



Программа Организации  
Объединенных Наций по  
окружающей среде



Distr.  
GENERAL

UNEP/CHW.6/22  
8 August 2002

RUSSIAN  
Original: ENGLISH

КОНФЕРЕНЦИЯ СТОРОН БАЗЕЛЬСКОЙ КОНВЕНЦИИ  
О КОНТРОЛЕ ЗА ТРАНСГРАНИЧНОЙ ПЕРЕВОЗКОЙ  
ОПАСНЫХ ОТХОДОВ И ИХ УДАЛЕНИЕМ

Шестое совещание

Женева, 9-13 декабря 2002 года

Пункт 6 е) ii) предварительной повестки дня\*

РАССМОТРЕНИЕ ХОДА ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ БАЗЕЛЬСКОЙ КОНВЕНЦИИ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ: ПОДГОТОВКА ТЕХНИЧЕСКИХ  
РУКОВОДЯЩИХ ПРИНЦИПОВ

Технические руководящие принципы экологически обоснованного  
использования отходов свинцовых аккумуляторных батарей

Записка секретариата

I. ИСТОРИЯ ВОПРОСА

1. На своей одиннадцатой сессии в сентябре 1996 года Техническая рабочая группа Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением определила, что программа ее работы будет включать подготовку технических руководящих принципов, касающихся медицинских отходов, отходов аккумуляторов и использованных пневматических шин. На тринадцатой сессии Технической рабочей группы в апреле 1998 года Бразилия сообщила участникам, что она рассмотрит возможность оказания ею содействия в организации работы по вопросу об отходах аккумуляторных батарей. В декабре 1999 года пятым совещанием Конференции Сторон была принята программа работы Технической рабочей группы, которая включала подготовку технических руководящих принципов, касающихся отходов аккумуляторных батарей.

II. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ

2. На шестнадцатой, семнадцатой и восемнадцатой сессиях Технической рабочей группы, состоявшихся соответственно в апреле 2000, октябре 2000 и июне 2001 года, Бразилия в качестве Стороны-координатора представила проекты технических руководящих принципов использования отходов свинцовых аккумуляторных батарей. Тексты этих проектов основывались на достигнутом согласии и на замечаниях, полученных от Сторон, от государств, подписавших Конвенцию, и от неправительственных организаций.

\* UNEP/CHW.6/1.

3. В ходе своей девятнадцатой сессии в январе 2002 года Техническая рабочая группа рассмотрела сводный пересмотренный вариант руководящих принципов и приняла эти руководящие принципы на предварительной основе. На своей двадцатой сессии в мае 2002 года Техническая рабочая группа одобрила технические руководящие принципы и постановила представить их шестому совещанию Конференции Сторон для рассмотрения и возможного принятия. Текст руководящих принципов приводится в приложении к настоящему документу.

### III. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ДЕЙСТВИЯ

4. На своем шестом совещании Конференция Сторон, возможно, пожелает принять решение следующего содержания:

Конференция,

приветствуя подготовку технических руководящих принципов экологически обоснованного использования отходов свинцовых аккумуляторных батарей и усилия, предпринятые Бразилией для координации этой работы,

рассмотрев технические руководящие принципы экологически обоснованного использования отходов свинцовых аккумуляторных батарей, одобренные Технической рабочей группой и содержащиеся в приложении к документу UNEP/CHW.6/22,

1. принимает технические руководящие принципы экологически обоснованного использования отходов свинцовых аккумуляторных батарей, содержащиеся в приложении к документу UNEP/CHW.6/22;

2. выражает пожелание, чтобы принятые ею технические руководящие принципы в соответствующих случаях применялись Сторонами, и не только ими, в целях обеспечения экологически обоснованного использования этих отходов.

Приложение

**ТЕХНИЧЕСКИЕ РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ  
ОБОСНОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ СВИНЦОВЫХ  
АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	6
Для чего нужна рециркуляция?	6
<b>1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА</b>	7
<b>2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ</b>	9
2.1. Термины и определения	9
2.2. Описание	10
2.3. Эксплуатация	11
2.4. Типы аккумуляторных батарей и их применение	12
2.5. Срок службы	13
<b>3. РЕЦИРКУЛЯЦИЯ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ – МЕРЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИИ</b>	13
3.1. Меры, предшествующие рециркуляции	13
3.2. Сбор	14
3.3. Транспортировка	15
3.4. Складское хранение	16
<b>4. РЕЦИРКУЛЯЦИЯ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ</b>	17
4.1. Разделка аккумуляторных батарей	17
4.1.1. <i>Историческая справка о методах разделки аккумуляторных батарей</i>	18
4.1.2. <i>Современный процесс разделки аккумуляторных батарей</i>	19
4.1.3. <i>Разделка аккумуляторных батарей: возможные источники загрязнения окружающей среды</i>	20
4.2. Восстановление свинца	21
4.2.1. <i>Пирометаллургические методы</i>	21
4.2.2. <i>Гидрометаллургические методы</i>	23
4.2.3. <i>Восстановление свинца: возможные источники загрязнения окружающей среды</i>	24
4.3. Рафинирование свинца	25
4.3.1. <i>Пирометаллургическое рафинирование</i>	25
4.3.2. <i>Рафинирование свинца: возможные источники загрязнения окружающей среды</i>	27
<b>5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ</b>	28
5.1. Планирование установок по рециркуляции свинца – оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)	28
5.2. Технологические усовершенствования	29
5.2.1. <i>Обработка потенциально загрязняющих веществ и предотвращение загрязнения</i>	29
5.2.1.1. Кислотный электролит и стоки	29
5.2.1.2. Улавливание пыли и фильтрация воздуха	30
5.2.1.3. Неорганизованные выбросы	30
5.2.1.4. Устранение двуокиси серы (SO <sub>2</sub> )	31
5.2.1.5. Использование кислорода (O <sub>2</sub> )	31
5.2.1.6. Выбор флюсующих веществ и стабилизация шлака	31
5.2.1.7. Рециркуляция тяжелой органики	32
5.2.1.8. Рециркуляция полипропилена	32
5.2.1.9. Рациональное удаление не поддающихся рекуперации отходов	32
5.3. Экологический мониторинг	32
5.3.1. <i>Меры контроля</i>	32
5.3.2. <i>Меры мониторинга</i>	34
5.3.3. <i>Диоксины</i>	35
<b>6. МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ</b>	36
6.1. Общие соображения	36
6.2. Токсикокинетика	38
6.2.1. <i>Поглощение, распределение и выведение из организма</i>	38
6.2.2. <i>Токсичность и последствия для здоровья</i>	39

6.3. Предельные нормы воздействия	40
6.3.1. Нормы производственной гигиены	40
6.3.2. Экологические предельные нормы	41
6.4. Профилактика и контроль	41
6.4.1. Предлагаемые меры профилактики и контроля	41
6.4.2. Возможные способы медицинского контроля	42
6.4.3. Периодичность контроля	42
<b>7. КАК НАЛАДИТЬ РАБОТУ: ОСНОВНЫЕ ШАГИ ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ПРОГРАММ РЕЦИРКУЛЯЦИИ СВИНЦА</b>	43
7.1. Выявление и определение национальных приоритетов	43
7.1.1. Рециркуляция за рубежом	44
7.1.2. Рециркуляция внутри страны	44
7.1.3. Региональные решения	44
7.2. Создание систем сбора: основные подходы	45
7.2.1. Простейшая система “обратной реализации”	46
7.2.2. Система специализированных сборщиков	47
7.2.3. Система возврата с опорой на изготовителя	48
7.2.4. Система “обратной реализации”	49
7.3. Развитие связей с общественностью	49
<b>8. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ, ПРОИЗВОДСТВЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ СВИНЦА</b>	51
8.1. Свинец первичного изготовления	51
8.1.1. Свинец первичного изготовления: мировое производство свинцового концентрата	51
8.1.2. Свинец первичного изготовления: мировое производство металлического свинца	51
8.1.3. Свинец первичного изготовления: мировое потребление металлического свинца	52
8.1.4. Свинец первичного изготовления: использование металлического свинца	52
8.2. Вторичный свинец	53
8.2.1. Производство вторичного свинца	53
8.2.2. Вторичный свинец: доля вторичного свинца в общем объеме производства по странам	53
8.3. Свинцовые аккумуляторные батареи	53
8.3.1. Свинцовые аккумуляторные батареи: годовое производство	53
8.3.2. Свинцовые аккумуляторные батареи: применение	54
8.3.3. Срок службы свинцовых аккумуляторных батарей	54
8.3.4. Состав свинцовых аккумуляторных батарей	55
<b>9. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ</b>	55
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ОВОС: ПРЕДЛАГАЕМАЯ СТРУКТУРА</b>	57
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2 - ТОКСИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СВИНЦА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА</b>	59
<b>СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ</b>	61
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>	62

## ВВЕДЕНИЕ

1. На сегодняшний день в большинстве стран существует практика возврата отработавших свинцовых аккумуляторных батарей на предмет рециркуляции свинца. Однако, учитывая, что помимо свинца в аккумуляторах обычно содержатся также серная кислота и несколько видов пластмасс, процесс рециркуляции в отсутствие надлежащего контроля за ним является потенциально опасным. Соответственно, настоящие руководящие принципы призваны служить ориентиром для стран, планирующих повысить свой потенциал в области рационального использования отработавших свинцовых аккумуляторных батарей. В них применяется всесторонний подход и приводится четкая информация по нескольким вопросам, связанным с этим видом отходов; предполагается, что применение настоящих руководящих принципов позволит государствам усовершенствовать свою деятельность в следующих аспектах:

- a) сохранение и повышение качества окружающей среды;
- b) охрана здоровья населения;
- c) внедрение экологически чистых технологий в целях минимизации производства отходов;
- d) внедрение практики повторного использования и рециркуляции как способа сбережения невозобновляемых природных ресурсов и сокращения потребления энергии;
- e) переход на экологически обоснованное использование отработавших свинцовых аккумуляторных батарей;
- f) создание устойчивой, регулируемой системы утилизации свинца;
- g) принятие планов использования свинцовосодержащих отходов;
- h) получение социально-экономических и экологических выгод от экологически обоснованного использования свинцовосодержащих отходов.

2. Следует в то же время отметить, что в данных руководящих принципах не рассматриваются технологии как таковые. В основу этого документа положен более широкий подход, ставящий во главу угла общие вопросы рециркуляции свинца; за конкретной же информацией о тех или иных технологиях читателю рекомендуется обращаться к публикациям из приведенного в конце списка литературы.

### Для чего нужна рециркуляция?

3. Процесс рециркуляции – одна из важнейших составляющих устойчивого развития, обеспечивающая рациональное использование дефицитных или потенциально дефицитных природных ресурсов, к которым относится свинец. Этот процесс связан с существенными выгодами:

- a) **продление срока эксплуатации природных ресурсов:** хотя в самых разных районах мира до сих пор имеются неразведанные месторождения руды, все они в конечном счете исчерпаемы, причем время, которое для этого потребуется, зависит от темпов выработки. Рециркуляция продлевает срок эксплуатации этих месторождений;
- b) **сокращение финансовых издержек:** использование вторичного сырья позволяет экономить денежные средства за счет того, что оно: a) обходится дешевле первичного сырья, получаемого непосредственно из полезных ископаемых; b) сокращает зависимость от импортных материалов; c) снижает себестоимость оборудования; а также d) уменьшает образование отходов, прежде всего в связи с добычей полезных ископаемых;
- c) **экономия энергии:** лишь немногие металлы встречаются в природе в формах, удобных для прямого использования; рециркуляция же позволяет затрачивать на производство

металлов не более 25%<sup>1</sup> энергии, расходуемой при их первичном изготовлении. Кроме того, поскольку для первичного изготовления большинства металлов требуются энергоемкие процедуры, обычно связанные со сжиганием минерального топлива (например, в плавильных печах), рециркуляция является одним из средств борьбы с загрязнением окружающей среды.

4. Помимо этих аспектов, общих для рециркуляции любых металлов, свинец сам по себе обладает рядом важных особенностей, делающих его рециркуляцию еще более целесообразной с экологической точки зрения:

а) **токсичность для окружающей среды и человеческого организма:** последствия воздействия свинца как на организм человека, так и на окружающую среду хорошо известны. При этом логично предполагать, что в отсутствие системы рециркуляции свинца риск такого воздействия резко увеличился бы из-за неизбежного попадания свинцовосодержащих отходов в те среды, где они могут представлять экологическую опасность;

б) **простота рециркуляции:** низкая температура плавления свинца и легкость его извлечения в чистом виде из металлолома повышают его пригодность для рециркуляции, т. е. делают сравнительно простой и технически осуществимой задачу выделения свинца из отходов и его повторного использования в качестве сырья;

в) **емкость рынка:** свинец пользуется большим спросом. При этом во многих странах сравнительно хорошо налажена система сбора свинцовосодержащих отходов, имеющих своим источником одно и то же, наиболее распространенное изделие с коротким и легко определяемым заранее сроком службы – аккумуляторы, используемые в автомобильных системах пуска, освещения и зажигания (ПОЗ); процент их рециркуляции иногда достигает 96%.

5. Из вышесказанного ясно, что захоронение на свалках, сжигание и другие способы удаления не могут считаться экологически обоснованными применительно к свинцовосодержащим отходам, в силу причин не только экономического, но также медицинского и экологического характера.

6. В свете этого рециркуляция представляется технологически целесообразным решением данной проблемы, поскольку при ее правильной организации под надлежащим контролем она может представлять собой экономически жизнеспособную и экологически обоснованную альтернативу. Таким образом, рециркуляцию свинца следует рассматривать как оптимальный вариант экологически обоснованного использования отходов свинцовых аккумуляторных батарей.

## 1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

7. Физико-химические свойства свинца, и в частности его пластичность и слабая подверженность коррозии, были известны еще древнейшим цивилизациям. История добычи и выплавки этого металла насчитывает не менее 8000 лет, что подтверждается находками, хранящимися в различных музеях, а также древними летописями и другими письменными источниками, включая Вторую книгу Библии (Исход). На территории современной Турции найдено свинцовое ожерелье, датированное примерно 6500 годом до н. э.; считается, что в Египте свинец наряду с золотом, серебром и медью использовался уже в 5 тысячелетии до н. э. Это указывает на то, что в течение VI и V тысячелетий до н. э. технология производства металлического свинца путем восстановительной плавки в присутствии углеродосодержащих веществ постепенно распространилась из Китая на Ближний Восток, а оттуда – в Африку. В древнем Египте соединения свинца использовались при изготовлении глазированной посуды и припоев, а также для декоративных работ. Среди экспонатов Британского музея имеется свинцовая статуэтка, найденная в храме Осириса в древнем городе Абидос в западной Анатолии и датированная 3500 годом до н. э.

8. Одним из самых значительных в истории примеров применения свинца был древнеримский водопровод. Для него изготавливались свинцовые трубы трехметровой длины, имевшие целых 15

<sup>1</sup> Heinstock, исследование ИКМЭ

стандартных диаметров. Их многочисленные образцы превосходно сохранились до наших дней в Риме и в Великобритании. От латинского слова *plumbum*, обозначавшего свинцовые водопроводные краны и переходники, образовались как английское слово "водопровод" (*plumbing*), так и символ свинца в таблице химических элементов (Pb). В годы правления императора Константина общий вес свинцовых водопроводных труб в Риме достигал примерно 8000 тонн, а совокупное количество свинца, произведенного в Римской империи за 400 лет, оценивается приблизительно в 15 млн. тонн.

9. В первом веке до н. э. римский архитектор и инженер Марк Витрувий Поллион предостерегал от использования свинцовых водопроводных труб, рекомендуя вместо них керамические. В трудах Витрувия упоминается о нездоровом цвете лица у рабочих тогдашних цехов по выплавке свинца и делается вывод, что свинцовые пары уничтожают "жизненную силу крови". Многие, впрочем, были склонны приписывать свинцу целебные свойства. Живший в первом веке нашей эры римский историк Плиний писал, что свинец можно использовать для избавления от шрамов, при изготовлении мазей и компрессов от нарывов и глазных болезней, а также в других лечебных целях. Устойчивость свинца к коррозии была также известна римлянам, чей военно-морской флот был одним из крупных потребителей этого металла. На дне Средиземного моря обнаружены останки древнеримских галер, при постройке которых использовались гвозди и уключины со свинцовым покрытием.

10. По окончании древнеримской эпохи и в средние века добыча и применение свинца продолжали развиваться. В этот период была усовершенствована технология производства труб: вместо того, чтобы использовать листовой свинец, их стали изготавливать путем погружения в расплавленный металл охлажденного цилиндра, диаметр которого соответствовал внутреннему диаметру будущей трубы. Однако производство труб не было главным применением свинца в средневековье. Из него делались кровли соборов и других зданий, его использовали при пайке и при изготовлении витражей; еще одно применение ему было найдено с изобретением печатного станка.

11. В 1859 году французский физик Гастон Планте обнаружил, что электроды, выполненные из чистого свинца и из окиси этого металла и погруженные попарно в электролит, роль которого играла серная кислота, способны выделять электроэнергию, а затем восстанавливать свой электрический заряд. После ряда технических усовершенствований, внесенных другими исследователями, это открытие было к 1889 году положено в основу коммерческого производства свинцовых аккумуляторных батарей. Колоссальный рост спроса на аккумуляторы в XX веке (к настоящему времени в них используется около 75% всего производимого в мире свинца) в значительной степени отражал все более широкое распространение автомобильного транспорта, использующего аккумуляторы в системах пуска, освещения и зажигания (ПОЗ).

12. Еще одним важным свинцовосодержащим продуктом является тетраэтиловый свинец, впервые предложенный в 1921 году в качестве добавки к бензину для борьбы с так называемой "детонацией" – явлением, от которого страдали появившиеся в то время высокотемпературные двигатели внутреннего сгорания с сильным сжатием горючей смеси. Достигнув максимального распространения 50 лет спустя, применение этого свинцовосодержащего вещества пошло на убыль после введения правил, предписывающих обязательную установку каталитических нейтрализаторов в выхлопных системах легковых автомобилей, а также после принятия нового природоохранного законодательства.

13. Несмотря на неуклонный рост применения свинца на протяжении пяти тысячелетий, его потребление и освоение свинцовых месторождений приобрели промышленные масштабы лишь с XIX века. Согласно оценкам, общее количество свинца, использованное человеком с доисторических времен до этого периода, едва ли превышает тридцать миллионов тонн; уровень его потребления в наши дни составляет около пяти миллионов тонн в год.



## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ

### 2.1. Термины и определения

**Аккумуляторная батарея:** электрохимическое устройство для выработки электроэнергии посредством контролируемых химических реакций. В некоторых видах батарей, таких, как свинцовые аккумуляторы, используются обратимые химические реакции, что обеспечивает возможность их повторного заряжения; существуют также батареи одноразового использования, химические реакции в которых носят необратимый характер.

**Емкость батареи:** количество электроэнергии, которое может быть получено от батареи после ее заряжения в течение десяти часов, прежде чем напряжение упадет ниже минимального предела. Емкость измеряется в ампер-часах (А-ч).

**Заряжение:** процедура, при которой электроэнергия из внешнего источника подается на батарею и преобразуется внутри нее в химическую энергию.

**Корпус или оболочка:** контейнер с внутренними перегородками, в который помещаются отдельные элементы вместе с электролитом.

**Крышка:** деталь, закрывающая корпус батареи сверху.

**Номинальное напряжение:** номинальное напряжение бывает двух видов –

а) **номинальное напряжение ячейки** – напряжение, обеспечиваемое применяемой в батарее химической реакцией; у свинцовых батарей оно составляет 2В;

б) **номинальное напряжение аккумуляторной батареи** зависит от количества подключенных друг к другу ячеек; в автомобильных аккумуляторах их обычно шесть, что соответствует номинальному напряжению 12В (2В x 6 ячеек).

**Отрицательная пластина (анод):** пластина, на которой протекают реакции окисления.

**Положительная пластина (катод):** пластина, на которой протекают реакции восстановления.

**Пробка, или выпускная крышка:** съемная деталь, предназначенная для выпуска газов, а также для контроля и поддержания уровня электролита.

**Сепаратор, или разделитель:** деталь, отделяющая друг от друга соседние пластины (электроды) батареи. Может состоять из полиэтилена, из популярного в свое время ПВХ, картона или другого пористого материала, проницаемого для электролита. Служит для физического разделения пластин противоположной полярности и предотвращения их замыкания.

**Соединитель:** металлическая токопроводящая деталь, используемая для соединения между собой не только отдельных пластин, входящих в состав гальванических элементов, но и самих этих элементов, образующих внутреннюю электрическую цепь батареи.

**Уплотнитель:** материал, используемый для герметизации крышки батареи.

**Электроаккумулятор:** устройство, состоящее из электролита, элемента и корпуса, в который они помещены, способное накапливать электроэнергию в форме химической энергии и высвободить ее при подключении к внешней энергопотребляющей сети. **Свинцовый аккумулятор или свинцовая батарея** представляет собой электроаккумулятор, где в роли активного материала положительных пластин используются соединения свинца, активным материалом отрицательных пластин является преимущественно чистый свинец, а электролитом служит раствор серной кислоты.

