1.3.1. Сферы применения

Экологический менеджмент и инженерия

Экологическая инженерия изучает потоки веществ в воде, воздухе и почве и реализует мероприятия по предотвращению загрязнений. Это требует глубокого понимания существующих потоков и запасов материалов внутри системы, а также между системой и окружающей средой/атмосферой. Целью является обеспечение адекватных мер в отношении приоритетных источников и путей, эффективных как в финансовом, так и в техническом отношении. Примеры применения АМП в экологическом менеджменте включают экологическую отчетность, восстановление загрязненных участков, разработку стратегий контроля загрязнения воздуха, управление сточными водами.

Промышленная экология

Современная промышленная система истощает ресурсы и перегружает окружающую среду отходами и выбросами. Промышленная экология ставит своей целью создание устойчивых промышленных систем, которые характеризуются минимальным физическим обменом с окружающей средой, оптимизированными материальными циклами (внутренними материальными циклами) и возобновляемыми потоками энергии.

Балансирование материалов считается основным инструментом поддержки промышленных экосистем. АМП может применяться для контроля путей использования материалов, создания циклических промышленных практик, дематериализации выходящих потоков, оптимизации использования энергии, балансирования входящих и выходящих потоков. Оценка может касаться материалов на «уровне товаров», например, носители энергии, минеральные строительные материалы, сталь,

удобрения. И оценка может касаться материалов на «уровне веществ», например, уголь, железо, алюминий, азот, фосфор, кадмий.

Применение закрытых циклических материальных потоков (например, промышленный симбиоз) требует контроля состава отходов, которые предполагается использовать как сырье в дальнейшем, так как циклические процессы потенциально могут аккумулировать загрязняющие вещества (например, использование загрязненной золы уноса в производстве цемента).

Дематериализация может достигаться путем предоставления функций или услуг вместо продуктов, продления срока службы продуктов или производства более легких товаров. АМП может использоваться для проверки того, успешно ли применяется на практике концепция дематериализации (например, офис без бумаги).

Управление ресурсами

Управление ресурсами включает анализ, планирование и распределение, эксплуатацию и обновление ресурсов (природных ресурсов – минералов, воды, воздуха, почвы, земли и биомассы; антропогенных ресурсов – материалов, энергии, информации и рабочей силы). АМП имеет первостепенную важность в анализе и планировании ресурсов. Он является основой для моделирования потребления ресурсов и изменений в запасах, поэтому он важен для прогноза истощения ресурсов и их скрытых резервов. Это может быть медленное истощение доступного фосфора в сельскохозяйственных почвах в связи с недостатком необходимых удобрений, или это могут быть незаметно накопившиеся на полигоне ценные металлы в составе золы. АМП показывает потребность в конечных стоках и перерабатывающих мероприятиях, он помогает разрабатывать стратегии переработки и складирования.

Управление отходами

Управление отходами преследует две основные цели:

– охрана общественного здоровья и окружающей среды;

– сохранение ресурсов.

Эффективное управление отходами начинается с хорошего знания материальных потоков, входящих, выходящих и происходящих внутри системы управления отходами. Для этой цели АМП является очень полезным инструментом.

АМП может использоваться для определения элементного состава отходов и определения лучшей технологии переработки/обработки для данного потока отходов или планирования и разработки новых объектов

обращения с отходами. АМП в области управления отходов сосредотачивается на товарах (бумага, пластик и т.д.) и на веществах в их составе. Элементный состав материала определяет, пригоден ли он для переработки. Предотвращение потенциальных выбросов или накопления опасных веществ является крайне важным для многих процессов, связанных с отходами: например, сжигание или управление фильтратом полигонов. Процесс переработки сам по себе также может способствовать накоплению загрязняющих веществ в товарах (например, увеличение содержания тяжелых металлов в перерабатываемом пластике). Однако для проведения АМП веществ потребуются значительные усилия.

АМП также может способствовать разработке других продуктов, лучше поддающихся обработке или переработке по истечении срока службы, когда они становятся «отходами» (продукт может быть изначально разработан с учетом дальнейшей обработки или переработка). Общий материальный баланс на основе АМП показывает, достигаются ли поставленные цели, и определяет процессы и потоки, обладающие наибольшим потенциалом для улучшения.

Подход АМП используется в методологии Integrated Solid Управление отходами (ISWM), изложенной в программе ООН-Хабитат. Графическая иллюстрация АМП позволяет очень наглядно визуализировать материальные потоки отходов, конечные продукты и выбросы. Таким образом, АМП является полезным инструментом поддержки принятия решений и позволяет сформулировать стратегии оптимизации системы управления отходами.

6.1.3.2. АМП на уровне индустрии или компании

При применении на уровне индустрии АМП предоставляет более дифференцированное информационное отслеживание и более детализированный анализ материальных потоков внутри экономики, различающий не только категории материалов или отдельные материалы, но также отрасли или направления производства [166]. Это дает более сфокусированный анализ проблем, учитывающий особенности материала, отрасли или направления. Такой анализ служит специфической поддержкой принятия решений и управления в отношении материала, отрасли или направления.

Информация о материальных потоках на уровне индустрии особенно полезна для отслеживания структурных изменений на макро- и глобальном уровне, мониторинга разработок в ресурсной продуктивности и экологической эффективности, а также для поддержки принятия решений на этих уровнях. Она помогает выявить потерю материалов,

источники загрязнения и возможности повышения эффективности в определенных секторах. Это наиболее важно для формирования политики и принятия решений в таких областях, как комплексная политика в отношении продукции, политика в области энергетики и климатических изменений (контроль выбросов воздуха и парниковых газов (green house gas, GHG), мероприятия по энергоэффективности), управление водными ресурсами, политика комплексного управления отходами или устойчивое управление материалами.

При применении на местном уровне или не уровне компании/бизнеса АМП предоставляет детальную информацию для процесса принятия специфических решений в бизнесе (компания, фирма, завод) или на местном уровне (город, муниципалитет, экосистема, ареал обитания, бассейн реки), либо в отношении определенных веществ или конкретных продуктов. Он дает сфокусированный анализ проблемы в отношении конкретной фирмы, завода или территории, вещества или продукта, который может быть использован для поддержки принятия решений и управления относительно фирмы, территории или материала, а также для мониторинга и регулирования экономической и экологической эффективности на этом уровне.

АМП бизнес-уровня и местного уровня позволяет отслеживать категории материалов или конкретные материалы либо группы веществ или отдельные вещества, а также изучать материальные потоки, создаваемые производством и использованием отдельных продуктов. На этом уровне АМП очень важен для формирования специфической политики и принятия решений в таких областях, как здравоохранение, управление химикатами, отходами и материалами, а также политики комплексного предотвращения и контроля загрязнений (Integrated Pollution Preventionand Controlpolicy, IPPC).

Мониторинг материальных потоков местного уровня и бизнес-уровня

Информация о материальных потоках, получаемая путем АМП или массового баланса бизнес-уровня полезна для мониторинга развития продуктивности ресурсов и экологической эффективности на уровне компании или завода. Это поддержка для применяемой политики и решений в таких сферах, как политика в отношении продукции, энергоэффективность, комплексное управление отходами, устойчивое управление материалами, IPPC; она помогает формировать корпоративную стратегию инвестирования и выбросов и осуществлять мониторинг доступности критических ресурсов и уязвимости компании или завода для перебоев и цепи поставок [166].

АМП на уровне компании или завода может быть сравнительно простой в зависимости от целей, для которых используется эта информация. Компании могут легко использовать свою финансовую и другие информационные системы для отслеживания стоимости и входящего потока сырья, энергии и труда, так же как и выходящего потока товаров, услуг и отходов, что позволяет понять и улучшить ресурсную продуктивность и экоэффективность.

Как бы то ни было, а практический опыт подробного АМП-мониторинга конкретных материалов в цепи поставок обнаруживает некоторые ограничения, возникающие на бизнес-уровне. Это связано со сложностью цепей поставок и низкой доступностью определенных данных, в частности, при отслеживании материалов далее в цепи, где они становятся частью материалов и где необходимо оценить и вычислить содержание материала для разных категорий товаров путем моделирования. В связи с этими ограничениями, для определенных материалов сложно четко установить направления ресурсной эффективности и продуктивности на бизнес-уровне.

Примеры вопросов, на которые можно ответить путем мониторинга потоков материалов:

– Каковы требования к сырью для использования материалов полного цикла? Каковы входящие потоки в этом производстве? Какой объем далее трансформируется? Во что?

– Насколько эффективно используется материал в системе? Как много его используется или запасается и где? Какое количество становится отходами, какое количество перерабатывается, какое количество складируется?

– Какая доля материала попадает обратно в окружающую среду?

– Где такие выбросы создают экологическое давление? Можно ли улучшить систему менеджмента и снизить давление?

Мониторинг избранных веществ: Учет и анализ потоков веществ

Анализ потоков веществ (АПВ) количественно оценивает пути определенных химических веществ и соединений (например, хлора, серы, ртути, нитратов) внутри конкретной системы. АПВ предоставляет информацию для поддержки управления и контроля веществ, о которых уже определенно известно, что они создают некие экологические проблемы или угрозу человеческому здоровью и которые требуют дальнейшего, более глубокого анализа с целью определить экологические «горячие точки» в течение жизненного цикла продукта или определенного вещества. АПВ оказывается особенно полезным на микроуровне (т.е. на уровне компании). АПВ обычно фокусируется на тех процессах, которые производят больше всего данных веществ. Информация, предоставленная АПВ,

поддерживает, к примеру, внедрение политики, связанной с контролем химических веществ (например, контролем опасных веществ, тяжелых металлов, оценкой рисков) или контролем выбросов и сбросов конкретных загрязнителей (например, контролем выбросов воздуха и парниковых газов). Он помогает разрабатывать и совершенствовать проводимые мероприятия и определять наиболее эффективные меры для решения проблемы [166].

Примеры вопросов, ответы на которые могут быть найдены при помощи АПВ:

– Где и как проходит основной поток вещества X в данной системе?

– Какое количество вещества X содержится в долговечных товарах или в отходах?

– Где есть потенциал использования вещества X более эффективно в техническом процессе?

– Где можно заменить вредное вещество?

– Где экологические «горячие точки» вещества в течение его жизненного цикла?

Мониторинг материальных требований к продуктам. Инвентаризация и оценка жизненного цикла

Анализ материальных потоков также является базой для оценки жизненного цикла, широко распространенного инструмента поддержки принятия решений в экологической политике в отраслях, касающихся той или иной продукции. ОЖЦ позволяет анализировать экологические проблемы, связанные с определенными продуктами, и их причины; сравнивать экологическую нагрузку разных продуктов и технологий; разрабатывать новые продукты с повышенной ресурсной эффективностью и сниженным экологическим следом. Инвентаризация жизненного цикла (ИЖЦ) – это фаза ОЖЦ, в которой все материальные и энергетические потоки, связанные с жизненным циклом продукта, систематически регистрируются. Входящие и выходящие материальные потоки, связанные с определенным функциональным объектом, объединяют однородные материалы, создающие определенный уровень экологического давления. Более подробно цели и процедуры ОЖЦ представлены в следующей главе.

6.1.3.3. Программное обеспечение для АМП

Программа STAN (www.stan2web.net/) специально разработана для поддержки процедур АМП. Это свободное программное обеспечение, которое предоставляет набор готовых графических инструментов для визуализации материальных потоков, процессов и границы системы.

6.2. Оценка жизненного цикла (ОЖЦ)

6.2.1. Введение в ОЖЦ

Начиная с 1980-х гг. экологический анализ продуктов приобрел актуальность, так как потребители начали запрашивать информацию об экологических последствиях потребления [170]. В настоящее время инженеры, разработчики и экологические менеджеры рассматривают экологическую составляющую продуктов в аспекте жизненного цикла, принимая во внимание не только состав или обработку продукта, но и в целом физический жизненный цикл продукта, от сырья до окончания срока использования. С этой целью разработана методика оценки жизненного цикла (ОЖЦ). Серия международных стандартов ISO 14040 [171–173] определяет ОЖЦ как «метод определения экологического воздействия продукта, процесса или услуги в течение жизненного цикла».

ОЖЦ предоставляет экологический анализ продуктов и процессов в перспективе всего жизненного цикла и помогает определить все экологическое давление, возникающее в течение жизненного цикла (добыча ресурсов, обработка, использование, переработка, обращение с отходами). Такой анализ дает информацию об экологической нагрузке продукта и ресурсной интенсивности, определяет наиболее значимую фазу жизненного цикла продукта с экологической точки зрения. Эта информация является базовой для процессов управления и контроля в отношении продукта. Анализ помогает выделить возможности снижения экологического давления в течение жизненного цикла продукта. Он может послужить основой для перехода к более экономному использованию, переработке, замене сырья и экологически вредных материалов. Дополнительная информация (например, о технологических процессах, затратах и т.п.) помогает определить участки, на которых оптимизация наиболее эффективна.

ОЖЦ обычно фокусируется на потреблении ресурсов и воздействии на здоровье людей и окружающую среду. Могут рассматриваться самые разные категории воздействий, от климатических изменений, вследствие выбросов парниковых газов, до причинения вреда здоровью людей в связи с высвобождением токсичных веществ и воздействия на окружающую среду, вызванного физическими изменениями в почве. В то время как другие инструменты экологического анализа, такие как анализ экологических рисков (environmental risk assessment, ERA) и оценка экологического воздействия (environmental impact assessment, EIA) фокусируются на отдельных процессах или объектах, ОЖЦ обычно целиком охватывает систему взаимосвязанных процессов, которые часто расположены в разных местах.

Несмотря на то, что ОЖЦ изначально разрабатывался для оценки систем продуктов, он также применим для изучения других типов систем и процессов, например, систем управления отходами. Начальная точка для ОЖЦ – это определение функциональной единицы изучаемой системы. Также необходимо определить, является ли главным объектом изучения продукт (например, упаковка для 1 л напитка) или система обслуживания (например, сбор и обработка 1 т бытового мусора).

Данный обзор в основном рассматривает ОЖЦ для оценки экологических воздействий. Тем не менее, стоит отметить, что существуют и другие типы методологий ОЖЦ, и в ближайшее время они, возможно, найдут более широкое применение:

• **Life cycle costanalysis (LCC) (анализ по затратам жизненного цикла):** направлен на интеграцию экономического анализа с ОЖЦ [143, 144].

• **Social life cycle assessment (SLCA) (социальная оценка жизненного цикла):** новая методология, основанная на принципах ОЖЦ и включающая социальный и социо-экономический аспекты процесса производства [145, 146].

• **LCA oforganisations (ОЖЦ организаций, О-ОЖЦ):** новая методология, оценивающая потенциальные экологические воздействия организации и ее продукции [178].

6.2.2. Методология ОЖЦ

Когда идет речь об анализе в перспективе жизненного цикла, это означает, что изучаемые системы обычно довольно сложны и ОЖЦ включает в себя их всестороннюю оценку. В 1980-х гг., когда метод ОЖЦ только появился, в европейских странах был проведен ряд исследований для сравнения различных вариантов систем упаковки для молока. И хотя эти исследования сравнивали более или менее одинаковые технологии упаковки и пытались ответить на одни и те же вопросы (подлежащие возврату стеклянные бутылки или одноразовая тетрапак-упаковка), они выдавали разные заключения в отношении того, какой из видов упаковки оказывает наименьшее экологическое воздействие. Причина заключается в сложности систем. В некоторых случаях анализ учитывал экологическое воздействие от производства электричества, используемого в производстве упаковки, в других – нет. Для некоторых технологий были доступны свежие данные, для других это была информация, возможно, десятилетней давности [170].

Хотя работа по унификации методики ОЖЦ продолжается до сих пор, минимальные требования по использованию ОЖЦ и его основных элементов уже определены в стандартах ISO 14040 и ISO 14044 [172, 173],

а также в руководствах, изданных International Reference Life Cycle Data System (ILCD) [179]. Согласно этим руководствам, ОЖЦ состоит из четырех основных шагов:

1. **Определение цели и области применения:** Определение параметров исследования.

2. **Инвентаризационный анализ:** Проведение инвентаризации входящих и выходящих потоков для всех процессов жизненного цикла продукта (Инвентаризация жизненного цикла, англ. Life Cycle Inventory, LCI).

3. **Оценка воздействия:** На основе результатов инвентаризационного анализа – подготовка профиля экологических воздействий и потребления ресурсов для системы, связанной с продуктом. (Оценка воздействия жизненного цикла, ОВЖЦ – Life Cycle Impact Assessment, LCIA)

4. **Интерпретация:** Анализ профиля экологических воздействий и потребления ресурсов в соответствии с целью и областью применения исследования.

Эти шаги далее описываются на основе [170] в контексте управления отходами.

6.2.2.1. Определение цели и области применения

Определение цели включает в себя определение конечной задачи исследования и процесс принятия решений в отношении охраны окружающей среды, для которых требуется поддержка. ОЖЦ обычно используется для сравнения, а не для формирования абсолютных утверждений. Таким образом, определение цели часто предлагает сравнительную оценку двух или более альтернативных систем.

В контексте управления отходами цель ОЖЦ может состоять в том, чтобы менеджеру по бытовым отходам сравнить различные виды обработки пластиковых отходов с тем, чтобы муниципальные власти определили, какой способ имеет самое низкое обще воздействие на окружающую среду и ресурсную базу. Фаза интерпретации ОЖЦ может также использоваться для определения того, что является причиной экологического воздействия технологии и использовать эту информацию для улучшения технологии.

В любом ОЖЦ географический контекст и его важность (например, доступная инфраструктура, состав отходов, осведомленность населения, имеющееся законодательство по обработке отходов, доступные технологии обращения с отходами и т.д.) имеют критическое значение и должны рассматриваться при интерпретации результатов исследования. Результаты обычно не могут быть применены непосредственно в другом контексте, и при экстраполяции за пределы изучаемого контекста

необходимо проявлять осторожность. Определение цели исследования должно также отражать спектр решений, которые могут быть сделаны на основе данного исследования в его области применения.

Цель исследования также может предписывать один из двух возможных подходов к моделированию: *прямой подход* (включающий мониторинг и учет с целью составления картины воздействий исследуемой системы в том виде, как она есть) или *косвенный подход* (анализ последствий изменений в системе с целью поддержки решений в отношении того, менять систему или нет). Например, путем моделирования использования биотоплива при помощи косвенного подхода оцениваются последствия на рынке сельскохозяйственных культур или в сфере использования земли, а в рамках прямого подхода система оценивается, как она есть. Выбор подхода к моделированию повлияет на следующий шаг – сбор информации для инвентаризации процесса.

При определении области применения ОЖЦ должны рассматриваться следующие вопросы [170]:

– Объект исследования (функциональная единица).
– Границы системы.
– Применяемые критерии оценки.
– Временные рамки исследования.
– Технологии, представляющие различные процессы.
– Выделение процессов с более чем одним входом или выходом (многофункциональных процессов).

Объект исследования, или функциональная единица

На первой стадии объект ОЖЦ определяется путем назначения функциональной единицы (например, 1 м^2 солнечной батареи или 1 кг железа). Для чистоты результатов очень важно, чтобы исследуемые системы выполняли одинаковые функции для пользователя, поэтому функциональная единица часто относится к услугам, предоставляемым пользователю. В исследовании упаковки, сравнивающем тетрапак-упаковку и многоразовые стеклянные бутылки для молока, функциональная единица может быть определена как «упаковка для 1000 литров молока». Такое определение позволяет установить количество разных оцениваемых упаковочных материалов, например, 1000 однолитровых картонных коробок против 40 однолитровых стеклянных бутылок при условии, что бутылки можно повторно использовать 24 раза. В этом случае действия, необходимые для повторного использования бутылок 24 раза, включая сбор и мытье пустых бутылок, являются частью системы.

Для ОЖЦ системы управления отходами функциональная единица исследования может включать информацию о следующем [180]:

– Количество отходов, подлежащих управлению.

– Состав отходов.

– Время, затрачиваемое на обращение с отходами.

– Качество управления отходами (нормы выбросов, требования к остаточным продуктам).

Типичный пример функциональной единицы в системе управления отходами – это переработка 1 т твердых бытовых отходов разными способами (переработка, сжигание, складирование на полигонах).

Функциональная единица используется как основа для последующего сбора данных о входящих и выходящих потоках при инвентаризационном анализе. Все входящие и выходящие материалы каждого процесса связаны с выбранной функциональной единицей.

Границы системы

Границы системы устанавливаются для того, чтобы охватить все значимые этапы жизненного цикла, процессы и потоки. Например, должно учитываться получение сырья, основные стадии производства и переработки, транспортировка, производство и использование топлива, электричества и тепла, фаза использования продукта, удаление отходов, их переработка, а также изготовление, поддержка и списание основного оборудования. Дополнительные операции, такие как освещение и обогрев в промышленных зданиях, также могут быть включены в анализ.

Управлением отходами часто пренебрегают или его сильно упрощают при анализе воздействий, оказываемых продуктом в течение его жизненного цикла. ОЖЦ продукта обычно сосредоточена на стадиях производства и использования, а отходы часто рассматриваются как выходящий поток рассматриваемой системы, и его воздействия уже не рассчитываются. Однако, для ОЖЦ в сфере управления отходами продукты, чей срок службы окончен, являются основным объектом исследования. Как показано на рис. 6.2, из-за этого границы системы при ОЖЦ продукта и ОЖЦ отходов будут разными.

Определение границ системы в отношении систем управления отходами означает определение жизненного цикла отходов, которые входят в систему, и все процессы и действия по управлению отходами, которые включены в исследование. С этим связана дилемма ОЖЦ: бесконечность системы продукта. Например, если система управления отходами зависит от электричества, производимого угольной электростанцией, выбросы и добыча ресурсов, связанная с выработкой необходимого электричества,

должна включаться в систему управления отходами. В дополнение к прямым выбросам электростанции, пропорциональная часть экологического воздействия от строительства электростанции (например, от производства стали, необходимой для строительства электростанции, и от строительства металлургического завода, который производит эту сталь, и так далее) должны быть поставлены в связь с продуктом. Аналогичным образом, если система управления отходами вырабатывает электричество, те же соображения применяются с отрицательным знаком. Если учитывать все фоновые процессы, система управления отходами быстро разрастается и начинает охватывать все виды человеческой деятельности, и провести инвентаризацию для такой сложной системы становится невозможно. Чтобы решить эту проблему, в анализ необходимо включать только наиболее важные процессы; чтобы решить, какие процессы важны, необходимо провести анализ чувствительности, который определит, какие стадии наиболее значимы в отношении экологических воздействий. Критерий отброса устанавливается, когда потоки на определенном уровне исключаются из модели. Например, если критерий составляет 90 % всего экологического воздействия, то анализируемые потоки создают по крайней мере 90 % экологического воздействия [181].

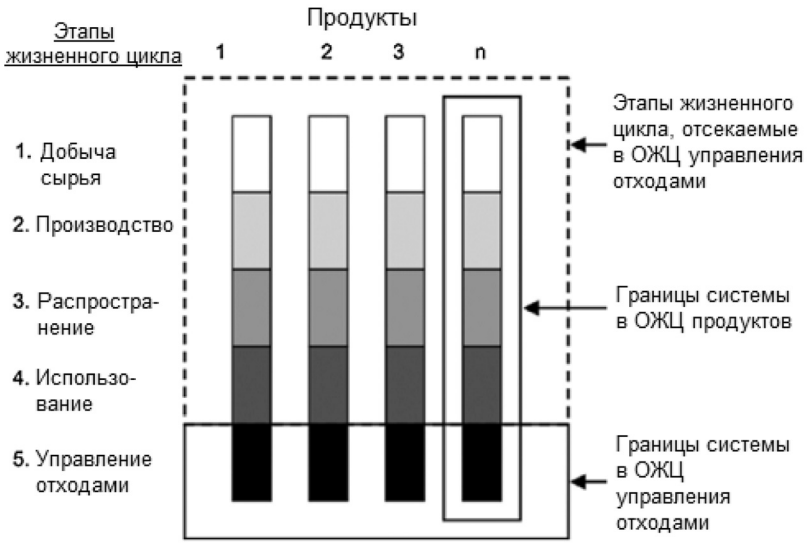


Рис. 6.2. Границы LCI продукта (вертикальный анализ) и LCI твердых отходов (горизонтальный анализ) на основе [170, 180]

Процессы и действия в системе управления отходами обычно включают все виды деятельности, необходимые для сбора и обращения с отходами и перерабатываемыми материалами, включая собственно сбор, обработку, переработку и вывоз. Технические единицы могут включать транспортные средства для сбора, оборудование для восстановления материалов (materialre covery facility, MRF), компостный и мусоросжигательные заводы, полигон для отходов от сжигания, а также фабрику по производству новых продуктов из материалов отходов.

Для сравнения систем управления отходами могут быть важны следующие аспекты на различных этапах жизненного цикла:

– *Добыча сырья:* Некоторые процессы переработки отходов генерируют электричество, теплоэнергию или вторичные материалы, которые могут заменить природные ресурсы, такие как топливо, древесина, железо, сталь, алюминий и гравий. Например, производство энергии при переработке мусора предотвращает генерацию энергии на традиционных электростанциях и соответствующие выбросы.

– *Производство*: Стадия производства в системе управления отходами включает в себя все процессы, связанные с превращением ресурсов и материалов в оборудование для управления отходами. Обычно стадия производства вносит незначительный вклад в общее воздействие от жизненного цикла системы, так как все воздействия, производимые на этой стадии, также производятся на стадии эксплуатации в более крупных системах.

– *Распространение:* В ОЖЦ продуктов распространение часто рассматривается не сам по себе как отдельный этап жизненного цикла, а скорее как часть каждого из этапов жизненного цикла. Как бы то ни было, для систем управления отходами транспортировка как часть сбора отходов является наиболее значимым видом деятельности, который обычно рассматривается отдельно. Желательно указать долю сбора в общей системе и рассмотреть возможности оптимизации на этой стадии.

– *Использование:* Этап использования включает эксплуатацию всех частей системы управления отходами, по возможности для периода времени, указанного в функциональной единице. Этап использования включает использование электричества, топлива, воды и необходимых химических средств, а также генерацию тепловой и электрической энергии и выпуск материалов, используемых за пределами системы обращения с отходами. Этап использования также включает обслуживание оборудования и технических объектов для управления отходами.

– *Управление отходами:* Оборудование и технические объекты, используемые в системе управления отходами, в конце изучаемого периода теоретически должны быть разобраны или списаны, а их компоненты

и материалы отосланы для соответствующей переработки или утилизации. В исследовании необходимо учитывать эту часть жизненного цикла и пропорциональную часть экологического воздействия в расчете на функциональную единицу, если утилизация потенциально может внести значительный вклад в исследование. На стадии вывоза некоторые материалы, используемые в строительстве завода (в основном металлы), могут быть восстановлены, поэтому потребление металлов часто является незначительным для процесса обращения с отходами. Таким образом, если ресурсы для строительства объектов включаются в анализ, также необходимо учитывать и стадию утилизации.

Критерии оценки

Критерии оценки, применяемые на стадии оценка воздействия при проведении ОЖЦ, необходимо установить перед тем, как начинать инвентаризационный анализ, чтобы организовать сбор действительно необходимых данных. Обзор категорий глобальных, региональных и местных экологических воздействий, которые могут быть включены в анализ в качестве параметров оценки при проведении ОЖЦ, представлен в табл. 6.2 (согласно Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) и [182, 183]). Кроме того, исследование обычно включает потребление ресурсов (невозобновляемых и возобновляемых, добыча которых превышает восстановление).

Таблица 6.2

Категории экологических воздействий

Глобальные воздействия	Региональные воздействия	Локальные воздействия	Потребление ресурсов
– Глобальное потепление – Истощение озонового слоя	– Фотохимическое образование озона – Закисление – Почвенная и водная эвтрофикация – Отравляющее воздействие на людей – Экотоксичность	– Землепользование – Запах – Разделение ареалов обитания – Радиация – Аварии	– Невозобновляемые ресурсы (например, нефть, природный газ, железо, алюминий...) – Возобновляемые ресурсы (например, леса или сельскохозяйственная биомасса, грунтовые воды, пресная вода...)

Кроме того, некоторые методы, в частности, широко используемые в Скандинавских странах, также включают воздействия в рабочей среде на операторов процессов (например, подверженность определенным видам опасных химикатов, шумов, монотонная работа и аварии [184]).

Следующие категории воздействий наиболее значимы для сектора управления отходами: глобальное потепление, истощение озонового слоя, фотохимическое истощение озонового слоя, закисление, почвенная и водная эвтрофикация, отравляющее воздействие на людей, экотоксичность и землепользование. Они кратко представлены ниже [170].

Глобальное потепление. Глобальное потепление или «климатические изменения» включают изменения климата по причине скапливания парниковых газов в атмосфере, т.е. долгоживущие газы, которые поглощают инфракрасное излучение Земли. Возникающее из-за этого нагревание атмосферы распространяется на континенты и океаны и ведет к нагреванию Земли, повышению уровня моря и изменениям климата на региональном и глобальном уровне. Главный парниковый газ – это CO_2, образующийся при сжигании ископаемого топлива. CO_2 также образуется при биологическом разложении отходов в аэробных (компостирование) и анаэробных (полигоны, анаэробное сбраживание) условиях, но эти материалы в любом случае разлагаются естественным образом и выпускают углерод в виде CO_2, и поэтому они не вносят вклад в содержание CO_2 в атмосфере. Поэтому отдельно рассматривается CO_2 от ископаемых источников (CO_2 от сжигания ископаемого топлива; пластик, уголь, нефть, природный газ) и от биогенных источников (CO_2 от биомассы; продукты лесопереработки, пищевые и дворовые отходы). Метан, производимый при анаэробном сбраживании биологических материалов гораздо худший парниковый газ, чем CO_2 (примерно в 34 раз хуже по массе, согласно [185]. При горении метан из отходов превращается в биогенный CO_2.

Истощение озонового слоя. Истощение озонового слоя включает усиленную деградацию озона в стратосфере вследствие антропогенных выбросов неразлагаемых газов, содержащих хлор и бром, которые мигрируют в стратосферу. Озон в стратосфере поглощает ультрафиолетовое излучение солнца, защищая живые организмы на поверхности земли от его вредного воздействия. Наиболее важные антропогенные газы, способствующие истощению озонового слоя, – это хлорфторуглероды (CFC, например, CFC_{11} или $CFCl_3$), гидрохлорфторуглероды (HCFC, например, $HCFC_{22}$ или $CHClF_2$) и бромсодержащие хладоны (например, Halon 1301 или $CBrF_3$). В настоящее время CFC и HCFC запрещены, и их основным источником являются выброшенные холодильники, которые используют их в системе охлаждения и изоляции; эти газы могут стать источником выбросов во время переработки в качестве отходов.

Фотохимическое формирование озона. Формирование озона в нижних слоях тропосферы происходит путем комплексного фотохимического окисления летучих органических соединений (volatile organic compounds,

VOC) и монооксида углерода при участии оксидов азота (NO_x) в присутствии солнечного света. В определенных метеорологических и топографических условиях такое формирование может привести к его экстремальным концентрациям – такое явление называется «фотосмог», и оно возникает в крупных городах. Озон и другие реакционоспособные фотооксиданты, образующиеся в реакциях, наносят вред растениям, повреждают дыхательные пути людей и воздействуют на вещества путем реакций с органическими материалами. Существенный вклад в фотохимическое разрушение озонового слоя NO_x дают такие процессы переработки отходов как сжигание и эмиссия загрязняющих веществ от полигонов захоронения отходов, а также от сбора и транспортировки отходов.

Закисление. Выбросы оксидов азота (NO_x), аммиака и оксидов серы (SO_x) вызывают закисление почв и озер, когда эти вещества выбрасываются в местах с низкой буферной емкостью, это приводит к уничтожению лесов и образованию мертвых озер. Главные источники NO_x и SO_x в системах переработки отходов – это транспортные процессы и другие процессы, в которых используется дизельное топливо.

Перенасыщение питательными веществами, эвтрофикация. Азот и фосфор являются макроэлементами для высших растений и водорослей, поэтому выброс соединений этих двух элементов может создать питательную среду для природных экосистем, повышая их продуктивность, но также и изменяя видовой состав озер и прибрежных вод, вызывая цветение воды и последующее кислородное истощение придонных слоев водоемов. Основные источники выбросов P – это установки для очистки муниципальных сточных вод и сельское хозяйство. В системах управления твердыми отходами нет серьезных источников P. Главные источники выбросов N в системах управления отходами – это процессы сжигания и транспортировки, выбрасывающие NO_x.

Экотоксичность. Токсичное воздействие на экосистемы, наносящее вред отдельным видам и меняющее структуру или функции экосистем, варьируются от смертельного ущерба для репродуктивных особей до изменений в поведении. Экотоксичность включает много различных механизмов токсичности и по сравнению с другими экологическими воздействиями в рамках ОЖЦ экотоксичность является комплексной категорией, которая касается всех веществ, оказывающих прямое действие на здоровье экосистем. Наиболее важный вклад в экотоксичность в системах управления отходами исходит от токсичных металлов и неразлагаемых органических загрязнителей.

Отравляющее воздействие на людей. Токсичное воздействие на людей происходит при вдыхании вместе с воздухом, при приеме пищи и воды,

а также при проникновении через кожу при контакте с загрязняющей поверхностью. Существуют тысячи веществ, которые являются потенциально опасными в плане отравляющего воздействия на людей, но наиболее важными в системе управления отходов являются следующие факторы:

1) частицы от сжигания и транспортировки отходов;

2) токсичные металлы и устойчивые органические загрязнители, такие как диоксины и фураны.

Землепользование. Физическое воздействие на почву часто наносит более серьезный вред экосистеме, чем выбросы, о которых шла речь выше. В ОЖЦ физическое разрушение ареалов обычно рассматривается в категории «землепользование», которая вычисляется как произведение поврежденной площади, длительности воздействия и качественных изменений, вызванных воздействием. Качественные изменения – это та область, относительно которой пока нет единого мнения, так как нет согласия по поводу определений в отношении биоразнообразия, будущего использования поврежденной земли и т.д.

Временные рамки

Определение сферы применения также должно рассматривать временные рамки исследования, в частности, требования к достоверности результатов в будущем. Это может иметь глубокое значение для выбора технологий процессов в системе и для сбора данных в течение инвентаризации. Если исследование проводится для поддержки решения по выбору технологии управления отходами, заключение должно быть актуальным в течение минимум десяти лет в зависимости от типа выбранной технологии.

Одна из проблем в отношении временных рамок состоит в том, что выбросы полигонов и остатков, используемых при строительстве, сохраняются долгое время после истечения срока, указанного в ОЖЦ.

Технологическая сфера применения

Формулирование технологической сферы применения включает определение технологии, которая является значимой для всех процессов в системе управления отходами; это может быть стандартная технология, специфическая технология, лучшая доступная технология или будущая технология. Специфические и географически обусловленные системы управления отходами включают относительно мало видов оборудования и технических объектов, так что технологическую сферу их применения определить легко. Главная проблема сводится к определению технологий, работающих за пределами системы

управления отходами, например, переработка бумаги, стекла, пластика, алюминия и т.п. Оценка системы управления отходами зависит от качества заводов и технологий для переработки отходов, а они становятся не нужны, если не используются природные ресурсы. Полезными могут оказаться форсайт-технологии для производства указанных материалов. На национальном и федеральном уровне, где управление отходами включает множество различных объектов, также рассматриваются стандартные технологии и лучшие доступные технологии с целью планирования дальнейшего развития.

Распределение

В управлении отходами для некоторых форм утилизации материалов применяется большое количество процессов, и в таких случаях имеется множество выходящих потоков. Помимо обращения с отходами и превращения их в остатки, лучше подходящие для складирования, процесс переработки отходов может производить материальные или энергетические потоки, такие как стекло, бумага, пластик, металлы, электричество, теплоэнергия или энергоносители, например, метан. Экологическое воздействие процесса управления отходами состоит из воздействий различных служб, составляющих единую систему. Таким образом, возникает вопрос распределения экологических выгод. Например, если мусоросжигательный завод производит два продукта (электричество и тепло для промышленных целей), как выбросы от завода распространяются на оба продукта.

Найти общее решение оказалось нелегко, однако ISO 14044 [172, 173] предусматривает несколько альтернативных вариантов.

Первый вариант – вместо распределения расширить саму систему и включить в нее дополнительные подсистемы. Если сравниваются различные технологии обращения с отходами и из них только одна производит, например, электричество, альтернативные отходы системы должны быть расширены и в них должно быть включено производство примерно такого же количества электричества в соответствии со стандартной технологией. Другой вариант – при сравнении двух технологий обращения с отходами, в той, что производит электричество, из общего воздействия вычитается тот ущерб, который обычно приносит производство электричества. Такой подход называется «замещение» или «вычет предотвращенного экологического обмена или воздействия». Это означает, что входящие и выходящие потоки обычного производства электричества включены в инвентаризацию технологии обращения с отходами, но с отрицательным знаком. Данный принцип проиллюстрирован на рис. 6.3.

Этот принцип применяется во всех многофункциональных процессах в косвенном методе ОЖЦ[2].

Для систем управления отходами расширение обычно вполне возможно, но для некоторых продуктов оно требует сбора слишком большого количества данных о многочисленных системах, которые не имеют прямого отношения к проблеме, решаемой в исследовании. Вместо этого стандарт ISO рекомендует:

– Производить распределение между разными системами продуктов по критерию технической полезности процесса для каждой из систем. Например, для когенерации электричества и тепла такой критерий – это обычно содержание энергии в МДж электричества и тепла.

– В некоторых случаях невозможно определить технический критерий, который подходил бы для обеих систем. В таких случаях рекомендуется распределение на основе экономического критерия, обычно относительная цена выходящих потоков. Классический пример – это добыча бриллиантов, в которой (как минимум) есть два выходящих потока: необработанные алмазы и дорожно-строительный материал. Невозможно определить общий технический критерий для обоих этих продуктов, поэтому экологическое воздействие от процесса добычи алмазов распределяется на основе относительной цены (что в данном случае представляется справедливым).

Распределение присутствует в *прямом методе* проведения ОЖЦ[3].

---

[2] Основанный на последствиях («косвенный метод», также называемый «ориентированный на изменения») подход в ОЖЦ имеет своей целью определить последствия решений, включая решения по различным процессам и системам экономики. Процессы, включаемые в оценку, основанную на последствиях, обычно являются маргинальные процессы и технологии, т.е. это процессы и литехнологии, спрос на которые увеличивается или уменьшается в результате изменений (для увеличения или уменьшения, например, потребления электричества в результате смоделированных изменений маргинальных технологий в Европе – это обычно угольная или газовая энергия от ТЭС или ТЭЦ). Центральным в данном подходе является понимание рынка итого, как прямые и косвенные изменения спроса влияют на рынок, создавая реальные изменения предложения.

[3] В прямом моделировании жизненного цикла, который также называют «учетным» или «описательным» моделированием, фоновые процессы моделируются на среднестатистическом уровне для соответствующего набора технологий (например, потребление электричества страной с соответствующей количественной долей энергии, производимой на основе антрацита, природного газа, ветряных турбин и т.д.). Этот подход применяется, когда использование результатов анализа имеет своей целью оценку потенциального экологического вреда, приносимого уже существующим продуктом в течение жизненного цикла. В случаях процессов, которые на основе стандартных технических критериев при наличии таковых или (чаще) на основе экономической ценности функций.

Чтобы проиллюстрировать разные подходы к управлению многофункциональными процессами, рассмотрим случай отходов от процесса сжигания, у которого имеется две функции: переработка отходов и генерация электричества для использования местным населением (путем утилизации тепла от сжигания). Если ОЖЦ сравнивает между собой разные альтернативные подходы к управлению отходами, то только первая функция, переработка отходов, является основной, и в *прямом моделировании* жизненного цикла выбросы от процесса сжигания делятся (распределяются) между обеими функциями, переработка отходов и генерация электричества, в соответствии, например, с их относительной стоимостью. В *косвенном моделировании* жизненного цикла проблема многофункциональности решается путем вычета из процесса сжигания отходов предотвращенных выбросов и предотвращенного использования ресурсов в рамках наиболее вероятного альтернативного способа производства электричества (например, угольной электростанцией).

Вторую альтернативу на рис. 6.3. можно также описать как вычет или анализ компенсаций – в данном случае выбросы от обычной электростанции, предотвращенные в результате производства энергии из отходов вычитаются из выбросов, связанных с переработкой отходов. Аналогичным образом, когда в рамках управления отходами часть материалов перерабатывается, и эти материалы используются для производства новых продуктов, это предотвращает использование определенного количества природных материалов. Чтобы произвести вычисления на основе инвентаризации жизненного цикла для общего процесса, LCI включает разницу в выбросах между производящими процессами на основе первичных и вторичных материалов, и величины LCI отрицательны, когда вторичное использование является прибыльным (например, выбросы от процесса вторичного производства минус выбросы от производства из первичных материалов).

6.2.2.2. Инвентаризация

После определения сферы применения системы управления отходами собирается информация о выбросах и ресурсах на входе и выходе из системы (экологический обмен) для всех ее процессов.

Сбор данных

В целом, сбор данных основывается на массовом балансе для процесса в течение длительного периода времени. Это позволяет гарантировать, что данные отражают среднестатистическое функционирование процесса и нарушения в работе, такие как запуск и остановка, очистка оборудования и т.д., включены в анализ.

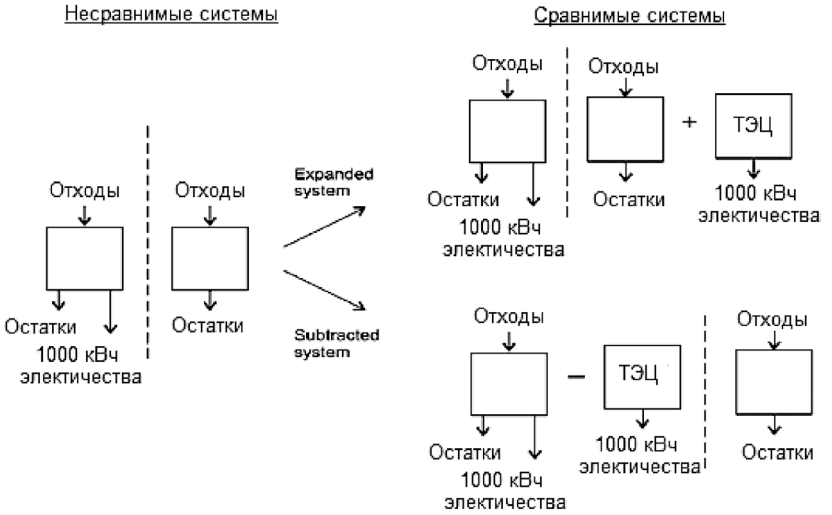


Рис. 6.3. Принцип расширения системы и вычета
для получения функциональной эквивалентности различных систем
в ОЖЦ управления отходами

В отчете об инвентаризации обмен в течение жизненного цикла обычно суммируется, и это дает полный обмен всех веществ и материалов для данной функциональной единицы. Данные предоставляются как экологический обмен в расчете на функциональную единицу, например, в кг CO_2 из ископаемых на 1000 л молока, доставленного в магазин или на 1 т отходов, подлежащих переработке.

Качество данных

Качество данных, собранных в процессе инвентаризации, играет ключевую роль для результатов ОЖЦ. Лучшие данные – это данные, основанные на массовом балансе и измерениях на реальном оборудовании для конкретных процессов. Например, измерения потребления электричества и выбросы от конкретного этапа процесса. Сбор таких специфических данных часто требует больших затрат времени. Обычно невозможно получить специфические данные для каждого процесса, и результаты экстраполируются из одинаковых или похожих процессов в аналогичных технологиях, а иногда даже в совершенно других технологиях.

Возраст данных также важен. Для промышленных процессов он может оказаться серьезным недостатком, так как оптимизация и развитие

новых улучшенных процессов часто происходит быстро. Как следствие, имеющиеся данные о выбросах и потреблении ресурсов могут быть устаревшими или описывать наименее интенсивные процессы, присутствующие на рынке. Поэтому важно убедиться, что литературные данные репрезентативны для технологии изучаемой системы. В целях прозрачности отчет об ОЖЦ должен содержать подробную документацию – для каждого процесса – об источниках данных. Если используются данные более низкого качества, необходим анализ чувствительности для обоснования того, что результат ОЖЦ не зависит от этих данных.

6.2.2.3. Оценка воздействия

Завершение LCI обычно требует большого количества входящих материалов и выбросов. Цель оценки воздействия – на основе результатов инвентаризации оценить потенциалы воздействий в основных сферах защиты окружающей среды. Оценка воздействия жизненного цикла предоставляется в разных категориях. Эти категории показывают потенциальное экологическое воздействие в различных сферах: здоровье людей, окружающая природная среда и природные ресурсы. Категории воздействий можно вычислить по показателям воздействий по результатам инвентаризации (табл. 6.3 на основе [186]).

Оценка воздействия жизненного цикла проходит в четыре этапа:

- **Классификация** (каково воздействие этого экологического обмена?).
- **Характеристика** (насколько сильное это воздействие?).
- **Нормализация** (высокое ли оно в сравнении с другими воздействиями?).
- **Взвешивание** (важно ли это воздействие?).

Согласно ISO 14040, первые два шага оценки воздействия обязательны, в то время как нормализация и взвешивание опциональны. Взвешивание является наиболее субъективной частью методологии. Здесь при расстановке приоритетов, группировке или количественной оценке категорий воздействий учитываются предпочтения и ценности заинтересованных сторон.

Классификация: Определяются категории воздействий, и с ними сопоставляется обмен (выбросы) по данным инвентаризации в соответствии с их способностью внести вклад в различные проблемные сферы.

Некоторые вещества могут быть отнесены к более, чем одной категории воздействий. Например, NO_x оказывает воздействие в категориях «закисление», «перенасыщение питательными веществами, или эвтрофикация», «фотохимическое формирование озона» и «отравляющее воздействие на людей».

Таблица 6.3

Категории воздействий и их характеристики [187, 188]

Категория воздействий	Показатели воздействий	Конечная точка (конечное воздействие)	Инвентаризация
Климатические изменения	например, потенциал глобального потепления (Global warming potential, GWP)	Глобальное повышение температуры	Выбросы парниковых газов
Истощение озонового слоя	например, потенциал истощения озонового слоя (Ozone Depletion Potential, ODP)	Воздействие на здоровье человека, например, рак кожи из-за увеличения озоновых дыр	Выбросы хлорфторуглеродов (chloroflurocarbons, CFC) и хладонов
Отравляющее воздействие на людей	например, потенциалы качества жизни (Quality Adjusted Life Years (QALY), Disability Adjusted Life Years (DALY), потенциал отравляющего воздействия на людей (Human Toxicity Potential, HTP)	Воздействие на здоровье человека	Выбросы токсичных веществ
Вдыхаемые неорганические вещества / частицы	например, количество взвешенных частиц (Total Suspended Particulates, (TSP), PM10, PM2,5)	–	–
Ионизирующее излучение	–	Воздействие на здоровье человека и экосистемы	Выбросы радиоактивных веществ
Фотохимическое формирование озона (смог)	например, потенциал фотохимического образования озона (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP), максимальная активность(Maximum Incremental Reactivity (MIR))	Воздействие на растительность и снижение биоразнообразия в водоемах	Выбросы VOC (летучих органических соединений) и NOx
Закисление	например, потенциал закисления (Acidification Potential, AP)	Воздействие на растительность и снижение биоразнообразия в водоемах	Выбросы кислот (NH_3, NOx, SO_2...)

Категория воздействий	Показатели воздействий	Конечная точка (конечное воздействие)	Инвентаризация
Эвтрофикация	Почвенная и водная эвтрофикация	Воздействие на растительность и снижение жизнедеятельности водоемов из-за недостатка O_2	Выбросы питательных веществ, таких как фосфор и азот
Экотоксичность	Почвенная и водная, например, потенциал вымирания вида, вероятность возникновения, (Potentially Disappeared Fraction of species (PDF), Probability of Occurrence (POO), Mean Extension Time (MET)	Воздействие на окружающую среду (химикаты, воздействие на видовой состав, токсикологический отклик)	Накопление химикатов в среде и экотоксичность
Истощение ресурсов	например, истощение минеральных ресурсов	Снижение количества ресурсов, из-за чего пострадают будущие поколения	Входящий поток невозобновляемой энергии (уголь, нефть, боксит...)