**Электролит:** ионизированный электропроводящий раствор, в который погружены пластины. В свинцовых аккумуляторах электролитом служит раствор серной кислоты с концентрацией 36% по

весу (400 г серной кислоты на литр дистиллированной воды). Заряд батареи определяется удельной массой, или относительной плотностью, электролита: плотность электролита полностью заряженной батареи составляет  $1,270 \text{ кг/дл}^{-1}$ .

**Элемент:** ряд отрицательных и положительных пластин, размещенных последовательно и изолированных друг от друга сепараторами. Пластины одноименной полярности соединены между собой электропроводником. Таким образом, элемент можно представить как ряд параллельно подключенных друг к другу гальванических ячеек.

**Ячейка (гальваническая):** приспособление для выработки электроэнергии за счет как минимум двух электрохимических реакций (так называемые реакции в полуэлементах), одна из которых является восстановительной, а другая – окислительной.

## 2.2. Описание

14. В состав свинцовой аккумуляторной батареи, независимо от ее назначения, как правило, входят:

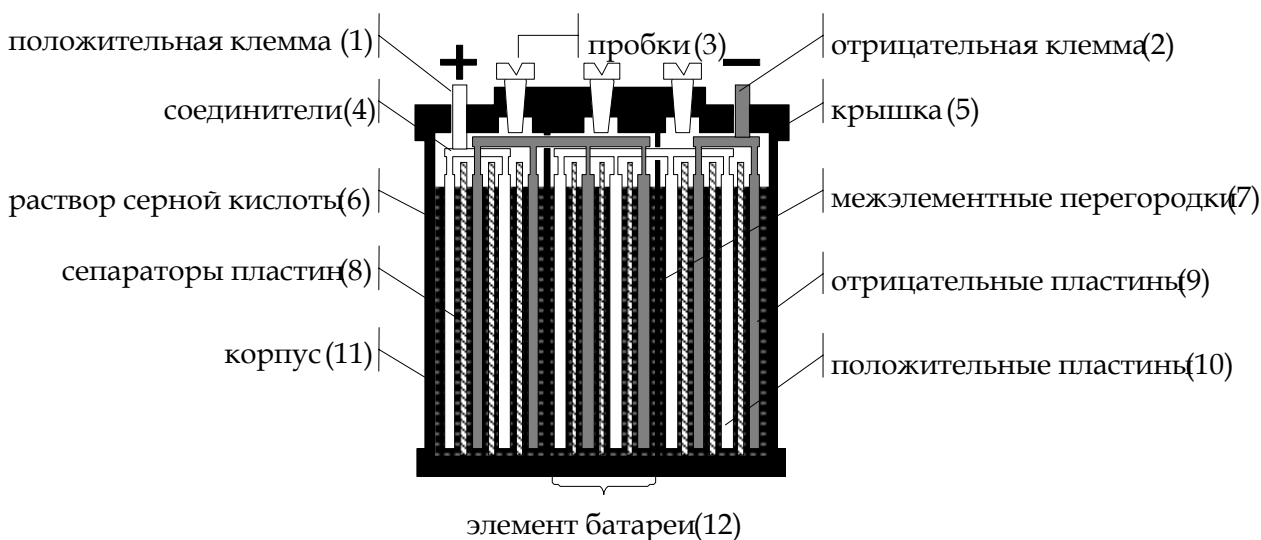


Диаграмма 1. Составные части и внутреннее устройство аккумуляторной батареи

- a) **положительные (1) и отрицательные (2) выходные клеммы:** выполнены из свинца и служат для подключения внешних устройств – потребителей электроэнергии;
- b) **пробки (3):** по одной на каждый элемент батареи; закрывают собой отверстия, предназначенные для замены по мере необходимости дистиллированной (обессоленной) воды и для отвода накапливающихся в ячейках газов;
- c) **соединители (4):** выполнены из свинца, обеспечивают электрический контакт между пластинами одноименной полярности, а также электрический контакт между отделенными друг от друга элементами;
- d) **крышка (5) и корпус (11):** первоначально изготавливались из эбонита, в наши дни – чаще из полипропилена или из сополимерных материалов;
- e) **раствор серной кислоты (6):** электролит батареи;
- f) **межэлементные перегородки (7):** обычно составляют единое целое с корпусом и изготовлены из того же материала; обеспечивают химическую и электрическую изоляцию

элементов друг от друга. Расположены последовательно в порядке, обеспечивающем максимальное общее напряжение батареи;

- g) **сепараторы (8)**: изготовлены из ПВХ или других пористых материалов; служат для предотвращения физического соприкосновения соседних пластин, но не препятствуют при этом свободному перемещению ионов в растворе электролита;
- h) **отрицательные пластины (9)**: выполнены в виде свинцовой решетки, покрытой пастой двуокиси свинца ( $PbO_2$ );
- i) **положительные пластины (10)**: выполнены из металлического свинца;
- j) **элемент батареи (11)**: ряд отрицательных и положительных пластин, размещенных последовательно и изолированных друг от друга сепараторами. Между пластинами одноименной полярности имеются электрические соединения.

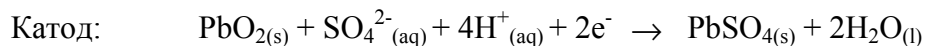
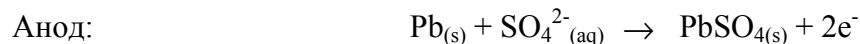
15. Пластины батареи имеют основу в виде свинцовой решетки, на которую у отрицательных пластин нанесена паста двуокиси свинца, а у положительных – пористая масса, состоящая из металлического свинца. Свинец, используемый и в тех, и в других пластинах, может дополнительно содержать такие химические элементы, как сурьма, мышьяк, висмут, кадмий, медь, кальций, серебро, олово и иногда некоторые другие. Кроме того, при производстве пластин используются материалы-расширители, например, серноокислый барий, ламповая сажа и лигнин, добавляемые для предотвращения "усадки" пластин в ходе эксплуатации. После сушки, выдержки и формовки готовых пластин из них собираются элементы аккумуляторных батарей.

16. Формованные аккумуляторные пластины располагаются таким образом, чтобы за каждой пластиной с отрицательной полярностью следовала пластина с положительной полярностью, отделенная от нее сепаратором из полиэтилена, ПВХ или пористого картона во избежание короткого замыкания между ними. Таких электрически изолированных друг от друга отрицательных и положительных пластин в одной сборке насчитывается от 6 до 20 пар. Затем пластины одноименной полярности соединяются между собой электропроводящими контактами, после чего сборки, превращенные таким образом в элементы батареи, помещаются в соответствующие отсеки корпуса. В состав одного элемента обычно входит 13-15 пластин, способных обеспечивать напряжение 2 вольта при высокой силе тока. Затем элементы последовательно подключаются друг к другу соединителями из свинцово-сурьмяного сплава, чем достигается более высокое общее напряжение. Оно бывает тем выше, чем больше количество подключенных элементов: стандартный автомобильный аккумулятор представляет собой последовательный ряд из шести элементов, обеспечивающий напряжение 12В (2В x 6 элементов).

17. В полностью собранную батарею заливается электролит. Затем батарея закрывается крышкой, и после проверки на герметичность производится ее первичное зарядание.

### 2.3. Эксплуатация

18. При подключении батареи к внешнему устройству – потребителю электроэнергии в ней одновременно протекает несколько химических реакций. На положительных пластинах (катод) происходит реакция восстановления, при которой из двуокиси свинца ( $PbO_2$ ) образуется сульфат свинца ( $PbSO_4$ ). В то же время на отрицательных пластинах (анод) происходит реакция окисления, при которой металлический свинец превращается в сульфат свинца. Электролит, в роли которого выступает серная кислота ( $H_2SO_4$ ), служит источником сульфатных ионов для реакций в обоих полужелативах и обеспечивает возможность химического обмена между ними. Каждому электрону, высвобождающемуся на аноде, соответствует электрон, поглощаемый на катоде; таким образом, химические уравнения принимают следующий вид:



19. В процессе разряжения батареи, например при питании от нее автомобильного стартера, концентрация серной кислоты в растворе электролита постепенно снижается вследствие связывания сульфатных ионов в молекулах сульфата свинца, образующихся на обоих электродах. С уменьшением концентрации серной кислоты плотность электролита падает ниже 1,25 кг/дл<sup>-1</sup> (значение, соответствующее полностью заряженному состоянию батареи), что позволяет определять величину оставшегося заряда путем простого измерения плотности электролита. По мере продолжения этого процесса активные вещества батареи истощаются, и скорость реакции падает до тех пор, пока батарея окончательно не теряет способность вырабатывать электроэнергию. К этому времени основная часть окиси свинца и пористой свинцовой массы преобразуется в сульфат свинца.

20. При повторном зарядании батареи к ее выходным клеммам подключается внешний источник электроэнергии с обратной по отношению к ним полярностью, в результате чего направление реакции меняется на противоположное, и сульфат свинца вновь превращается электрохимическим способом в свинец и окись свинца.

21. Аккумуляторная батарея успешно выдерживает несколько сотен циклов разряжения/зарядания, однако с течением времени пластины из окиси свинца все более загрязняются сульфатом, который постепенно начинает препятствовать химическим реакциям на этих пластинах. Кроме того, на дне корпуса батареи скапливается осадок (55-60% PbSO<sub>4</sub>; 20-25% PbO; 1-5% PbO; 1-5% металлического Pb). Рано или поздно наступает момент, когда батарея из-за сильного внутреннего загрязнения теряет способность к повторному заряданию и считается исчерпавшей свой ресурс, то есть "отработавшей свинцовой аккумуляторной батареей" (ОСАБ).

#### 2.4. Типы аккумуляторных батарей и их применение

22. Свинцовые аккумуляторные батареи находят многочисленные применения, чем и определяются различия между ними по напряжению, габаритам и весу – от 2-килограммовых моноблочных аккумуляторов до промышленных батарей весом до 2000 кг и более.

Аккумуляторные батареи можно подразделить на:

- а) **автомобильные** – аккумуляторы, используемые на транспорте в качестве основного источника энергии для систем пуска, освещения и зажигания в легковых и грузовых автомобилях, тракторах, мотоциклах, судах, самолетах и т. п. (ПОЗ-батареи);
- б) **общего назначения** – аккумуляторы, используемые в портативных устройствах и аппаратуре, бытовых системах сигнализации, системах аварийного освещения и т. п.;
- в) **промышленные** – стационарные батареи, применяемые в системах телекоммуникаций, на электростанциях, в устройствах бесперебойного или аварийного питания, приспособлениях для выравнивания нагрузки, системах безопасности и сигнализации, для различных целей в промышленности и для запуска дизельных двигателей;
- г) **тяговые** – батареи, используемые для перевозки грузов или пассажиров: в автопогрузчиках, электрокарах, самоходных тележках для авиабагажа, инвалидных креслах, в оснащенных электродвигателями автомобилях, автобусах и т. п.;
- д) **особого назначения** – батареи, применяемые для особых научных, медицинских или военных целей, а также встроенные в различные электрические и электронные схемы.

## 2.5. Срок службы

23. Срок службы аккумуляторной батареи определяется как период, в течение которого батарея сохраняет свою способность к повторному заряданию и удержанию полученного заряда. Когда повторное зарядание батареи становится невозможным или когда она более не в состоянии надлежащим образом удерживать заряд, срок ее службы считается истекшим, и для тех целей, для которых она была предназначена, данная батарея переходит в разряд "отработавших аккумуляторных батарей". Главной причиной "естественной смерти" аккумуляторных батарей, срок службы которых ввиду обратимости соответствующих химических реакций, казалось бы, должен быть неограниченным, является процесс сульфатации. Он начинается с появления на аккумуляторных пластинах налета сернокислого свинца ( $PbSO_4$ ), достигающего рано или поздно такой плотности, при которой переход ионов с пластин в раствор электролита и обратно становится невозможным, и реакции, сопровождающиеся выделением электроэнергии, прекращаются.

24. При идеальных условиях эксплуатации срок службы автомобильного аккумулятора может быть продлен до шести лет, чему, однако, препятствует несколько факторов:

- a) неполные циклы подзарядания;
- b) долгие периоды, в течение которых аккумулятор не используется и не подзарядается;
- c) жаркий климат (ускоряет процесс сульфатации);
- d) глубокое разряжение аккумулятора: чем больше разряжается аккумулятор, тем сильнее это сокращает срок его службы;
- e) понижение уровня электролита: при соприкосновении пластин с воздухом происходит их мгновенная сульфатация.

25. С учетом всех этих факторов аккумуляторная батарея способна прослужить от 6 месяцев до 4 лет; последнее, впрочем, фактически имеет место лишь в 30% случаев. Вместе с тем существуют способы, позволяющие продлить срок службы аккумуляторных батарей:

- a) маркировка батарей, включающая информацию для потребителей о способах, которые позволяют избежать их преждевременного выхода из строя (например, напоминание о необходимости доливать только дистиллированную воду), и другие указания по правильному обращению с батареями;
- b) использование добавок, замедляющих отложение сульфата на рабочих поверхностях пластин, хотя такие добавки могут затруднять последующую рециркуляцию серной кислоты;
- c) внедрение новых, более совершенных технологий повторного зарядания, способных продлевать срок службы аккумуляторов.

26. Отработавшие аккумуляторные батареи классифицируются в рамках Базельской конвенции как опасные отходы и нуждаются в соответствующем обращении, во избежание нанесения ущерба здоровью человека и окружающей среде.

## 3. **РЕЦИРКУЛЯЦИЯ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ – МЕРЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИИ**

### 3.1. Меры, предшествующие рециркуляции

27. Поступлению отработавших батарей на завод по рециркуляции предшествуют их транспортировка и хранение с соблюдением необходимых предосторожностей, во избежание вреда здоровью людей и загрязнения окружающей среды. Поскольку эти процедуры осуществляются за

пределами объекта по рециркуляции, в настоящем документе они обозначены термином "меры, предшествующие рециркуляции".

### 3.2. Сбор

28. Успешное осуществление программы рециркуляции свинцовых аккумуляторных батарей невозможно без создания эффективной инфраструктуры для их сбора. Такая инфраструктура должна быть тщательно спланированной, поскольку она призвана объединить целый ряд секторов и общественных групп – от предприятий по торговле вторсырьем, сбыту аккумуляторных батарей и переработке лома свинцовых изделий и до потребителей – в организованную сеть, обеспечивающую непрерывное поступление свинцовосодержащих отходов на рециркуляцию.

29. Как показывает опыт, наиболее естественной формой организации сбора отработавших свинцовых аккумуляторов в большинстве случаев является комбинированная система "реализация-прием", при которой производители, предприятия розничной и оптовой торговли, станции техобслуживания и другие организации по обслуживанию потребителей занимаются продажей новых аккумуляторных батарей в обмен на использованные, которые в свою очередь направляются ими на объекты по рециркуляции. Экономическая жизнеспособность этой схемы обеспечивается ценностью свинца, содержащегося в отработавших аккумуляторных батареях.

30. Такой механизм сбора отвечает интересам экологически обоснованной утилизации свинцовосодержащих отходов, однако при этом в пунктах приема отработавших аккумуляторов необходим ряд мер контроля во избежание ситуаций, потенциально опасных для здоровья людей и/или окружающей среды:

a) **слив электролита из аккумуляторных батарей не должен производиться на приемных пунктах:** за исключением немногих случаев, когда аккумуляторные батареи поступают на приемные пункты сухими, почти все отработавшие аккумуляторы по-прежнему содержат электролит (серную кислоту). Слив этой жидкости связан с несколькими факторами риска для здоровья человека и окружающей среды: a) для электролита характерно высокое содержание свинца – как в виде свободных ионов, так и в форме частиц; b) электролит представляет собой весьма едкую жидкость, способную при ее случайном пролипании вызывать ожоги и причинять иной ущерб; c) для хранения электролита нужны специальные кислотоупорные емкости; d) работникам, занимающимся сливом электролита, необходимы средства защиты во избежание травм, и т. д. Таким образом, слив электролита из аккумуляторных батарей может рассматриваться как потенциально опасная процедура, требующая не только специальных инструментов, емкостей и средств защиты, но и наличия квалифицированного персонала. Отсутствие всего этого на многих приемных пунктах резко повышает вероятность несчастных случаев, в силу чего слив электролита на этих пунктах производиться не должен;

b) **на приемных пунктах должны быть созданы надлежащие условия для хранения аккумуляторных батарей:** идеальным местом для хранения отработавших свинцовых аккумуляторов является плотно закрывающийся кислотоупорный контейнер, способный впоследствии служить и для их перевозки, что позволяет свести к минимуму риск утечки электролита. Однако на практике это редко оказывается возможным; поэтому при хранении аккумуляторов следует руководствоваться следующими краткими правилами:

- i) негерметичные батареи, т. е. батареи, из которых происходит утечка электролита, должны храниться в кислотоупорных контейнерах, так как в противном случае это приведет к загрязнению окружающей среды и может причинить вред здоровью людей;
- ii) место складирования должно быть защищено от дождя и другой влаги, оборудовано системой дренажа и, по возможности, находиться вдали от источников тепла;
- iii) пол склада должен иметь покрытие, желательно из кислотоупорного цемента или любого другого кислотоустойчивого материала, позволяющее в случае протекания

батарей удерживать вытекший электролит и обеспечить его сток в емкость, откуда он может быть впоследствии извлечен;

- iv) во избежание опасного скопления газов склад должен быть оборудован системой вытяжной вентиляции или просто системой ускоренной внутренней циркуляции воздуха;
- v) доступ на склад должен быть ограничен; склад должен быть обозначен как место хранения опасных материалов;
- vi) любые другие свинцовосодержащие материалы (например, трубы), которые могут поступать на утилизацию, должны соответствующим образом упаковываться и храниться с учетом их свойств.

Хотя все это лишь общие соображения, помимо которых на каждом приемном пункте могут существовать специфические проблемы и потребности, соблюдение вышеизложенных основных мер позволяет снизить вероятность аварийных ситуаций и обеспечить более безопасное складирование отработавших аккумуляторных батарей;

**с) на приемных пунктах не должны храниться большие количества отработавших аккумуляторов:** даже при наличии на приемном пункте безопасного места для складирования использованных батарей они не должны храниться там в больших количествах или на постоянной основе. Оптимальное количество складированных аккумуляторов, безусловно, зависит от величины оборота предприятия, при котором функционирует приемный пункт, и объем склада должен быть определен с учетом конкретных потребностей. Однако в любом случае следует избегать складирования больших количеств отработавших аккумуляторных батарей, а также их хранения в течение долгого времени, так как это повышает риск случайного проливания или утечки электролита;

**д) собранные у населения аккумуляторные батареи не должны реализовываться нелегальными предприятиями по переплавке свинца:** поскольку деятельность нелегальных предприятий по переплавке свинца является одной из главных причин попадания свинца как в организм человека, так и в окружающую среду, важно подчеркнуть, что приемные пункты не должны продавать или направлять отработавшие аккумуляторные батареи предприятиям, не соблюдающим жесткие нормы защиты.

### 3.3. Транспортировка

31. Для целей транспортировки отработавшие свинцовые аккумуляторные батареи должны рассматриваться как опасные отходы. Главной проблемой при их перевозке вновь является возможность утечки электролита, в связи с чем необходимо принимать меры контроля, сводящие риск такой утечки к минимуму, а также заранее определять конкретные действия, которые должны предприниматься в аварийной ситуации:

**а) отработавшие аккумуляторные батареи следует перевозить в контейнерах:** независимо от используемого вида транспорта (водный, железнодорожный или иной), отработавшие свинцовые аккумуляторы должны перевозиться в загерметизированных контейнерах на случай утечки электролита, вероятность которой достаточно велика даже при правильной перевозке батарей в вертикальном положении. В процессе транспортировки возможно смещение аккумуляторных батарей, вплоть до их опрокидывания и нарушения целостности внешней оболочки, что неизбежно ведет к их протеканию; на этот случай необходим ударопрочный, кислотоупорный герметичный контейнер;

**б) контейнеры должны быть правильно упакованы и правильно погружены в транспортное средство:** нельзя допускать смещения контейнеров при перевозке. Во избежание этого они должны быть надежно скреплены, запечатаны в вакуумную упаковку или штабелированы;

- с) **транспортное средство должно быть помечено опознавательной символикой:** транспортное средство, будь то судно, грузовик или автофургон, должно нести на себе предусмотренную международными конвенциями опознавательную символику соответствующей расцветки, указывающую на то, что оно используется для перевозки едких и опасных веществ;
- д) **специальное снаряжение:** в транспортном средстве должен иметься минимальный комплект снаряжения, необходимого для ликвидации простых проливов и утечек; экипаж транспортного средства должен быть обучен пользованию этим снаряжением;
- е) **подготовка водителей и вспомогательного персонала:** весь персонал, работающий с опасными отходами, должен знать порядок действий в чрезвычайных ситуациях, таких, как пожар, проливание электролита и др., а также вызова аварийных служб. Кроме того, он должен быть информирован о специфике перевозимых опасных материалов и правилах обращения с ними;
- ф) **индивидуальные средства защиты:** экипаж транспортного средства должен быть обеспечен ИСЗ и уметь ими пользоваться в аварийной ситуации;
- г) **расписание и маршруты перевозки:** для перевозки опасных отходов следует, по возможности, всегда использовать маршруты, позволяющие свести к минимуму риск аварий и других возможных проблем. Это достигается путем заблаговременного конкретного планирования маршрутов и соблюдения установленного графика перевозок.