Характеристика: Количественно моделируется вклад каждого обмена и агрегируется в форме потенциалов экологических воздействий.

Потенциалы экологических воздействий. Так как выбросы накапливаются во времени и пространстве, воздействия рассчитываются как сумма вкладов возможных выбросов в течение нескольких лет в разных местах. Например, добыча нефти, переработка нефти и производство нефтепродуктов могут происходить на разных континентах. Из-за этого трудно интерпретировать эти воздействия в терминах влияния на окружающую среду. В интерпретации воздействия должны рассматриваться как показатели экологической эффективности, которые используются для оптимизации системы, но они могут мало рассказать о реальном влиянии на окружающую среду.

Для ОЖЦ систем управления отходами функциональной единицей может быть вся деятельность системы по управлению массой отходов, и некоторые процессы могут быть доминирующими и разграниченными физически, так что возможно интерпретировать их воздействия как влияние на окружающую среду. В этом случае оценка воздействия жизненного цикла превращается в оценку экологических рисков (ERA) или оценку экологических воздействий (EIA), где пространственные и временные измерения определены намного лучше в анализе экологического

воздействия от конкретного объекта, например, мусоросжигательного или компостного завода.

Расчет характеристических факторов. Моделирование характеристических факторов обычно производится экспертами в соответствующей области экологии вне ОЖЦ. Характеристические факторы обычно выражают потенциальный вклад вещества в воздействие по отношению к аналогичной характеристике эталонного вещества, которое выбирается отдельно для каждой категории воздействий. Для категории «глобальное потепление» существует общепринятый характеристический фактор (сила радиационного воздействия). Он выражается потенциалом глобального потепления (GWP), а в качестве эталонного вещества выбран углекислый газ (CO_2). Все факторы связаны со временем, часто выбирается временной горизонт в 100 лет. Метан имеет характеристический фактор 34 (34 kg $CO_{2\text{-eq}}$); это значит, что выброс 1 кг метана через 100 лет имеет интегрированный вклад в глобальное потепление, эквивалентное вкладу 34 кг углекислого газа в тот же период.

При проведении ОЖЦ применяются различные методологии оценки экологического воздействия. Более подробно эти методы описаны в справочной документации (ILCD): «Основы и требования к моделям и показателям оценки воздействия жизненного цикла (ОВЖЦ)» и «Анализ существующих методологий оценки экологического воздействия для использования в оценке жизненного цикла (ОЖЦ)» [189].

Временные аспекты для полигонов. Анализ воздействия полигонов является трудной задачей, потому как последствия их выбросов проявляются только со временем. Гораздо проще оценить быстрые воздействия от большинства других объектов управления отходами (например, мусоросжигательных заводов) и других процессов жизненного цикла (например, транспортировки). LCI только показывает общие количества выбросов в расчете на функциональную единицу, а не уровень выбросов. Например, общее количество меди, попавшей вместе с фильтратом в окружающую среду из электронного устройства, выброшенного на свалку, может быть настолько высоким, что его потенциал экотоксичности может очень сильно повлиять на результаты оценки. Однако это количество попадает в среду в течение длительного периода времени, и концентрация меди в фильтрате является настолько низкой, что этот вид выбросов вообще не оказывает воздействия. Эта проблема в оценке воздействия жизненного цикла пока еще не вполне решена. Предлагаются разные решения, например, поправочный коэффициент на время или отдельные категории воздействия, отражающие накапливающиеся со временем экотоксичность и вред для человеческого здоровья.

Землепользование. В оценка воздействия жизненного цикла физические вмешательства, такие как очистка леса, дренаж пруда и строительство дороги, попадают под категорию «землепользование», которую можно рассматривать как категорию воздействий и как категорию потребления ресурсов. Характеристика землепользования обычно принимает во внимание длительность, площадь и качественные изменения, вызванные землепользованием. В частности, последнее является сложным объектом для универсальной количественной оценки. Тем не менее, землепользование – это категория воздействий, которая представляет особый интерес для технологий обращения с отходами, включающим использование полигонов.

Нормализация. Различные потенциалы воздействий и потребления ресурсов связаны с общим эталоном, упрощающим сопоставление между категориями воздействий.

В сравнительной ОЖЦ часто по результатам характеристики невозможно решить, какая из альтернатив вызывает самое низкое экологическое воздействие или потребление ресурсов. Если одна альтернатива имеет самый низкий показатель в какой-либо категории, а другая показывает лучший результат в другой категории, необходимо сопоставление потенциалов воздействий или потребления ресурсов между категориями. На стадии нормализации действует общая шкала для всех категорий воздействий, которая связывает их с общим набором эталонов. Эталоном для нормализации обычно является мера текущего воздействия со стороны общества. Таким образом, нормализация выражает различные потенциалы воздействий системы управления отходами как часть общего экологического воздействия общества. Эталон для нормализации в отношении какой-либо категории экологических воздействий определяется на этапе инвентаризации общих выбросов в эталонный год, который вносит вклад в данную категорию воздействий.

Нормализация проводится для каждой категории воздействий путем разделения потенциалов воздействия продукта или потребления ресурсов на соответствующий эталон нормализации. Обычно в качестве эталона нормализации используется годовое воздействие от среднестатистического человека, поэтому нормализованные потенциалы воздействий продукта выражается в человеческом эквиваленте (person-equivalent PE) и интерпретируется как доля продукта в среднестатистическом воздействии от одного человека. При проведении нормализации все потенциалы воздействий и потребления ресурсов предполагают одинаковую единицу измерения, и их уровни можно сравнить. Нормализованные потенциалы воздействий все вместе составляют профиль нормализованного воздействия продукта или системы.

Рис. 6.4. демонстрирует сравнение нормализованных экологических воздействий для двух методов утилизации зольного остатка: строительство дорог или захоронение на полигоне. Все они выражены в одних и тех же единицах – в человеческом эквиваленте (PE) на основе общего воздействия общества в эталонном 1994 г. Экологические воздействия от фильтрата из зольного остатка основаны на периоде фильтрации в 100 лет [170].

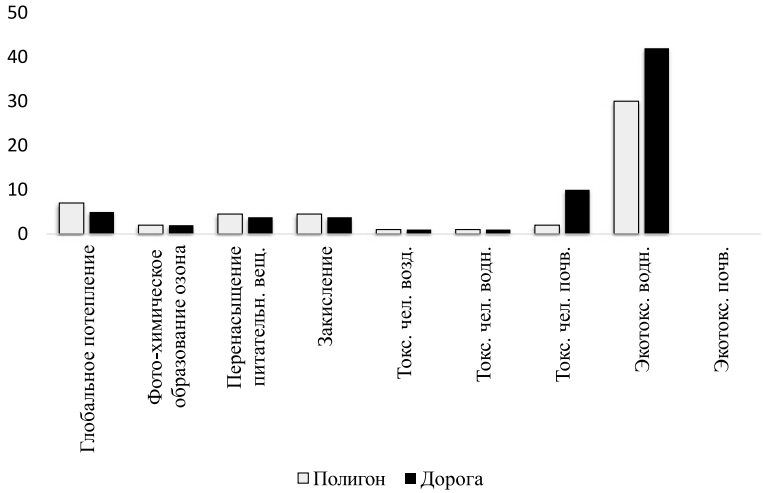


Рис. 6.4. Сравнение двух методов утилизации зольного остатка: строительство дорог или складирование на полигоне [139]

Взвешивание. Выражает значимость различных категорий воздействий и потреблению ресурсов, отражает относительную важность в рамках данного исследования в соответствии с его целями.

Взвешивание потенциала экологического воздействия. Даже если вклад в две различные категории воздействий одинаково большой при нормализации, это не означает автоматически, что потенциалы воздействий одинаково серьезные. Чтобы осуществить прямое сравнение различных потенциалов воздействий, необходимо для начала провести оценку серьезности данной категории по отношению к другим. Эта задача выполняется на стадии взвешивания, когда производится группировка, ранжирование или количественное определение веса в соответствии с предполагаемой серьезностью различных категорий воздействий. Важность должна определяться на основе возможных последствий для четырех направлений природоохранной деятельности: здоровье людей,

природная среда, природные ресурсы и антропогенная среда. В идеале, факторы, влияющие на вес, назначенные для какой-либо категории воздействий, должны отражать способность показателя воздействий влиять на все четыре направления природоохранной деятельности и относительную важность каждой из этих четырех направлений. Вследствие многочисленных неопределенностей и пробелов в наших знаниях внутренних экологических механизмах на данный момент, оказалось очень сложно выработать универсальные факторы, определяющие вес. Вместо этого иногда используются политически определяемые цели по снижению экологических воздействий общества, отражающие реальный вес общества в различных экологических воздействиях.

Взвешивание потребления ресурсов. Часто используемый фактор, определяющий значимость, – это горизонт поставок, т.е. число лет, в течение которых может продолжаться текущий уровень потребления невозобновляемых ресурсов, прежде чем все известные экономические и технические резервы будут исчерпаны. Он отражает нехватку ресурсов по отношению к их потреблению. Для возобновляемых ресурсов нехватка может быть оценена на региональном уровне на основе общего потребления в регионе, где происходит процесс. Если они не потребляются быстрее, чем происходит возобновление, истощения не происходит, и их потребление не считается проблемой в оценке воздействия жизненного цикла. Если ресурсы потребляются быстрее, чем регенерируются, горизонт поставок можно определить как число лет, которое пройдет, прежде чем ресурсы истощатся, на основе текущих оценок потребления и регенерации. В этой ситуации потребление возобновляемых ресурсов может быть взвешено так же, как и потребление невозобновляемых ресурсов.

6.2.2.4. Интерпретация

На стадии интерпретации ОЖЦ результаты интерпретируются с учетом поставленной цели и ограничений, налагаемых сферой применения. Результатом интерпретации может быть рекомендация для лиц, принимающих решения, которые обычно сравнивают этот результат с другими критериями (например, экономическими и социальными аспектами). Интерпретация может также предоставить входную информацию для дальнейших итераций, обзоров и возможного изменения сферы применения, сбор данных для инвентаризации и/или оценка воздействия. При интерпретации ОЖЦ необходимо учитывать такие элементы, как анализ чувствительности, ограничения исследования и внешняя проверка. Очень важно понимать предположения и неопределенности, связанные с ОЖЦ, даже если они ведут к заключениям, что ОЖЦ пока не является

достаточно развитым, чтобы выбрать одну систему управления отходами в противовес другой.

Анализ чувствительности является неотъемлемой частью стадии интерпретации. Он определяет ключевые параметры ОЖЦ – те предположения, процессы и экологический обмен в модели, на которые опирается результат исследования. Значимость неопределенности в ключевых данных может быть оценена путем их варьирования в оцененных пределах и изучения влияния таких вариаций на результаты и заключения ОЖЦ. Учитывая, что во многих входных данных будет неопределенность, необходимы методики, учитывающие общий эффект неопределенности нескольких параметров.

В управлении отходами особенно важно оценивать чувствительность в отношении:

- потребления отходов;
- учета энергии и материалов, восстанавливаемых системой управления отходами;
- прогноза технологий в конце исследования;
- учета «выбросов по прошествии времени» в оценке воздействия долговременных выбросов полигонами металлов и органических соединений.

Ограничения

Сложность процесса ОЖЦ и крупные объемы данных, необходимых для полноценного исследования, приводят к некоторым неизбежным ограничениям. Во-первых, как уже обсуждалось выше, необходимы однородные данные для изучаемого процесса. Например, если процесс включает десять операций и для двух из десяти нет данных по NO_x, то невозможно присвоить значение нуль отсутствующим данным. Во-вторых, стадия инвентаризации не показывает выбросы в пространственном разрешении. Таким образом, конечный уровень сокращения выбросов может быть суммой увеличения выбросов в одном месте и более сильным снижением выбросов в другом месте, возможно, за океаном. В-третьих, выбросы не представлены во временном разрешении. Представлен только полный объем выбросов, а не реальный уровень выбросов. Такие результаты применимы к полигонам, где внутренние физические, химические и биологические процессы происходят в течение длительного времени. Наконец, научная часть процесса сложна, поэтому, представляя результаты, необходимо проявлять большую осторожность. Инженеры и ученые привычны к таким ограничениям, и они не склонны к употреблению ярлыков вроде «хорошо» или «плохо», которые часто требуются в политических и управленческих процессах.

Отчетность и критический обзор

Система, анализируемая в процессе ОЖЦ, обычно является комплексной. Более того, проведение ОЖЦ включает в себя несколько выборов и предположений, которые могут выдать сомнительный или, по крайней мере, неопределенный результат, непонятный для неспециалистов. Поэтому существует требование ISO о прозрачности отчета и о наличии в нем достаточной информации относительно:

1) результатов;
2) источников и оценки данных;
3) методов;
4) предположений;
5) ограничений исследования.

Также рекомендуется, а для некоторых применений является обязательным, в соответствии со стандартами ISO для ОЖЦ, чтобы третьей стороной был составлен критический обзор исследования.

6.2.2.5. Использование компьютерного инструментария и баз данных

Системы управления отходами могут иметь дело с большим количеством материалов и химикатов, а также с разными видами энергии и производить разнообразные вторичные материалы и продукты энергетики. Поэтому существуют базы данных по экологическим процессам для наиболее распространенных процессов и материалов. В них содержится информация об экологическом обмене в расчете на функциональный выход процесса, например, на кВч выпускаемого электричества для электростанций, на кг (для большинства материалов), на кг–км или на $м^3$–км для транспортных процессов и т.д. Пользователь данных сочетает эту информацию со знаниями о том, насколько система управления отходами зависит от данного процесса, например, кг полиэтилена используемого в производстве баков для сбора отходов.

Данные инвентаризации жизненного цикла (LCI) могут содержаться в базе данных без дополнительного функционала или в качестве программных инструментов, включающих собственные и внешние данные по LCI.

Примерами баз данных по LCI являются Ecoinvent 3.1, предоставленная Swiss Centrefor Life CycleInventories (http://www.ecoinvent.org/), и Europea Reference Life Cycle Data System ELCD, предоставленная JRC. При этом Ecoinvent 3.1 используется в различных программных инструментах, таких как GaBi и SimaPro. Она содержит около 2 800 наборов данных. Лицензирование платное. Обновление наборов данных выполняется каждые 1–2 года. ELCD содержит 440 наборов данных (на конец

2013 г.) о промышленных объектах, таких как химические и металлообрабатывающие заводы. Она также содержит данные по процессам производства энергии, транспортировки и утилизации. Наборы данных доступны бесплатно и их можно скачать, пройдя по ссылке http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/процессList.xhtml.

Различные базы данных имеют разное количество наборов данных, от нескольких сотен до более тысячи. Для полномасштабной ОЖЦ требуется как можно больше данных. Однако большее количество наборов данных в базе не обязательно означает хорошее качество данных. Качество данных можно определить по следующим характеристикам: местоположение, год, источник данных, сбор и подготовка данных (оценочные, отклоняющиеся, усредненные), полнота данных, технологическая и географическая репрезентативность. Базы данных вроде Ecoinvent, ELCD и GaBi-prof содержат подробные метаданные в соответствии с указанными характеристиками качества. Наборы данных Ecoinvent также хорошо задокументированы в специальных справочниках с информацией об источниках. В отличие от, например, баз данных Ga Bi, Sim Pro и GEMIS, у которых отсутствует детальная документация.

Существуют различные программные инструменты для поддержки моделирования систем, включая стадии инвентаризации и оценки воздействия. Эти инструменты часто упрощают доступ к наиболее важным базам данных по LCI и могут быть сосредоточены на специальных задачах, например, для полномасштабной ОЖЦ для методов скрининга или для упрощенной ОЖЦ. Полномасштабная ОЖЦ выполняется редко. Это слишком сложная задача, требующая временных затрат и поэтому дорогостоящая, так что малые и средние предприятия не могут ее себе позволить. По этой причине созданы альтернативные методологии инвентаризационного анализа, такие как упрощенная ОЖЦ или приблизительная ОЖЦ. Упрощенная ОЖЦ основана на более простой процедуре инвентаризационного анализа, постановке более узких задач и более узкой сфере применения. Приблизительная ОЖЦ объединяет продукты в группы с похожими экологическими и другими характеристиками и использует упрощенную методологию оценки воздействие. В табл. 6.4 представлен обзор некоторых наиболее часто используемых программных инструментов, включая базы данных.

В настоящее время наиболее часто используемые программные инструменты для ОЖЦ – это Sima Pro, Ga Bi и Umberto.

Таблица 6.4

Специализированные программные средства для ОЖЦ (в алфавитном порядке) [155]. LCWE – Life Cycle Work Environment (внешние условия жизненного цикла); LCC – Life Cycle Costing (оценка затрат в жизненном цикле)

Название/ Версия	Владелец/ Разработчик	Ссылка	Описание
Boustead Model 5.0	Boustead Consulting (GB)	http://www.boustead-consulting.co.uk	Инструмент подходит для полномасштабной ОЖЦ; около 13,00 наборов данных; высокая цена приобретения
ECO-it	Pre Consultants (NL)	http://www.pre.nl/eco-it/default.htm	Инструмент для скрининга наборов данных; затраты на приобретение.
Ga Bi 4	PE international (DE)	http://www.oeko.de/servise/gemis	Инструмент подходит для полномасштабной ОЖЦ; возможно расширение со специализированными базами данных; всего 638 наборов данных; лицензирование платное; может использоваться с Econinventdatabase; совместим с LCC и LCWE
GEMIS 4.5	Ökoinstitut + UBA Berlin (DE)	http://www.oeko.de/service/gemis	Инструмент подходит для полномасштабной ОЖЦ; около 6100 наборов данных, бесплатный для некоммерческого использования, платный для коммерческого использования.
Green-E	Ecointesys (CH)	http://www.green-e.ch	Совместим с LCC и LCWE
IDEMAT	TU Delft (NL)	http://www.idemat.nl	Инструмент для скрининга, лицензирование платное
REGIS	Sinum AG (CH)	http://www.sinum.com/	Затраты на приобретение; совместим с LCC
Sima Pro	Preconsultants (NL)	http://www.pre.nl/simapro/default.htm	Инструмент подходит для полномасштабной ОЖЦ; более 5000 наборов данных, лицензирование платное в зависимости от используемой базы данных; совместим с LCWE и LCC

Название/ Версия	Владелец/ Разработчик	Ссылка	Описание
TEAM	Ecobilan-Pricewaterhouse Coopers (FR)	http://www.ecobilance.com/	Инструмент для скрининга наборов данных; около 300 модулей данных; единственная лицензия, лицензирование платное: совместим с LCC
Umberto	Pre consultants (NL) + lfu Hamburg (DE)	http://www.umberto.de	Инструмент подходит для полномасштабной ОЖЦ; возможно расширение со специализированной базой данных; около 1200 модулей данных; высокие затраты на лицензирование; совместим с LCC

Sima Pro (www.simapro.com/) – широко используемый инструмент для ОЖЦ. Он является простым в использовании, но при этом достаточно мощным для моделирования систем продуктов, в частности, использующих распределение между множественными выходящими процессами, предотвращенное производство продуктов в процессах переработки, комплексные сценарии обращения с отходами и т.д. Он включает анализ по методу Монте-Карло для количественной оценки неопределенности данных. SimaPro включает базу данных Ecoinvent и 8 других баз данных (например, US LCI, ELCD, LCAfood и др.).

Ga Bi (www.gabi-software.com/) – инструмент для ОЖЦ, используемый в промышленности, науке, образовании и консультировании. Он также дает возможность проводить обоснованную и детальную оценку затрат в изучаемой системе (life-cyclecosting [LCC]) и использовать программное обеспечение в поддержке экологического менеджмента на месте и в схемах аудита (EMAS). Применяемые инструменты оценки затрат позволяют пользователю построить точные модели затрат на материалы/ энергию, персонал и оборудование.

Umberto (http://www.umberto.de/en/) – инструмент, предназначенный для визуализации систем материальных и энергетических потоков. Данные взяты из внешних информационных систем или рассчитаны при помощи модели. Графический пользовательский интерфейс позволяет визуализировать даже сложные структуры: производственные объекты компании, цепи процессов или оценку жизненного цикла (ОЖЦ). Данный инструмент может оценивать потоки и запасы при помощи показателей эффективности. Возможно, масштабирование в единицах продукции или в единицах времени. Кроме того, можно показать

и проанализировать экологические затраты системы. Также присутствуют специфические функции, например, учет и распределение затрат.

Больше инструментов для ОЖЦ можно найти на веб-сайте Europa, посвященном инструментам, сервисам и данным по ОЖЦ:

http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/toolList.vm, а также на сайте EcoSMEs-site, посвященном программным средствам для ОЖЦ: http://ex-elca2.bologna.enea.it/cm/navContents?l=EN&navID=lcaSmesStandardReg&subNavID=3&pagID=1&flag=1.

Несколько программных инструментов разработаны специально для моделирования ОЖЦ и оптимизация систем управление отходами (например, EASETECH, ORWARE), подробности можно найти в [190].

6.2.3. Применение ОЖЦ

6.2.3.1. Сферы применения

Сегодня ОЖЦ используется для поддержки решений компаниями, промышленными организациями, разработчиками политики, правительственными и неправительственными учреждениями. В Европейском Союзе (ЕС) ОЖЦ стал важным инструментом поддержки решений во всех аспектах управления отходами. Некоторые примеры применения ОЖЦ в промышленности и при разработке политики показаны в табл. 6.5.

6.2.3.2. ОЖЦ на промышленном уровне и на уровне компании

Достаточно большое количество компаний, особенно крупных и экологически ориентированных, применяют ОЖЦ в процессе принятия решений. Например, исследования показывают, что около половины крупных компаний на севере Европы и в США публикуют отчеты о проведении ОЖЦ своих продуктов. Использование ОЖЦ обычно различается в зависимости от размеров компании и страны, в которой компания ведет свою деятельность. Крупные компании, такие как Unilever и BMW, обычно имеют целый отдел, специализирующийся на моделировании ОЖЦ. Принятие и использование ОЖЦ также определяется стадией жизненного цикла продукта и природой конкуренции [191]. Производители конечных продуктов склонны использовать ОЖЦ в развитии продукта в тех случаях, когда предполагается возможность улучшений системы и повышение конкурентоспособности. Производители материалов (например, алюминий, пластик) склонны использовать анализ жизненного цикла в целях защиты в экологических вопросах и в попытке влиять на политику в этой сфере. Возможные применения ОЖЦ в реальном бизнес-контексте приведены на рис. 6.5.

Таблица 6.5

Примеры применения ОЖЦ (на основе [192])

Промышленное применение	Применение при формировании политики
Коммуникация	Критерии экомаркировки
Экологическая отчетность	Процедуры экоаудита
Сравнение продуктов	Показатели экологической эффективности
Разработка/совершенствование продуктов	Программы более чистой технология/производство
Более чистая технология/производство	Политика продукта
Экологический менеджмент/стратегическое планирование	Политика управления отходами
Управление продуктом	Подход Integratedchainmanagement
Показатели экологической эффективности	Определение лучших доступных технологий (ЛДТ)
Бенчмаркинг	Бенчмаркинг
Учет стоимости жизненного цикла	Разработка экологического налогообложения

Важными движущими силами для проведения ОЖЦ в компании могут быть необходимость экономии или экологические споры и проблемы в отношении продукта. Роль экологических групп и организаций потребителей также необходимо принимать во внимание. Долгосрочная и проактивная ориентация компаний способствует началу ОЖЦ, так как она помогает проанализировать и описать будущие проблемы и риски продуктов. Тем не менее, сложность методологии ОЖЦ, затраты на использование программных продуктов и баз данных, а также другие барьеры затрудняют широкое использование ОЖЦ, в частности, для малых предприятий. Обзор преимуществ и недостатков использования ОЖЦ представлен ниже в табл. 6.6.

Целостный подход является важным преимуществом ОЖЦ при использовании для поддержки принятия решений с экологической точки зрения, например, в развитии нового продукта или системы управления отходами. Однако для окончательного решения важны и другие факторы, такие как предпочтения потребителей, экономическая целесообразность и политические приоритеты.

Рис. 6.5. Возможные применения ОЖЦ в реальном бизнес-контексте [195]

Таблица 6.6

Обзор преимуществ и недостатков ОЖЦ [186]

Преимущества	Недостатки
Выявляет потоки материалов и энергии, которые могут быть не выявлены другими методами. Обеспечивает поддержку решений для новых эффективных способов удовлетворения человеческих потребностей при сниженном экологическом воздействии. Может служить основой для списков/руководств в экодизайне. ОЖЦ может использоваться как основа для обучения и диалога об относительной важности различных экологических аспектов. Результат основан на прозрачном системном анализе и объективных измерениях. Возможность представить результаты за пределами компании. Возможность сравнить экологическую эффективность различных решений.	Проведение ОЖЦ нового продукта/процесса дорого и трудно. Данные часто отсутствуют или низкого качества, поэтому ОЖЦ часто должна быть основана на коротких сессиях измерений, теоретических расчетов и оценок. Для проведения полной ОЖЦ обязательны данные и специальные знания. Не существует единого метода оценка воздействия. Временной аспект затрудняет использование ОЖЦ в процессе разработки продукта. Существует недостаток сравнимых и достоверных данных по ОЖЦ. Часто бывает трудно четко определить границы системы продукта.

6.2.3.3. ОЖЦ в управлении отходами: анализ кейсов

Экологические воздействия, например, от сжигания, децентрализованного компостирования и централизованного анаэробного брожения твердых органических бытовых отходов сопоставлялись в исследовании, проведенном авторами [193] с использованием инструмента ОЖЦ EASEWASTE [194]. Сравнение основано на подробном анализе кейса: ОЖЦ, проведенная в жилом районе в Швеции с 1631 многоквартирными домами. Раздельно собранные органические отходы использовались в децентрализованном компостировании с 2000 г. С 2008 г. органические отходы (только пищевые) использовались для производства биогаза в централизованных анаэробных перегнивателях. Раздельный сбор и переработка пищевых органических отходов с использованием разных технологий все чаще встречается в шведских муниципалитетах, и ОЖЦ может помочь исследовать, какой вид переработки является предпочтительным с экологической точки зрения.

Описание сценариев

Четыре сценария оценивались в отношении экологических воздействий системы управления органическими бытовыми отходами:

A. Пищевые и другие органические отходы не разделяются и сжигаются вместе с остатками на мусоросжигательном заводе с производством энергии. Произведенная энергия используется для замещения электричества и тепла.

B. Пищевые и другие органические отходы сортируются потребителями и перерабатываются в децентрализованных компостных реакторах в жилом районе. Произведенный компост используется для замещения производства садовой земли (торфа и коммерческих удобрений).

C1. Пищевые отходы сортируются в бумажных пакетах потребителями. Произведенный биогаз очищается и используется как топливо для замещения бензина в легких автомобилях. Дигестат используется на сельхозугодиях для замещения коммерческих удобрений. Для оценки фильтрации азота в форме нитратов в грунтовые воды и стока в поверхностные воды разработаны два сценария – для песчаной и суглинистой почвы (C1a, C1b).

C2. Аналогичен C1, но произведенный биогаз не очищается; он используется для производства электричества и теплоэнергии.

Границы системы и представление данных. Границы системы включают: сбор и транспортировку, производство пластиковых/бумажных пакетов для раздельного сбора, входящие потоки (например, энергия) и выбросы от предварительной переработки (механическая обработки

перед транспортировкой на завод по производству биогаза), производство и очистка биогаза, процессы компостирования и сжигания, выбросы от разбрасывания и использования компоста и дигестата на землях, обработка и складирование остатков от сжигания. Экологическая оценка состоит из:

a) замещения энергии ископаемого топлива (бензин, электричество и теплоэнергия) путем потребления энергии биогаза;

b) замещения минеральных удобрений и торфа путем производства компоста и дигестата. Производство и удаление биогаза, оборудование для компостирования и сжигания и мусорные баки не учитываются. При оценке воздействий компостирования не учитывается связывание углерода в почве.

Для оценки были выбраны пять категорий экологически значимых воздействий: потенциал глобального потепления (GWP), закисление (A), перенасыщение питательными веществами (NE), стратосферное истощение озонового слоя (ODP) и фотохимическое образование озона (POF). Результаты представлены в человеческом эквиваленте (PE) с использованием эталона нормализации EU-15 (т.е. экологические воздействия от граждан стран EU) в 2003 г., кроме GWP и ODP, где использовалось глобальное среднее экологическое воздействие. Представление результатов в человеческом эквиваленте (см. рисунок 6.5) означает, что выбросы соединений, оказывающих воздействие в категориях, где выбросы общества уже высоки (например, GWP), имеют относительно меньшую важность по сравнению с категориями, где воздействие в расчете на человека в настоящий момент невелико (например, перенасыщение питательными веществами и закисление).

Количество и состав органических отходов. Количество органических отходов основано на предыдущих записях о разделении отходов для компостирования, поэтому используется функциональная единица 24,9 кг органических отходов на человека$^{-1}$ в год$^{-1}$. Состав и доля сортированных органических отходов основаны на предыдущих мероприятиях по мониторингу в этой местности. Другие параметры отходов (теплоемкость, производство метана, содержание питательных веществ) взяты из литературы.

Системы сбора и транспортировки.

A. Пищевые отходы выбрасываются вместе с остатками в пластиковых пакетах, собираются и перевозятся на мусоросжигательный завод.

B. Пищевые отходы разделяются в пластиковых контейнерах (без пакетов). Содержимое контейнера перевозится на склад и упаковывается в пакеты.

C. Пищевые отходы разделяются в бумажных пакетах.

Данные по экологическому воздействию от производства бумаги и пластиковых пакетов собраны у производителей или в доступных базах данных (EDIP/UIMP). Потребление автомобильного топлива при сборе отходов и расстояния транспортировки специфичны для муниципалитета. Данные о выбросах от транспортировочных машин взяты из открытых источников.

Сжигание органических отходов. Выбросы от сжигания пищевых отходов состоят из зольного остатка, золы уноса, шлама и выбросов в воздух. Зола уноса транспортируется для дальнейшей переработки, шлам и зольный остаток складируются на полигоне. Производство энергии на заводе велико в связи с извлечением тепла из отходящих газов (108 %, если добавить производство электрической и тепловой энергии, 20,3 % электричества и 87,7 % теплоэнергии). Выбросы в воздух от сжигания отходов различаются в зависимости от состава сжигаемых отходов. Но предполагается, что некоторые выбросы в воздух (например, диоксины, CO, частицы, SO_2, NO_x, HCl и HF) зависят от процесса и основаны на технологии на конкретном мусоросжигательном заводе. В исследовании использовались данные по выбросам этих соединений в конкретной местности.

Используемое и замещенное электричество и отопление. Использовались среднестатистические данные по производству энергии, т.е. электричество и тепло, произведенное мусоросжигательным заводом, использовалось для замещения среднестатистического шведского производства электричества и среднестатистического отопления в данной местности. Влияние этих данных было оценено в анализе чувствительности, где использовались два различных маргинальных метода производства энергии – в первом случае использовалось топливо, обладающее не очень большим потенциалом, а в другом с высоким содержанием ископаемого топлива. Они выбирались на основе текущих тенденций статистического распределения между разными источниками энергии Швеции. Сравнивалось количество электричества, произведенного угольной электростанцией и ветряной электростанцией. Сравнивались следующие технологии: маргинальная технология производства тепла на ТЭЦ на основе деревянной щепы (низкий потенциал) и альтернативный метод, основанный на теплоэнергии угля (высокий потенциал). Выбросы, связанные с производством электричества и тепла (NO_3, эквивалент SO_2, эквивалент C_2H_4, CO_2/кг·МВ·ч$^{-1}$) взяты из баз данных и других источников.

Компостирование органических отходов. Некоторые данные, используемые для моделирования компостирования (содержание P, N, K, соотношение C/N, образование фильтрата и использование деревянной

щепы) зависят от местности. Кроме того в процессе использовались данные предыдущих мероприятий по мониторингу. Для компостирования биофильтры не использовались, а выбросы в воздух в процессе компостирования (NH_3, N_2O, N_2 и CH_4), зависящие от места, не измерялись. Данные по атмосферным выбросам, разложению органических веществ и использованию энергии оценивались по предыдущим исследованиям компостирования органических отходов. Фильтрат, произведенный в компостных реакторах, подлежит рециркуляции. Деревянная щепа использовалась в качестве структурного материала для стабилизации аэробного процесса, данные по экологическому воздействию от ее производства были взяты в базе данных UIMP.

Анаэробное брожение пищевых отходов. Пищевые отходы предварительно перерабатывались бумагорезательной машиной, чтобы открыть бумажные пакеты, и прессовались винтовым прессом. Информация о заводе по предварительной переработке (например, % остатков, потребление электричества и воды, содержание сухого вещества) основана на данных производителя. Органический субстрат смешивался с водой и транспортировался в цистерне 92 км на завод по производству биогаза, где подвергался брожению совместно с другими отходами (навоз и остатки пищевых производств). Данные по содержанию метана, потреблению энергии, нежелательным потерям метана и т.д. собраны на реальном заводе по производству биогаза. Данные, не являющиеся специфичными для местности, использовались только в случае деградации органического вещества.

Варианты использования продукции переработки отходов

Компост используется в приготовлении среды для выращивания замены торфяных, N, P и K удобрений. Количество замещенных коммерческих удобрений (P, K и N) основано на данных для конкретного района о содержании макроэлементов в компосте. Замещение торфа рассчитывается по массе. Доступность макроэлементов в компосте по сравнению с химическими удобрениями может сильно различаться. На основе литературных данных использовались величины 30, 100 и 100 % для N, P и K, соответственно. Влияние этих предположений было оценено в анализе чувствительности. Для того, чтобы результаты сценария анаэробного брожения можно было сравнить со сценарием компостирования, к сценарию были добавлены выбросы N_2O и нитратов в объеме, в котором они предположительно соответствовали использованию дигестата на сельхозугодиях.

Использование биогаза и остатков от предварительной обработки. Тепло, произведенное *при сжигании остатков от предварительной*

обработки пищевых отходов, предполагалось в качестве заменителя среднего регионального районного отопления (100 %).

C1. Произведенный биогаз предполагается использовать для производства топлива для транспорта (30 %) и тепла (70 % с КПД 85 %). Произведенное тепло используется для внутренних нужд завода и для отопления района.

C2. Произведенный биогаз предполагается использовать для совместного производства электричества и тепла (КПД 85 %).

Использование дигестата. Использовались средние отчетные данные по использованию энергии для разбрасывания дигестата на сельхозугодиях. Доступность макроэлементов в дигестате по сравнению с использованием химических удобрений была установлена на 70/100/100 % для N, P и K, соответственно. Пути выбросов азота оценивались на основе литературных данных: потери азота в виде газообразных продуктов от использования дигестата как источника аммиака были предположительно на уровне 5 %; образование сильного парникового газа N_2O также было взято из рекомендаций IPCC; для оценки фильтрации азота (в виде нитратов) в грунтовые воды и сток в поверхностные воды были разработаны два сценария – для песчаной и суглинистой почвы (C1a, C1b). Оценка экологического воздействия от производства химических удобрений была основана на литературных данных для удобрений, используемых в Швеции.

Анализ чувствительности

Анализ чувствительности проводится с целью:

- Оценить влияние допущений относительно доли замещения и типа замещаемых товаров (энергии и удобрений).
- Оценить, в какой степени вариации в литературных данных относительно некоторых конкретных входных параметров влияют на результат.
- Оценить воздействие развития технологии, как в системе переработки, так и в производстве замещаемых продуктов.

Впоследствии проводится модификация сценариев с изменением следующих параметров:

- тип энергии, используемой и заменяемой во всех сценариях (уголь против энергии ветра, ископаемое топливо против тепловой энергии биотоплива);
- потери N, коэффициент разделения между соединениями N и влиянием установки биофильтров в сценарии компостирования B; выбросы N_2O от компостной почвы или брожения на сельхозугодия, а также использование N в сценариях компостирования и брожения B и C;

● заменяемые удобрения, которые предполагается производить в соответствии с лучшими доступными технологиями (с целью снижения выбросов N_2O); сокращение утечки метана в производстве и очистке биогаза сценарии С; оптимизация методики применения продуктов брожения (с целью снижения выбросов аммония).

Результаты

Наибольшее снижение совокупного экологического воздействия наблюдается в сценарии С1а (анаэробное брожение с использованием биогаза в качестве автомобильного топлива и использование брожения песчаных почв). Вклад в глобальное потепление является наибольшим в сценарии А (сжигание) и наименьшим в сценарии С1, после которого идет С2 (анаэробная переработка). Вклад в закисление и перенасыщение питательными веществами является самым высоким в сценарии В (компостирование), в основном в результате выбросов аммиака в воздух во время компостирования. Высокий сток нитратов из глинистых почв ведет к большому вкладу в перенасыщение питательными веществами в сценарии С1b. Вклад в POF в целом является низким. Выбросы метана являются одним из основных вкладов в POF, и самый высокий вклад наблюдается в сценарии В в связи с выбросами метана в процессе компостирования. Нежелательное высвобождение метана при биологической переработке в сценарии С компенсируется замещением производства и использованием биогаза в качестве автомобильного топлива и соответствующим предотвращением POF. Воздействие, связанное с ODP, незначительно во всех сравниваемых сценариях. Результаты оценки экологических воздействий сведены воедино в табл. 6.7 и на рис. 6.6.

Экологические воздействия в различных процессах цепи управления отходами представлены на рис. 6.7. Сжигание органических отходов в сценарии А предполагает нулевой вклад в выбросы парниковых газов. Но для выброса несортированных пищевых отходов требуется слишком большое количество пластиковых пакетов; кроме того, входящие материалы, используемые в процессе сжигания (тепло и электричество) отягощают сценарий А, при этом производство энергии из влажных пищевых отходов не может полностью компенсировать их. Так как предполагается, что производимая энергия лишь в небольшой степени замещает средний уровень электричества и тепла для Швеции, производимый на базе ископаемого топлива, предотвращение GWP путем замещение энергии в сценарии А является низким.

Таблица 6.7

Экологическое воздействие при сценариях A, B, C1a, C1b и C2. Выбросы, вносящие вклад в GWP, POF, перенасыщение питательными веществами, закисление и ODP представлены как эквиваленты, связанные с каждой категорией воздействий [193]

Сценарий	Перенасыщение питательными веществами (кгв эквиваленте NO_3)	Закисление (кгв эквиваленте SO_2)	POF (кгв эквиваленте C_2H_4)	ODP (в эквиваленте CFC-11)	GWP (кгв эквиваленте CO_2)
A	4,3	3,3	0,3	0,01	4230,1
B	1561,5	804,0	1,6	0,00	–4575,6
C1a	22,8	–82,6	–14,0	0,00	–9199,2
C1b	698,8	–82,6	–14,0	0,00	–9199,2
C2	741,9	–60,3	–6,5	0,00	–2908,2

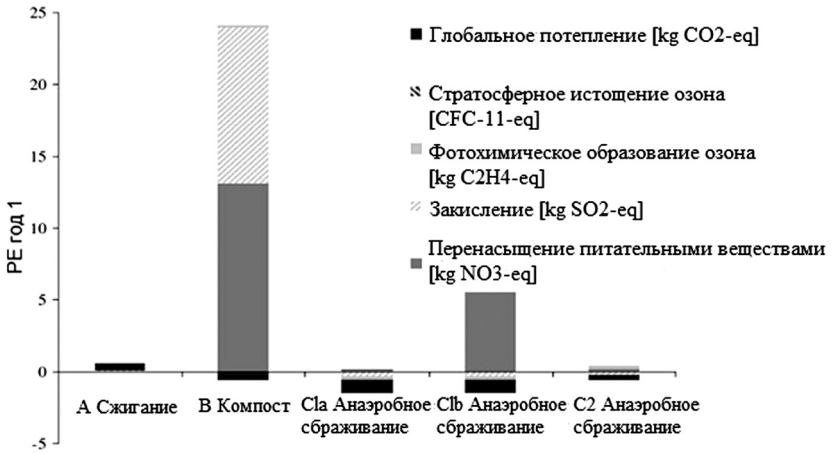


Рис. 6.6. Экологическое воздействие при сценариях A, B, C1a, C1b и C2 представлено в человеческом эквиваленте, связанном с оцениваемой категорией экологических воздействий [193]

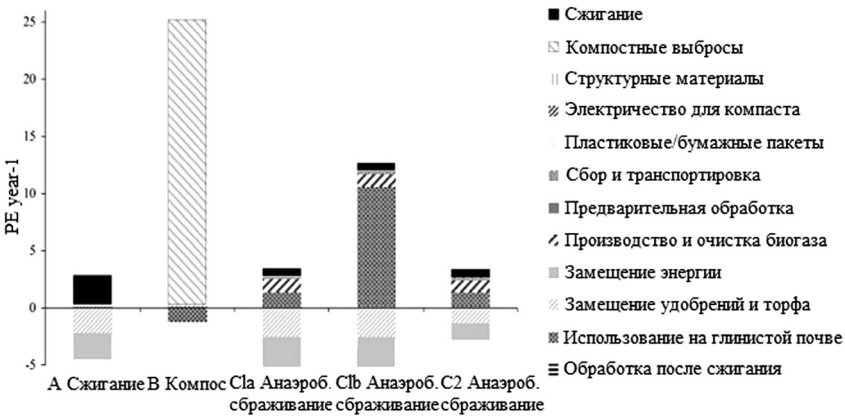


Рис. 6.7. Экологическое воздействие при сценариях A, B, C1a, C1b и C2, разделенное на различные процессы в цепи управления отходами как суммированная годовая оценка в человеческом эквиваленте GWP, POF, перенасыщения питательными веществами, закисления и ODP [193]

Высокий вклад в перенасыщение питательными веществами и закисление при компостировании в основном связан с выбросами NH_3 в процессе аэробного разложения. Выбросы CH_4, N_2O и CO_2 также имеют место, но их уравновешивает замещение торфа и удобрений, что приводит к общему предотвращению GWP в сценарии B. Экологическое воздействие, связанное с энергией, требуемой для компостных реакторов, транспортировкой и используемыми конструкционными материалами не слишком важны для общего экологического воздействия.

Сжигание отходов от предварительной переработки сортированных пищевых отходов и нежелательные выбросы метана при брожении и очистке биогаза вносят наибольший вклад в GWP в сценариях C1 и C2. Выбросы от транспорта производят малую часть общего экологического воздействия от анаэробной переработки. Выбросы аммиака при брожении на сельхозугодиях вносят наибольший вклад в закисление в сценариях C1 и C2. Использование брожения также дает наибольший вклад в перенасыщение питательными веществами при анаэробной переработке. Однако структура почвы может влиять на эти процессы в большой степени, так как сток нитратов в поверхностные воды сильно повышается с увеличением содержания глины в почве.

В целом, использование брожения и компоста от биологической переработки важно для общего экологического профиля этих вариантов. Замещение химических удобрений дигестатом может быть почти таким же важным, как предотвращение негативного экологического воздействия от анаэробной переработки в качестве замены ископаемого топлива и теплоэнергии, произведенным биогазом.

Таким образом, результаты показывают, что анаэробное сбраживание с использованием биогаза и брожения в качестве замены топлива для транспортных средств и химических удобрений, соответственно, ведет к более значительному предотвращению глобального потепления и фотохимического формирования озона по сравнению с компостированием или сжиганием пищевых отходов. Биологические методы переработки – как анаэробные, так и аэробные – дают предотвращение выбросов GHG, но не вносят большего вклада ни в перенасыщение питательными веществами, ни в закисление по сравнению со сжиганием. Результаты в большей степени зависят от замещения энергии и выбросов при биологических процессах. Если предположить, что производимый биогаз заменяет электричество, производимое с использованием угля, тогда это предпочтительнее по сравнению с использованием биогаза в качестве топлива для автомобилей. Использование биогаза как замены угольной энергии также оказалось более предпочтительным по сравнению со сжиганием органических бытовых отходов. Это связано в основном с использованием пластиковых пакетов при сжигании (по сравнению с бумажными пакетами в анаэробных процессах) и с использованием биоудобрений (брожения) при анаэробной переработке в качестве заменителя химических удобрений при сжигании.

Конечный GWP от всего процесса различен: от вредного воздействия, эквивалентного 2,6 кг CO_2 на каждое хозяйство за год использования сжигания, до предотвращения выбросов, эквивалентного 5,6 кг CO_2 на каждое хозяйство за год использования анаэробного брожения и применения произведенного биогаза в качестве автомобильного топлива. Воздействия часто зависят от процессов, расположенных далеко от организации, принимающей решение, поэтому важен целостный подход и активное сотрудничество между лицами, имеющими отношение к цепи управления отходами.

Исследование является примером того, как оценка жизненного цикла может использоваться в качестве инструмента поддержки принятия решений для органов управления, влияющих на обращение

с отходами, определяющих, какую стратегию использовать для выполнения национальных задач; данный метод может использоваться для сравнения экологических воздействий различных методов переработки органических отходов. ОЖЦ также может использоваться для определения «горячих точек» с высоким экологическим воздействием в цепи переработки, а это важнейший шаг к оптимизации цепи.

Как бы то ни было, исследование также показывает, что результаты такой оценки могут быть сложными, и они – выбор между альтернативами с лучшими экологическими показателями в некоторых аспектах и худшими в других, а также относительные истины, так как результаты и заключения, основанные на оценке, всегда зависят от изначально сделанных допущений. Экологический профиль энергии и материалов, замещенных продуктами, произведенными в цепи обращения с отходами, и допущения, связанные с выбросами, оказывают сильное воздействие на результаты и потенциально могут изменить иерархию сравниваемых альтернатив.

Глава VII. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

7.1. Необходимость внедрения экологического менеджмента на предприятиях

Система экологического менеджмента внедряется в целях дальнейшего совершенствования природоохранной деятельности предприятия и снижения отрицательного воздействия производства на окружающую среду. Кроме того система экологического менеджмента должна повысить эффективность управления производственным процессом.

На российских металлургических предприятиях наличие экологического сертификата является важной характеристикой компании, способствующей росту ее конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности. Актуальность внедрения системы экологического менеджмента на российских предприятиях возрастает также участия России в ВТО.

Экологический менеджмент является одним из видов специального менеджмента, представляет собой часть общей системы менеджмента, изучающего основные принципы и закономерности управления (организационная структура, функции управления, управленческий цикл, стратегия управления, планирование, мотивация, лидерство и др.).

Экологический менеджмент можно определить как специальную систему управления, направленную на сохранение качества окружающей среды, обеспечение нормативно-правовых экологических параметров и основанную на концепции устойчивого развития общества.

Существует два принципиальных варианта, при которых возможно внедрение экологического менеджмента на предприятии.

Первый вариант внедрения – это пассивная и ограниченная позиция, при которой руководители компаний объясняют свои действия нежеланием менять существующую систему экологического менеджмента, оправдывая это отсутствием квалифицированных специалистов в этой области, нехваткой материальных ресурсов и т.д. В этом случае все действия руководства направлены лишь на выполнение стандартных требований и получения соответствующего сертификата государственного стандарта.

Второй вариант – инициативный и активный, при внедрении которого происходит эффективное использование существующих внутренних резервов и возможностей, которые предоставляют хорошую

возможность осуществлять внедрение экологического менеджмента на предприятии, учитывая при этом национальные интересы и особенности страны, и не ограничивая себя рамками никаких стандартов. Следует особо отметить, что при таком подходе к внедрению системы экологического менеджмента металлургические компании могут свободно конкурировать с остальными организациями в своей отрасли, причем, не только на отечественном рынке, но также и на международном, используя при этом все дополнительные преимущества и возможности, которые возникли после внедрения экологического менеджмента.