32. Вышеприведенные соображения не являются исчерпывающими. Подготовка и инструктаж персонала, занимающегося перевозкой, не только могут, но и должны быть намного более детализированными, так как транспортные маршруты порой пролегают через густонаселенные городские районы и иные чувствительные пункты, на территории которых последствия аварий, сопровождающихся утечкой электролита, могут быть весьма серьезными.

#### 3.4. Складское хранение

33. В результате перевозки аккумуляторные батареи доставляются на объект по рециркуляции. Хотя некоторые из мер безопасности, необходимых на таких объектах, весьма сходны с теми, которые применяются при складировании на приемных пунктах, принципиальная разница между ними определяется количеством складываемых аккумуляторных батарей, которое на объектах по рециркуляции вполне может достигать нескольких тысяч тонн. Соответственно, подход в данном случае должен быть иным:

- а) **следует организовать слив электролита и подготовку батарей к рециркуляции:** при рециркуляции сухих аккумуляторных батарей обеспечивается более высокая производительность и возникает меньше экологических проблем. Поэтому аккумуляторы должны освобождаться от электролита, который направляется на установку по переработке жидких отходов, и поступать на хранение в сухом виде, готовыми к рециркуляции;
- б) **следует обеспечить маркировку и отдельное хранение аккумуляторных батарей:** методы рециркуляции батарей разных типов могут быть различными. Поэтому батареи должны правильно сортироваться, маркироваться и складываться по типам;
- с) **аккумуляторные батареи обязательно должны храниться в специально оборудованном месте, в закрытом помещении или под навесом:** за исключением особых случаев, на объектах по рециркуляции хранение батарей в контейнерах уже не является целесообразным ввиду необходимости их тщательной сортировки, маркировки и отдельного складирования. Поэтому для складского хранения аккумуляторных батарей должно быть отведено специально оборудованное место – в закрытом помещении, под навесом или, в крайнем случае, под открытым небом – которое должно отвечать следующим минимальным требованиям:
- и) наличие пола с влагонепроницаемым, кислотоустойчивым покрытием;



- ii) эффективная система дренажа, по которой вытекший из аккумуляторов раствор направляется на установку по очистке жидких отходов или по переработке электролита;
- iii) не более одной входной и одной выходной двери, которые во избежание распространения пыли следует открывать только в случае необходимости;
- iv) в закрытых помещениях – специальная вентиляционная система, обеспечивающая очистку воздуха от свинцовой пыли и предотвращающая накопление внутри склада токсичных газов;
- v) наличие соответствующих средств пожаротушения<sup>2</sup>. Хотя самовозгорание аккумуляторных батарей маловероятно, следует учитывать, что высокое содержание в них углеродистых соединений (пластмассовые корпуса) делает возможным их загорание в случае пожара, возникшего по иной причине. Этим обусловлена потребность в средствах пожаротушения;
- vi) на склад не должны допускаться посторонние.

34. Вышеизложенное также представляет собой лишь общие соображения, нуждающиеся в уточнении с учетом конкретных потребностей каждого объекта по рециркуляции. При этом приветствуется применение еще более строгого подхода и дополнительных мер предосторожности. Так, склады следует по мере возможности оборудовать в виде заглубленных в грунт кислотоупорных приямков, что исключает утечку кислоты за пределы склада. При этом необходима система дренажа и откачки накапливающихся стоков, а также предохранительное ограждение, предотвращающее скатывание в приямок грузовиков, подаваемых под разгрузку. Важным элементом данной конструкции является эффективная вентиляционная система.

#### 4. РЕЦИРКУЛЯЦИЯ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

35. Меры, предшествующие рециркуляции, завершаются обеспечением надежного складского хранения батарей, поступивших на объект по рециркуляции. За этим следует собственно процесс рециркуляции отработавших батарей, в принципе состоящий из трех основных технологических стадий:

- a) вскрытие или разделка аккумуляторных батарей;
- b) восстановление свинца;
- c) очистка свинца.

##### 4.1 Разделка аккумуляторных батарей

36. Независимо от технологии рециркуляции рециркулироваться должны только сухие батареи, так как присутствие кислотного электролита сразу в нескольких отношениях осложняет процесс восстановительной плавки свинца. После слива электролита, в зависимости от применяемой технологии рециркуляции, может требоваться разделка аккумуляторных батарей.

37. При классических технологиях рециркуляции свинца, включая ватержакетные печи, отражательные печи, электродуговые печи, а также карусельные печи "короткого" и "длинного" типов, сухие аккумуляторные батареи подаются на переплавку без предварительной разделки, так как при пирометаллургической обработке органические и другие посторонние вещества выгорают либо переводятся в шлак.

<sup>2</sup> Для этих целей НЕ ДОЛЖНА ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ ВОДА, во избежание выделения токсичных газов, в частности арсина и стибина.

38. Вместе с тем технологии, предусматривающие разделку батарей перед их рециркуляцией, обладают следующими преимуществами:

- a) повышенный выход свинца и сокращение количества образующегося шлака;
- b) возможность производства не только твердого, но и мягкого<sup>3</sup> свинца;
- c) возможность рекуперации полипропилена;
- d) сравнительная легкость очистки дымовых выбросов;
- e) пирометаллургическая технология не допускает присутствия в батареях кислотного электролита.

39. Кроме того, совершенствование конструкции аккумуляторных батарей привело к появлению герметичных аккумуляторов и аккумуляторов других систем, в которых не предусмотрен простой слив электролита. Соответственно, возрастает потребность в разделке аккумуляторных батарей перед их поступлением на рециркуляцию.

#### *4.1.1. Историческая справка о методах разделки аккумуляторных батарей*

40. До 1960-х годов аккумуляторные батареи обычно загружались в плавильную печь целиком; лишь в случаях, когда технология рециркуляции требовала пониженного содержания органических веществ, их предварительно вскрывали, чаще всего вручную при помощи топора. Хотя сегодня в большинстве развитых стран это уже не практикуется, в большей части развивающихся стран ситуация, к сожалению, не изменилась. Между тем, вскрытия аккумуляторных батарей вручную необходимо избегать любой ценой – не только из-за вреда, причиняемого этим здоровью людей, но и в силу того, что подобное обращение с данным видом отходов не является экологически оправданным. Однако и на современных плавильных заводах до сих пор иногда прибегают к ручному вскрытию крупногабаритных промышленных аккумуляторов, размеры которых не позволяют использовать для этого стандартное оборудование. Если в этом возникает необходимость, следует принимать все надлежащие меры для защиты работников и окружающей среды.

41. В 1960-1970-е годы для разделки батарей начали применяться механические резак и пилы, позволившие существенно сократить участие в этом процессе человека. Внедрение в тот же период автоматизированной подачи аккумуляторов на разделку привело к появлению первых образцов полностью механизированных агрегатов, некоторые из которых эксплуатируются до сих пор.

42. Начиная с 1980-х годов на большинстве новых плавильных установок стали применяться автоматизированные системы загрузки, подачи и разделки аккумуляторных батарей на части, достаточно мелкие для того, чтобы можно было отделить друг от друга входящие в их состав материалы.

---

<sup>3</sup> Свинец с незначительной примесью сурьмы или вообще без таковой.

#### 4.1.2. Современный процесс разделки аккумуляторных батарей

43. На диаграмме 2 показан современный процесс разделки отработавших аккумуляторных батарей, начиная с их поступления на объект по рециркуляции. Участие человека в нем сводится к минимуму благодаря использованию конвейеров или вагонеток для приема аккумуляторов и их подачи на разделочный агрегат.

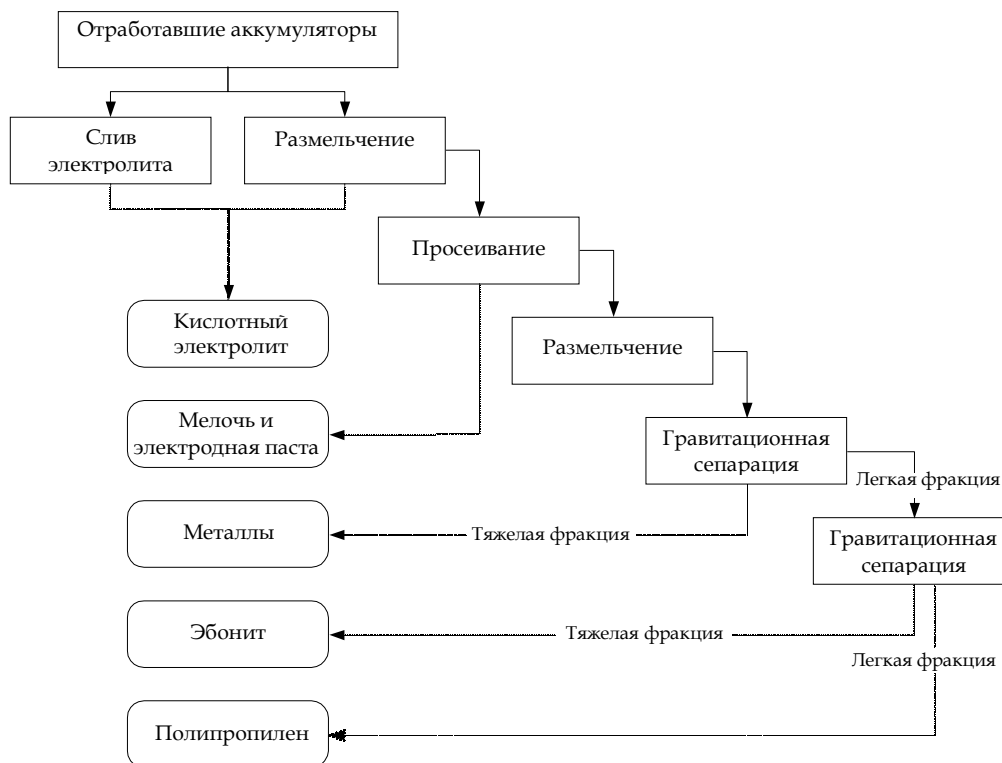


Диаграмма 2. Процесс разделки аккумуляторных батарей.

44. Поступающие на разделку батареи размельчаются молотковыми мельницами или иными дробильными устройствами. Эта процедура обеспечивает легкость последующего отделения друг от друга всех компонентов, входящих в состав аккумуляторных батарей – свинцовых пластин, соединителей, пластмассовых корпусов и кислотного электролита.

45. После разделки окислы и сульфаты свинца отделяются от других материалов водно-гравитационным методом при помощи системы сетчатых конвейеров, а затем направляются в плавильную печь для пирометаллургической обработки либо подвергаются обработке по другим технологиям, например, гидрометаллургической.

46. В некоторых случаях вслед за первичной, черновой разделкой полученный материал дополнительно измельчается другими дробильными установками. После этого металлические компоненты, включая свинцовые пластины, решетки, соединители и клеммы, отделяются от органических (полипропиленовые, эбонитовые или полихлорвиниловые корпуса, сепараторы пластин и т. п.) с помощью различных способов разделения по плотности в жидкой среде.

47. При некоторых гидравлических технологиях плотностные характеристики используются для разделения фрагментов аккумуляторных батарей на три слоя: верхний, состоящий из легких фракций (пластмассы), средний – из мелких частиц окислов и сульфатов свинца – и нижний, самый тяжелый слой из фрагментов свинцовых пластин, соединителей и т.п. Таким образом, данный метод не требует фильтрования для удаления свинцовых соединений перед рециркуляцией пластмасс. Однако сложное устройство подобных систем затрудняет их регулирование и эксплуатацию.

48. После такой предварительной сепарации слой органических компонентов подлежит дальнейшему разделению, при котором полипропиленовые отходы (т. наз. легкая органика) отделяются от частиц сепараторов и эбонита (т. наз. тяжелая органика). Затем легкая органика отмывается от остатков окислов свинца и дополнительно измельчается с учетом характера ее дальнейшего использования, тогда как эбонит и фрагменты сепараторов направляются на соответствующее хранение. Если разделочный агрегат не объединен с плавильной печью в рамках непрерывного технологического цикла, то свинцовая составляющая и металлические части также складываются для дальнейшей переработки.

49. Методы разделки аккумуляторных батарей отличаются друг от друга в конкретных деталях и совершенствуются по мере появления новых технологий. Пригодность каждого из них для того или иного объекта по рециркуляции свинца определяется рядом специфических факторов, таких как местные экономические условия, обеспеченность сырьем и потребности плавильной установки. Примерами являются системы "Металэуроп", "Банкер хилл", "Энджитек" и "МА Инжиниринг", для подробного ознакомления с которыми можно обратиться к соответствующей технической документации. В любом случае необходимо всемерно избегать разделки аккумуляторных батарей вручную из-за возникающей при этом потенциальной угрозы здоровью и безопасности людей. Если механическая разделка аккумуляторных батарей по тем или иным причинам невозможна, то наиболее безопасная процедура их подготовки к загрузке в плавильную печь состоит в следующем: проделав отверстие в корпусе батареи, слить электролит и надлежащим образом удалить его; пользуясь циркулярной пилой, а также необходимыми предохранительными устройствами и средствами защиты, отделить от корпуса батареи верхнюю крышку вместе с пластинами и сепараторами; направить крышку с пластинами и сепараторами на переплавку; вернуть корпус батареи изготовителю для повторного использования.

#### *4.1.3. Разделка аккумуляторных батарей: возможные источники загрязнения окружающей среды*

50. Целью настоящего раздела, как и еще двух аналогичных разделов, посвященных процессам восстановления и рафинирования свинца, не является описание или подробное перечисление всех потенциальных форм загрязнения, связанных с рекуперацией свинца, так как это было бы практически невозможным. Здесь приводится лишь краткий перечень наиболее распространенных и вероятных источников загрязнения, указывающий на то, где их следует искать в первую очередь. При этом конкретный характер таких источников определяется особенностями используемой технологии. Способы предотвращения загрязнения рассматриваются в главе, посвященной защите окружающей среды. Итак, к основным видам воздействия на окружающую среду при разделке аккумуляторных батарей относятся:

а) утечка электролита – *ведет к загрязнению кислотой и свинцовой пылью*; утечка электролита представляет собой весьма распространенный вид загрязнения окружающей среды и источник вреда для здоровья, поскольку батарейный электролит не только обладает весьма агрессивными химическими свойствами, но и может содержать высокие концентрации растворенного свинца и свинцовых частиц. Соответственно, проливание этого раствора за пределами специально защищенных зон может привести к загрязнению почвы или причинить вред персоналу. Кроме того, открытая поверхность почвы, на которую попал раствор электролита, после его высыхания остается загрязненной свинцовой пылью, которая смешивается с частицами грунта и может переноситься с места на место при ветряной эрозии или взбиваться колесами автомашин;

б) ручная разделка аккумуляторных батарей – *опасна для здоровья людей и окружающей среды из-за обильной утечки электролита и образования свинцовосодержащей пыли*: ручная разделка обычно производится примитивными орудиями, без необходимых средств индивидуальной защиты и в отсутствие каких-либо мер по охране окружающей среды. Еще хуже обстоит дело с разделкой герметичных батарей, предварительный слив электролита из которых затруднен, что резко повышает риск его обильной утечки и вредных последствий для здоровья. Следовательно, этого необходимо избегать любой ценой;

с) механическая разделка аккумуляторных батарей – источник свинцовых частиц: разделка и измельчение батарей на дробильных установках или молотковых мельницах может сопровождаться распространением мелких частиц свинца. Избежать этого, однако, позволяют герметичная конструкция таких мельниц и использование в процессе обработки больших количеств воды;

д) гидравлическая сепарация – утечка загрязненной воды: гидравлическая сепарация, как при разделении металлических и органических составляющих, так и при отделении тяжелой органики от легкой, обычно осуществляется в герметично закрытых установках с замкнутой системой циркуляции воды. Однако вода, попадающая наружу в случае утечки, сильно загрязнена соединениями свинца;

е) осколки пластмасс и эбонита – загрязненные отходы: являющийся продуктом разделки батарей эбонитовый скрап может представлять опасность из-за своего, как правило, сильного (до 5% по весу) загрязнения свинцом. Поэтому для устранения последних остатков свинца необходимо повторное промывание, желательнее щелочным раствором, с последующим дополнительным прополаскиванием перед дальнейшей обработкой или удалением.

#### 4.2. Восстановление свинца

51. Лом аккумуляторных батарей, являющийся продуктом их разделки, представляет собой смесь нескольких веществ: металлического свинца, окиси свинца (PbO) и сульфата свинца (PbSO<sub>4</sub>), а также других металлов – кальция (Ca), меди (Cu), сурьмы (Sb), мышьяка (As), олова (Sn) и иногда серебра (Ag). Для выделения из него металлического свинца могут использоваться две группы методов – пирометаллургические, именуемые также восстановительной плавкой, и гидрометаллургические или электролитические. Возможно также сочетание тех и других в рамках комбинированной технологии.

##### 4.2.1. Пирометаллургические методы

52. Целью пирометаллургических методов, или методов восстановительной плавки, является химическое восстановление всех металлов с переводом их в чисто металлическую форму или в форму более простых соединений; это обеспечивается путем нагревания в присутствии необходимых флюсов и восстановителей (диаграмма 3).

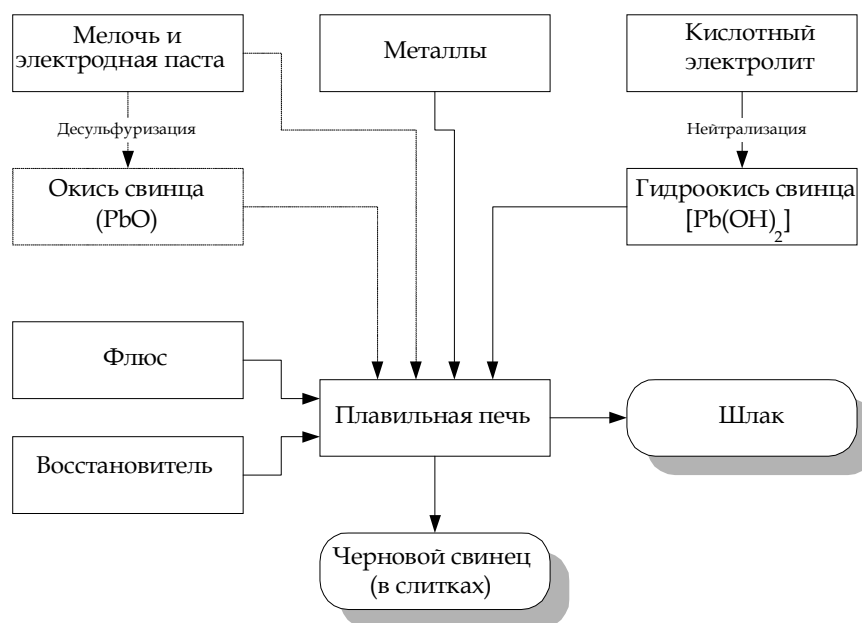


Диаграмма 3. Технологическая схема выплавки свинца

53. Выплавке может предшествовать применение ряда методов десульфуризации пастообразного сульфата свинца смесью карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) с гидроокисью натрия ( $\text{NaOH}$ ), например, в рамках технологии "Си-экс" и аналогичных процессов, результатом чего является преобразование сульфата свинца ( $\text{PbSO}_4$ ) в окись свинца ( $\text{PbO}$ ). В роли десульфуризатора иногда выступает смесь окиси железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) с известью ( $\text{CaCO}_3$ ). Эта процедура уменьшает образование шлака, а также, в зависимости от метода плавки, количество выбрасываемой в атмосферу двуокиси серы ( $\text{SO}_2$ ). Существуют, однако, и технологии, при которых дозированные количества сульфата свинца и десульфуризатора вводятся непосредственно в плавильную печь.

54. Кислотный электролит также подлежит обработке в целях выделения и переплавки содержащегося в нем свинца. Для этого электролит нейтрализуют гидроокисью натрия с осаждением свинца из раствора в форме гидроокиси [ $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ]. После этого жидкость сливается или фильтруется, а осадок направляется в плавильную печь. Оставшийся водный раствор сернокислого натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) пригоден для дальнейшей очистки с выделением высокоррафинированной соли (чистота которой может быть доведена даже до пищевых стандартов) – например, по технологии "Си-экс энджитек импианти".

55. Металлическая фракция и соединения свинца, полученные в результате десульфуризации и нейтрализации, подаются затем в печь, где происходит их плавка в присутствии флюсующих веществ и восстановителей. Источниками энергии для достижения необходимой температуры могут, в зависимости от технологии, служить нефть, газ, кокс, электроэнергия и т.п. Выплавка может производиться в печах нескольких типов: ротационных, отражательных, доменных, электрических, карусельных и др. Выбор оптимального метода вновь зависит от нескольких факторов, включая местные экономические условия, планируемый объем рециркуляции и т.д.; конкретную информацию можно найти в литературе, список которой приведен в конце настоящего документа.