7.2. Системы экологического менеджмента

Система управления отходами или система экологического менеджмента (Environmental management system, EMS) – это процедура управления и контроля в отношении воздействия организации на окружающую среду. Она содержит следующие формальные характеристики систем управления:

– цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act), дословно «планирование-действие-проверка-корректировка»;

– непрерывное улучшение;

– инструкции.

Система управления отходами включает в себя создание экологической политики, которая имеет цели и задачи, программу внедрения, мониторинг эффективности, коррекцию проблем и экспертизу системы. Также в системе управления отходами должны быть указаны основные ресурсы и лица, ответственные за разработку и реализацию экологической политики. Системы экологического менеджмента формализованы в стандарте ISO 14000 и в предписании EMAS.

7.2.1. Система EMAS

EMAS (**Eco Management and Audit Scheme,** Схема экоаудита и экоменеджмента) – это система добровольной сертификации в области экологического менеджмента, существующая с 1995 г., которая в настоящий момент является наиболее авторитетной и надежной системой управления отходами в Европе. Сертификат EMAS могут получить государственные и частные организации, осуществляющие деятельность во всех областях экономики как в Европейском Союзе, так и за его пределами.

Чтобы получить регистрацию EMAS, организация должна выполнить следующие шаги:

1. Провести *экологическую экспертизу* касаемо всех экологических аспектов деятельности организации, производимых ею продуктов и оказываемых услуг, методов их оценки, соответствующей законодательной и нормативной базы, текущей практики и процедур экологического менеджмента.

2. Принять *экологическую политику*, содержащую согласие выполнять все применимые требования экологического законодательства и осуществлять непрерывное совершенствование экологической деятельности.

3. Составить *экологическую программу* с указанием конкретных экологических целей и задач. Экологическая программа – инструмент, помогающий организации в ежедневной работе при планировании и внедрении улучшений.

4. На основе результатов экспертизы, внедрить эффективную *систему экологического менеджмента* с целью реализации экологической политики и непрерывного улучшения экологической деятельности. Система менеджмента включает в себя обязанности, средства достижения целей, процедуры, обучение, мониторинг и систему коммуникации.

5. Провести *экологический аудит для оценки*, в частности,системы менеджмента на месте и соответствие политике организации и программе, а также применимым нормативным требованиям.

6. Предоставить *официальный экологический отчет* о своей экологической деятельности с изложением результатов, достигнутых в отношении экологических целей и планируемых мероприятий с целью непрерывного улучшения экологической деятельности.

7. Экологическая экспертиза, система экологического менеджмента, процедура аудита и экологический отчет должны быть заверены аккредитованным экологическим верификатором. Заверенный отчет необходимо прислать в официальное представительство EMAS для регистрации и опубликовать в открытом доступе. После этого организация может использовать *логотип EMAS*.

При разработке документов EMAS необходимо учитывать Отраслевые справочники (Sectoral Reference documents, SRDs), разработанные для отдельных отраслей. Справочная информация касается:

– лучших практик экологического менеджмента (BEMP);

– показателей экологической деятельности для конкретных отраслей;

– эталонные показатели и системы рейтинга экологической деятельности.

7.2.2. Стандарт ISO 14001

Появление ISO 14000 – серии международных стандартов систем экологического менеджмента на предприятиях и в компаниях – называют одной из наиболее значительных международных природоохранных инициатив. Система стандартов ISO 14000, в отличие от многих других природоохранных стандартов, ориентирована не на количественные параметры (объем выбросов, концентрации вещества и т.п.) и не на технологии (требование использовать или не использовать определенные технологии, требование использовать НДТ).

Стандарт ISO 14001 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» входит в серию стандартов ISO 14000, которая определяет требования к системам экологического менеджмента.

Основным предметом ISO 14000 является система экологического менеджмента – environmental management system, EMS). Типичные положения этих стандартов состоят в том, что в организации должны быть введены и соблюдаться определенные процедуры, должны быть подготовлены определенные документы, должен быть назначен ответственный за определенную область. Основной документ серии – ISO 14001 (Системы экологического менеджмента (EMS) – спецификации и руководство по использованию) не содержит никаких «абсолютных» требований к воздействию организации на окружающую среду, за исключением того, что организация в специальном документе должна объявить о своем стремлении соответствовать национальным стандартам.

Системы EMAS и ISO/EN ISO 14001 имеют одну и ту же цель: обеспечить хороший экологический менеджмент. Однако требования EMAS выше, чем требования ISO 14001. Основные различия между этими двумя системами описаны в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Основные различия между EMAS и ISO 14001 (EMAS – Factsheet, 2011)

	EMAS	ISO/EN ISO 14001
Основные аспекты		
Правовой статус	Предписание Евросоюза № 1221/2009	Международный коммерческий стандарт в рамках частного права
Участие	Добровольное	Добровольное
Географические рамки	Глобальный	Глобальный
Цель и задачи	Непрерывное улучшение экологической деятельности организации	Непрерывное улучшение системы экологического менеджмента

	EMAS	ISO/EN ISO 14001
	Планирование	
Экологические аспекты	Всесторонний первичный экологический обзор текущего состояния деятельности, продукции и услуг	Требуется только процедура идентификации экологических аспектов Первичный обзор рекомендуется, но не является обязательным
Соблюдение правовых норм	Требуется подтверждение полного соблюдения правовых норм	Требуется только согласие соответствовать применимым правовым требованиям Нет аудита соответствия
Привлечение работников	Активное привлечение работников и их представителей	Не требуется (обе системы ISO 14001 и EMAS предполагают обучение сотрудников)
Поставщики и подрядчики	Требуется влияние на поставщиков и подрядчиков	Поставщики и подрядчики уведомляются о необходимых процедурах
Внешние связи	Обязателен открытый диалог с внешними заинтересованными сторонами Обязательна внешняя отчетность в виде регулярно публикуемого экологического отчета	Не обязателен диалог с внешними заинтересованными сторонами Не обязательна внешняя отчетность
	Контроль	
Внутренний экологический аудит	Аудит системы экологического менеджмента Аудит деятельности для оценки экологических мероприятий Аудит соответствия	Аудит системы экологического менеджмента только на соответствие требованиям стандарта
Верификатор/Аудитор	Экологические верификаторы аккредитованы/лицензированы и находятся под надзором государственных органов Обязательна независимость экологического верификатора	Сертификационные органы аккредитованы национальным аккредитационным органом Независимость аудитора рекомендуется

	EMAS	ISO/EN ISO 14001
Аудит	Инспекция документов и посещение предприятий согласно предписанию Проверка улучшения экологической деятельности Данные экологического отчета должны быть верифицированы	В стандарте нет правил сертификации (есть другие стандарты по аудиту и сертификации) Проверка деятельности системы экологического менеджмента, но не указывается обязательная периодичность
Облегченные условия для малых и средних предприятий	Период верификации увеличивается от 3 до 4 лет Обновляемый экологический отчет должен быть верифицирован только каждые 2 года (вместо ежегодного обновления) Экологический верификатор учитывает индивидуальные характеристики предприятия	Нет облегченных условий
Официальная регистрация	Каждая организация регистрируется в публично доступном реестре Каждая зарегистрированная организация получает регистрационный номер	Нет официальной регистрации
Логотип	Есть	Нет

В 1996 г. Еврокомиссия признала, что ISO 14001 может стать переходным этапом к EMAS. Принятие ISO 14001 в качестве элемента системы менеджмента EMAS позволяет организации легко перейти от ISO 14001 к EMAS без дополнительных усилий. Дополнительные шаги по регистрации EMAS будут следующими:

1) первичная экологическая экспертиза;

2) экологический отчет;

3) независимая проверка экологического отчета и экологической деятельности.

7.2.3. ISO 9000

Успешное руководство металлургическим предприятием и его функционирование обеспечиваются путем ее систематического и прозрачного управления. Успех может быть достигнут в результате внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества,

разработанной для постоянного улучшения деятельности с учетом потребностей всех заинтересованных сторон. Управление металлургическим предприятием помимо менеджмента качества включает в себя также и другие аспекты менеджмента.

ISO 9000 описывает основные положения систем менеджмента качества и устанавливает терминологию для систем менеджмента качества – ISO 9001 устанавливает требования к системам менеджмента качества для тех случаев, когда организация должна продемонстрировать возможность изготавливать продукцию, отвечающую требованиям потребителей и установленным к ней обязательным требованиям, и направлен на повышение удовлетворенности потребителей; ISO 9004 содержит рекомендации по повышению результативности и эффективности системы менеджмента качества и предназначен для улучшения деятельности организации и повышения удовлетворенности потребителей и других заинтересованных сторон;

ISO 9011 содержит методические указания по проведению аудита (проверки) систем менеджмента качества и охраны окружающей среды. Данный комплекс стандартов на системы менеджмента качества предназначен для улучшения взаимопонимания в национальной и международной торговле.

7.3. Законодательная и институциональная основа экологического регулирования

Современная структура системы экологического регулирования сочетает правовое регулирование по объектам с функциональным регулированием охраны окружающей среды и экологической безопасности. Основные ее элементы составляют: общая часть: Законы «Об охране окружающей среды», «Об экологической экспертизе», «Об особо охраняемых природных территориях» и др.; особенная часть: Земельный кодекс, Лесной кодекс, Водный кодекс, Законы «О недрах», «О животном мире», «Об охране атмосферного воздуха» и др. Основным в системе экологического регулирования является в настоящее время Федеральный закон «Об охране окружающей среды». Отношения по поводу землепользования, водопользования и лесопользования регулируются путем установления правовых основ их использования и охраны соответственно Земельным, Водным и Лесным кодексами Российской Федерации. Развитие экологического законодательства в дальнейшем предполагает разработку и принятие

пакета федеральных законов (в том числе о хозяйственной деятельности на территориях зон экологического бедствия, об экологических полигонах, экологическом аудите и др.). Кроме того, происходит расширение ареала действия экологического права, что связано с необходимостью эколого-правового регулирования хозяйственной деятельности на всех ее стадиях, разрешения споров между металлургическими предприятиями и природоохранными службами. Законом предусмотрены следующие виды ответственности за экологические правонарушения: дисциплинарная; материальная; административная; уголовная. На граждан и должностных лиц распространяется дисциплинарная, административная, уголовная, материальная ответственность. Предприятия, учреждения, организации несут административную и гражданско-правовую ответственность. Часто применяемой мерой ответственности за экологические правонарушения является административное взыскание. Оно подразумевает наложение штрафа и возмещение причиненного вреда. Наиболее жесткой мерой административного воздействия является решение о приостановке производственной деятельности. Управление природопользованием осуществляется всеми ветвями власти: представительной (законодательной), исполнительной и судебной. Каждая из них выполняет свои функции и имеет подразделения, уполномоченные для управления в сфере природопользования. К компетенции законодательной власти относится определение основных направлений государственной экологической политики, утверждение федеральных экологических программ, порядка организации и деятельности органов управления в области охраны окружающей среды, использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности, установление правового режима зон чрезвычайных экологических ситуаций, зон экологического бедствия и др. Законодательная власть имеет в составе Государственной думы Комитет по природным ресурсам и природопользованию и Комитет по экологии, включающий Высший экологический совет. В компетенцию органов исполнительной власти входят вопросы реализации государственной экологической политики, обеспечения разработки и реализации экологических программ, координация деятельности министерств и ведомств в области охраны окружающей среды, утверждения экологических нормативов воздействия на окружающую среду, порядка определения платности природопользования, организации особо охраняемых территорий, экологического образования и др. Правительство Российской

Федерации является высшим исполнительно-распорядительным органом страны и в соответствии со ст. 18 Федерального закона Российской Федерации «О Правительстве Российской Федерации» от 17 декабря 1997 г. № 2-ФКЗ выполняет следующие функции: обеспечивает проведение единой государственной политики в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности; принимает меры по реализации прав граждан на благоприятную окружающую среду, по обеспечению экологического благополучия; организует деятельность по охране и рациональному использованию природных ресурсов, регулированию природопользования и развитию минерально-сырьевой базы Российской Федерации; координирует деятельность по предотвращению стихийных бедствий, аварий и катастроф, уменьшению их опасности и ликвидации их последствий. На основании и во исполнение Конституции Российской Федерации, федеральных законов и указов Президента Российской Федерации по вопросам охраны окружающей среды и природопользования правительство издает постановления и распоряжения, а также обеспечивает их исполнение. В структуре исполнительной власти образован ряд специализированных подразделений, выполняющих функции, которые связаны с охраной природы и использованием природных ресурсов. Главным из них является Министерство природных ресурсов – федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере изучения, использования, воспроизводства и охраны природных ресурсов. Министерство природных ресурсов Российской Федерации осуществляет координацию и контроль деятельности находящихся в его ведении специальных органов. Кроме того, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору также выполняет ряд функций по управлению природопользованием. Она является специально уполномоченным государственным органом в области экологической экспертизы, охраны атмосферного воздуха. Служба является регулирующим органом по Конвенции о ядерной безопасности и компетентным органом Российской Федерации по Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением. Кроме того, она осуществляет нормативное правовое регулирование по вопросам взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду. В состав федеральных служб входят территориальные органы управления.

7.3.1. Правовые и организационно-методические основы экологического менеджмента в РФ

С целью развития эколого-ориентированных производственных процессов в металлургической отрасли существует комплекс мер организационно-экономического стимулирования интереса в данной сфере, а именно:

1) нормативно-правого обеспечения;

2) финансово-экономического механизма;

3) организационно-методического обеспечения;

4) научно-методического и информационного обеспечения;

5) системы подготовки и повышения квалификации.

В рамках обозначенных механизмов необходимо выделить *две группы мер правового и организационно-методического развития:*

1) *Меры по повышению ответственности юридических и физических лиц за нарушение экологического законодательства* (в т.ч. усиление контроля за соблюдением требований в области обеспечения экологической безопасности производственных процессов и инновационной продукции (услуг); укрепление системы прокурорского надзора и реагирования в сфере обеспечения экологической безопасности хозяйственной и иной деятельности; развитие материального поощрения общественного экологического контроля инновационной деятельности; иное);

2) *Меры по увеличению заинтересованности юридических и физических лиц в развитии и участии в эколого-ориентированной инновационной деятельности* (в т.ч. развитие системы добровольной сертификации и экологического страхования при осуществлении инновационной деятельности; предоставление налоговых льгот экономическим субъектам, осуществляющим эколого-ориентированную инновационную деятельность; развитие государственной поддержки экологической экспертизы инновационных проектов; иное).

С*реди специальных мер, направленных на стимулирование инновационного развития в области экологического менеджмента* следует обозначить следующие:

1. Разработка приоритетов государственной инновационной, научно-технологической и промышленной политики, направленных на реализацию направлений экологизации экономики по направлениям: «экология человека», «экология производства», «экология бизнеса», «экология природной среды», запланированных Концепцией долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года (от 17 ноября 2008 г. № 1662-р), с учетом региональной и отраслевой специфики экологических проблем.

2. Разработка современного механизма формирования Государственного заказа на развитие эколого-ориентированных процессов производства и на эколого-ориентированную инновационную продукцию (услуги).

3. Совершенствование финансово-экономического обеспечения развития эколого-ориентированной инновационной деятельности.

4. Развитие института независимой экологической экспертизы научной продукции, которая должна стать обязательным элементом конкурсного отбора проектов и исполнителей научных исследований и разработок.

5. Разработка и внедрение системы стимулирования производства и потребления инноваций в сфере экологической безопасности и рационального природопользования.

6. Формирование и проведение кратко и среднесрочной государственной поддержки отечественных товаропроизводителей (в том числе на международном рынке), производящих конкурентоспособную инновационную эколого-ориентированную продукцию (услуги) и развивающих эколого-ориентированные производственные процессы.

7. Развитие национальной интегрированной информационно-коммуникационной инфраструктуры, обеспечивающей формирование единого информационного пространства инновационной деятельности по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники (в т.ч. в сфере обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования) по направлению повышения спроса различных субъектов на инновации в сфере экологической безопасности и рационального природопользования.

8. Повышение экологической грамотности и образованности в сфере экологии, рационального природопользования, управления экологической безопасностью в целях увеличения потребительского спроса различных субъектов на эколого-ориентированные продукцию и услуги, пробуждения интереса к предпринимательской деятельности в сфере развития экологического бизнеса по производству и предоставлению инновационной продукции (услуг), расширения участия в инновационной деятельности в сфере обеспечения экологической безопасностью и рационального природопользования.

9. Разработка дополнительных нормативных актов к Федеральному закону 217-фз о малых инновационных предприятиях при вузах и других бюджетных организациях, направленных на повышение интереса научно-образовательного сообщества к разработкам, внедрению и продвижению инноваций в сфере экологической безопасности и рационального природопользования.

Следует отметить, что в административном регулировании главное место занимают: разрешения, нормативы на выбросы, сбросы загрязняющих веществ, образование и размещение в окружающей среде отходов производства и потребления, лицензии на различные виды деятельности; применение процедуры экологической экспертизы как средства контроля за осуществлением всевозможных проектов, процедуры ОВОС; прямая проверка деятельности предприятий и источников загрязнения органами, уполномоченными осуществлять соответственно федеральный, областной и муниципальный экологический контроль; добровольный экологический аудит – оценка воздействия предприятия на окружающую среду в ходе хозяйственной деятельности (под экологическим аудитом понимается квалифицированный независимый анализ, оценка, разработка соответствующих рекомендаций и предложений по результатам деятельности).

7.3.2. Добровольные Государственные стандарты ИСО 14001, ИСО 14004, ИСО 140010, ИСО 140011, ИСО 140012 в РФ на базе международных стандартов ИСО 14000

Серия стандартов ИСО 14000 предоставляет практический инструментарий для компаний и организаций, стремящихся определить и контролировать их воздействие на окружающую среду и постоянно улучшать свои экологические показатели. В ИСО 14001:2004 и ИСО 14004:2004 основное внимание уделено системам экологического менеджмента. В других стандартах серии акцент сделан на конкретные экологические аспекты, такие как анализ жизненного цикла, обмен информацией и аудит. ИСО 14001:2004 устанавливает критерий для системы экологического менеджмента, и по этому стандарту может быть проведена сертификация. Он не устанавливает требований для экологических показателей, но намечает рамки, которым компания или организация может следовать, чтобы создать эффективную систему экологического менеджмента. Он может быть использован в любой организации, независимо от вида деятельности или отрасли. Использование ИСО 14001:2004 гарантирует руководству и сотрудникам компании, а также внешним заинтересованным сторонам, что воздействие на окружающую среду измеряется и улучшается. Преимущества использования ИСО 14001:2004: снижение затрат на утилизацию отходов; экономия в потреблении энергии и материалов; снижение затрат на распределение; улучшение имиджа среди инспекторов, потребителей и общественности.

Система стандартов ISO 14000

Документы, входящие в систему, можно условно разделить на три основные группы: принципы создания и использования систем экологического менеджмента; инструменты экологического контроля и оценки; стандарты, ориентированные на продукцию. В трех названных областях разработаны и разрабатываются следующие документы (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Система стандартов ISO 14000

Стандарт	Принципы экологического менеджмента
ISO 14001	Системы экологического менеджмента (EMS) – спецификации и руководство по использованию
ISO 14004	EMS – Общие руководство по принципам, системам и методам
ISO 14014	Руководство по определению «начального уровня» экологической эффективности предприятия. Должно использоваться перед созданием формальной системы экологического менеджмента
	Инструменты экологического контроля и оценки
ISO 14010	Руководство по экологическому аудиту – Общие принципы экологического аудита
ISO 14011/1	Руководство по экологическому аудиту – Процедуры аудита – Аудит систем экологического менеджмента
ISO 14012	Руководство по экологическому аудиту – Критерии квалификации экологических аудиторов
ISO 14031	Руководство по оценке экологических показателей деятельности организации
	Стандарты, ориентированные на продукцию
ISO 14020 (Серия документов)	Принципы экологической маркировки продукции
ISO 14040 (Серия документов)	Методология «оценки жизненного цикла» – оценки экологического воздействия, связанного с продукцией, на всех стадиях ее жизненного цикла
ISO 14050	**Глоссарий**
ISO 14060	Руководство по учету экологических аспектов в стандартах на продукцию

7.3.3. Основные вопросы экологической политики, значимые для металлургической отрасли

Экологическая политика – это научно обоснованная политика, направленная на сохранение и воспроизводство здоровой и безопасной среды обитания, на разрешение социально-экологических конфликтов путем постепенной экологической модернизации всех сфер жизнедеятельности общества, начиная от трансформации базовой системы ценностей, соблюдения гражданских прав и свобод и до перестройки промышленного производства на основе расширяющегося использования природосберегающих технологий.

При планировании своей природоохраняемой деятельности приоритетным направлением на металлургических предприятиях считается снижение и предотвращение негативного воздействия на окружающую среду и население.

Для реализации этого направления необходимо: непрерывно совершенствовать систему экологического менеджмента, рассматривая ее как одно из условий конкурентоспособности продукции; способствовать повышению уровня экологических знаний и компетентности, приобретению необходимых навыков и квалификации лиц, работающих на комбинате, чья деятельность может оказать воздействия на окружающую среду; внедрять передовые технологии и модернизировать существующие процессы производства, предусматривая снижение отрицательного воздействия на окружающую среду; соответствовать действующему природоохранному законодательству РФ и другим принятым комбинатом требованиям, связанным с его экологическими аспектами; разрабатывать и выполнять мероприятия по снижению удельного потребления природных и энергетических ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ, утилизации ранее накопленных и вновь образующихся отходов; вести открытый диалог со всеми заинтересованными сторонами об экологических аспектах комбината; предъявлять требования по обеспечению экологической безопасности поставщикам продукции и услуг; снижать риски загрязнения окружающей среды, связанные с потенциальными авариями и аварийными ситуациями.

7.3.4. Федеральная система обязательной экологической сертификации

В декабре 1997 года Председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды были утверждены основные положения Федеральной системы обязательной экологической сертификации (ФСОЭС). Экологическая сертификация в этой системе

понимается как «... деятельность по подтверждению соответствия объекта сертификации природоохранным требованиям, установленным действующим законодательством Российской Федерации, государственными стандартами и другими нормативными документами, в том числе международными и национальными стандартами других стран, введенными в установленном порядке». Объектами обязательной сертификации являются: системы управления окружающей средой; производственные и опытно-экспериментальные объекты, предприятия и организации, в том числе оборонной промышленности, использующие экологически вредные технологии; продукция, способная оказать вредное воздействие на окружающую среду; отходы производства и потребления и деятельность в сфере обращения с отходами.

По мере развития ФСОЭС в настоящий перечень объектов сертификации государственным специально уполномоченным органом в области охраны окружающей среды могут быть включены другие объекты сертификации. К настоящему времени определена организационная структура системы включающая Управляющий совет, Апелляционную комиссию, Комиссию по аттестации специалистов, Аккредитующий орган, органы по аттестации и сертификации и лаборатории ФСОЭС.

7.3.5. Законодательные и нормативно-методические документы по экологическому аудитированию

Целью экологического аудита обращения с отходами производства и потребления предприятий, организации и учреждений, в независимости от их ведомств, принадлежности и форм собственности является оценка соответствия систем обращения с отходами по всему циклу обращения требованиям действующей нормативно-правовой базы. Общее направление экологического аудитирования в системе обращения с отходами связано с рассмотрением регламентирующей документации предприятия, касающейся содержания и оформления системы управления отходами на всех стадиях жизненного цикла, методическое и организационное обеспечение инвентаризации отходов, в том числе накопленных, вывозимых за пределы предприятия, а также предназначенных к утилизации; осуществлением идентификации и сертификационной оценки отходов, включая хранение, транспортировку и переработку; проверкой технологической паспортизации отходов с учетом стадий и жизненного цикла; осуществлением сертификационного контроля, сбор

необходимых сведений по обеспечению безопасности для окружающей природной среды при обращении с отходами; проведением прочих видов работ в соответствии с программой экологического аудита. Регламентирующая документация должна быть по всем этапам системы обращения с отходами, начиная с деятельности, в процессе которой эти отходы образуются. Проверка отходов на предмет их идентификации, т.е. отнесения к определенному агрегатному состоянию, к группе, виду и оценка мест накопления, хранения, транспортировки и переработки отходов – на этом этапе осуществляется проверка всей документации, сопровождающей движение каждого вида отхода от места его образования до последней стадии, на которой он присутствует на предприятии, а так же проверка уровня профессиональной квалификации работников на основании документов свидетельствующих о праве работы с отходами производства. После проверки идентификации производится проверка паспортизации отходов в соответствии с требованиями, предъявляемыми стандартами на введение паспортизации отходов. Сертификационный контроль – проверка мест хранения отходов в соответствии с регламентирующими документами. Экоаудиторская программа по отходам производства предусматривает сбор и систематизацию сведений об отходах, исходя из истории их возникновения; формирование информационного массива, обеспечивающая инвентаризацию отходов с учетом сведений о месте образования, объемах, реквизитах и исходных данных. В ходе экологического аудитирования оценивается действующая на отраслевом уровне система учета и контроля отходов на всех стадиях их жизненного цикла. Т.е. предприятие в ходе аудита должны быть сориентировано на отраслевую систему критериев, которые имеются в каждой отрасли, в ведомстве и не противоречат требованиям природоохранного законодательства.

В ходе экологического аудитирования используется стандартные формы статотчетности. Форма 2ТП опасные отходы, отраслевые кадастры, паспорта и др. В ходе экологического аудита оцениваются свойства отходов на основе действующего комплекса нормативных документов, с точки зрения последних требований, касающихся проблем комплексной эффективной переработки, складирования, транспортировки, захоронения отходов. Номенклатура и характеристика отходов при экологическом аудите вносится в паспорт предприятия. В паспорт включаются нормативы, физико-химические данные и экологические характеристики опасности отходов, особенности стадий жизненных циклов. Критериями для проверки

соответствия или несоответствия сведений, касающихся отходов производства в экологическом паспорте предприятия, являются ГОСТ 17.0.0.04–90 «Охрана природы. Экологический паспорт. Основные положения»; ГОСТ 25.916–83 «Ресурсы материальные, вторичные. Термины и определения»; ГОСТ 2785–75 «Лом и отходы черных металлов. Классификация технологических требований»; ГОСТ 1639–78 «Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие требования»; ГОСТ Р – «Ресурсосбережение. Общие положения и классификация показателей».

7.4. Экологически ориентированный производственный менеджмент

7.4.1. Экологические проблемы металлургической отрасли

Предприятия черной и цветной металлургии при извлечении металлов вынуждены использовать руду с очень низким содержанием полезных компонентов. Таким образом, на обогащение и плавку поступает огромный объем руды, а это, в свою очередь, порождает большие количества отходящих газов из неиспользуемых компонентов. Именно загрязнение атмосферы является главной причиной экологических проблем, возникающих в результате деятельности металлургических гигантов. Выбросы из труб приводят к загрязнениям почв, уничтожению растительности и образованию техногенных пустошей вокруг крупных заводов. К тому же, экологические проблемы отечественной металлургии обостряются из-за высокого износа оборудования и устаревших технологий. Страдают от деятельности металлургических предприятий не только воздух, но и вода, и почва. Особенность сточных вод, например, у предприятий цветной металлургии заключается в том, что они содержат большое количество тяжелых металлов, которые имеют способность накапливаться в донных отложениях и аккумулироваться в трофических цепях. Деградируют экосистемы многих примыкающих к комбинатам рек и озер. За последние годы доля металлургии в общем объеме сброса сточных вод выросла с 16,5 до 17,9 %.

Неблагоприятная экологическая обстановка наблюдается в таких металлургических городах России как Липецк, Магнитогорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Челябинск, Череповец и др.

Вредное воздействие металлургических предприятий обуславливается рядом причин: недоучет при размещении городов экологического

воздействия промышленных предприятий, в результате чего многие из них находятся в непосредственной близости к жилым районам; использование на старых металлургических заводах устаревших технологических процессов и технологического оборудования, при работе которого в атмосферу выделяется б льшее (по сравнению с современным производством) удельное количество загрязняющих веществ; недостаточная оснащенность технологических агрегатов системами очистки и обезвреживания и неэффективная работа действующих пыле- и газоочистных установок; значительное количество на предприятиях децентрализованных систем отвода и очистки газов и соответственно большое количество мелких источников загрязнения атмосферы с трубами относительно малой высоты [196].

7.4.2. Охрана окружающей среды в системе целей предприятия

Охрана окружающей среды в системе целей современного металлургического предприятия занимает одну из важнейших позиций. Металлургические предприятия России, как правило, являются градообразующими предприятиями и играют важную роль в жизни города и близлежащих населенных пунктов, поддерживает постоянную связь с населением, местными и региональными властями для принятия экологически ориентированных управленческих решений и разработки мер по уменьшению и предотвращению негативного воздействия на окружающую среду.

С этой целью металлургические предприятия совершенствуют методы управления, технологические процессы и оборудование, применяют сырье и материалы, учитывающие экологическую безопасность и рациональное использование природных ресурсов, реализуют проекты природоохранного назначения.

В соответствии с природоохранным законодательством предприятия, в рамках производственного экологического контроля, проводят мониторинг состояния окружающей среды – атмосферного воздуха, природных водоемов и почв в зоне влияния предприятия, а также контролирует источники выбросов загрязняющих веществ на соответствие установленным нормативам.

Для совершенствования системы управления на металлургических предприятиях поддерживается система экологического менеджмента в соответствии с требованиями международных стандартов, в частности, ISO 14001:2004.

7.4.3. Экологическая стратегия и политика предприятия

Экологическая стратегия и политика металлургических предприятий предусматривает разработку систем мероприятий но решению природоохранных проблем, направленных на:

– рациональное использование всех видов ресурсов;
– ограничение объемов выбросов;
– сокращение количества отходов;
– сокращение экологических потенциалов риска;
– производство безвредных продуктов.

7.4.4. Оценка экологического риска. Его роль и место в системе производственных рисков

Понятие риска включает как категории последствий, так и вероятности нежелательных исходов опасных событий. Оценки риска наряду с системой комплексного экологического мониторинга к настоящему времени являются главным содержанием проблемы обеспечения экологической безопасности и входят как обязательный элемент в состав обоснования проекта любой промышленной деятельности.

Большинство расчетных систем экологической оценки воздействий опирается на данные фонового мониторинга медленно протекающих процессов, отраженных в серии разновременных карт. Однако такой подход не может быть применен к крупным инженерным сооружениям высокого риска (в том числе и металлургического производства), где требуются данные оперативного мониторинга, проводимого обычно ведомственными службами контроля.

Оценки воздействия на окружающую среду подобных сооружений ориентированы на принятие быстрых управляющих решений на больших территориях в течение значительного срока функционирования, во время которого воздействие сооружения на окружающую среду становится значительным.

Как правило, оценки риска носят цикличный характер. Основными элементами цикла являются сбор информации, обработка информации, оценка необходимости формирования штормовых предупреждений, выработка рекомендаций по изменению структуры системы. Должна быть проанализирована работа в нештатной ситуации.

Исследования и оценки риска должны включать: выявление потенциально опасных событий, возможных на объекте и его составных частях; оценку вероятности осуществления этих событий; оценку последствий (ущерба) при реализации таких событий.

Возможными причинами аварийных (чрезвычайных) ситуаций в общем случае могут быть: случайные технические отказы (повреждения) элементов; техногенные аварии, природные катастрофы и стихийные бедствия в районе дислокации объекта; неумышленные ошибочные действия обслуживающего персонала; преднамеренные злоумышленные действия и воздействия средств поражения на элементы объекта в мирное и военное время.

Процедура оценки риска состоит из четырех главных фаз: превентивной, кризисной, посткризисной и ликвидационной (устранение последствий).

Превентивная фаза включает в себя промышленный контроль и экологический мониторинг, прогноз природных и техногенных катастроф, выявление уязвимых и незащищенных зон, разработку аварийных регламентов, ГИС, подготовку сил и средств, тренаж персонала.

Кризисная фаза включает в себя систему предупреждения, оперативный контроль, первую помощь, эвакуацию.

Посткризисная фаза – восстановление жизнеобеспечивающей инфраструктуры, предотвращение рецидива.

Ликвидационная фаза – восстановление биоценозов.

К экологическим показателям (экологический риск) относятся: разрушение биоты, вредное, порой необратимое, воздействие на экосистемы, ухудшение качества окружающей среды, связанное с ее загрязнением, повышение вероятности возникновения специфических заболеваний, отчуждение земель, гибель лесов, озер, рек, морей и т.п.

Экологический риск связан не только с ухудшением состояния и качества окружающей среды и здоровья людей, но и с воздействием техногенной деятельности на эколого-экономические и природно-хозяйственные системы, изменением их свойств, нарушением связей и процессов, имеющих место в этих системах. В понятие «экологический риск» может быть вложен различный смысл: вероятность аварии, имеющей экологические последствия; величина возможного ущерба для природной среды, здоровья населения или некоторая комбинация последствий.

Для обоснованного применения мер по защите населения и окружающей среды как в условиях нормальной эксплуатации хозяйственных объектов, так и в аварийных случаях требуется проведение идентификации, анализа и оценки экологического риска. Эта информация необходима также системам принятия решений, т.е. административным органам, для минимизации вредного воздействия металлургических предприятий на окружающую среду, предотвращения техногенных

аварий, понижения или нейтрализации эффектов источников экологической опасности, подготовки к защите населения и окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, адекватному реагированию на возникновение чрезвычайных экологических ситуаций.

7.5. Экологическая оценка деятельности предприятия

Элементы деятельности организации, продукции и услуг, которые могут взаимодействовать с окружающей средой, называют экологическими аспектами [197].

Процессы организации, рассматриваемые для определения экологических аспектов: проектирование и разработка; производственные процессы, упаковка и транспортирование; экологическая эффективность и методы подрядчиков и поставщиков; управление отходами; извлечение и распределение сырья и природных ресурсов; распределение, использование и утилизация продукции; сохранение заповедных мест и биоразнообразия.

При внедрении системы экологического менеджмента организации следует идентифицировать экологические аспекты, которые она может контролировать и на которые она может влиять.

Изменения окружающей среды отрицательного или положительного характера, полностью или частично являющиеся следствием экологических аспектов, называют воздействиями на окружающую среду.

Так как организация может иметь множество экологических аспектов и связанных с ними воздействий, то следует разработать критерии и методы определения тех из них, которые можно рассматривать как значимые. При разработке критериев следует рассмотреть такие факторы, как характеристики окружающей среды, информацию о законодательных и других требованиях, которые организация обязалась выполнять, а также мнения заинтересованных сторон (внешних и внутренних). Некоторые из этих критериев могут быть применены непосредственно к экологическим аспектам организации, а другие – к связанным с ними воздействиям на окружающую среду.

Идентификация значимых экологических аспектов и связанных с ними воздействий необходима для определения тех областей, которые необходимо контролировать или улучшить, а также для установления приоритетов в действиях руководства.

Политика организации, ее цели и задачи, а также обучение (подготовка) персонала, обмен информацией, управление операциями и программы мониторинга следует, прежде всего, основывать на знании

значимых экологических аспектов, но при этом также необходимо учитывать такие вопросы, как применимые законодательные и другие требования, которые организация обязалась выполнять, а также мнения заинтересованных сторон.

Идентификация значимых экологических аспектов – постоянный процесс, позволяющий организации лучше понимать свое взаимодействие с окружающей средой и свой вклад в постоянное улучшение экологических характеристик путем совершенствования системы экологического менеджмента.

Понимание воздействий организации на окружающую среду необходимо для идентификации экологических аспектов и определения их значимости. В этой области существует много подходов. Для некоторых организаций адекватной может оказаться уже имеющаяся информация о видах воздействий на окружающую среду, ассоциируемых с экологическими аспектами. Другие организации могут использовать причинно-следственные диаграммы или технологические схемы, иллюстрирующие входные и выходные потоки, балансы массы/энергии, либо применять другие методы, например оценку воздействий на окружающую среду или оценку жизненного цикла.

Примечание. Руководства по оценке жизненного цикла приведены в ИСО 14040, ИСО 14041, ИСО 14042 и ИСО 14043.

При установлении критериев значимости организации следует рассмотреть следующие вопросы: экологические критерии (такие как масштаб, серьезность (жесткость) и продолжительность воздействия или тип, величина и частота проявления экологического аспекта); применимые законодательные требования (такие как предельно допустимые значения выбросов и сбросов, установленные в разрешениях или регламентах и т.п.); мнения внутренних и внешних заинтересованных сторон (такие как мнения относительно ценностей организации, имидж в глазах общественности, шум, запахи или видимое ухудшение внешнего облика).

Критерии значимости могут быть применены или к экологическим аспектам организации, или к связанным с ними воздействиям. Экологические критерии значимости могут быть применены для определения как экологических аспектов, так и воздействий на окружающую среду, но в большинстве случаев их применяют для определения воздействий на окружающую среду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система устойчивого управления отходами в металлургической отрасли предполагает учет различных аспектов: социальных, экономических, нормативно-правовых, управленческих, технических. Кроме того, принципы устойчивого развития определяют основное направление управления отходами, формируют иерархию методов обращения с отходами, отраженных в нормативных документах. Комплексность, безотходность производства и использование вторичных ресурсов являются значительным резервом увеличения природно-ресурсного потенциала и снижения негативных последствий влияния на окружающую среду.

Управление отходами в странах ЕС в настоящее время нацелено на снижение количества отходов и обеспечение того, что произведенные отходы используются и обезвреживаются способами, не приводящими к деградации окружающей среды. Внедрение целесообразности тех или иных технологий определяется на основе выбора наилучших с точки зрения экологии экономически целесообразных технологий с учетом как экономических, так и социальных аспектов.

Металлургическая отрасль России характеризуется не только весьма значительными объемами производства как черных, так и цветных металлов, но и непропорционально низким уровнем использования вторичных ресурсов на фоне огромного количества неиспользуемых отходов промышленности. Вовлечение последних в хозяйственный оборот является важным инновационным фактором недропользования, значительным резервом ресурсосбережения, а также природоохранным ресурсом. Эффективное использование отходов металлургической промышленности может не только уменьшить остроту проблемы истощения природных ресурсов, но и принести существенный эколого-экономический эффект.

В данном учебном пособии на примерах конкретных металлургических предприятий России (алюминиевая и золотоперерабатывающая отрасли) и опыта управления отходами в Европе продемонстрированы

наиболее прогрессивные подходы к решению вышеуказанных проблем в сфере наилучших доступных технологий переработки отходов металлургического производства, применяемых на протяжении всего жизненного цикла предприятия. В результате внедрения экологически грамотных технологических и управленческих решений в производство повышается эффективность использования недр, извлечения ценных компонентов из отходов металлургического производства, что в свою очередь снижает негативное влияние на окружающую среду.

На общеевропейском и национальном уровнях уже реализован ряд мер и проектов, направленных на минимизацию отходов и предотвращение их образования. Это позволяет оценить потенциал некоторых инструментов – политических, информационных и экономических, которые могут быть использованы в данной области. Эти инструменты стимулируют сокращение образования отходов, а также способствуют более широкому применению наиболее предпочтительных технологий обращения с отходами (например, вторичная переработка).

Учебное пособие входит в серию «**Комплексное устойчивое управление отходами**», состоящую из 5 книг, посвященных проблемам управления отходами в 5 отраслевых комплексах:

1. Комплексное устойчивое управление отходами. Горнодобывающая промышленность.

2. Комплексное устойчивое управление отходами. Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность.

3. Комплексное устойчивое управление отходами. Металлургическая промышленность.

4. Комплексное устойчивое управление отходами. Химическая и нефтехимическая промышленность.

5. Комплексное устойчивое управление отходами. Жилищно-коммунальное хозяйство.

Настоящее учебное пособие содержит рекомендации и предложения, способствующие гармонизации сферы обращения с отходами в металлургической отрасли, а также предотвращению неправильного развития технологий в рыночных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскобойников В.Г. и др. // Общая металлургия. 6-е изд., перераб. и доп. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. 768 с.

2. Д-р Катрин Гессе. Неиспользуемые резервы эффективности в логистике по удалению отходов // Ассоциация рециклинга отходов. – URL: http://www.rosaro.ru/docs/Kathrin Hesse.pdf (Дата обращения – 30.06.2016).

3. Кашкин С.Ю. Право Европейского Союза.– М. Юрайт, 2010.

4. Prof. Dr. Martin Beckmann. Einführung in der Sammlung Abfallrecht. München: Beck, 2011. S. XIII-XLII.

5. Interinstitutionelle Regeln für Veröffentlichungen // Europa. Das Portal der Europäischen Union. – URL: http://publications.europa.eu/code/de/de-110203.htm (Дата обращения – 04.07.2016).

6. Kranert M., Cord-Landwehr K. Einführung in die Abfallwirtschaft. 4. Auflage. –Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010, ISBN 978-3-8351-0060-2.

7. Council Directive 75/442/EWG of the European Parliament and of the Council of 15 July 1975 on waste. – Директива Совета 75/442/ЕЭС от 15 июля 1975 года об отходах, – Official Journal L 194/39 от 25.07.75.

8. Directive 2006/12/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on waste. – Директива 2006/12/ЕС Европейского Парламента и Совета от 5 ноября 2006 об отходах. – Official Journal L 114 от 27.04.2006, S 21.

9. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. – Директива 2008/98/ЕС Европейского Парламента и Совета от 19 ноября 2008 года об отходах, отменяющей некоторые директивы – Official Journal L 312 от 22.11.2008, S 3.

10. Decision No 1600/2002/EC of the European Parliament and of the Council of 22 July 2002 laying down the Sixth Community Environment Action Programme. – Решение № 1600/2002/ЕС Европейского Парламента и Совета от 22 июля 2002 года о шестой программе действий Сообщества в области окружающей среды – Official Journal L 242, 10.9.2002, p. 1–15.

11. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles. – Директива 2000/53/ЕС Европейского Парламента и Совета от 18 сентября 2000 года о вышедших из эксплуатации автомобилях – Official Journal L 269/34, 21.10.2000.

12. Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). – Директива 2012/19/ЕС Европейского Парламента и Совета от 4 июля 2012 года об отходах электротехнических и электронного оборудования – Official Journal L 197/38, 24.7.2012.

13. Schmid D., Zur-Lage L. Perspektiven für das Recycling von Altfahrzeugen – moderne Fahrzeuge und angepasste Recyclingverfahren // Recycling und Rohstoffe, Band, 2014.

14. Council Directive 1999/31/EG of 26 April 1999 on the landfill of waste. – Директива Совета 1999/31/ЕС от 26 апреля 1999 года о полигонах для отходов – Official Journal L 182, 16/07/1999 P. 0001 – 0019.

15. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). – Директива 2010/75/ЕС Европейского Парламента и Совета от 24 ноября 2010 года о промышленных выбросах (комплексное предотвращение и контроль загрязнения) – Official Journal L 334/17, 17.12.2010.

16. Commission regulation (EU) No 1357/2014 of 18 December 2014 replacing Annex III to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council on waste and repealing certain Directives 2014 – Регламент Комиссии (ЕС) № 1357/2014 от 18 декабря 2014 заменяющее Приложение III к Директиве 2008/98 /ЕС Европейского парламента и Совета об отходах и отменяющее некоторые директивы – Official Journal L 365/89, 19.12.2014.

17. Umsetzung der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle // Bundeskanzleramt. Rechtsinformationssystem (Österreich). – URL: https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/RegV/REGV_COO_2026_100_2_593758/COO_2026_100_2_625354.html (Дата обращения – 04.07.2016).

18. Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC – Регламент (ЕС) № 1907/2006 Европейского Парламента и Совета от 18 декабря 2006, касающийся правил регистрации, оценки, санкционирования и ограничения химических веществ (REACH), учреждения Европейского Агентства по химическим веществам, внесения изменений в Директиву 1999/45/ЕС и отмены Регламента Совета (ЕЕС) № 793/93 и Регламента Комиссии (ЕС) № 1488/94, а так же Директивы Совета 76/769/ЕЕС и Директивы Комиссии 91/155/ЕЕС, 93/67/ЕЕС, 93/105/ЕС и 2000/21/ЕС. – Женева, Швейцария:, L 396.

19. Council regulation (EU) No 333/2011 of 31 March 2011 establishing criteria determining when certain types of scrap metal cease to be waste under Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council – Регламент Совета (ЕС) № 333/2011 от 31 марта 2011 устанавливающий критерии, когда определенные виды лома больше не рассматриваются как отходы согласно Директиве 2008/98/ЕС Европейского Парламента и Совета – Official Journal, L 94/2 от 8.4.2011.

20. Comission regulation (EU) No 715/2013 of 25 July 2013 establishing criteria determining when copper scrap ceases to be waste under Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council – Регламент Комиссии (ЕС) № 715/2013 от 25 июля 2013 устанавливающий критерии, когда лом меди больше не рассматриваются как отходы согласно Директиве 2008/98/ЕС Европейского Парламента и Совета – Official Journal, L 201/14 от 26.7.2013.

21. Wehrens S. Ende der Abfalleigenschaft – Aufwand und Nutzen einer Anerkennung am Beispiel von Fe-, Stahl- und Al-Schrotten und Ausblick auf Glas, Papier, Kupfer, Kunststoffe // Recycling und Rohstoffe. – Band 6, 2013.

22. Cosson R. Vom Abfall zum Produkt – Am Beispiel des Stahl- und Aluminiumsrecycling // Recycling und Rohstoffe. – Band 5, 2012.

23. Stief K., 40 Jahre Deponietechnik – Ein subjektiver Rückblick // Müll und Abfall. – April 2009.

24. 2003/33/EC: Council Decision of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC – Решение Совета от 19 декабря 2002 года по определению критериев и способов приема различных видов отходов на полигон в соответствии с статье 16 и приложением II директивы 1999/31/ЕС (2003/33/ EC), Official Journal L 011, 16/01/2003 P. 0027 – 0049.

25. Bilitewski B., Härdtle G. Abfallwirtschaft. Handbuch für Praxis und Lehre. 4. Auflage. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, ISBN 978-3-540-79530-8.

26. Statistisches Bundesamt (August 2016). Umwelt: Abfallentsorgung 2014. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2016, Fachserie 19 Reihe 1.

27. Engelmann B. Die änderung der Deponieverordnung. 28. Fachtagung «Die sichere Deponie 2012 – Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen».

28. Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control. – Директива 2008/1/ЕС Европейского Парламента и Совета от 15 января 2008 года о комплексном предотвращении и контроле загрязнений – Official Journal L 24/8, 29.1.2008.

29. Berichtspflichten der IVU/IE-Richtlinie // Umweltbundesamt (Deutschland). – URL: https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/beste-verfuegbare-techniken/berichtsp flichten-der-ivuie-richtlinie (Дата обращения – 13.09.2016).

30. Habermehl. Auswirkungen der Umsetzung der Industrieemissions-Richtlinie (IED). Ministerium f[r Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz Freistaat Sachsen // 5. Sächsisch-Thüringischen Bodenschutztage am 19./20.06.2013 in Altenburg. – URL: https://www.thueringen.de/imperia/md/content/tmlnu/themen/boden/bodenschutztage/ie-richtlinie-inhalte_umsetzung_und_betroffenheit_des_bodenschutzes.pdf (Дата обращения – 13.09.2016).

31. Wegweiser Beste Verfügbare Techniken Made in Germany (September 2015) // Umweltbundesamt (Deutschland). – URL:http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/made-in-germany (Дата обращения – 13.09.2016).

32. Technical Working Group for the Review of the Non Ferrous Metals Industries BREF. Record of the kick-off meeting Sevilla 24 – 26 September 2007 // The European Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Bureau (EIPPCB). – URL:http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/nfm_kom_09-2007.pdf (Дата обращения – 13.09.2016).

33. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. Final Draft (October 2014) 2007 // The European Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Bureau (EIPPCB). – URL: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/NFM_Final_Draft_10_2014.pdf (Дата обращения – 13.09.2016).

34. Commission Decision 2000/532/EC of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste, C(2000) 1147 – Решение комиссии 2000/532/ЕС от 3 мая 2000 замещающее Решение 94/3/ЕС, устанавливающее перечень отходов в соответствии со статьей 1(a) Директивы Совета 75/442/ЕЭС об отходах и Решение Совета 94/904/ЕС, устанавливающее перечень опасных отходов в соответствии со статьей 1 (4) Директивы Совета 91/689 / ЕЕС об опасных отходах, С (2000) 1147 – Official Journal L 226/3,6.9.2000.