56. Флюсующие вещества, температура плавления которых ниже температуры плавления свинцовых соединений, добавляются не только для понижения общей температуры процесса, но и в качестве жидкого растворителя, захватывающего и удерживающего в ходе восстановительной плавки ряд нежелательных соединений. По мере загрязнения флюса различными примесями, высвобождающимися при плавке, начинается образование шлака. Его физико-химические свойства, которые важно учитывать в дальнейшем, полностью зависят от химического состава используемого флюса.

57. В свою очередь, восстановители добавляются с целью получения чистого металла из окиси ( $\text{PbO}$ ) и гидроокиси [ $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ] свинца. Обычно для этого используются углеродистые соединения – кокс, угольная мелочь или другие природные источники углерода.

58. Количество добавляемого флюса и восстановителей должно тщательно дозироваться:

а) при недостатке флюса не обеспечивается улавливание всей содержащейся в скрапе серы и других примесей, следствием чего может быть обильный выброс сернистых газов;

б) с другой стороны, недостаток восстановителей не позволяет обеспечить восстановление свинца из всех содержащихся в скрапе окислов, что ведет к сильному загрязнению свинцом образующегося шлака, потенциально опасному для окружающей среды.

59. После достижения процессом необходимого равновесия на дне плавильной камеры начинает скапливаться расплавленный металлический свинец. Он, однако, как уже говорилось, иногда содержит значительные примеси других ценных металлов. Поэтому для получения чистого свинца этот сплав нуждается в рафинировании.

## 4.2.2. Гидрометаллургические методы

60. Целью гидрометаллургической, или электролитической обработки является селективное электрохимическое восстановление чистого свинца из всех его соединений, например, по технологии "ПЛЭСИД" (диаграмма 4).



Диаграмма 4. Схема получения свинца электролитическим методом

61. Хотя сама по себе данная технология может быть сравнительно дорогостоящей, она приносит хорошие результаты в сочетании с низкотемпературной выплавкой: такое техническое решение при условии надлежащей сортировки сырья устраняет потребность в дальнейшей очистке.

62. Химический принцип технологии электролиза состоит в преобразовании всех свинцовосодержащих соединений в единую химическую форму, в данном случае – свинец со степенью окисления +II ( $Pb^{2+}$ , или двухвалентный свинец), с последующим электролитическим восстановлением из него чистого свинца (диаграмма 5).

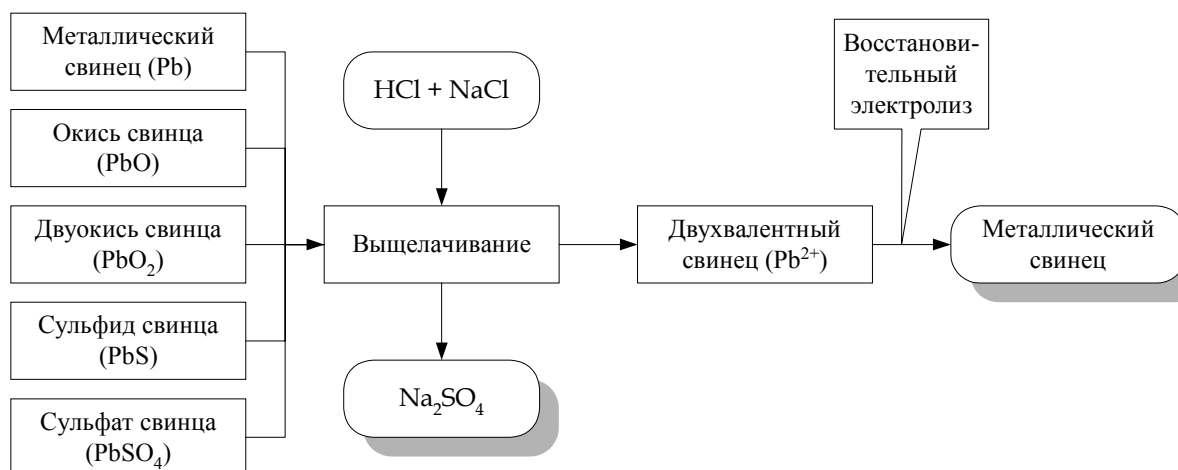


Диаграмма 5. Электрохимические процессы при гидрометаллургическом производстве свинца

63. В процессе электролиза свинец осаждается в виде дендритов или губки, стряхиваемой затем на конвейерную ленту и прессуемой в пластинки металлического свинца (99,99%), готовые к

загрузке в плавильный котел для переплавки в слитки. Весь этот процесс может продолжаться круглосуточно, без перерывов.

#### 4.2.3. Восстановление свинца: возможные источники загрязнения окружающей среды

64. К наиболее распространенным источникам воздействия на окружающую среду при пирометаллургическом восстановлении свинца относятся:

а) свинцовые соединения, высвобождающиеся в процессе разделки батарей – свинец и соединения свинца в форме пыли и в воде: порошок, образовавшийся в результате измельчения батарей, после сепарации обычно остается влажным, поскольку основные сепарационные технологии основаны на применении воды. Если процесс не полностью автоматизирован, этот порошок нуждается в транспортировке от разделочного агрегата к восстановительной установке, во время которой возможно проливание жидкости или просыпание увлажненного порошка. При их высыхании образуется мелкая свинцовая пыль, засоряющая объект и соседнюю с ним территорию;

б) дроссы – загрязненные свинцом материалы: дроссы образуются в процессе плавки. Их назначение состоит в устранении веществ, недостаточно легко переводимых в шлак и способных примешиваться к выплавляемому свинцу. Сами дроссы, однако, также содержат пригодный для рекуперации свинец и подлежат возврату на переплавку. Для этого их необходимо извлечь и перегрузить в завалочный пролет печи, в процессе чего они из-за их пылевидной, а иногда порошкообразной формы (медный дросс) могут быть источником загрязнения свинцом окружающей среды;

в) фильтры – свинцовосодержащая пыль: плавильная печь должна быть оборудована фильтрами для улавливания образующейся при плавке свинцовой пыли. Искользованные фильтры обычно рециркулируются все в той же плавильной печи, так как содержание свинца в них иногда достигает 65%. Вместе с тем, при обслуживании и замене этих фильтров могут выделяться большие количества свинцовосодержащей пыли, потенциально опасной для здоровья и окружающей среды. Кроме того, при превышении срока их эксплуатации фильтры перестают надлежащим образом улавливать пыль, в результате чего ее выбросы из плавильной печи превращаются в серьезный источник загрязнения. Наконец, следует помнить, что свинцовая пыль может попадать в окружающую среду и через приемное отверстие печи, которое в некоторых конструкциях постоянно остается открытым. Так, раскаленные газы, высвобождающиеся через приемное и сливное отверстия плавильной установки, характеризуются высоким содержанием свинца и легко проникают в организм человека;

г) выбросы двуокиси серы (SO<sub>2</sub>) – процентная доля серы, высвобождающейся в виде сернистого газа (SO<sub>2</sub>) при восстановлении свинца из заданного количества свинцовосодержащего лома, в значительной степени определяется не только параметрами процесса в печи, но и характером образующейся накипи (поверхностного шлака). Как правило, она находится в пределах от 0% до 10% и заметно сокращается при использовании в качестве флюса смеси железистых и натриевых соединений, вызывающих образование натриевых шлаков и колчеданных огарков. 6-10% серы содержится также в эбоните, попадание которого в плавильную печь может увеличивать количество сернистого газа в выбросах;

д) горение органических веществ – образование дегтя: при правильной конструкции плавильной установки и контроле за ее работой образование дегтя не является проблемой, поскольку все органические вещества разлагаются в процессе плавки. В то же время, чем менее жестким является технологический контроль за этим процессом, тем большими выбросами дегтя он сопровождается – особенно в кустарных плавильнях. Ситуация с выбросами дегтя дополнительно осложняется, если плавильная печь оборудована фильтрами, поскольку деготь весьма огнеопасен и может вызвать загорание фильтровальной установки, что повышает общий риск аварии, сопровождающейся неконтролируемым атмосферным выбросом. Данная проблема обычно решается путем установки дожигателей дымовых газов, хотя более перспективным решением, вероятно, является полная перестройка технологического процесса, например, в целях устранения из него органических веществ;



f) выбросы хлора (Cl<sub>2</sub>) и его соединений: значительно сократить выбросы хлора позволяет изначальная сортировка материалов, направляемых на восстановительную плавку. Чем больше ПВХ попадает в плавильную печь, тем выше вероятность высвобождения хлора. Основная часть его связывается при формировании простейших кальциевых или натриевых шлаков, однако некоторое количество хлора вступает в химическую реакцию с образованием хлористого свинца, способного улетучиваться в процессе плавки, но улавливаемого по мере снижения температуры пылевыми фильтрами;

g) образование шлаков: шлаки – основной вид отходов, образующихся при восстановительной плавке. В среднем на каждую тонну металлического свинца образуется 300 – 350 килограммов шлака, в зависимости от конкретных условий процесса и характера остатков горения (кальциевый или натриевый шлак); около 5% шлака по весу составляют соединения свинца. Поэтому особого внимания требуют продукты выщелачивания, возможного при соприкосновении нестабильного водорастворимого шлака с водой или влажным воздухом. Во избежание ущерба здоровью людей и окружающей среде следует заблаговременно позаботиться о сооружении для такого шлака специального крытого хранилища.

#### 4.3. Рафинирование свинца

65. Как уже отмечалось, если процесс завершается на стадии восстановительной плавки, его продуктом может быть только так называемый твердый, или сурьмянистый свинец. Если же целью является производство мягкого свинца, то для этого выплавленный черновой свинец нуждается в дальнейшей очистке. Она позволяет практически полностью устранить примеси меди (Cu), сурьмы (Sb), мышьяка (As) и олова (Sn), содержание которых в мягком свинце согласно спецификациям не может превышать 10 г на тонну.

66. Для рафинирования свинца существует два метода: гидрометаллургический, о котором уже рассказывалось в разделе, посвященном восстановлению свинца, и пирометаллургический, или термический, описание которого следует ниже.

##### 4.3.1. *Пирометаллургическое рафинирование*

67. Термическое рафинирование производится в жидкой фазе, для чего черновой свинец нагревается до температуры выше 327°C (точка плавления свинца), но ниже 650°C (точка кипения свинца). Обычно свинец обрабатывают партиями от 20 до 200 тонн, в зависимости от производительности очистительной установки.

68. Химический принцип рафинирования основан на добавлении к расплавленному свинцу при нужной температуре соответствующих реагентов. Вводимые в печь в определенной последовательности, они обеспечивают селективное удаление из расплава ненужных металлических примесей (диаграмма 6).

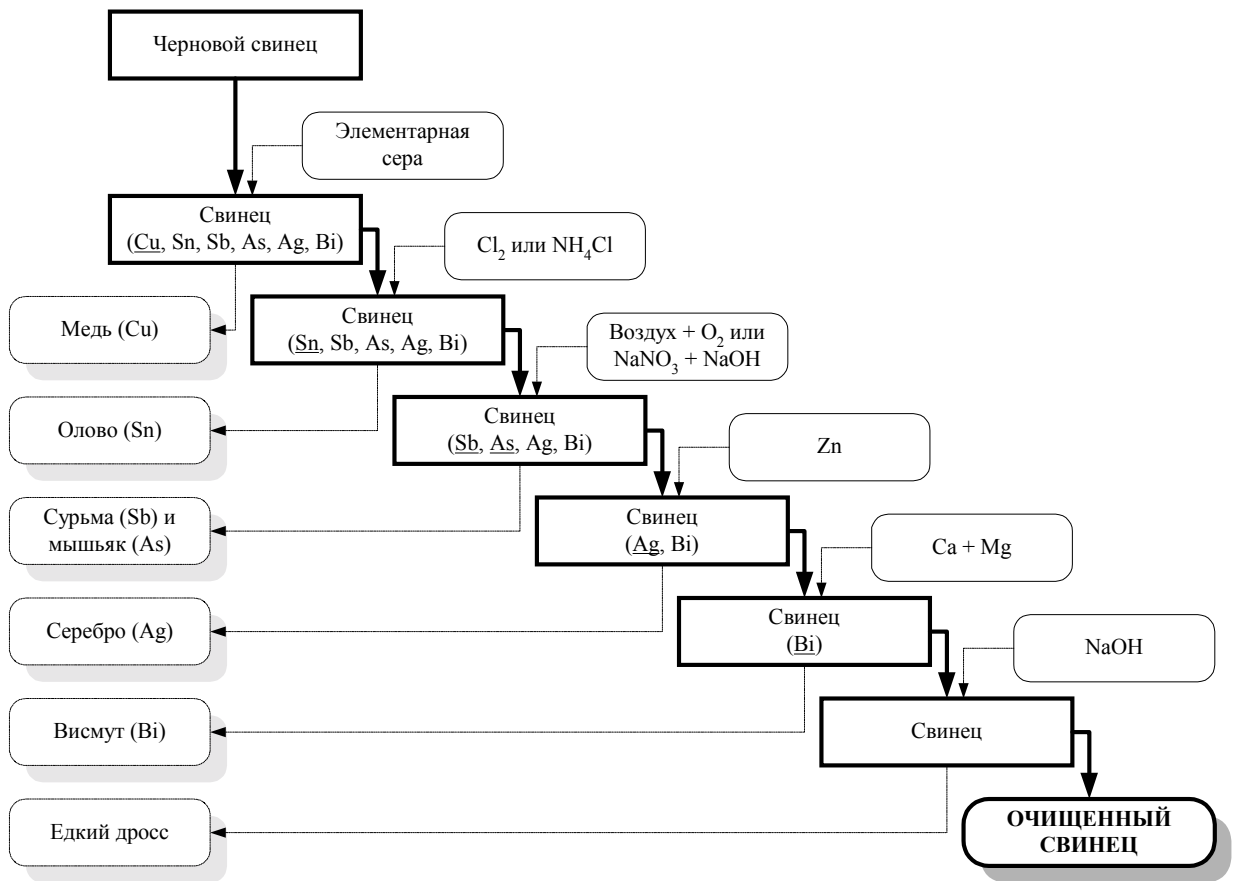


Диаграмма 6. Пирометаллургическое рафинирование свинца

69. Первой удаляется медь (Cu); это делается с помощью элементарной серы, посредством двухэтапной процедуры. На первом этапе добавление чистой серы к расплавленному свинцу при температуре 450°C позволяет перевести почти всю медь в шлак в форме сульфида меди (CuS). Второй этап рассчитан на полное устранение оставшейся меди путем ввода в расплав небольших количеств элементарной серы при 330°C, до тех пор, пока реакция окончательно не прекратится. Поскольку применение серы требует соблюдения жестких санитарных норм и правил техники безопасности во избежание пожаров и удушения едкими газами, в качестве более безопасной альтернативы можно использовать негорючий и не вызывающий выделения едких газов железный колчедан.

70. Олово обычно удаляется уже в процессе плавки, и дополнительная очистка от него нужна лишь в случае загрузки в рафинировочный котел лома свинцовых решеток и других твердых свинцовосодержащих материалов и попадания их в расплавленном виде в плавильную ванну. Олово – весьма неустойчивый металл, для устранения которого обычно достаточно простого помешивания расплава с добавлением небольших количеств азотнокислого натрия (NaNO<sub>3</sub>). После этого возможные остатки олова могут быть удалены из рафинировочного котла воздушной пикой.

71. Мышьяк (As) и сурьма (Sb) устраняются селективным окислением с помощью либо обогащенного кислородом (O<sub>2</sub>) воздуха, либо смеси азотнокислого натрия с гидроксидом натрия (NaOH). С этой целью через расплавленный свинец, нагретый до 550°C, пропускают воздух, обогащенный O<sub>2</sub>. Происходящая при этом реакция является крайне экзотермичной, в результате чего температура быстро достигает 650°C. Образующиеся поверхностные шлаки представляют собой смесь окислов Sb (25%), As (10%) и Pb (65%).

72. Следующим удаляется серебро (Ag), для чего применяют технологию Паркса, основанную на свойстве серебра лучше растворяться в жидком цинке (Zn), чем в жидком свинце (Pb).

Соответственно, в расплавленный свинец при 470°C добавляется металлический цинк, после чего смесь охлаждают до 325°C. При этом выделяется слой серебяно-свинцово-цинкового сплава, образующий корку на поверхности ванны. После снятия корки содержащийся в ней цинк отделяется от серебра методом вакуумной дистилляции. Затем черновое серебро подвергают дальнейшей очистке кислородом. Остатки цинка удаляются из очищенного от серебра свинца вакуумной дистилляцией с последующим добавлением гидроокиси натрия (NaOH).

73. Наконец, висмут (Bi) удаляется посредством обработки очищенного свинца смесью кальция (Ca) и магния (Mg), по так называемой технологии Кролла-Беттертона. При этом на поверхности расплавленного свинца образуется дросс из сплава кальция с магнием и висмутом, снимаемый соответствующим способом. Он подвергается окислению и дальнейшему рафинированию с целью выделения чистого висмута.

74. После этого очищенный свинец обрабатывается гидроокисью натрия (NaOH) для удаления любых оставшихся примесей и отливается в болванки или слитки. Продукты возгонки, дроссы, глет и другие вещества, образующиеся в процессе рафинирования, обычно переплавляются в небольшой печи для выделения черного свинца, возвращаемого затем в плавильный цикл.

#### 4.3.2. Рафинирование свинца: возможные источники загрязнения окружающей среды

75. Процесс рафинирования в отсутствие ряда мер контроля может приводить к загрязнению окружающей среды. К источникам воздействия на окружающую среду при рафинировании свинца относятся в частности:

a) перегретый свинец – свинцовые пары: иногда свинец, образующийся в процессе восстановительной плавки, непосредственно заливают в рафинировочный котел, температура в котором может достигать 1000°C. Таким образом при рафинировании нередко образуются большие количества свинцовых паров. В идеале свинец должен сливаться из печи непосредственно в свинцовую ванну или охлаждаться перед сливом;

b) выбросы двуокиси серы (SO<sub>2</sub>): очистка от меди при помощи элементарной серы может сопровождаться обильным выделением двуокиси серы (SO<sub>2</sub>), поскольку при температурах плавильной печи сера в присутствии кислорода быстро окисляется. Решить данную проблему позволяет применение железного колчедана;

c) образование и снятие поверхностных шлаков – загрязнение металлами: образование поверхностных шлаков и их удаление из рафинировочного котла в процессе очистки черного свинца от ненужных металлических примесей может создавать опасность для здоровья людей и окружающей среды из-за физических свойств этих шлаков, которые иногда имеют форму очень мелкой сухой пыли с высоким содержанием свинца и других металлов. Этот потенциально опасный побочный продукт должен перевозиться в подходящих для этой цели крытых или загерметизированных транспортных средствах, правильно храниться и рационально утилизироваться;

d) удаление и рекуперация хлора (Cl<sub>2</sub>) и олова (Sn) – высвобождение газообразного хлора: использование газообразного хлора для выделения олова на предмет его дальнейшей рекуперации требует больших мер предосторожности. Соответствующие системы конструируются с таким расчетом, чтобы не допускать высвобождения хлора, т. е. чтобы газообразный хлор успевал полностью прореагировать с оловом до того, как достигнет поверхности расплавленного свинца. Тем не менее, при отсутствии необходимого технологического контроля возможен выброс этого ядовитого газа в окружающую среду. Кроме того, осторожность требуется также при хранении хлора и обращении с ним, учитывая его коррозионные свойства и токсичность;

e) удаление олова (Sn) при помощи обогащенного кислородом (O<sub>2</sub>) воздуха – свинцовые пары: при пропускании воздуха сквозь массу расплавленных металлов содержащийся в нем азот (N<sub>2</sub>) не вступает ни в какие химические реакции. Это приводит к бурному поверхностному кипению металлов с выбросом пыли и металлических паров.

## 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

76. Здесь уже было описано несколько аспектов процесса рециркуляции свинца, включая его сбор, обращение с ним, хранение, перевозку, разделку аккумуляторных батарей, восстановление и рафинирование вторичного свинца. Остается, однако, рассмотреть еще ряд важных вопросов, в первую очередь касающихся мер экологического контроля.

77. Существует три основных подхода к экологическому контролю, в зависимости от степени совершенства установки по рециркуляции: а) для установок, еще не введенных в эксплуатацию; б) для установок, существующих уже в течение определенного времени и нуждающихся в техническом усовершенствовании, надзоре и рекомендациях; и с) для установок, где применяются наилучшие из имеющихся технологий и где существует необходимость лишь в надзоре и рекомендациях.

### 5.1. Планирование установок по рециркуляции свинца – оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)

78. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – это исследование, проводимое перед осуществлением любого промышленного проекта, способного служить источником загрязнения, с целью оценки его экологических последствий еще на стадии проектирования. Соответственно, оно создает предпосылки для усовершенствования проекта и одновременно обеспечивает руководство, инвесторов и государственные органы информацией, позволяющей судить о последствиях его осуществления. В некоторых странах мира проведение ОВОС является обязательным, и финансирование любого проекта может быть начато лишь после представления результатов такого исследования государственным органам и принятия ими положительного решения.

79. Теоретически этот этап должен быть пройден в отношении каждого объекта по рециркуляции свинца, во избежание загрязнения окружающей среды и для всестороннего обеспечения ее защиты и охраны здоровья людей. Это также предоставляет наилучшую возможность для корректировки проекта с минимальными издержками и для заблаговременного составления планов по использованию самых передовых и наиболее подходящих для данного метода рециркуляции технологий. Наконец, это позволяет получить представление о том, как объект по переработке будет взаимодействовать со своим окружением не только в экологическом, но и в экономическом, социальном и других отношениях.

80. ОВОС должна включать разделы, перечисленные ниже (более подробное руководство по ОВОС приводится в Приложении I):

- a) цели и задачи проекта, а также его социально-экономическое значение;
- b) характеристика места размещения объекта, его самого, а также соотношения того и другого, с максимальным использованием количественных параметров;
- c) график проведения работ;
- d) количественный и качественный прогноз экологических последствий, а также меры, которые будут приняты для сведения этих последствий к минимуму;
- e) возможные меры по реабилитации места осуществления проекта по его окончании или в случае его прекращения;
- f) применимое в отношении проекта законодательство;
- g) альтернативные варианты реализации проекта, и в первую очередь его размещения;
- h) масштабы, используемые технологии, источники сырья и энергии, а также характер продукции;
- i) обоснование применяемых методов и технологий;

j) доклад об ОВОС должен быть сжатым и объективным; в нем следует по возможности избегать оценочных суждений.

81. При всей своей несомненной полезности ОВОС порой страдает некоторыми незначительными недостатками, а именно: а) результаты ОВОС не всегда предаются гласности; б) в некоторых случаях ОВОС рассматривается как самоцель, а не как часть комплекса мер природоохранного регулирования; в) ОВОС обычно готовится независимыми специалистами и не всегда отражает задачи и обязательства организации, заказавшей исследование; и d) ОВОС может использоваться для предъявления завышенных требований и установления излишне жестких ограничений, в качестве рычага воздействия на рыночную ситуацию.

## 5.2. Технологические усовершенствования

82. Если перед сооружением объекта по рециркуляции свинца ОВОС не проводилась, велика вероятность того, что те или иные важные аспекты остались без внимания или не были учтены, с вытекающими отсюда техническими и экологическими проблемами. Вместе с тем следует подчеркнуть, что простое закрытие такого несовершенного объекта и сооружение на его месте нового не всегда представляет собой оптимальное решение, так как требует огромных финансовых затрат. Поэтому наилучшим, а иногда и единственно возможным вариантом является внесение технических усовершенствований и налаживание экологического мониторинга. О технических усовершенствованиях говорится в настоящем разделе, а экологический мониторинг рассматривается в следующем.

### 5.2.1. *Обработка потенциально загрязняющих веществ и предотвращение загрязнения*

83. На современном объекте по рециркуляции свинца затраты на борьбу с загрязнением, включая обработку стоков, фильтрацию дыма, улавливание пыли и устранение двуоксида серы (SO<sub>2</sub>), достигают 20-30% общего объема инвестиций.

#### 5.2.1.1. Кислотный электролит и стоки

84. Прямой сброс этих жидкостей в окружающую среду в необработанном виде привел бы к серьезнейшим экологическим последствиям. Для решения данной проблемы рекомендуется принимать максимально возможные в рамках имеющегося бюджета меры по их стабилизации:

а) существуют технологии экстрагирования жидкости жидкостью, позволяющие извлекать из электролита серную кислоту. С их помощью можно получать кислоту, очищенную от свинца и пригодную для реализации или повторного использования в качестве аккумуляторного электролита;

б) электролит можно обрабатывать карбонатом натрия (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) или карбонатом кальция (CaCO<sub>3</sub>) для получения сульфата натрия (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) или гипса (CaSO<sub>4</sub>), которые после отфильтровывания свинцового осадка могут быть подвергнуты дальнейшей очистке и реализованы производителям цемента или строительным компаниям;

в) следует всемерно избегать прямого слива нейтрализованного электролита;

д) слив необработанного электролита не является экологически оправданным и не должен допускаться ни в коем случае.

85. На каждом объекте по рециркуляции свинца должна иметься установка для очистки удаляемых с объекта сточных вод, включая воду, образовавшуюся при нейтрализации электролита, дождевую воду, воду, пролитую в местах хранения аккумуляторных батарей и т. п., позволяющая контролировать, поддерживать и улучшать качество сточных вод.

## 5.2.1.2. Улавливание пыли и фильтрация воздуха

86. На всех стадиях процесса рециркуляции аккумуляторных батарей возможно образование дыма и пыли того или иного вида, которые должны удерживаться на предмет их возвращения в производственный цикл либо обрабатываться перед сбросом в окружающую среду. Тот факт, что на среднестатистическом объекте по рециркуляции на каждую тонну восстановленного свинца приходится около 70 тонн отфильтрованного воздуха, ясно свидетельствует о важности контроля за этим процессом.

87. Так называемая "механическая" пыль, состоящая из крупных по размерам частиц, сравнительно легко удаляется из воздуха путем фильтрации. Однако эта задача становится тем труднее, чем мельче присутствующая в воздухе пыль: для удаления мелкой пыли требуются особые технологии. В зависимости от необходимой степени очистки и имеющегося бюджета может быть рассмотрен целый ряд различных вариантов: тканевые или рукавные фильтры, сухие и мокрые электростатические пылеуловители, циклонные и керамические фильтры, а также мокрые газоочистители. Вся собранная пыль, как правило, вновь направляется в плавильную печь для рекуперации содержащегося в ней свинца.

## 5.2.1.3. Неорганизованные выбросы

88. Неорганизованными называются выбросы в атмосферу сырья и/или продуктов промышленных процессов, не прошедших через фильтры или контрольные механизмы, предназначенные для предотвращения или сокращения этих выбросов либо для полной или частичной очистки их от опасных примесей перед сбросом в окружающую среду.

89. То, что уже говорилось в данном разделе по поводу мер контроля на стадиях складского хранения и разделки аккумуляторных батарей, рафинирования свинца и т. п., указывает на несколько потенциальных источников неорганизованных выбросов; подобные выбросы возможны также при сливе из плавильной печи "докрасна" раскаленного жидкого свинца из-за высокого давления паров свинца и свинцовых соединений при температурах около 1000°C. Аналогичным образом, неорганизованные выбросы возникают при транспортировке расплавленного свинца с температурой около 1000°C в открытых ковшах или тиглях с последующей заливкой в рафинировочный котел, а также на более поздних стадиях обработки при ручном снятии с поверхности металла пылевидных дрессов в отсутствие вытяжных или вентиляционных систем.

90. Существует два основных способа предотвращения неорганизованных выбросов:

а) контролируемый слив расплавленного металла из печи, с обеспечением необходимой вентиляции, в литейную форму, из которой он после отверждения загружается в рафинировочный котел, где осторожно растапливается в плавильной ванне. В случае образования дресса технология его удаления должна предусматривать вентиляцию рабочего пространства, а также улавливание и удержание любой образующейся пыли системой пылеуловителей с матерчатыми фильтрами;

б) слив "докрасна" раскаленного свинца из печи в плавильную ванну с температурой примерно на 20% выше температуры затвердевания свинца и значительно ниже той, при которой возможны неорганизованные выбросы. Плавильная ванна должна быть закрытой и иметь систему вентиляции, при которой любая образующаяся пыль задерживается пылеуловителями. По мере наполнения рафинировочного котла, в котором находится плавильная ванна, возможно перекачивание расплавленного свинца в другой котел и начало процесса рафинирования.

#### 5.2.1.4. Устранение двуокиси серы (SO<sub>2</sub>)

91. В некоторых странах действуют весьма жесткие ограничения на выбросы двуокиси серы (SO<sub>2</sub>), контроль за которыми действительно очень важен ввиду сильного воздействия этого загрязнителя на окружающую среду. Ее устранение может обеспечиваться несколькими способами, включая сухие, полусухие, полувлажные и влажные технологии, а также, в качестве более простой альтернативы, применение мокрых газоочистителей, использующих в качестве реагента карбонат кальция (CaCO<sub>3</sub>), при взаимодействии которого с двуокисью серы образуется сернокислая известь. Последняя пригодна для продажи или для использования в плавильных печах в качестве шлакообразующей добавки. Однако даже после фильтрации и удаления пыли дымовые газы по-прежнему содержат небольшие остаточные количества пылевых частиц и SO<sub>2</sub>.

#### 5.2.1.5. Использование кислорода (O<sub>2</sub>)

92. Кислород (O<sub>2</sub>) применяется для обогащения газов, используемых в горелках, что позволяет добиться трех основных результатов:

- a) из-за высокого содержания в воздухе азота (N<sub>2</sub>, ~72% по объему), не участвующего в химических реакциях при нормальных температурах, добавление чистого кислорода (O<sub>2</sub>) резко снижает количество газов, образующихся при горении (приблизительно в пять раз);
- b) сокращение потери тепла благодаря уменьшению количества пропускаемого сквозь печь холодного газа;
- c) повышение производительности печи.

93. Таким образом, обогащение кислородом (O<sub>2</sub>) воздуха, подаваемого на горелки печи, позволяет сделать технологический процесс намного более экологически чистым.

#### 5.2.1.6. Выбор флюсующих веществ и стабилизация шлака

94. Кальциевый шлак, образуемый при добавлении в печь флюса, состоящего из карбоната кальция, устойчив к выщелачиванию, что делает отходы производства экологически более безопасными. С другой стороны, его использование повышает рабочую температуру плавки и приводит к образованию дополнительных количеств двуокиси серы (SO<sub>2</sub>), т. е. увеличивает затраты на энергоносители и вызывает изменение технических параметров работы печи, в частности срока службы ее огнеупорных компонентов. Вместе с тем, известь (CaCO<sub>3</sub>) представляет собой природный материал, значительно более простой в обращении, чем карбонат натрия (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), что снижает стоимость флюса и облегчает эксплуатацию установки. Таким образом, выбор флюсующего вещества должен быть тщательно продуман.

95. Стабилизация шлака, предполагающая в конечном счете весьма эффективный контроль над процессом восстановительной плавки и рафинирования, представляла бы собой важнейший шаг к экологически более чистому производству, поскольку речь идет об основном виде опасных отходов, образующихся в течение всего процесса. Натриевый шлак, остающийся после использования карбоната натрия (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), не находит в силу своих физико-химических свойств какого-либо полезного применения и поэтому удаляется на свалки для опасных отходов.

96. С другой стороны, хотя это и связано с некоторым увеличением затрат на рециркуляцию, кальциевые шлаки иногда могут вполне успешно служить сырьем для производства цемента, используемого при сооружении дорог, производстве кирпичей и т. д. Соответственно, применение флюсов на основе кальция могло бы рассматриваться в будущем как жизнеспособная альтернатива, позволяющая решить проблему утилизации больших количеств образующихся отходов.

#### 5.2.1.7. Рециркуляция тяжелой органики

97. Тяжелая органическая фракция состоит из сепараторов и эбонита; 50% ее массы составляет углерод, что позволяет использовать тяжелую органику в плавильных печах в качестве восстановителя. Такое применение тяжелой органики, хотя и требует некоторых дополнительных предосторожностей во избежание загрязнения окружающей среды, позволяет в то же время сократить использование других восстанавливающих веществ, а также уменьшает количество отходов, требующих экологически обоснованной утилизации. С другой стороны, присущие этой технологии недостатки (меньшая текучесть шлака, образование дегтя и др.) не позволили прийти на этот счет к окончательному заключению и требуют проведения дальнейших исследований; так или иначе, данный способ утилизации этих отходов представляется перспективным.

#### 5.2.1.8. Рециркуляция полипропилена

98. Экономическая ценность полипропилена такова, что уже одной ею можно было бы оправдать разделку свинцовых аккумуляторных батарей. Поэтому переработка их пластмассовых компонентов представляет собой экономически выгодную деятельность, которая, к сожалению, практикуется не везде.

#### 5.2.1.9. Рациональное удаление не поддающихся рекуперации отходов

99. Некоторые виды отходов, образующиеся в процессе рециркуляции свинца не пригодны для дальнейшей переработки или повторного использования и, следовательно, нуждаются в рациональном удалении. Следует подчеркнуть, что содержание свинца в большинстве таких отходов достигает 2-5%, что требует обращения с ними как с опасными даже при отсутствии риска выщелачивания свинца, то есть означает необходимость их удаления на регулируемые свалки для опасных отходов.

### 5.3. Экологический мониторинг

100. Экологически более чистые технологии предполагают постоянный мониторинг, даже при применении наиболее передовых технических решений. Это не только помогает составить ясное представление об экологических аспектах деятельности предприятий по переработке свинца за счет безошибочного выявления слабых звеньев процесса рециркуляции, но и служит источником конкретных данных, позволяющих совершенствовать этот процесс и более надежно защищать окружающую среду и здоровье людей. В конечном счете экологический мониторинг является залогом экологической обоснованности процесса рециркуляции.

101. С другой стороны, меры контроля позволяют максимально снизить вероятность ошибок и аварийных ситуаций в процессе работы и одновременно сформулировать простой набор инструкций, выполнение которых способно существенно уменьшить риск загрязнения окружающей среды.

#### 5.3.1. *Меры контроля*

102. Независимо от того, какие именно технологии предотвращения загрязнения используются на том или ином объекте по рециркуляции, существует ряд широко распространенных, разноплановых мер контроля, позволяющих не допускать или сводить к минимуму загрязнение окружающей среды. Ниже приведен лишь краткий комплекс таких мер, рассчитанный на дальнейшее совершенствование на основе выявления и учета специфики конкретных объектов по рециркуляции. Даже этот весьма лаконичный перечень содержит ряд полезных идей, касающихся оптимальной практики экологического контроля.

а) **Индивидуальные средства защиты (ИСЗ):** все работники должны быть обеспечены собственными ИСЗ, специфичными для каждого подразделения объекта по рециркуляции с учетом конкретных особенностей работы на том или ином участке. Они также должны быть обучены правильному пользованию ИСЗ в соответствии с указаниями изготовителей; во всех подразделениях объекта по рециркуляции должна иметься четкая и наглядная информация



о том, какими именно ИСЗ следует пользоваться работникам, находящимся в данном подразделении. Минимальный комплект ИСЗ включает респиратор, каску и защитную обувь;

b) **практика работы:** в целях уменьшения опасности для здоровья следует установить определенный порядок работы и обучить персонал следовать ему:

- i) запрет на курение на рабочем месте;
- ii) размещение зон для питания отдельно от рабочих помещений;
- iii) обязательный душ в конце рабочего дня;
- iv) обязательная смена одежды перед уходом с работы;
- v) ежедневная смена и стирка рабочей одежды;
- vi) ежедневная проверка и чистка респираторов;

c) **проведение работ по вскрытию аккумуляторных батарей, восстановлению и рафинированию свинца в закрытых помещениях:** при этом обеспечивается полное улавливание пыли соответствующими фильтровальными системами и предотвращается выброс загрязненной пыли в атмосферу;

d) **открытые участки:** все открытые участки территории объекта по рециркуляции должны иметь твердую и ровную поверхность, желательно с покрытием из влагонепроницаемого материала, легко поддающуюся влажной уборке и очистке. Все удаляемые при такой уборке материалы должны собираться и направляться в плавильную печь для рециркуляции потенциально содержащейся в них свинцовой пыли и пыли других металлов;

e) **для транспортировки материалов по территории объекта следует использовать закрытые конвейеры:** это позволяет избежать излишнего распространения пыли. Если это невозможно, то необходимо обеспечить, чтобы транспортировка осуществлялась в надлежащем образом закрытых транспортных контейнерах. Транспортные средства, используемые для перевозок по территории объекта, должны быть отделены от тех, которые используются за пределами этой территории;

f) **хранение шлака:** при хранении опасных материалов следует соблюдать ту же степень предосторожности, что и при хранении отработавших аккумуляторных батарей, поскольку во многих таких материалах присутствуют вещества, подверженные выщелачиванию или создающие иную угрозу для здоровья и окружающей среды. Соответственно, те же предохранительные меры, которые принимаются при складировании аккумуляторных батарей (надлежащее покрытие пола, оборудование крыши или навеса и т. д.), должны распространяться и на шлак, дроссы, накипь и другие опасные побочные продукты, отходы и материалы;

g) **система фильтрации воздуха:** должна быть размещена как можно ближе к вентилируемому пространству; следует использовать только вытяжные системы закрытого типа во избежание выбросов пыли;

h) **все операции на открытом воздухе должны проводиться с увлажнением:** влага препятствует образованию пыли. Поэтому все операции вне закрытых помещений – такие, как уборка открытых площадок, подъездных путей, перевозка по грунтовым дорогам, перевозка в открытых контейнерах, очистка тканевых фильтров, транспортировка пыли и т. д. – должны производиться с увлажненными материалами;

i) **грузовики и другие транспортные средства, выезжающие с объекта по рециркуляции, должны подвергаться мойке:** это особенно касается колес и днища автомобилей, во избежание распространения свинцовой пыли за пределами объекта по рециркуляции. Периодически необходима вакуумная очистка внутреннего пространства кузовов. Все

транспортные средства должны покидать объект по рециркуляции через один и тот же пропускной пункт;

j) **необходимо соблюдать меры предосторожности при хранении угля:** если на объекте по рециркуляции используется уголь – будь то в качестве топлива или восстановителя – должно быть надлежащим образом организовано его хранение на крытом, изолированном складе. При этом также необходимы специальное противопожарное оборудование и соответствующая подготовка персонала;

k) **следует организовать сбор дождевой воды:** во избежание образования опасных продуктов выщелачивания необходимо оборудовать объект специальной дренажной системой для сбора дождевой воды и направления ее на установку по очистке стоков.

103. Независимо от того, какие именно технологии предотвращения загрязнения используются на том или ином объекте по рециркуляции, существует ряд широко распространенных, разноплановых мер контроля, позволяющих не допускать или сводить к минимуму загрязнение окружающей среды. Ниже приведен лишь краткий комплекс таких мер, рассчитанный на дальнейшее совершенствование на основе выявления и учета специфики конкретных объектов по рециркуляции. Однако и этот перечень содержит ряд полезных идей, касающихся оптимальной практики экологического контроля.

### 5.3.2. Меры мониторинга

104. Экологический мониторинг можно назвать своего рода "термометром" загрязнения окружающей среды. Собранные с его помощью данные могут не только задавать направление техническим усовершенствованиям и помогать оценивать эффективность принимаемых мер, но и служить делу укрепления доверия в отношениях с местным населением, поскольку заводы по рециркуляции свинца обычно рассматриваются как источник сильного загрязнения окружающей среды. Поэтому такой мониторинг должен осуществляться на каждом предприятии по рециркуляции свинца.

105. В число объектов мониторинга входят, в частности:

a) **стоки:** после обработки на очистительной установке вся вода, выпускаемая за пределы объекта по рециркуляции, должна контролироваться как минимум по таким параметрам, как pH, содержание сульфидов и отдельных тяжелых металлов (Pb, Hg и Cd);

b) **газы:** необходим непрерывный мониторинг содержания в воздухе газов, таких как двуокись серы (SO<sub>2</sub>), а также свинцовой пыли. Желательно осуществлять его в ряде различных точек, на территории объекта по рециркуляции и за ее пределами;

c) **почва и растительность:** необходим периодический анализ почвы и растительности на территории объекта по рециркуляции и в непосредственно прилегающей к нему зоне на предмет обнаружения пылевых загрязнений;

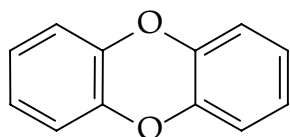
d) **качество воздуха:** необходим постоянный мониторинг качества воздуха в закрытых помещениях, таких, как цех по разделке аккумуляторных батарей, и т. п.;

e) **медицинское наблюдение:** состояние здоровья всех работников объекта должно наблюдаться и регистрироваться. Населению, проживающему в непосредственной близости от объекта, также следует периодически предлагать пройти бесплатное обследование.

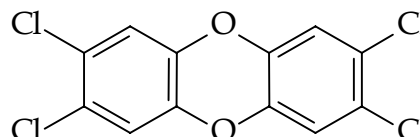
106. Хотя подобные меры мониторинга являются дорогостоящими, а для некоторых из них необходим специально подготовленный персонал, что может создавать большие трудности в условиях жестких бюджетных ограничений, следует понимать, что они являются источником данных, исключительно важных для определения того, насколько экологически здоровой является деятельность объекта по рециркуляции. Поэтому их следует осуществлять при любой возможности.

### 5.3.3. Диоксины

107. Диоксинами называются ароматические органические соединения, образующиеся в ходе некоторых термических реакций (так называемый процесс "де-ново"), при которых фрагменты прекурсоров (как правило – молекулы с высокой химической активностью) взаимодействуют друг с другом, формируя молекулярную структуру диоксинов (диаграмма 7).



Дибензо-п-диоксин



2,3,7,8-Тетрахлор-дибензо-п-диоксин

Диаграмма 7. Молекулярная структура диоксина и 2,3,7,8-ТДД

108. Наличие в составе прекурсоров атомов хлора, судя по всему, повышает темпы формирования диоксинов и приводит к образованию значительно более опасных молекул, таких, как 2,3,7,8-ТДД, обладающий выраженными канцерогенными свойствами.