35. Commission Decision 2014/955/EU of 18 December 2014 amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council – Решение комиссии 2014/955/ЕС от 18 декабря 2014 замещающее Решение 94/3/ЕС вносящее изменения в Решение 2000/532/ЕС о каталоге отходов в соответствии с требованиями директивы 2008/98/ЕС Европейского парламента и Совета – Official Journal L 370/44, 30.12.2014.

36. Dr. Piehl, T. und Dr.Süselbeck, G. Abfall-Entsorgung-Trainer. – Hamburg: Stock, 2009.

37. Dr. Beate Kummer. Die neue Abfallverzeichnisverordnung //Müll und Abfall. – Juli 2016.

38. Dr. Olaf Kropp. Novelle der AVV führt möglicherweise zu Anpassungsbedarf // SAM aktuell. – Januar 2016. URL: http://www.sam-rlp.de/fileadmin/pdf/SAM_aktuell/sam_aktuell_1-16.pdf (Дата обращения – 29.09.2016).

39. Электрометаллургия алюминия: учеб. пособие / И.С. Гринберг, В.Г. Терентьев, В.И. Чалых [и др.]. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. 350 с.

40. Сомов В.В., Немчинова Н.В., Пьявкина А.А. О способах утилизации отработанной футеровки электролизеров алюминиевого производства // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 5 (100). С. 155-161.

41. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия: учебное пособие для вузов / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение РАН, 1997. 159 с.

42. Куликов Б.П., Истомин С.П. Переработка отходов алюминиевого производства. Красноярск: Классик Центр, 2004. 480 с.

43. Дубов И.В. Многоуровневая система решения проблемы использования отходов. М., «Универсум», 1995.

44. Лобачева Г.К. и др. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки: учеб. пособие. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2005. 176 с.

45. Жаворонкова И.П. Экономические вопросы улучшения использования сырьевых ресурсов СССР. М.: Наука, 1973.

46. Боков В.Г., Заверткин В.Л., Лазарев В.Н. Богатство в отвалах (проблемы утилизации горно-промышленных отходов в России // Центр, 1994. № 8-9.

47. Мировая горная промышленность, история, достижения, перспективы //научно- практическое издание / ведущий редактор И.В. Полянцева М.: «НТЦ «Горное дело» 2004-2005 г. 375 с.

48. Техногенные минерально-сырьевые ресурсы / Под ред. В.В. Караганова и Б.С. Ушкенова / М.А. Комаров, Б.К. Михайлов, Ю.А. Киперман и др. // Москва-Алматы, 2003.

49. Шумилова Л.В. Техногенные месторождения как объекты повышенного негативного воздействия на окружающую среду // Международный научный журнал Общества Науки и Творчества «Science Time». Казань. 2014. № 8. С. 325-357.

50. World Metal Statistics Yearbook 2014: published by World Bureau of Metal Statistics, 2014, ISSN 0266-7355.

51. KUBIKENBORG ALUMINIUM AB (KUBAL) // РУСАЛ. – URL: http://www.rusal.ru/about/50/ (Дата обращения 29.09.2016).

52. Резник Ю.Н., Шумилова Л.В., Рубцов Ю.И. Современные тенденции в переработке золотосодержащих руд и техногенных отходов: монография. Чита: ЧитГУ и ЗабГК, 2007. 280 с.

53. http://novo-met.ru/ximicheskij-analiz-otxodov.html.

54. Шумилова Л.В. Контроль технологических процессов обогащения: курс лекций. [Электронный ресурс], 2013. 380 с. Режим доступа: http://elibrary.ru/.

55. Бочаров В.А. Технология обогащения полезных ископаемых: учебник: В 2т. Т.2: Обогащение золотосодержащих руд и россыпей, обогащение руд черных металлов, обогащение горно-химического и неметаллического сырья / В.А. Бочаров, В.А. Игнаткина. М.: Руда и металлы, 2007. 408 с.

56. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования: справочник / под редакцией П.Е. Остапенко. М.: Недра, 1990. 264 с.

57. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: учебник для вузов: В 3т. Т.1.: Обогатительные процессы и аппараты. 2-е изд., стер. М.: МГГУ, 2008. 470 с.

58. Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д. Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. М.: ИПКОН РАН, 2006. С. 9.

59. Кириченко Ю.В., Щёкина М.В. Наука о Земле: учебное пособие для вузов .Электронный ресурс. М.: Изд-во МГГУ, 2005. 236 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/.

60. Козин В.З. Контроль технологических процессов обогащения. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 303 с.

61. Прогрессивные технологии комплексной переработки минерального сырья // Под ред. В.А Чантурия. М., 2008. 283 с.

62. Шумилова Л.В. Резник Ю.Н. Комбинированные методы кюветного и кучного выщелачивания упорного золотосодержащего сырья на основе направленных фотоэлектрохимических воздействий (монография). Чита: ЗабГУ, 2012. 406 с.

63. Техногенные ресурсы России. Общие сведения / З.М. Шуленина, Н.В. Анфилатова, Е.Н. Ковалева и др.: справочник. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. 145 с.

64. Троицкий И.А., Железнов В.А. Металлургия алюминия. М.: Металлургия, 1984. 400 с.

65. Корнеев В.И., Сусс А.Г., Цеховой А.И. Красные шламы – свойства, складирование, применение. М.: Металлургия, 1991. 144 с.

66. Бородин И.Г., Вальдберг А.Ю., Мустафин Г.Ф., и др. Очистка технологических газов в цветной металлургии: учеб. пособие для техникумов. М.: Металлургия, 1992. 342 с.

67. Дячок Н.Г. Утилизация фторуглеродсодержащих отходов алюминиевого производства при агломерации: автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.16.02. Новокузнецк, 1998. 18 с.

68. Аренс В.Ж. Какой быть нашей минерально-сырьевой доктрине? / Вестник Российской академии естественных наук. 2001. № 1. С. 3-7.

69. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. М.: Изд-во МГГУ, 2001. 656 с.

70. Миронов А.Г., Иванов В.В., Сапин В.И. Исследование распределения тонкодисперсного золота с помощью авторадиографии // Доклады АН СССР. 1981. Т. 259. № 5. С. 1220-1224.

71. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 347 с.

72. Коробушкин И.М. О форме нахождения «тонкодисперсного» золота в пирите и арсенопирите // Доклады АН СССР. 1970. Т.192. № 5. С. 1121-1126.

73. Andres U., Timoshkin I., Jirestig J., Stallknecht H. Liberation of Valuable Inclusions in Ores and Slags by Electrical Pulses // Powder Technology. 2001. Vol. 114. № 1-3. PP. 40-50.

74. Дементьев В.Е., Дружинина Г.Я., Строганов Г.А. Технологические аспекты кучного выщелачивания благородных металлов из минерального сырья // Анализ, добыча и переработка полезных ископаемых. Иркутск: Иргиредмет, 1998. 332 с.

75. Меретуков М.А. Золото: химия, минералогия, металлургия. М.: Руда и Металлы, 2008. 528 с.

76. Секисов А.Г. Повышение экологической эффективности разработки рудных месторождений с учетом взаимосвязи геоэкологических и технологических процессов: дисс. д-ра техн. наук: 25.00.36.М.: 2004. 235 с.

77. Резник Ю.Н, Шумилова Л.В. Влияние физико-химических причин технологической упорности при извлечении дисперсного золота из минерального сырья // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 3. С. 184-188.

78. Шумилова Л.В. Анализ причин упорности руд с дисперсным золотом при цианировании // Горный информационно-аналитический бюллетень. М., 2009. № 6. С. 184-193.

79. Шумилова Л.В. Экспериментальные исследования по кучному выщелачиванию золота из техногенных отходов Дарасунского рудника // Вестник № 34. Чита: ЧитГУ, 2005. С. 175-179.

80. Лесков А.С. Повышение эффективности извлечения золота из техногенных месторождений Забайкалья. Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: XIY Международная научно-практическая конференция: в 5 ч. / Забайкал. гос. ун-т. Чита, 2014. Ч. I. С. 220-227.

81. Шумилова Л.В. Научное обоснование инновационной технологии извлечения золота (разработка, апробация в условиях Забайкалья): монографиия. Palmarium Academic Publishing (Германия), Немецкая национальная библиотека (Deutsche Nationalbibliothek; DNB.) 2014. 362 с.

82. Shumilova L.V. Effective method of hard gold-containing ore preparation to leaching // European journal of natural history. – France (Paris). 2012. № 6. PP.60-61.

83. Sekissov et al. Method for recovery of precious metals US Patent 5492 098.

84. Пат. № 2283883, Российская Федерация. Способ рудоподготовки техногенных отходов к кучному выщелачиванию золота / Л.В. Шумилова, Ю.Н. Резник, Ю.И. Рубцов. Заявка № 2005106006; заявл. 03.03.05; опубл. 20.09.06. Бюл. № 26.

85. Swash P., Ellis P. // Gold 100. Proc. Int. Conf. V.2. Extractive metallurgy of gold. / Ed. C. Fivaz. – SAIMM. Johannesburg, SA. 1986. PP. 235-257.

86. Torma A.E. A review of gold biohydrometallurgy // 8th Int. Biotechnol. Symp. Paris, 1988: Proc. V.2. France (Paris). 1989. PP. 1158-1168.

87. Wagner F., Marion P., Regnard J. // Gold 100: Proc. Int. Conf. on Gold. Vol. 2, Yannopoulos, J.C. The extractive metallurgy of gold. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. P. 280.

88. Севрюгина Е.А. Экспериментальные исследования золотосодержащих руд с высокой природной сорбционной активностью. Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: XIV Международная научно-практическая конференция: в 5 ч. / Забайкал. гос. ун-т. Чита, 2014. Ч. I. С. 182-188.

89. http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/NFM_Final_Draft_10_2014.pdf.

90. http://www.up-pro.ru/library/logistics/systems/hladnokrovno-ogoriachem.html.

91. Инструкция о порядке временного накопления, хранения, учета и утилизации отходов производства и потребления. Разработана в соответствии с Федеральным Законом от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» и «Временными правилами охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в Российской Федерации», утвержденных 15.07.94 г.

92. Куликов Б.П. Наилучшие доступные технологии как способ решения экологических задач ОК «РУСАЛ» // Цветные металлы и минералы 2016: сб. тезисов докладов (13-16 сент. 2016 г., г. Красноярск). Красноярск, 2016. С. 100.

93. Пингин В.В., Завадяк А.В., Архипов Г.В., Пак М.А., Платонов В.В., Прошкин А.В., Скачко А.П., Пузанов И.И. Высокоамперные технологии РУСАЛа 8 лет динамического развития// Цветные металлы 2010; сб. докладов второго междунар. конгресса (Красноярск, сент. 2010 г.). Красноярск, 2010. С. 442-456.

94. http://newslab.ru/news/610353.

95. http://www.bst.bratsk.ru/news/13553.

96. http://www.mineral.ru/News/72675.html.

97. Буркат В.С., Ляндрес М.Б. //Цветные металлы. 2000. № 1. С. 69-72.

98. Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Пьянкин А.П., Высотский Д.В., Ермаков А.В., Жердев А.С., Казанцев М.Е., Павлов С.Ю. Техническое перевооружение установки «сухой» газоочистки для электролизёров с обожженными анодами ОАО «РУСАЛ-Новокузнецк». С. 415-417.

99. Пат. № 2324012, Российская Федерация, Газообразное устройство алюминиевого электролизера (варианты) / С.Г. Шахрай, Б.П. Куликов, А.М. Петров и др.

100. Шахрай С.Г., Немчинова Н.В., Кондратьев В.В., Мазуренко В.В., Щеглов Е.Л. Технические решения по охлаждению отходящих газов алюминиевых электролизеров// Металлург. 2016. № 9. С. 73-77.

101. Гавриленко Л.В. Повышение эффективности производства вторичного криолита из отходов алюминиевых заводов (на примере ОАО БрАЗ компании «РУСАЛ») //Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.16.02. Иркутск, 2005. 16 с.

102. Баранов А.Н., Гавриленко Л.В., Янченко Н.И. Экологические проблемы металлургического производства: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. 208 с.

103. Назюта Ю., Кузнецов А.Ф., Лепорский С.В. и др.// Металлургия и коксохимия, Киев. Вып. 63. 1979. С. 19-22.

104. Черевко А.Е. Использование отходов футеровки электролизеров при двухстадийном способе получения металлического кремния // Цветные металлы и минералы 2014: матер. 6 конгресса (сент., г. Красноярск). Красноярск, 2014. С. 204.

105. Пат. № 2443804, Российская Федерация. Устройство для сбора и удаления газов из алюминиевых электролизеров Содерберга // В.Г. Шадрин, Я.А. Третьяков, В.К. Фризоргер, В.В. Пингин, А.В. Пузин, А.М. Виноградов, Д.А. Виноградов; заяв. и патентообл. ООО «РУСАЛ ИТЦ», заявл. 15.03.2013, опубл.: 20.08.2014.

106. Пат. № 2350665, Российская Федерация. Способ кюветно–кучного выщелачивания металлов из минеральной массы / А.Г. Секисов, Ю.Н. Резник, Н.В. Зыков, Л.В. Шумилова, А.Ю. Лавров, Д.В. Манзырев, С.С.Климов, В.С. Королев, Т.Г. Конарева. № 2007118333/03 (019956); заявл. 16.05.2007; опубл. 27.03.09. Бюл. № 9.

107. Пат. № 2283879, Российская Федерация. Способ кучного выщелачивания руд / А.В. Рашкин, П.Б. Авдеев, Ю.Н. Резник, Л.В. Шумилова, И.А. Яшкин. № 2004133306; заявл. 15.11.04; опубл. 20.09.06. Бюл. № 26.

108. Пат. № 2351664, Российская Федерация. Способ кучного выщелачивания руд / И.А. Яшкин, А.В. Рашкин, Л.В. Шумилова № 2007121403/02 (023300); заявл. 07.06.2007; опубл. 10.04.09. Бюл. № 10.

109. Chanturiya V.A., Bunin I.Zh., Lunin V.D. Non-Traditional Methods of Disintegrations and Liberating Resistant Gold-Bearing Minerals. Theory and Technological Results // Eurasian Mining. Gornyi Zhurnal. 2006. № 1. P. 36-43.

110. Chanturiya V.A., Bunin I.J., Kovalev A.T. Mechanisms of disintegration of mineral media exposed to high-power electromagnetic pulses // Computational Methods / Liu G.R., Tan V., Han X. (Eds). – Berlin, Heidelberg, New York: Springer. – 2006. – PP. 1605-1612.

111. Пат. № 2226560, Российская Федерация. Комбинированный способ переработки упорного золото-содержащего сырья / Чантурия В.А., Башлыкова Т. В., Бунин И. Ж., Дорошенко М. В., Живаева А.Б., Иванова Т.А., Лунин В.Д., Пахомова Г.А., Соловьев В.И. Бюллетень ФИПС. 2004. № 10.

112. Пат. № 2139142, Российская Федерация. Способ переработки материалов, содержащих благородные металлы / Чантурия В.А., Лунин В.Д., Бунин И.Ж., Гуляев Ю.В., Черепенин В.А., Вдовин В.А., Корженевский А.В., Седельникова Г.В., Крылова Г.С. Бюллетень ФИПС 1999. № 28.

113. Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Зубенко А.В. Влияние мощных наносекундных импульсов на технологические свойства упорных золотосодержащих продуктов и железистых кварцитов // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Изд-во МГГУ. 2006. № 8. С. 365-373.

114. Baksheyeva I.I. Speciality of sulfide minerals alteration of copper-nickel ores / V.I. Bragin, I.I. Baksheyeva, M.L. Sviridova // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 4 2012 5 414-418.

115. Пат. № 2497960, Российская Федерация. Способ сепарации минеральных частиц с предварительной обработкой магнитным коллоидом / Бакшеева И.И., Брагин В.И. № 2012120957; заявл. 22.05.2012; опубл. 10.11.2013 Бюл. № 31.

116. Baksheyeva I.I. Transformation mechanism of ore matter in the weathering / V.I. Bragin, I.I. Baksheyeva, M.L. Sviridova // International Journal of Nonferrous Metallurgy. 2012. Vol.1. № 3. PP. 65-68.

117. Пат. № 123689, Российская Федерация. Поточная линия переработки сурьмяных золотосодержащих руд / В.П. Мязин, О.А. Поляков, Б.М. Дашин, А.В. Мязин, М.Ю. Субботин; заяв. и патентообл. ООО «Хара-Шибирьский сурьмяной комбинат», ФГБОУ ВПО «ЗабГУ». 2012125436/03; заявл. 19.06.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1-2 с.

118. Поляков О.А. Перспективы освоения сурьмяных руд Восточного Забайкалья с использованием методов радиометрической рудоподготовки и кучного выщелачивания ценного компонента из хвостов. М.: Горная книга, ГИАБ № 3. 2014. С. 137-143.

119. Поляков О.А. Совершенствование процессов рудоподготовки основных типов сурьмяных месторождений Восточного Забайкалья. М.: Горная книга (Препринт), 2012. С. 3-15.

120. Поляков О.А., Минин В.В, Лизункин М.В. Минерально-сырьевые ресурсы Забайкальского края. М.: Горный журнал, 2011. № 3. С. 4-7.

121. Пат. № 2493363, Российская Федерация. Поточная линия для круглогодичного кучного выщелачивания благородных металлов в криолитозоне / Опарин В.Н., Тапсиев А.П., Секисов А.Г., Кондратьев С.А., Усков В.А., Артеминко Ю.В., Ростовцев В.И., Мязин В.П., Шестернев Д.М., Резник Ю.Н., Шумилова Л.В., Шемякина Е.Н., Баянов А.Е.; патентообладатель Учреждение Российской академии наук ИГД СО РАН. № 2012100461/03, заявл. 10.01.2012; опубл. 20.09.2013.

122. Пат. № 2361076, Российская Федерация. Способ кучного выщелачивания золота из окисленных и смешанных руд / Шумилова Л.В., Резник Ю.Н., Зыков Н.В., Добромыслов Ю.П., Конарева Т.Г. № 2007145307/03 (049636); заявл. 06.12.2007; опубл. 10.07.09, Бюл. № 19.

123. Пат. № 2361937, Российская Федерация. Способ подготовки упорных сульфидных руд и концентратов к выщелачиванию / Секисов А.Г., Резник Ю.Н., Шумилова Л.В., Зыков Н.В., Лавров А.Ю., Королев В.С., Конарева Т.Г. № 2007145306/02 (049635); заявл. 06.12.2007; опубл. 20.07.09, Бюл. № 20.

124. Меретуков М.А., Гурин К.К. Поведение золота в хвостовых отвалах // Цветные металлы. 2011. № 7. С. 27-31.

125. Гурин К.К., Башлыкова Т.В., Ананьев П.П., Бобоев И.Р., Горбунов Е.П. Извлечение золота из хвостов золотоизвлекательной фабрики от переработки упорных руд смешанного типа// Цветные металлы. 2013. № 5. С. 41-45.

126. Лолейт С.И., Меретуков М.А., Стрижко Л.С., Гурин К.К. Современные проблемы металлургии и материаловедения благородных металлов: учеб. пособие. М.: Изд. Дом МИСиС, 2012. 196 с.

127. Boboev I.R., Strijko L.S., Gurin K.K., Shereni A. The physico-chemical basis of gold recovery from calcines, containing iron and copper. Materials of the international research and practice conference «Science, Technology and Higher Education», vol.II, p. 377–381. Westwood, Canada, 11-12 December 2012.

128. Boboev I.R, Strijko L.S, Gurin K.K, Shereni A. Influence of impurities on the rate of gold dissolution. Materials of the international research and practice conference «Science and Education», vol.1, p. 101–105 Munich, Germany, 18–19 December 2012.

129. Стрижко Л.С., Бобоев И.Р., Гурин К.К., Ноу-хау № 13-341-2013 ОИС от «17» апреля 2013 г. Стрижко Л.С., Гурин К.К., Бобоев И.Р. / Применение гидроакустических излучателей в процессе цианирования. Зарегистрировано в Депозитарии ноу-хау Отдела защиты интеллектуальной собственности МИСиС.

130. Orekhova N.N. Anthropogenic hydromineral resources recycling prospects of non-ferrous met- alsby mining industry / V.A. Chanturiya, I.V. Shadrunova, E.V. Kolodehgnaya // Internationaler Kongress Fachmesse Euro-eco 2008: Book of papers. Hannover: Off-set: EAEH, 2009. S. 35–37.

131. Orekhova N.N. Potential involvement of mining and smelting waste in recycling of amended re-sources. / I.V. Shadrunova // Balkan Mineral Processing Congress Tusla, 14-16.juni 2011: book of papers.: Tusla:Off-set:Library Dervis Susic, 2011. 2. PP. 752–756.

132. Orekhova N.N. Comprehensive waste treatment technologies for copper industry/ Irina V. Shadrunova, Natalya A. Volkova // XXVI International Mineral Processing Congress (IMPC) 2012 Proceed-ings (new Delhi, India) 24–28 september 2012: Conference Proceedings. PP 3998-4010.

133. Пат. № 2455345 Российская Федерация Способ брикетирования буроугольного сырья [Электронный ресурс] / Александрова Т.Н., Сорочинская (Рассказова) А.В.; заявитель и патентообладатель УРАН Институт горного дела Дальневосточного отделения РАН (ИГД ДВО РАН). № 2011106057/04; заявл. 17.02.2011; опубл. 10.07.2012. Режим доступа: http://www1.fips.ru.

134. http://www.technopark.by/iccee/eschool/presentations/recycle.

135. http://www.oil-filters.ru/wet_and_dry_gas_cleaning_devices.php.

136. www.ilo.org.

137. www.unido.org.

138. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries.

139. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). JOINT RESEARCH CENTRE Institute for Prospective Technological Studies Sustainable Production and Consumption Unit European IPPC Bureau. Final Draft October 2014.

140. HMIP (UK), Processes for the Production of Precious Metals and Platinum Group Metals, 1994.

141. Seadon J.K. 2006. Integrated waste management--looking beyond the solid waste horizon. Waste management, 26(12), 1327-36. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.04.009 cited in Davidson G., 2011.

142. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Об отходах производства и потребления».

143. Davidson G. Waste Management Practices: Literature Review. Office of Sustainability – Dalhousie University. 2011. https://www.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/sustainability/Waste%20Management%20Literature%20Review%20Final%20June%202011%20%281.49%20MB%29.pdf).

144. Tennant-Wood, R. Going for zero: a comparative critical analysis of zero waste events in southern New South Wales, Australia. J. Environ. Manag. 2003. 10 (1). PP. 46-55.

145. Zaman A.U. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. Journal of Cleaner Production 91. 2015. PP. 12-25.

146. Antrekowitsch J., Steinlechner S. The recycling of heavy-metal-containing wastes: mass balances and economical estimations. JOM 63 (1). 2011. PP. 68-72.

147. Bochek A.M. Prospects for use of polysaccharides of different origin and environmental problems in processing them. Fibre Chem. 2008. 40 (3) PP. 192-197.

148. Ahmed H.M., Viswanathan N., Bjorkman B. Composite pellets – a potential raw material for iron-making. Steel Res. Int. 85 (3). 2014. PP. 293-306.

149. Chiang Y.W., Santos R.M., Elsen J., Meesschaert B., Martens J.A., Van Gerven T. Towards zero-waste mineral carbon sequestration via two-way valorization of ironmaking slag. Chem. Eng. J. 2014. 249. PP. 260-269.

150. Krajnc D., Mele M., Glavic P. Improving the economic and environmental performances of the beet sugar industry in Slovenia: increasing fuel efficiency and using by-products for ethanol. J. Clean. Prod. 2007. 15 (13-14). PP. 1240-1252.

151. Ziout A., Azab A., Atwan M. A holistic approach for decision on selection of end-of-life products recovery options. J. Clean. Prod. 2014. 65. PP. 497-516. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.001.

152. Townend W.K. Editorial. Zero waste: an aspiration or an oxymoron? Waste Management & Research. 2010. 28(1), PP. 1-3. DOI: 10.1177/0734242X09356145.