109. При всей сложности предотвращения образования диоксинов и их обнаружения данный вопрос необходимо ставить в связи с рециркуляцией свинца, поскольку прекурсоры диоксинов могут присутствовать в составе вторичного сырья, а в плавильных печах могут существовать условия, благоприятствующие формированию диоксинов. Кроме того, при использовании углеродосодержащих восстановителей и органического топлива может образовываться мелкая угольная пыль, способная при определенных условиях взаимодействовать с производными хлора с образованием токсичных соединений. Наконец, присутствие меди и железа, весьма характерное для процессов рециркуляции свинца, очевидно, в определенной мере катализируют процесс формирования диоксинов, приводя к их выбросу в еще больших количествах.

110. Поскольку предварительная сортировка сырья с целью исключения из его состава хлорсодержащей органики и таких металлов, как железо и медь, представляется крайне затруднительной, если вообще осуществимой в условиях объекта по рециркуляции свинца (не считая наиболее легких и наиболее тяжелых органических соединений), простейшим решением проблемы следует признать уничтожение диоксинов:

а) для обеспечения полного выгорания органических соединений, как уже говорилось, может использоваться обогащенный кислородом ( $O_2$ ) воздух или чистый кислород, что в принципе позволяет существенно сократить количество образующихся диоксинов;

б) в поток выделяющихся газов может вводиться активированный уголь, улавливающий органические молекулы и отфильтровываемый на последующем этапе. Отфильтрованная таким образом пыль должна рассматриваться в качестве опасных отходов и не возвращаться в плавильные печи, а сжигаться на специализированных установках или удаляться с крайней осторожностью;

в) согласно имеющимся данным, эффективным методом уничтожения диоксинов является каталитическое окисление.

111. Эти и все другие имеющиеся технологии – в первую очередь те из них, которые позволяют обеспечить полное сгорание в высокотемпературном режиме всех введенных в печь материалов, – должны рассматриваться с учетом специфических ограничений и потребностей, присущих каждому объекту по рециркуляции. Некоторые из них не требуют специального оборудования и могут быть легко внедрены без дополнительных технических усовершенствований. Выбор системы, оптимальной с точки зрения затрат, определяется не только экономическими факторами, но и соображениями безопасности, правовыми и эксплуатационными аспектами. Пользуясь любой из вышеперечисленных технологий, выбросы можно сократить до уровня менее 0,5 нг на кубический метр, а сочетание нескольких из них легко позволяет достичь уровня ниже 0,1 нг на кубический метр, достаточного для защиты здоровья людей и окружающей среды.

## **6. МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ**

### **6.1. Общие соображения**

112. Свинец всегда был и остается веществом, немалые количества которого присутствуют не только в естественной природной среде, но и в организме человека. В естественных условиях высвобождение свинца происходит путем выветривания свинцовосодержащих пород и в форме газообразных соединений; согласно оценкам, эти два механизма в совокупности являются причиной попадания в окружающую среду примерно 210 000 тонн свинца в год и до начала деятельности человека были единственными источниками природного свинца. Средняя концентрация свинца в литосфере составляет около 16 мг/кг, однако ее уровень варьируется в зависимости от местной геологической структуры.

113. В сравнении с количествами свинца, высвобождающимися естественным путем, деятельность человека представляет собой намного более интенсивный механизм извлечения этого металла из его природных источников. Объем его производства превышает 4 миллиона тонн в год, однако лишь небольшая часть этого количества возвращается в окружающую среду в форме загрязнения, тогда как основная доля производимого свинца используется в промышленности.

114. Поскольку человеческий организм не чувствителен к происхождению свинца, т. е. свинец антропогенной и естественной природы поглощается им одинаково, любая антропогенная деятельность, случайно приводящая к попаданию свинца в той или иной форме в окружающую среду, может рассматриваться как усиливающая процесс его естественного высвобождения; в то же время, как показано на диаграмме 8, основные источники свинца остаются неизменными.



Диаграмма 8. Основные пути попадания свинца в организм человека

115. С учетом этих соображений рециркуляция свинцовых аккумуляторных батарей в отсутствие надлежащего контроля за ней является потенциально существенным дополнительным источником свинца в окружающей среде; о последствиях этого для здоровья людей можно судить по диаграмме 8, где жирными линиями выделены важнейшие пути попадания свинца в человеческий организм.

6.2. Токсикокинетика

6.2.1 *Поглощение, распределение и выведение из организма*

116. Свинец поглощается человеком путем вдыхания, приема с пищей и всасывания через кожу, хотя последнее имеет место лишь в редких случаях контакта с органическими соединениями свинца (в частности, топливными добавками) и не рассматривается здесь, поскольку такие соединения не используются и не рециркулируются на объектах по переработке вторичного свинца. Концентрация свинца в организме и его распределение по тканям зависят от сочетания таких факторов, как пути поглощения свинца, размер частиц и тип свинцовых соединений (органические или неорганические). Помимо этого характер поглощения свинца организмом зависит и от других индивидуальных свойств, таких как физиологическое состояние и целостность тканей (и то, и другое определяется возрастом и иными факторами, включая особенности диеты, метаболизма и анатомии). Общая схема токсикокинетики свинца показана на диаграмме 9.

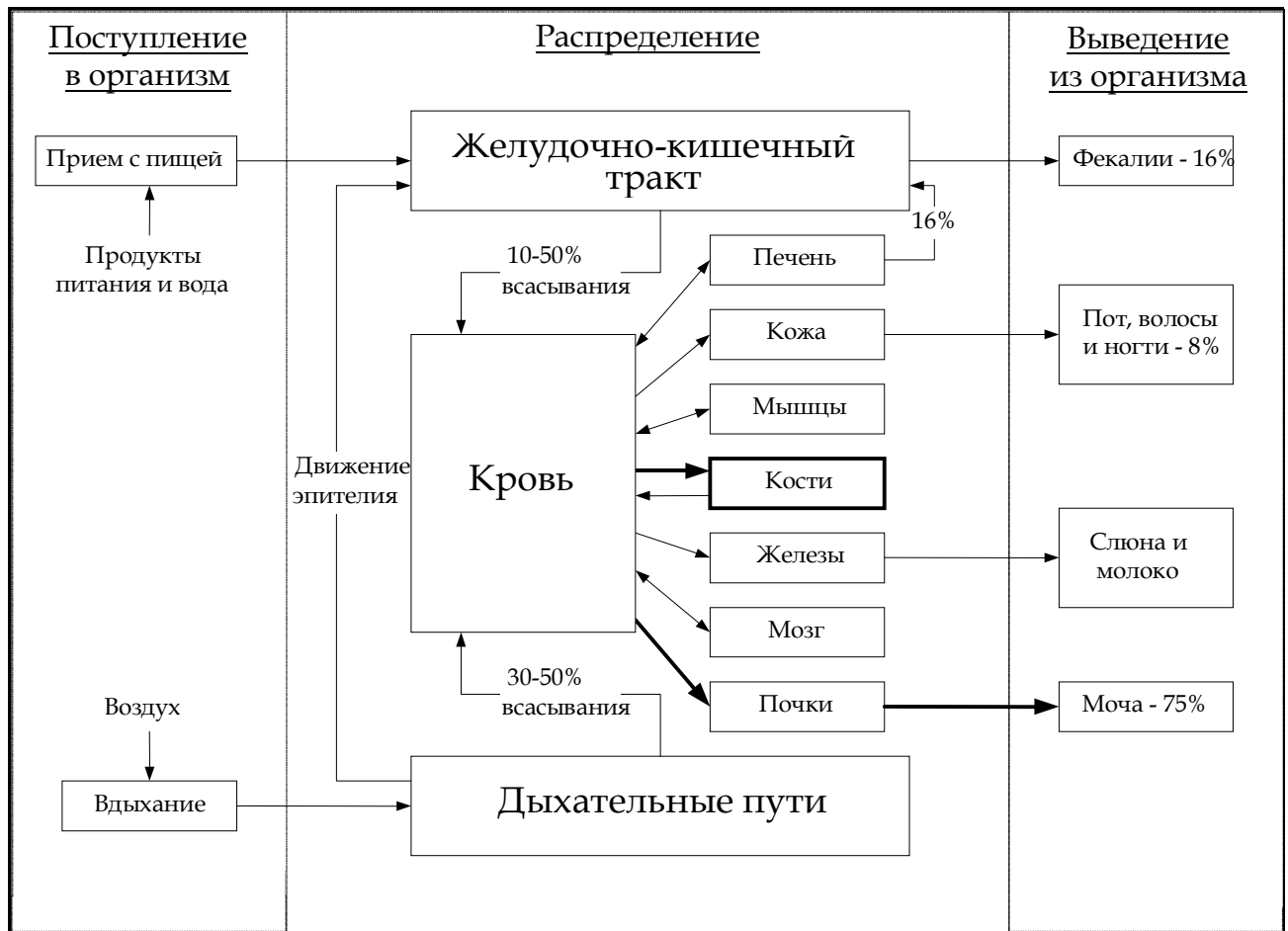


Диаграмма 9. Токсикокинетика свинца в организме человека

117. В промышленных условиях свинец поступает в организм главным образом через органы дыхания, чем и определяется вредность производства на объектах по рециркуляции свинца, где не соблюдаются предписанные меры предосторожности. Хотя механизм поглощения свинца изучен не полностью, установлено, что примерно 20-40% свинца, попадающего в дыхательные пути, задерживается в организме, причем основная часть этого количества направляется движением ресничек эпителия из дыхательных путей в желудочно-кишечный тракт. Свинец, остающийся в легких, быстро всасывается в результате процесса, не зависящего от химической разновидности свинца. Согласно имеющимся оценкам, уровню атмосферной концентрации свинца в  $1 \text{ мкг/м}^3$  соответствует его концентрация в крови в количестве  $1-2 \text{ мкг/дл}^{-1}$ .

118. Процесс поглощения через желудочно-кишечный тракт, являющийся главным путем проникновения свинца в организм в условиях, не связанных с промышленным производством, не зависит от характера свинцовых соединений; на его долю приходится менее 10% общего количества свинца, поглощаемого человеком. Следует отметить, что неорганические соединения свинца проникают в организм с пищей в сравнительно большем количестве, чем неорганические соединения других металлов, у которых этот тип соединений менее активно усваивается человеком через органы пищеварения.

119. Независимо от путей усвоения свинцовых соединений, дети намного более чувствительны к ним, чем взрослые, причем, согласно некоторым данным, с пищей в организм ребенка попадает до 50% всего поглощаемого свинца, т. е. в пять раз больше, чем у взрослых.

120. Свинец, попавший в организм как через дыхательные пути, так и через желудочно-кишечный тракт, проникает в кровь, где быстро достигается его стабильное распределение между плазмой и красными кровяными тельцами в соотношении 1:16. С кровью свинец поступает во все органы, и особенно в костную ткань, где может задерживаться до 90% всего имеющегося в организме свинца. Поэтому, если концентрация свинца в крови отражает объем его поглощения за последнее время, то по его концентрации в костной ткани можно судить об общем количестве проникшего в организм свинца.

121. Свинец, попавший в желудочно-кишечный тракт, выводится преимущественно с фекалиями, что говорит о его слабом всасывании через органы пищеварения. Что касается свинца, усвоенного организмом и поступившего в кровь, то он выделяется с мочой (75%), путем желудочно-кишечной секреции через печень (16%), а также через волосы, ногти и потоотделение (8%). Свинец может присутствовать также в молоке кормящих женщин, где его концентрация весьма сходна с концентрацией в плазме крови.

122. Период полувыведения свинца из человеческого организма, как правило, весьма продолжителен, но варьируется в зависимости от вида тканей. Кроме того, скорость выведения свинца практически не поддается оценке в силу того, что его содержание в крови может долгое время поддерживаться за счет количеств, накопленных в костной ткани. Тем не менее имеются некоторые данные о периоде полувыведения свинца из крови (3-4 недели) и костной ткани (20-27 лет).

#### *6.2.2. Токсичность и последствия для здоровья*

123. Токсические механизмы отравления свинцом можно подразделить на три типа: а) конкуренция с другими важными для метаболизма металлами, в частности кальцием и цинком; б) сильное сродство к сульфгидрильным (-SH) группам белковых молекул, способное приводить к химической модификации ряда белков и более или менее серьезному нарушению их роли и функций в рамках нескольких метаболических цепей; в) нарушение переноса важных в биохимическом отношении ионов в организме.

124. Описан целый ряд гетерогенных явлений, а также общих и неспецифичных симптомов, связываемых с накоплением свинца в организме; о них говорится в Приложении 2. Наибольший ущерб свинец причиняет следующим системам организма:

а) кроветворная система: одним из первых и наиболее существенных последствий засорения человеческого организма свинцом является нарушение синтеза гема, ведущее к анемии из-за изменения структуры красных кровяных телец;

б) центральная нервная система (ЦНС): действие свинца на ЦНС значительно сильнее сказывается в раннем возрасте, причем нейрофизиологические симптомы возможны даже при концентрациях порядка  $10 \text{ мкг/дл}^{-1}$ , считающихся недостаточными для проявления токсического эффекта. Длительное воздействие свинца может иметь серьезные последствия для ЦНС в форме так называемой свинцовой энцефалопатии, признаки которой могут быть различными – от малозаметных изменений психики и поведения до серьезных нарушений нервной деятельности.

Последствия иногда зависят также от того, являются ли источниками свинца неорганические или органические соединения;

с) периферическая нервная система (ПНС): неорганические соединения свинца оказывают вредное воздействие на ПНС, изменяя не только структуру нервных клеток, но и их биохимическое поведение. Наиболее типичным последствием этого является свинцовый паралич, главный симптом которого заключается в частичном отказе верхних конечностей.

125. Наряду с вышеупомянутыми от отравления свинцом страдают мочеполовая, желудочно-кишечная, сердечно-сосудистая и эндокринная системы, а также суставы.

### 6.3. Предельные нормы воздействия

#### 6.3.1. *Нормы производственной гигиены*

126. Соблюдение предельных норм концентрации свинца в атмосфере рабочих помещений не гарантирует отсутствия вредных последствий для здоровья работающих в этих помещениях при более низких концентрациях. Кроме того, необходимо иметь в виду следующее:

а) существующие предельно допустимые нормы были определены в развитых странах, где условия труда, состояние здоровья и общее физическое состояние работников зачастую сильно отличаются от того, что имеет место в развивающихся странах;

б) работающие нередко подвергаются воздействию различных веществ, способных иметь кумулятивный или комбинированный эффект (например, табачный дым);

с) предельные нормы были установлены для взрослых в расчете на восьмичасовой рабочий день и пятидневную рабочую неделю, тогда как в развивающихся странах рабочий день и рабочая неделя нередко продолжаются значительно дольше, причем к работе привлекаются дети (особенно на малых семейных предприятиях).

127. Важно также учитывать общую тенденцию к снижению, т. е. ужесточению санитарных норм, особенно касающихся воздействия свинца, по мере совершенствования экспериментальной и клинической методики, позволяющего получать все более точные результаты и обнаруживать важные симптомы при более низких концентрациях свинца в крови.

128. Соответственно, указанные здесь предельно допустимые концентрации следует использовать лишь в качестве ориентира для защиты лиц, подвергающихся непосредственному воздействию свинца, принимая во внимание, что более надежной основой для определения предельных концентраций применительно к населению того или иного района являются данные систематического биологического наблюдения.

	Концентрация/источник
ПДК*	0,2 мг/м <sup>-3</sup> (УОТПГ США, 1981 год)
ПКВ**	0,45 мг/м <sup>-3</sup> за 15 минут воздействия дыма и пыли, содержащих неорганические соединения свинца (АКГЭПГ, США, 1983 год)
ПДК – СВЗ*** для неорганического свинца	0,15 мг/м <sup>-3</sup> – средняя норма для дыма и пыли, содержащих неорганические соединения свинца (АКГЭПГ, США, 1984 год)
ПДК – СВЗ	В диапазоне 30-60 мг/м <sup>-3</sup> ; 60 мг/м <sup>-3</sup> для мужчин репродуктивного возраста; 40 мг/м <sup>-3</sup> для женщин репродуктивного возраста (ВОЗ, 1980 год)

\* Предельно допустимая концентрация; \*\* Предел кратковременного воздействия; \*\*\* Предельно допустимая концентрация – средневзвешенное по времени значение

Таблица 1. Пределы концентрации свинца на рабочем месте



129. Кроме того, определены также степени риска, соответствующие различным концентрациям свинца в крови (Таблица 2).

	Степень риска			
	Нормальная	Приемлемая	Чрезмерная	Опасная
Концентрация Pb в крови ( $\mu\text{г}/\text{дл}^{-1}$ )	< 30	30-40	40-60	> 60

Таблица 2. Степени риска в зависимости от концентрации свинца в крови

#### 6.3.2. Экологические предельные нормы

130. Экологические предельные нормы соответствуют наблюдаемым во всех районах мира концентрациям, при которых не обнаружено каких-либо вредных последствий для населения. В то же время они отличаются от предельных концентраций на рабочем месте тем, что последние основаны на подробных исследованиях. Для уточнения экологических предельных норм необходима дальнейшая исследовательская работа; соответственно, в будущем они могут измениться с светом лучшего понимания вопросов взаимодействия свинца с окружающей средой, а также более всеобъемлющего представления о возможных источниках воздействия свинца на человека.

131. Для населения в целом установлены следующие предельные нормы концентрации свинца:

Источник	Предельная концентрация
Питьевая вода	0,005 $\text{мг}/\text{л}^{-1}$ (ВОЗ, 1984 год)
Почва	до 25 $\text{мг}/\text{кг}^{-1}$
Продукты питания	3 мг на человека в неделю (ФАО/ВОЗ, 1972 и 1978 годы)
Воздух	2 $\mu\text{г}/\text{м}^{-3}$ – среднегодовая концентрация (ЕС, 1987 год)
Воздух	0,7 $\mu\text{г}/\text{м}^{-3}$ (СССР, 1978 год)
Воздух	2 $\mu\text{г}/\text{м}^{-3}$ (АОС США)

Таблица 3. Предельные концентрации свинца в окружающей среде

#### 6.4. Профилактика и контроль

##### 6.4.1. Предлагаемые меры профилактики и контроля

132. С медицинской точки зрения предлагаемые меры профилактики представляют собой мероприятия, необходимые на производстве для защиты здоровья работников от вредного воздействия свинца. Наиболее важными из них являются:

- a) отношение к любому свинцовосодержащему материалу как к потенциальному источнику загрязнения окружающей среды и человеческого организма;
- b) соблюдение общегосударственных правил техники безопасности на производстве;
- c) запрет на прием пищи и курение в рабочих помещениях;
- d) запрет на работу детей и беременных женщин на объектах по рециркуляции свинца;
- e) разработка и проведение информационно-просветительских программ;
- f) обеспечение того, чтобы работники на производстве пользовались индивидуальными средствами защиты, включая как минимум: а) спецодежду с эффективными

защитными свойствами; b) ежедневную чистку использованной спецодежды; c) защитные маски различных типов, в зависимости от средней концентрации свинца в воздухе;

- g) контроль концентрации свинца в рабочих помещениях;
- h) обязательное периодическое медицинское обследование работников, подвергающихся воздействию свинца.

#### *6.4.2. Возможные способы медицинского контроля*

133. Текущая и справочная информация, наиболее важная для врача при обследовании работников, подвергающихся воздействию свинца, включает:

- a) общую историю болезни;
- b) трудовой стаж, на предмет выявления других вредных воздействий;
- c) перенесенные в прошлом заболевания крови и органов пищеварения;
- d) перенесенные в прошлом неврологические расстройства;
- e) результаты медосмотра перед приемом на работу;
- f) подробный анализ крови;
- g) уровень концентрации свинца в крови, анализы на ALA-U и Zn-PP;
- h) обследование почек и соответствующие анализы;
- i) электрокардиограмма для оценки функций сердца;
- j) особое внимание необходимо уделять состоянию здоровья курящих и употребляющих алкоголь работников, а также тех, кто подвергается воздействию других опасных или токсичных веществ.

134. Следует подчеркнуть, что вышеизложенные процедуры, включая не только предлагаемые контрольно-профилактические меры, но и возможные способы медицинского контроля, необходимы для получения как можно более ясного представления о фактическом загрязнении свинцом. Важно помнить, что данные о воздействии свинца и его содержании в окружающей среде и человеческом организме не всегда создают однозначную картину, и точность диагноза зависит от полноты имеющейся информации.

135. Таким образом, на основе вышеперечисленных данных может быть принято решение о признании временно нетрудоспособным работника, обнаруживающего симптомы отравления – при условии наличия соответствующей программы, в рамках которой такой работник может получить консультацию о наилучших способах сокращения воздействия свинца на его организм.

#### *6.4.3. Периодичность контроля*

136. При определении периодичности контроля за концентрацией различных веществ в организме человека следует учитывать как минимум следующие параметры конкретной ситуации на месте:

- a) общие условия труда;
- b) токсичность соответствующего вещества(веществ);
- c) концентрация вещества(веществ) в окружающей среде;
- d) интенсивность воздействия;

- e) частота воздействия;
- f) степень индивидуальной защиты (т. е. используемые индивидуальные средства защиты);
- g) тип индикатора загрязнения, поскольку таковых существует несколько, причем все они предназначены для обнаружения и диагностики различных состояний.

137. При ухудшении условий труда возникает необходимость в более частом контроле. Как показывает опыт, в дополнение к медосмотру перед приемом на работу работники должны проходить как минимум ежегодное медицинское обследование. При обнаружении ненормальных или критических ситуаций частота таких обследований может быть повышена, вплоть до их проведения на ежемесячной основе.

## **7. КАК НАЛАДИТЬ РАБОТУ: ОСНОВНЫЕ ШАГИ ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ПРОГРАММ РЕЦИРКУЛЯЦИИ СВИНЦА**

### **7.1. Выявление и определение национальных приоритетов**

138. Определение национальных приоритетов должно быть первым шагом в деле экологически обоснованного использования отходов свинцовых аккумуляторных батарей. В зависимости от конкретной ситуации с сырьем и утилизацией отходов в стране можно в предварительном порядке рассмотреть три потенциально оптимальных решения:

- a) рециркуляция за рубежом – сбор и временное хранение отработавших свинцовых аккумуляторов внутри страны с их последующим экспортом на предмет рециркуляции в другой стране;
- b) внутренняя рециркуляция – сбор, транспортировка и рециркуляция отработавших свинцовых аккумуляторов внутри страны;
- c) региональные решения – заключение регионального или субрегионального соглашения, направленного на решение вопросов утилизации отработавших свинцовых аккумуляторов на основе максимально эффективного использования местных или региональных ресурсов, знаний и опыта.

139. При необходимости, после того, как в стране определены национальные приоритеты, наиболее подходящее для нее решение может быть найдено на основе комбинации двух или более из вышеперечисленных вариантов. Например, для государства с высокой плотностью населения, где в то же время существуют удаленные от центра районы, может быть принят вариант, при котором отработавшие аккумуляторы из отдаленных районов доставляются на объекты по рециркуляции, располагающиеся в крупных городах. Подобный вариант сочетает в себе преимущества как стратегии рециркуляции за рубежом, так и стратегии рециркуляции внутри страны. При этом, однако, необходим весьма точный анализ положения с утилизацией отходов в стране, и в первую очередь экономических преимуществ рециркуляции свинца, так как крайне важно, чтобы процесс рециркуляции оставался экономически выгодным.

### 7.1.1. Рециркуляция за рубежом

140. Этому варианту отдается предпочтение при отсутствии в стране отвечающих экологическим требованиям объектов по рециркуляции, а также в случаях, когда географическая разобщенность различных ее районов (как например, в случае архипелагов) такова, что создание небольших предприятий по рециркуляции экономически не оправдано. В подобных ситуациях следует применять стратегии, ставящие во главу угла создание сетей по сбору и транспортировке батарей в место или места их складского хранения. Размещение последних должно быть стратегически продумано, с тем чтобы облегчить погрузку отработавших свинцовых аккумуляторов на транспорт, осуществляющий их трансграничную перевозку, с учетом изложенных выше технических руководящих принципов складирования и транспортировки.

### 7.1.2. Рециркуляция внутри страны

141. В странах, на территории которых имеются и действуют отвечающие экологическим нормам объекты по рециркуляции, задача состоит в принятии стратегий и подходов, создающих правовую основу для сбора, транспортировки и рециркуляции отработавших свинцовых аккумуляторов. Соответствующие политические установки и экономические стимулы могут зависеть от конкретных целей, приоритетов и управленческих задач, касающихся утилизации отработавших свинцовых аккумуляторов в данной стране.

### 7.1.3. Региональные решения

142. В условиях, когда в двух или более странах того или иного региона отсутствуют необходимые или отвечающие экологическим требованиям объекты по рециркуляции, либо они есть в одной или нескольких странах, но отсутствуют в другой или в большинстве других, может быть найдено региональное решение. Примером в этом отношении способна служить программа, обсуждаемая сейчас в регионе Центральной Америки и Карибского бассейна, несколько стран которого выразили обеспокоенность экологическими последствиями утилизации отработавших свинцовых аккумуляторных батарей на национальном и субрегиональном уровне.

143. В состав этого региона входит сравнительно много небольших государств, не обладающих емким внутренним рынком автомобильных и промышленных свинцовых аккумуляторов. Практически все используемые там аккумуляторные батареи импортируются в готовом виде, а по окончании срока службы превращаются в опасные отходы, в отношении которых действуют строгие торговые и экологические ограничения. Хотя Базельская конвенция поощряет утилизацию опасных отходов внутри государств и сведение их трансграничной перевозки к минимуму, скромный объем внутреннего рынка в этих странах не позволяет создать и эксплуатировать в каждой из них жизнеспособные объекты по рециркуляции. Таким образом, наиболее перспективной, а значит, и оптимальной альтернативой является региональный подход к этой проблеме, основанный на совместном использовании ресурсов и достижении максимальной экономии за счет расширения оборота.

144. Результатом таких программ должны быть:

- a) составление национальных стратегий экологически обоснованного использования свинцовых аккумуляторов и их объединение в региональную стратегию, включающую создание политических рычагов и экономических инструментов;
- b) определение требований и стандартов, которые могут быть положены в основу расширенной программы регионального сотрудничества или протокола об экологически обоснованной утилизации этого вида отходов;
- c) создание условий, при которых региональные участники могли бы передавать друг другу информацию, технологии и опыт;

d) выработка политических и экономических мер в отношении предпринимателей, чья деятельность не подчинена нормам регулирования и которые занимаются рекуперацией свинца в рамках "неформального" сектора экономики.

## 7.2. Создание систем сбора: основные подходы

145. Все технические аспекты мер, предшествующих рециркуляции, о которых говорилось в разделе 3 настоящих руководящих принципов, включая сбор, транспортировку и складирование аккумуляторных батарей, могут быть обеспечены на стабильной и долговременной основе лишь в рамках общего подхода, позволяющего определить основных участников процесса, сферу их ответственности и их экономические стимулы. Целью при этом должно быть:

- a) сокращение количества отходов;
- b) создание предпосылок для:
  - i) изучения способов продления срока службы аккумуляторных батарей;
  - ii) изучения возможности производства аккумуляторов на основе альтернативных технологий;
  - iii) внедрения экологически чистых технологий рециркуляции;
- c) максимальное увеличение объема экономической и экологически безопасной рекуперации свинца за счет:
  - i) обеспечения экологической обоснованности, экономической эффективности и социальной приемлемости процесса рециркуляции;
  - ii) принятия краткосрочных и среднесрочных мер для повышения эффективности малых плавильных предприятий;
  - iii) постепенного подключения неформального сектора к национальной стратегии рециркуляции свинца;
  - iv) расширения масштабов сбора вторичного сырья и снижения связанных с этим затрат;
  - v) расширения доступа к внутренним источникам свинца;
- d) отношение к реализации имеющейся стратегии как к процессу, основанному на проведении консультаций и осуществляемому силами многих заинтересованных участников.

146. При организации систем сбора большое значение имеют, в частности, следующие процедуры:

- a) прежде всего, краеугольным камнем осуществления любых программ является участие в них потребителей. Поэтому потребителей следует информировать о том, что свинцовые аккумуляторные батареи пригодны для рециркуляции, о порядке возврата отработавших батарей в места их приобретения, о правилах хранения отработавших батарей до их доставки в приемные пункты и о местонахождении приемных пунктов;
- b) следует запретить экологически неоправданное удаление аккумуляторных батарей;
- c) розничным предприятиям должны выдаваться лицензии на сбор и временное хранение отработавших свинцовых аккумуляторов, при условии наличия у них для этой цели складов, отвечающих требованиям настоящих руководящих принципов. Применительно к условиям каждой страны должен быть законодательно определен минимальный набор спецификаций и приняты дальнейшие меры по стимулированию, а при необходимости и прямому

обеспечению соблюдения природоохранных норм, например в форме регулярного инспектирования складских помещений. Процесс лицензирования должен рассматриваться в качестве канала для получения информации, которую следует использовать для составления и публикации географической карты расположения приемных пунктов;

d) деятельность плавильных предприятий должна лицензироваться, причем вновь сооружаемые предприятия должны быть основаны на наилучших имеющихся технологиях, а уже существующим следует вносить в свой производственный процесс и/или практику работы изменения, позволяющие достичь высоких экологических показателей. Рекомендуется также осуществлять постоянный контроль выбросов;

e) в качестве возможного решения проблемы нехватки денежных средств следует рассматривать совместное использование ресурсов в рамках консорциумов, что позволяет сократить издержки производства. При необходимости можно установить комплекс правил, регулирующих деятельность таких ассоциаций.

147. В различных странах мира разработано несколько практических моделей организации систем сбора, рассчитанных на конкретные потребности соответствующих государств с учетом размеров их территории, имеющейся транспортной сети, местных налогов и т. д.; общей представляется тенденция к принятию законодательства, основанного на принципе ответственности изготовителя. Ниже приводится описание некоторых таких моделей в порядке возрастания их сложности.

#### 7.2.1. Простейшая система "обратной реализации"

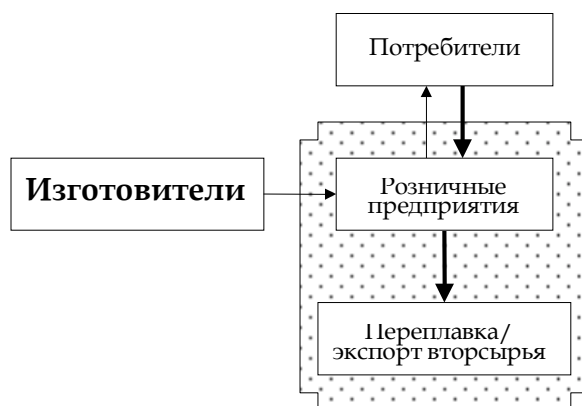


Диаграмма 10. Простейшая система "обратной реализации"

148. Это самая простая из возможных схем "обратной реализации", применяемая в ряде стран и наиболее подходящая для малых или островных государств, где плавильные установки для переработки вторсырья располагаются сравнительно недалеко от приемных пунктов. Принцип данной системы состоит в том, что розничные предприятия выступают в роли пунктов приема отработавших аккумуляторов, и потребитель, приобретая новую аккумуляторную батарею, оставляет взамен нее старую, которая надлежащим образом хранится на складе розничного предприятия до ее отправки на плавильный завод. Место последнего в данной модели может занимать и экспортер вторичного сырья, если в стране принято решение экспортировать отработавшие аккумуляторные батареи вместо выдачи лицензий на их рециркуляцию отечественному предприятию.

149. Поскольку данная система предполагает непосредственный контакт розничных предприятий с плавильным заводом или экспортером, она рассчитана на применение в пределах небольшого географического района. В целом она, в отличие от следующего рассматриваемого

варианта, не предусматривает создания транспортной инфраструктуры, что, безусловно, создает большие трудности при попытке ее применения на обширной территории<sup>4</sup>.

150. Среди важных вопросов регулирования можно отметить следующие:

a) необходимо установить нормы, регулирующие перевозку, с тем чтобы придать экологически рациональный характер порой весьма "неформально" организованной транспортной сети;

b) в отсутствие лицензированного плавильного предприятия, когда эффективная рециркуляция вторичного сырья достигается путем его экспорта, соответствующий экспортер должен не только получить лицензию и обеспечить соблюдение высоких экологических стандартов на любых имеющихся у него складах (где продолжительность хранения аккумуляторных батарей, в зависимости от спроса на них, может быть весьма велика), но и представить подробное описание процедур своей деятельности и деятельности своих зарубежных партнеров, облегчающее правительству принятие мер в рамках регионального сценария.

#### 7.2.2. Система специализированных сборщиков

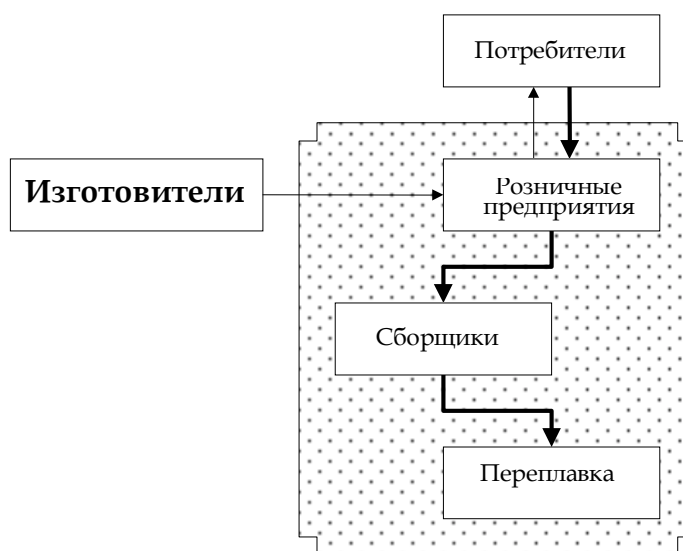


Диаграмма 11. Система специализированных сборщиков

151. Данная система, варианты которой реализованы в Великобритании и Германии, предполагает использование сети специализированных предприятий для сбора отработавших аккумуляторных батарей из розничных приемных пунктов и их доставки на плавильные заводы. В отличие от системы, описанной выше, в данном случае наличие таких специализированных сборщиков означает, что розничным предприятиям уже не приходится полностью брать на себя транспортные расходы. Кроме того, более узкая специализация позволяет повысить экологические стандарты перевозки. На законодательном уровне в рамках данной системы должен быть решен главным образом вопрос о контроле за работой сети по сбору и транспортировке, а также за участниками этого процесса.

152. Поскольку система рассчитана на большее число участников, она может применяться на более обширной территории, то есть пригодна для стран средних размеров. Вместе с тем, учитывая

<sup>4</sup> Понятие "обширной территории" в данном случае, безусловно, носит достаточно субъективный характер, и для определения того, могут ли розничные предприятия справиться с соответствующими задачами, невзирая на географические расстояния, налоги или другие ограничения, в каждом случае необходим специальный анализ. Данный подход может быть применен также на субрегиональном уровне.

динамизм, обычно характерный для деятельности розничных предприятий, она может без существенных изменений использоваться и в небольших, а также островных государствах.

### 7.2.3. Система возврата с опорой на изготовителя

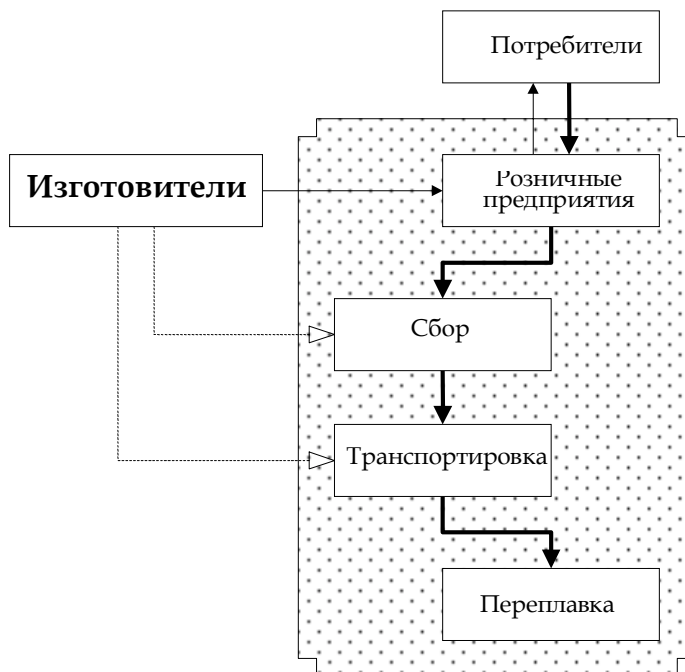


Диаграмма 12. Система возврата с опорой на изготовителя

153. Системы, подобные этой, существуют в Японии и Бразилии; здесь на изготовителей аккумуляторных батарей возлагается косвенная ответственность за сбор и транспортировку отработавших свинцовых аккумуляторов. От систем, описанных выше, данная система отличается в трех отношениях:

- а) ответственность за планирование и организационно-техническое обеспечение процесса возврата отработавших батарей на переплавку несут изготовители;
- б) сбором и транспортировкой отработавших свинцовых аккумуляторов занимаются две разные группы участников;
- в) сборщики и ответственные за транспортировку поддерживают связь с изготовителями.

154. Таким образом, хотя изготовители и не принимают непосредственного участия в сборе и транспортировке отработавших свинцовых аккумуляторов, с них не снимается ответственность за обеспечение условий для того, чтобы эти операции выполнялись с соблюдением высоких экологических стандартов.

155. Система возврата с опорой на изготовителей идеально подходит для стран, где уже имеется развитая, хотя и не подчиненная достаточно жесткой дисциплине и/или регулированию сеть по сбору отработавших аккумуляторов. Ее создание является логичным шагом, при котором несколько дезорганизованная инфраструктура приобретает формальные очертания за счет создания правовой основы, позволяющей четко определить круг участников и сферу их ответственности.



#### 7.2.4. Система "обратной реализации"

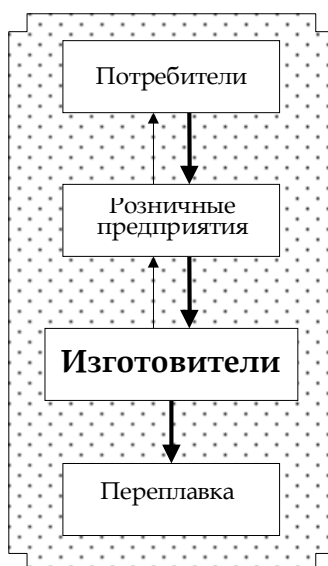


Диаграмма 13. Система "обратной реализации"

156. Данная модель, прототипом которой является система, действующая во Франции и Соединенных Штатах Америки, представляет собой полную схему "обратной реализации", при которой изготовители непосредственно занимаются сбором и транспортировкой отработавших аккумуляторов.

157. Данную систему сбора можно охарактеризовать как наиболее жестко контролируемую. При этом могут быть предусмотрены весьма строгие правовые рамки, полностью регламентирующие все стадии процесса рециркуляции. Для эффективности данной схемы необходимы также информационно-просветительская и экологическая программы.

#### 7.3. Развитие связей с общественностью

158. При всей важности рециркуляции свинца она обычно рассматривается как потенциальный источник загрязнения окружающей среды и вредного воздействия на здоровье людей. Соответственно, заводы по переработке вторичного свинца нередко вызывают к себе настороженное отношение со стороны местного населения. Это происходит даже с предприятиями, где соблюдаются самые строгие экологические нормы – в случаях, когда эти высокие экологические показатели не доводятся до сведения местных жителей и работников самого предприятия. Преодолеть возможное недоверие между ответственно подходящей к своим обязанностям компанией – владельцем объекта по рециркуляции и местным населением можно путем организации эффективных программ взаимодействия с общественностью.

159. Любой диалог и контакты с общественностью в рамках такого проекта должны носить откровенный и правдивый характер, особенно в том, что касается анализа и решения возможных проблем. Этот принцип следует применять, сколь бы тревожно ни выглядела существующая ситуация, с тем чтобы не утратить авторитета, добиться уважения и завоевать доверие.

160. Все работники объекта по утилизации свинца и все население прилегающей к нему местности, равно как и окружающая среда, потенциально могут подвергаться воздействию свинца. Поэтому очевидно, что в задачи любого проекта по взаимодействию с населением должны входить организация программы профилактики для местного населения и регулярный экологический и биологический мониторинг, позволяющие обеспечить правильное понимание возможных неблагоприятных явлений и принятие необходимых мер. Видное место в программе взаимодействия с населением обязательно должно отводиться информационно-просветительским мероприятиям.

161. В качестве первого шага к подключению местной общественности важно определить общие проблемы и интересы, создав тем самым предпосылки для развития рабочих контактов. Вопросы, представляющие обоюдный интерес, как правило, включают:

- a) здоровье и безопасность людей на производстве и вне его, включая воздействие свинца на детей;
- b) охрану окружающей среды, и в частности обращение с отходами, включая очистку сточных вод и удаление твердых отходов, если таковые имеются;
- c) меры, повышающие жизнеспособность предприятия и обеспечивающие устойчивую занятость.

162. Ответственность за скоординированное изучение этих представляющих общий интерес вопросов и обобщение полученных результатов должна быть поровну распределена между представителями местной общественности и предприятия, с учетом исключительной важности партнерских отношений и взаимопомощи между всеми участниками. В целях информирования высшего руководства компании, а также той части населения, которая не принимает активного участия в программе взаимодействия, важно обеспечить надлежащее распространение сведений обо всех состоявшихся обсуждениях и принятых решениях. Для этого необходимо:

- a) вести протоколы и составлять краткие информационные справки обо всех встречах, решениях и предстоящих действиях, влекущих какие-либо последствия для компании или местного населения;
- b) публиковать для всеобщего ознакомления имеющиеся данные, информацию и протоколы встреч;
- c) обеспечивать независимую проверку данных о воздействии на окружающую среду и работников предприятия, как на уровне местной общественности, так и на уровне самой компании, с привлечением для этого авторитетных организаций, таких, как местные университеты или другие группы специалистов.