153. Anastas P.T., Zimmerman J.B. Design through the Twelve Principles of Green Engineering, Env. Sci. and Tech. 2003, 37, 5 PP. 94A-101A.

154. McDonough W., Braungart M., Anastas P., & Zimmerman J. Applying the principles of green engineering to cradle-to-cradle design. Environmental Science & Technology. 2003.37(23). DOI: 10.1021/es0326322.

155. Kumar S., Putnam V. Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors. International Journal of Production Economics. 2008. Vol. 115, Issue 2, PP. 305-315.

156. Amezquita T., Hammond R., Salazar M., Bras B. Characterizing the remanufacturability of engineering systems. In: Proceedings of the 1995 ASME Advances in Design Automation Conference. Boston, September 17–20 cited in Kumar, Putnam, 2008.

157. Graedel T., Allenby B. Industrial Ecology and Sustainable Engineering. Upper Saddle River, NJ: Pearson. 2010. 352 p.

158. Côté R. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences. Journal of Cleaner Production. 1998. 6(3-4). PP. 181-188. doi: 10.1016/S0959-6526(98)00029-8.

159. Chertow M.R. «Uncovering» industrial symbiosis. Journal of Industrial Ecology. 2007. 11(1) PP. 11-30. DOI: 10.1162/jiec.0.1110.

160. Chertow M.R. 1998. The Eco-industrial park model reconsidered. Journal of Industrial Ecology, 2(3), 8-10. DOI: 10.1162/jiec.1998.2.3.8.

161. Шумилова Л.В. Техносферная безопасность горнорудных комплексов (кучное выщелачивание металлов): учеб. пособие. Забайкал. гос. ун-т. Чита: ЗабГУ, 2015. 357 с.

162. Добровольский И.П., Плохих Н.А. Технологии переработки отходов: учеб. пособие для вузов. Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2005. 219 с.

163. Никитенко С.М. Экономико-технологические аспекты переработки отходов промышленности // Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе: сб. докладов Международной научно-практической конференции. Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2008. С. 41–44.

164. Гурман М.А., Александрова Т.Н. Результаты исследований по угольно-сорбционному выщелачиванию золота // Горный информационно-аналитический бюллетень. № ОВ 4. 2009. С. 320-327.

165. Гурман М.А. Использование термохимических методов при переработке золотосодержащих пирит-арсенопиритовых концентратов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № ОВ 4. С. 180-186.

166. OECD 2008: Measuring material flows and resource productivity. The OECD Guide. http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf.

167. Brunner P.H.; Rechberger, H. Practical Handbook of Material Flow Analysis, CRC Press. 2004.

168. Hendriks C., Obernosterer R., Müller D., Kytzia S., Baccini P., Brunner P. Material Flow Analysis: A tool to support environmental policy decision making. Case-studies on the city of Vienna and the Swiss lowlands. Local Environment. 2000. Vol.5, No.3 PP.311–328.

169. Lederer J. UGoS project on отходы management in Busia (Eastern Uganda). 2011. Blog http://eastern-uganda-environment.blogspot.co.at/2011/04/first-mfa-calculation.html

170. Hauschild M., Barlaz M. LCA in Отходы Management: Introduction to Principle and Method In Твердые Отходы Technology & Management. Edited by Thomas H. Christensen. Blackwell Publishing Ltd. 2011.

171. ISO Standards. http://www.isa.utl.pt/der/ASAmb/DocumentosAulas/Recipe/ Handbook%20on%20Life%20Cycle%20Assessment.pdf.

172. ISO 2006a: Environmental management – life cycle assessment – principles and framework. ISO 14040. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

173. ISO 2006b: Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines. ISO 14044. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

174. Ciroth A., Huppes G., Klöpffer W., Rüdenauer I., Steen B., Swarr T. Environmental Life Cycle Costing. 2008.

175. Norris G. Integrating life cycle cost analysis and LCA. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2001. Vol. 6, Issue 2. PP. 118-120.

176. Wu R., Yang D., Chen J. Social Life Cycle Assessment Revisited. Sustainability 6. 2014. PP. 4200-4226.

177. UNEP/SETAC Guidelines for social life cycle assessment of products. UNEP/SETAC life cycle initiative. 2009.

178. UNEP/SETAC Guidance on Organizational Life Cycle Assessment. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. 2015.

179. JRC-IES (Joint Research Centre (European Commission), Institute for the Environment and Sustainability) International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook: General guide for Life Cycle Assessment – detailed guidance (plus 6 supporting documents). 2010. Available at http://publications.jrc.ec.europa.eu.

180. White P.R, Franke M., Hindle P. Integrated ТвердыйОтходы Management. A Life Cycle Inventory. Blackie Academic and Professional, London,UK. 1995.

181. Hauschild M., Olsen S., Schmidt A. 2009a: General guidance document for Life Cycle Assessment (LCA), background document of the International Reference Life Cycle Data System (ILCD), draft for public consultation.

182. Udo de Haes H.A. Towards a methodology for life-cycle impact assessment. SETAC-Europe, Brussels, Belgium. 1996.

183. Udo de Haes H.A., Finnveden G., Goedkoop M., Hauschild M., Hertwich E., Hofstetter P., Jolliet O., Klopffer W., Krewitt W., Lindeijer E., Jolliet O., Mueller-Wenk R., Olsen S., Pennington D., Potting J., Steen B. Life-cycle Impact Assessment: Striving towards best practice. SETAC Press, Pensacola, USA. 2002.

184. Wenzel H., Hauschild M.Z., Alting L. Environmental assessment of products. Vol. 1. Methodology, tools, techniques and case studies in product development. Chapman and Hall, London, UK. Pensacola (FL): Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). 1997.

185. IPCC 2013: Myhre G.,.Shindell D., Bréon F.-M., Collins W., Fuglestvedt J., Huang J., Koch D., Lamarque J.-F., Lee D., Mendoza B., Nakajima T., Robock A., Stephens G., Takemura T. and Zhang H. 2013 «Anthropogenic and Natural Radiative Forcing». In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K.Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

186. Zero-Win project web-page 2013:http://www.4980.timewarp.at/sat/ZeroWIN/ wiki/index.php/Life_Cycle_Assessment_%28LCA%29.

187. Hauschild M., Goedkoop M.,Guinée J., Heijungs R., Huijbregts M., Jolliet O., Margni M., De Schryver A. 2009c: Framework andrequirements for Life Cycle Impact Assessment (LCIA) models and indicators.Background document of the International Reference Life Cycle Data System(ILCD), draft for public consultation.

188. Fleischer G. Ökobilanz / Life Cycle Assessment 1. Life Cycle Inventory. Eigenverlag TU Berlin. 2002.

189. Hauschild M.,Goedkoop M.,Guinée J., Heijungs R., Huijbregts M., Jolliet O., Margni M., De Schryver A. 2009b: Analysis of existing Environmental Impact assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment (LCA). Background document of the International Reference Life Cycle Data System (ILCD), draft for public consultation.

190. Damgaard A. PhD Thesis. Implementation of life cycle assessment models in твердые отходы management. http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:89763/datastreams/file_6385415/ content. 2010.

191. Berkhout F., Howes R. The adoption of life-cycle approaches by industry: Patterns and impacts, Resources, Conservation and Recycling. 1997. 20 (2). PP. 71-94.

192. Udo De Haes H.A., Wrisberg N. Life Cycle Assessment. State-of-the-Art and Research Priorities Результаты of LCANET, a Concerted Action in the Environmentand Climate Programme (DGXII).Eco-Informa Press. 1997.

193. Bernstad A., la Cour Jansen J. A life cycle approach to the management of household пищевые отходы. A Swedish full-scale case study. Отходы Management 31. 2011. PP. 1879–1896.

194. Christensen T., Bhander G.,Lindvall H., Larsen A., Fruergaard T., Damgaard A., Manfredi S., Boldrin A., Riber C., Hauschild M. Experience with the use of LCA-modelling (EASEOTXODЫ) in отходы management. Отходы Manag Res. 2007. 25(3). PP. 257-62.

195. Frankl P., Rubik F. Life Cycle Assessment in Business and Industry Adoption patterns, applications and implications. 1999. ISBN 978-3-662-04127-7.

196. Проблемы ресурсов и пути их решения в металлургической и горнодобывающей отраслях промышленности. Режим доступа: www.briket.ru

197. Большина Е.П. Экология металлургического производства: Курс лекций. Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2012. 155 с.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Агломерация – термический процесс окускования мелких материалов.

Адгезия – сцепление поверхностей разнородных твёрдых и/или жидких тел.

Амальгамация – метод извлечения металлов из руд растворением в ртути.

Амфотерность – способность некоторых химических веществ и соединений проявлять в зависимости от условий как кислотные, так и основные свойства.

Барботаж – процесс пропускания газа или пара через слой жидкости.

Выщелачивание – процесс избирательного растворения одного или нескольких компонентов из руды, концентрата или полупродукта с целью отделения их от пустой породы.

Гидрометаллургия – выделение металлов из руд, концентратов и отходов производства с помощью водных растворов определённых веществ (химических реагентов).

Горный отвод – часть недр, предоставляемая в пользование предприятию, организации или учреждению для разработки месторождения полезных ископаемых.

Грохочение – разделение сыпучих материалов на фракции по размеру или крупности частиц (кусков) просеиванием на грохотах (ситах).

Забалансовая руда – руды, добыча и переработка которых при данном уровне развития техники и технологий экономически нецелесообразны, но которые могут быть в дальнейшем переведены в баланс.

Зола – несгораемый остаток, образующийся из минеральных примесей топлива при полном его сгорании.

Кек – слой твердых частиц, остающийся после фильтрации суспензий.

Клинкер – твёрдый спечённый остаток после вельцевания отходов металлургического производства (кеков, раймовки, шлаков), а также других продуктов, содержащих цинк.

Кольматация – процесс естественного проникновения или искусственного внесения мелких (главным образом коллоидных, глинистых и пылеватых) частиц и микроорганизмов в поры и трещины

горных пород, в фильтры очистных сооружений и дренажных выработок, а также осаждение в них химических веществ, способствующее уменьшению их водо- или газопроницаемости.

Концентрат – вид продукции, в которой содержание полезного компонента выше, чем в исходном сырье.

Обжиг – процесс термической обработки материалов, осуществляемый для направленного изменения их физических свойств и химического состава.

Обогащение – совокупность процессов первичной обработки минерального сырья, имеющая своей целью отделение всех ценных минералов от пустой породы, а также взаимное разделение ценных минералов.

Огарок – конечный продукт окислительного обжига руд и концентратов для удаления примесей или придания технологических свойств, облегчающих извлечение ценных компонентов.

Окалина – это смесь оксидов, образующихся прямым действием кислорода при накаливании на воздухе металлов. Обычно термин применяется к оксидам не всех металлов, а только железа и меди.

Окускование – процесс укрупнения рудной мелочи или тонкоизмельчённых концентратов с получением кусковых агрегатов различной формы и размеров путём физического, химического, термического или комбинированного воздействия, для их более эффективного использования.

Пирометаллургия – совокупность металлургических процессов, протекающих при высоких температурах.

Пробоподготовка – совокупность действий над объектом анализа (измельчение, гомогенизация, экстракция, гидролиз, осаждение и пр.) с целью превращения пробы в подходящую для последующего анализа форму.

Руда – природное минеральное сырьё, содержащее металлы или их соединения в количестве и в виде, пригодном для их промышленного использования.

Скрап – пришедшие в негодность или утерявшие эксплуатационную ценность изделия из черных и цветных металлов и сплавов, а также образующиеся в процессе их металлургического производства и металлопереработки отходы, используемые для переплава в металлургических агрегатах (то же, что металлолом).

Сорбция – процесс поглощения одного вещества (сорбтива) другим (сорбентом), независимо от механизма поглощения.

Спек – спеченный порошковый материал, получаемый методом порошковой металлургии (или термообработки) из исходной порошкообразной шихты.

Суспензия – смесь веществ, где твёрдое вещество распределено в виде мельчайших частиц в жидком веществе во взвешенном (неосевшем) состоянии.

Флотация – один из методов обогащения полезных ископаемых, основанный на различии способности минералов удерживаться на межфазовой поверхности, и обусловленный различием в удельных поверхностных энергиях.

Хвостохранилище – комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенный для хранения или захоронения радиоактивных, токсичных и других отвальных отходов обогащения полезных ископаемых.

Хвосты – отходы процессов обогащения полезных ископаемых, в которых содержание ценного компонента ниже, чем в исходном сырье.

Цветная металлургия – отрасль металлургии, которая включает добычу, обогащение руд цветных металлов и выплавку цветных металлов и их сплавов.

Цианирование – способ извлечения золота и серебра из руд и концентратов избирательным растворением их в растворах цианидов щелочных металлов.

Черная металлургия – отрасль промышленности, включающая предприятия по добыче, обогащению и окускованию рудного сырья, выплавке чугуна (доменное производство), стали и производства проката, труб, ферросплавов, железных порошков, легированных металлов, огнеупоров и вторичной обработки чёрных металлов.

Шихта – смесь исходных материалов, а в некоторых случаях (например, при выплавке чугуна в доменной печи) и топлива в определённой пропорции, подлежащая переработке в металлургических, химических и других агрегатах.

Шлак – расплав оксидов (после затвердевания – камне- или стекловидное вещество), обычно покрывающий поверхность жидкого металла в плавильных печах. Формируется из пустой породы рудных материалов, из флюсов и т. д

Шлам – порошкообразный продукт, выпадает в осадок при электролизе Cu, Ni, Zn и др. металлов, содержащий обычно благородные металлы.

Шламохранилище – крупное земляное наземное сооружение (объемом до десятков миллионов кубических метров, глубиной до 50 м и сроком службы более 10 лет), создаваемое в системе водоснабжения и канализации химических, нефтехимических, металлургических и других предприятий.

Штабель руды – ровно и в правильной форме сложенный ряд руды для её хранения.

Электролиз – физико-химический процесс, состоящий в выделении на электродах составных частей растворённых веществ или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах, который возникает при прохождении электрического тока через раствор, либо расплав электролита.

Электролит – вещество, которое проводит электрический ток вследствие диссоциации на ионы, что происходит в растворах и расплавах, или движения ионов в кристаллических решётках твёрдых электролитов.

Эрозия почв – процесс, при котором происходит разрушение грунта и почвы потоками и струями талых, ливневых, дождевых и поливных вод или ветрами.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Способы удаления и утилизации отходов согласно директиве 2008/98/ЕС об отходах

Таблица П.1.1

Способы удаления отходов, приведенные в приложении I директивы 2008/98/ЕС об отходах [9] (кодировка D)

Код	Описание способа удаления
D1	Захоронение в земле или сброс на землю (например, на полигоне и т.д.)
D2	Обработка почвы (например, биохимическое разложение жидких или илистых отходов в почве и т.д.)
D3	Впрыскивание на большую глубину (например, впрыскивание отходов соответствующей консистенции в скважины, соляные купола или естественные резервуары и т.д.)
D4	Сброс в поверхностные водоемы (например, сброс жидких или илистых отходов в котлованы, пруды или отстойные бассейны и т.д.)
D5	Сброс на специально оборудованные полигоны (например, сброс в отдельные отсеки с изолирующей прокладкой и поверхностных покрытием, гарантирующим их изоляцию друг от друга и окружающей среды)
D6	Сброс в водоемы, кроме морей / океанов
D7	Сброс в моря / океаны, в том числе захоронение на морском дне
D8	Биологическая обработка, не оговоренная в других пунктах настоящего приложения, которая ведет к образованию конечных соединений или смесей, которые затем удаляются каким-либо из способов под номерами D1-D12
D9	Физико-химическая обработка, не оговоренная в других пунктах настоящего приложения, которая ведет к образованию конечных соединений или смесей, которые затем удаляются каким-либо из способов под номерами D1-D12 (например, выпаривание, сушка, прокаливание и т.д.)
D10	Сжигание на суше
D11	Сжигание в море
D12	Захоронение (например, захоронение контейнеров в шахте)
D13	Получение однородной или неоднородной смеси до применения любого из способов под номерами D1–D12
D14	Переупаковка до применения любого из способов под номерами D1-D13
D15	Хранение отходов для последующего применения одного приведенных способов под номерами D1–D14 (исключая временное хранение и сбор на территории, где отходы производятся)

Таблица П.1.2

Способы утилизации отходов, приведенные в приложении II директивы 2008/98/ЕС об отходах [9] (кодировка R)

Код	Описание способа утилизации
R1	Основное использование в виде топлива или иным образом для получения энергии
R2	Регенерация / восстановление растворителей
R3	Рециклинг / регенерация органических веществ, не используемых в виде растворителей (в том числе компостирование и другие биологические процессы преобразования)
R4	Рециклинг / регенерация металлов и их соединений
R5	Рециклинг / регенерация других неорганических материалов
R6	Восстановление кислот и оснований
R7	Регенерация компонентов, используемых для борьбы с загрязнением
R8	Рекуперация компонентов катализаторов
R9	Повторная перегонка нефтепродуктов или иное повторное применение ранее использованных нефтепродуктов
R10	Обработка почвы, благотворно сказывающаяся на земледелии или улучшающая экологическую обстановку
R11	Использование отходов, полученных в результате способов под номерами R1–R10
R12	Обмен отходами для применения к ним любых способов под номерами R1–R11
R13	Накопление отходов для последующего применения одного приведенных способов под номерами R1-R12 (исключая временное хранение и сбор на территории, где отходы производятся)

Приложение 2

Примеры плановых мероприятий по снижению количества образования и размещения отходов

Таблица П.2.1

Примеры плановых мероприятий по снижению количества образования и размещения отходов, обеспечивающих соблюдение действующих норм и правил в области обращения с отходами

Вид отхода			Наименование мероприятия	Срок выполнения		Ожидаемый экологический эффект
наименование отхода	код по ФККО	класс опасности		Начало работ	Окончание работ	
1	2	3	4	5	6	7
Все виды отходов			Ведение строгого контроля за образованием и обращением с отходами, соблюдение противопожарных и др. норм	Постоянно		Исключение возможности несанкционированного размещения отходов
Бой отработанной футеровки алюминиевого производства	3111020001000	4	Внедрение проекта дробильно-сортировочного комплекса для переработки отходов угольной футеровки, с целью реализации сторонней организации для использования			Снижение количества угольной футеровки, размещаемой на складе временного хранения отработанной футеровки электролизеров

Вид отхода			Наименование мероприятия	Срок выполнения		Ожидаемый экологический эффект
наименование отхода	код по ФККО	класс опасности		Начало работ	Окончание работ	
1	2	3	4	5	6	7
Бой отработанной футеровки алюминиевого производства	3111020001000	4	Строительство 2-й и 3-й карты склада временного хранения отработанной футеровки электролизеров	Постоянно		Снижение влияния на окружающую среду склада временного хранения отработанной футеровки электролизеров
Кирпичная футеровка алюминиевых электролизеров отработанная	3111020401004	4	Рекультивация заполненной площадки размещения отходов капремонта			Снижение влияния на окружающую среду площадки размещения отходов капремонта
Отходы IV-V класса опасности			Строительство дополнительных карт полигона твердых бытовых и нетоксичных промышленных отходов			Снижение влияния на окружающую среду полигона твердых бытовых и нетоксичных промышленных отходов
			Рекультивация 3-ей карты полигона твердых бытовых и нетоксичных промышленных отходов			

Приложение 3

Примеры плановых мероприятий по снижению количества образования и размещения отходов

Таблица П3.1

Примеры плановых мероприятий по снижению количества образования и размещения отходов, обеспечивающих соблюдение действующих норм и правил в области обращения с отходами

Вид отхода		Наименование мероприятия	Срок выполнения		Ожидаемый экологический эффект
наименование отхода	код по ФККО		Начало работ	Окончание работ	
1	2	3	4	5	6
Все виды отходов		Проводится учет образования и движения отходов	Постоянно		Исключение возможности несанкционированного размещения отходов
Отработанная угольная футеровка электролизеров	3111020001000	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Кирпичная футеровка алюминиевых электролизеров отработанная	3111020401004	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Пыль электрофильтров алюминиевого производства	3120310011013	Повторное использование в производстве	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов

Вид отхода		Наименование мероприятия	Срок выполнения		Ожидаемый экологический эффект
наименование отхода	код по ФККО		Начало работ	Окончание работ	
1	2	3	4	5	6
Футеровка миксеров алюминиевого производства отработанная	3111020101004	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Футеровка разливочных и вакуумных ковшей алюминиевого производства отработанная	3111020301004	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Металлургические шлаки, съемы и пыль (угольная пена)	3120000000000	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Шлак печей переплава алюминиевого производства	3120290001014	Передача сторонней организации на переработку			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Отходы эмульсий и смесей нефтепродуктов (от проката алюминия на прокатном стане)	5440000000004	Передача сторонней организации на переработку	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Отходы эмульсий и смесей нефтепродуктов (конденсат компрессорной установки)	5440000000004	Передача сторонней организации на переработку	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов

Вид отхода		Наименование мероприятия	Срок выполнения		Ожидаемый экологический эффект
наименование отхода	код по ФККО		Начало работ	Окончание работ	
1	2	3	4	5	6
Лом черных металлов несортированный (включая остатки и огарки стальных сварочных электродов)	3513010001995	Передача сторонней организации на переработку	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Всплывающая пленка из нефтеуловителей (шлам нефтеуловителей)	5460020006033	Передача сторонней организации на переработку			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Аккумуляторы свинцовые отработанные неразобранные, со слитым электролитом	9211010213013	Передача сторонней организации на переработку	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Отходы щелочных аккумуляторов	9211000013000	Передача сторонней организации на переработку	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Кислота аккумуляторная серная отработанная, щелочи аккумуляторные серные отработанные	5210010102012	Нейтрализация согласно действующей на предприятии инструкции	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Отходы, содержащие медь, несортированные, лом латуни несортированный, стружка бронзы незагрязненная	3531031101013	Передача сторонней организации на переработку	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов

Вид отхода		Наименование мероприятия	Срок выполнения		Ожидаемый экологический эффект
наименование отхода	код по ФККО		Начало работ	Окончание работ	
1	2	3	4	5	6
Ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак	3533010013011	Передача сторонней организации на переработку	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Масла трансформаторные отработанные, не содержащие галогены, полихлорированные дифенилы и терфенилы	5410020702033	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Масла индустриальные отработанные	5410020502033	Передача сторонней организации на переработку и частичное повторное использование	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Масла моторные отработанные	5410020102033	Передача сторонней организации на переработку и частичное повторное использование	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Масла трансмиссионные отработанные	5410020602033	Передача сторонней организации на переработку и частичное повторное использование	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов

Вид отхода		Наименование мероприятия	Срок выполнения		Ожидаемый экологический эффект
наименование отхода	код по ФККО		Начало работ	Окончание работ	
1	2	3	4	5	6
Масла гидравлические отработанные, не содержащие галогены	5410021302033	Передача сторонней организации на переработку и частичное повторное использование	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Покрышки отработанные	5750020213004	Передача сторонней организации на переработку	По мере образования и накопления		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные	9120100100005	Частичная реализация работникам предприятия	По мере образования		Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводств	1871030001005	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные, с не слитым электролитом	9211010113012	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Электрическое оборудование, приборы, устройства и их части	9210000000000	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов
Медицинские отходы	9710000000000	Поиск рынка сбыта сторонним организациям для переработки			Исключение размещения отходов на объектах длительного хранения и захоронения отходов

Учебное издание

Немчинова Нина Владимировна
Шумилова Лидия Владимировна
Салхофер Стэфан Петрус
Размахнин Константин Константинович
Чернова Ольга Александровна

КОМПЛЕКСНОЕ УСТОЙЧИВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ.

Металлургическая промышленность

Учебное пособие

Компьютерный набор, корректура
и форматирование авторов
Дизайн обложки Фролова А.Д.
Технический редактор Кулакова Г.А.
Подписано в печать 25.11.2016
Бумага офсетная.
Гарнитура NewtonC
Формат 60×84 1/16
Печать офсетная. Печ. л. 30,88.
Тираж 500 экз. Заказ № 062-16.

Отпечатано в типографии ИД «Академия Естествознания»,
440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3