163. Участники, желающие внести весомый и долговременный вклад в любой проект по развитию связей с общественностью, в первую очередь должны:

- a) знать и понимать имеющиеся ключевые проблемы, применяемую технологию, последствия воздействия свинца на организм человека, социальные потребности и приоритеты местного населения, позицию правительства и экономические факторы, влияющие на деятельность предприятий по рециркуляции;
- b) не пытаться игнорировать проблемы, даже кажущиеся неразрешимыми, а собирать о них необходимую информацию, прогнозировать их возникновение и привлекать к их решению других экспертов в данной области и местные заинтересованные стороны;
- c) свободно делиться друг с другом соображениями и знаниями в целях улучшения взаимопонимания;
- d) в ходе встреч обязательно следует соблюдать правила, ставящие на первое место необходимость внимательного выслушивания позиции другой стороны и заинтересованного отношения всех участников к потребностям местного населения и предприятия по рециркуляции.

164. Как показывают тематические исследования, к основным предпосылкам успеха относятся:

- a) приверженность участников согласованным целям проекта и идентификация с ними собственных интересов;
- b) правдивый, открытый, откровенный и частый обмен информацией;

- с) постановка реальных задач, согласованных всеми участниками, и твердая направленность действий на достижение целей программы и сохранение достигнутого;
- d) четкое определение ответственных за каждый аспект программы, а также обсуждение и совместное решение вопроса о том, чьими силами она должна осуществляться;
- e) определение задач по охране здоровья населения и местной окружающей среды на основе принципов рационального управления, конструктивного диалога и согласованности действий, позволяющих стабилизировать достигнутые результаты.

## 8. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ, ПРОИЗВОДСТВЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ СВИНЦА

### 8.1. Свинец первичного изготовления

#### 8.1.1. *Свинец первичного изготовления: мировое производство свинцового концентрата*

Таблица 4. Производство свинцового концентрата в мировой горнодобывающей промышленности, 1998-1999 годы

	Продукция горнодобывающей промышленности (в тысячах тонн)	
	1998 год	1999 год
Австралия	618	681
США	493	520
Китай	580	501
Перу	260	273
Канада	190	160
Мексика	166	120
Швеция	114	115
Другие страны	659	650
Всего	3080	3020

#### 8.1.2. *Свинец первичного изготовления: мировое производство металлического свинца*

Таблица 5. Мировое производство первичного свинца, 1998-1999 годы

	Производство первичного свинца (в тысячах тонн)	
	1998 год	1999 год
Китай	665	730
США	337	350
Австралия	173	240
Соединенное Королевство	185	185
Германия	140	174
Канада	130	146
Республика Корея	133	140
Япония	144	125
Мексика	163	120
Другие страны	820	800
Всего	2890	3010

8.1.3. *Свинец первичного изготовления: мировое потребление металлического свинца*

Таблица 6. Потребление металлического свинца по континентам, 1996-1999 годы

	Годовой объем (в тысячах тонн)			
	1996 год	1997 год	1998 год	1999 год
Европа	1942	1968	1952	1999
Африка	120	121	132	127
Америка	2056	2085	2177	2245
Азия	1795	1770	1673	1810
Океания	74	70	64	64
Всего	5987	6014	5998	6245

8.1.4. *Свинец первичного изготовления: использование металлического свинца*

165. Производство аккумуляторных батарей является, безусловно, крупнейшим потребителем свинца: согласно оценкам, на его долю приходится 70% общемирового потребления этого металла. Глобальное внедрение более рациональных подходов к использованию свинца, ведущее к сокращению его мелких применений в интересах защиты окружающей среды, может в ближайшем будущем увеличить долю свинца, направляемого в производство аккумуляторов, до 80%. Данное соотношение, однако, сильно колеблется в зависимости от региона.

Таблица 7. Использование металлического свинца, 1999 год

Вид производства	Доля в процентах
Свинцовые аккумуляторы	71
Пигменты	12
Прессование	7
Боеприпасы	6
Оболочка кабелей	3

166. Хотя удельный вес производства аккумуляторных батарей весьма неодинаков в различных регионах, в среднем 70% всего свинца, ежегодно потребляемого в Европе, используется для производства автомобильных аккумуляторов. В США доля свинца, направляемого в производство ПОЗ-батарей, превышает 80%.

Таблица 8. Потребление металлического свинца в производстве аккумуляторных батарей, 1993 год

Страна	Доля в процентах
США	83
Япония	69
Франция	65
Германия	56
Италия	46
Соединенное Королевство	34

8.2. Вторичный свинец8.2.1. *Производство вторичного свинца*

Таблица 9. Мировое производство вторичного свинца, 1999 год

	Производство вторичного свинца (в тысячах тонн)	
	1998 год	1999 год
США	1120	1110
Германия	194	200
Япония	158	168
Соединенное Королевство	165	163
Франция	215	150
Италия	177	140
Китай	92	129
Канада	136	117
Другие страны	623	633
Всего	2880	2810

8.2.2. *Вторичный свинец: доля вторичного свинца в общем объеме производства по странам*

167. К странам, производящим свинец только из вторичного сырья, относятся: Австрия, Бразилия, Ирландия, Испания, Колумбия, Малайзия, Нидерланды, Новая Зеландия, Пакистан, Португалия, Словения, Таиланд, Тринидад и Тобаго, Украина, Филиппины, Чешская Республика, Швейцария, Южная Африка и Ямайка.

Таблица 10. Производство вторичного свинца, в процентах (1999 год)

	Свинец первичного изготовления	Вторичный свинец	Всего	% 2° свинца
Аргентина	0,4	32	32,4	98,8
Алжир	0,9	6,1	7,0	87,1
Иран	9	38	47	80,8
США	350	1110	1460	76,0
Италия	75	140	215	65,1
Япония	125	168	293	57,3
Франция	119	150	269	55,7
Германия	174	200	374	53,5
Турция	4	4	8	50,0
Другие страны	2167	1042	3209	32,5
Всего	3010	2810	5820	48,3

8.3. Свинцовые аккумуляторные батареи8.3.1. *Свинцовые аккумуляторные батареи: годовое производство*

Таблица 11. Примерный объем производства автомобильных свинцовых аккумуляторов

Страна/регион	Производство (в млн. штук)	Процент от общего количества
США	117	40,3
Европа	87	30,0
Япония	36,2	12,5
Другие страны	49,8	17,2
Всего	290	100

## 8.3.2. Свинцовые аккумуляторные батареи: применение

Таблица 12. Применение свинцовых аккумуляторных батарей (в процентах мирового рынка), 1995 год

Тип	Европа	США	Япония	Другие	Всего
Автомобильные	19,0	30	9,0	13,0	71
Промышленные	13,0	8	2,0	1,0	23
Общего назначения	1,2	2	1,5	0,3	5
Всего	33,2	40	12,5	14,3	100

168. Количество ежегодно производимых в той или иной стране автомобильных аккумуляторов непосредственно связано с несколькими факторами:

- a) величина и особенности парка автомобилей;
- b) производство автомобилей и количество аккумуляторов на одном автомобиле;
- c) средний срок службы аккумуляторов;
- d) динамика внутреннего рынка и его экспортный потенциал: импорт и экспорт автомобилей, новых аккумуляторных батарей, лома аккумуляторных батарей, другого свинцового лома, свинцового концентрата, очищенного свинца и другой свинцовосодержащей продукции.

Таблица 13. Использование свинцовых аккумуляторных батарей в Европе (в тысячах тонн), 1995 год

Страна	Автомобильные	Тяговые	Резервного питания	ВРА*	Общего назначения	Всего
Германия	128	24	18	7	5	182
Франция	113	18	15	6	3	155
Соединенное Королевство	58	29	13	15	9	124
Италия	90	11	12	4	1	118
Испания	66	8	3	1	-	78
Скандинавия	57	12	7	1	-	77
Другие страны	29	5	2	1	-	37
Всего	541	107	70	35	18	771
В %	70	14	9	5	2	100

## 8.3.3. Срок службы свинцовых аккумуляторных батарей

169. Хотя вопрос о сроке службы свинцовых аккумуляторных батарей в развивающихся странах систематически не изучался, высказывались оценки, согласно которым в этих регионах он составляет в среднем 20-24 месяца. В отношении развитых стран имеются более точные данные.

Таблица 14. Расчетный срок службы автомобильных аккумуляторов, 1995 год

Страна/регион	Срок службы (лет)
Западная Европа	5,3
Канада	5,0
Япония	4,5
Австралия	3,1
США	3,0
Бразилия	2,4
Индия	1,8

### 8.3.4. Состав свинцовых аккумуляторных батарей

170. В состав свинцовых аккумуляторных батарей входят компоненты из органических материалов (корпус, крышка и сепараторы пластин) и компоненты из неорганических материалов (свинцовые клеммы, соединители, положительные и отрицательные пластины и электролит). Ниже приводится количественная характеристика этих компонентов.

Таблица 15. Состав автомобильных и тяговых аккумуляторных батарей

Материалы, пригодные для рециркуляции	Количество (кг)	
	Автомобильные аккумуляторы*	Тяговые аккумуляторы**
Свинец	8,4	262,7
Пластмассы	1,1	35,4
Электролит	3,8	83,5
Сталь	-	58,4
Медь	-	1,7
Общий вес	13,3	441,7

\* 12В, 44А-ч, 220А; \*\* 24В, 500А-ч, DIN 43 535

Таблица 16. Среднестатистический состав свинцовых ПОЗ-аккумуляторов, в процентах

Компонент	% по весу
Соли и окислы свинца	50
Кислота	24
Металлический свинец	17
Пластмассы	5
Эбонит и сепараторы	4
Всего	100

Таблица 17. Концентрация металлов в электролите свинцовых аккумуляторных батарей

Металл	Концентрация (мг/дл <sup>1</sup> )
Свинец, частицы	60-240
Сурьма	20-175
Железо	20-150
Кальций	5-20
Цинк	1-13,5
Свинец в растворе	1-6
Мышьяк	1-6
Олово	1-6

## 9. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ

171. В предыдущих главах рассмотрен ряд важных аспектов рециркуляции отработавших свинцовых аккумуляторных батарей: история вопроса, технические аспекты, устройство, общая характеристика процесса рециркуляции, меры мониторинга и контроля, охрана здоровья людей и т. д. Всестороннее рассмотрение процессов рециркуляции свинца потребовало бы, однако, значительно более глубокого анализа производственных технологий, экономических факторов, социальных и других аспектов, что выходит за рамки настоящих технических руководящих принципов.

172. Тем не менее, следует указать некоторые возможные темы для дальнейшего анализа:

а) имеются основания полагать, что возможности рециркуляции свинцовых аккумуляторных батарей могли бы быть дополнительно расширены за счет изменения их конструкции, т. е. состава пластмассовых корпусов и свинцовых пластин, физического состояния

электролита и т. д. Для таких изменений, однако, необходимы совместные усилия изготовителей, предприятий по рециркуляции и правительств;

b) для более эффективной защиты окружающей среды и здоровья людей следует внедрять и использовать дополнительные показатели, такие, как технологическая экспертиза (ТЭ), анализ жизненного цикла (АЖЦ), оценка риска (ОР), экологический аудит (ЭА) и система управления природопользованием (СУП);

c) необходимо следовать международным стандартам, таким как стандарты серии ISO 14000;

d) следует изучать возможность разработки и принятия конкретных норм регулирования и механизмов, таких как экологическая маркировка, которые способны играть потенциально важную роль;

e) необходимо иметь в виду, что эффективность любых методов планирования, регулирования, проектирования и контроля зависит от наличия данных. Соответственно, получение данных чрезвычайно важно для ориентирования руководства и помощи ему в принятии решений. Для получения данных следует использовать различных механизмы, включая химический анализ, экологический мониторинг, статистику производства и потребления свинца и т. д.

173. Наконец, следует понимать, что процесс рециркуляции свинца прочно укоренен в социально-экономическом укладе жизни, из чего вытекает ряд проблем, а также их возможных решений, которые не были, да и не могли быть рассмотрены в этих руководящих принципах. Поэтому целесообразно составить конкретную схему обстоятельств и условий, в которых протекает деятельность объекта по рециркуляции свинца, охватывающую местные политические условия, экономические и социальные аспекты, конъюнктуру внутреннего и международного рынков и т. п.; в контексте всего этого и должен рассматриваться конкретный объект по рециркуляции. Ни одно из приведенных здесь решений и указаний не должно восприниматься механически: все они должны анализироваться в свете вышеупомянутой схемы и имеющихся возможностей.



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ОВОС: ПРЕДЛАГАЕМАЯ СТРУКТУРА

- 1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗМЕЩЕНИЯ**
  - 1.1. Общее описание условий размещения
    - 1.1.1. *География*
    - 1.1.2. *Климатические условия*
    - 1.1.3. *Социально-экономический контекст и вопросы землепользования*
  - 1.2. Общая характеристика состояния окружающей местности
    - 1.2.1. *Описание физических условий*
    - 1.2.2. *Описание природной среды*
    - 1.2.3. *Характер и количественная оценка образующихся отходов и выбросов*
  - 1.3. Имеющиеся поблизости объекты
    - 1.3.1. *Объекты коммунальных служб*
    - 1.3.2. *Городская застройка*
    - 1.3.3. *Вопросы землепользования*
  - 1.4. Водные ресурсы
    - 1.4.1. *Водопользование в данной местности*
    - 1.4.2. *Использование воды на объекте по рециркуляции*
  
- 2. ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ СООРУЖЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТА: МЕРЫ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА**
  - 2.1. Общие аспекты
  - 2.2. Инвестиции в охрану окружающей среды
  - 2.3. Экологические последствия на стадии эксплуатации
    - 2.3.1. *Жидкие стоки*
    - 2.3.2. *Газообразные выбросы*
    - 2.3.3. *Вопросы землепользования*
    - 2.3.4. *Шумовое загрязнение*
    - 2.3.5. *Выводы*
  - 2.4. Водные ресурсы и их использование
    - 2.4.1. *Использование воды*
    - 2.4.2. *Факторы, ограничивающие использование воды*
    - 2.4.3. *Выводы*
  - 2.5. Жидкие стоки
    - 2.5.1. *Характер и количественная оценка жидких стоков*
    - 2.5.2. *Краткая характеристика сточных вод*
    - 2.5.3. *Меры контроля*
    - 2.5.4. *Выводы*
  - 2.6. Газообразные выбросы
    - 2.6.1. *Введение*
    - 2.6.2. *Непрерывные выбросы*
    - 2.6.3. *Периодические выбросы*
    - 2.6.4. *Случайные выбросы*
    - 2.6.5. *Меры контроля*
    - 2.6.6. *Выводы*
  - 2.7. Твердые, жидкие и пастообразные отходы
    - 2.7.1. *Характер и количественная оценка отходов*
    - 2.7.2. *Хранение отходов*
    - 2.7.3. *Возможное воздействие образующихся отходов*
  - 2.8. Запахи
  - 2.9. Шумовое загрязнение
    - 2.9.1. *Характер источников шума*
    - 2.9.2. *Меры контроля*
    - 2.9.3. *Выводы*

2.10. Перевозка

*2.10.1. Сырье*

*2.10.2. Продукция*

*2.10.3. Отходы*

*2.10.4. Выводы*

**3. ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА**

3.1. Техническое обоснование

3.2. Экологическое обоснование

**4. ОБОБЩЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ**

4.1. Глобальные последствия

*4.1.1. Воздействие на ландшафт*

*4.1.2. Последствия для состояния дорог и дорожного движения*

*4.1.3. Последствия с точки зрения потребления водных ресурсов*

*4.1.4. Воздействие на качество воды*

*4.1.5. Воздействие на качество воздуха*

*4.1.6. Последствия удаления отходов*

*4.1.7. Шумовые, вибрационные и световые воздействия*

*4.1.8. Сравнительный анализ ситуации до и после реализации проекта*

4.2. График мер контроля, направленных на смягчение экологических последствий

4.3. Реабилитация площадки по окончании эксплуатации объекта

4.4. Оценка стоимости

4.5. Ответственные за ОВОС

**5. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МЕТОДОВ**

5.1. Перечень проведенных исследований

5.2. Возможные проблемы научного или технического характера

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – ТОКСИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СВИНЦА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

1. Необходимо принимать во внимание, что, поскольку свинец встречается в естественной природной среде, его присутствие в человеческом организме является неизбежным: нормальная концентрация свинца в крови составляет 10-40  $\mu\text{г}/\text{дл}^{-1}$ . Признаки вредного воздействия на организм взрослого человека редко наблюдаются при концентрациях менее 80  $\mu\text{г}/\text{дл}^{-1}$ ; случаи отравления, как правило, имеют место при значительно более высоких концентрациях. При этом симптомы отравления свинцом у детей и у взрослых весьма различны: последствия такого отравления для детей, как правило, носят более серьезный характер, в то время как его симптомы могут возникать и при более низких концентрациях свинца в крови.
2. Биологическое воздействие свинца весьма многообразно; к его наиболее общепризнанным последствиям относится расстройство гемосинтеза. Речь идет, в частности, об ингибировании дегидратазы  $\delta$ -аминолевулиновой кислоты (ALA-D) – фермента, ответственного за синтез порфирина, – а также об ингибировании процесса поглощения порфирином железа, ведущем к накоплению свободных протопорфиринов в эритроцитах (СПЭ).
3. Встречаются две формы отравления свинцом: острое и хроническое.
4. Острое отравление свинцом. Симптомы проявляются вскоре после попадания в организм больших количеств свинца и быстро принимают тяжелый характер. Обычно это является следствием случайного приема внутрь неорганического свинца, что редко происходит даже с работниками предприятий по его рециркуляции. Тем не менее, ниже приводится краткое описание клинической картины острого отравления: сладкий металлический привкус во рту, за которым быстро следуют ощущение жажды, жгучая боль в животе и рвотный рефлекс, сопровождающиеся поносом, а иногда – запором. В случае летального исхода смерть наступает обычно в первые двое суток; ей предшествуют потеря сознания, замедление пульса и коматозное состояние. В большинстве случаев, однако, следует выздоровление, хотя приступы острой боли в кишечнике и другие признаки отравления возможны еще в течение некоторого времени.
5. Хроническое отравление свинцом. Считается главным профессиональным заболеванием у лиц, подвергающихся на рабочем месте воздействию свинца в концентрациях, обычно недостаточных для острого отравления, но способных со временем оказывать заметное воздействие на организм. Хроническому отравлению, как правило, предшествуют предклинический бессимптомный период, в течение которого концентрация свинца в организме постепенно нарастает. Наиболее ранние симптомы отравления у взрослых носят неспецифический характер и сами по себе не указывают на превышение допустимой концентрации свинца. Поэтому диагноз должен быть основан на конкретных данных о периоде воздействия свинца на организм, симптомах общего недомогания и результатах соответствующих биохимических анализов, поскольку врачебный осмотр как таковой часто не позволяет выявить характерных признаков отравления: пациенты обычно жалуются на головную боль, вялость и повышенную утомляемость, к которым позднее добавляются потеря аппетита, бледный цвет лица и мышечные боли. Если на данной стадии диагноз не поставлен и не начато лечение, это ведет к нарушению функционирования различных систем организма, последствия чего проявляются все более явно. По мере развития анемии усугубляется бледность кожных покровов и усиливается одышка. Расстройство пищеварения и рези в животе чаще всего сопровождаются запорами, хотя время от времени возможны также приступы диареи. На этой стадии наблюдается потеря аппетита, иногда – приступы рвоты; на краях десен может появляться синеватая кайма; возможны также изменения периферической и/или центральной нервной системы. Хроническая энцефалопатия не всегда легко распознается в силу того, что у некоторых пациентов ее проявления имеют форму депрессивных или маниакально-депрессивных состояний, которые можно принять за самостоятельное нервно-психическое заболевание. В некоторых случаях, при возникновении припадков, симптомы отравления следует отличать от эпилепсии. Нарушения чувствительности наблюдаются редко; сообщалось о случаях мышечной слабости конечностей и различных изменениях нервной проводимости, хотя общий паралич наступает лишь в небольшом количестве случаев. Частью клинической картины иногда является поражение почек, чаще всего в форме

нарушения тубулярной реабсорбции и возникновения хронической нефропатии; однако чаще всего поводом для обращения к врачу является не это, так как нарушение функции почек обычно имеет место спустя долгое время после воздействия свинца. Самым ранним клиническим симптомом у работников промышленных производств почти всегда бывает незначительное снижение уровня гемоглобина. В большинстве случаев болезнь далее не развивается, за возможным исключением легких неспецифических жалоб, в основном на желудочно-кишечные расстройства.

6. Хроническое отравление свинцом у детей. Хроническое отравление свинцом у детей принимает несколько иные формы. Как и у взрослых, клиническая картина развивается постепенно: на начальной стадии ребенок становится бледным, вялым и часто жалуется на различные недомогания. В серьезных случаях вероятно поражение головного мозга, признаками которого являются головокружение, нарушение координации движений или затруднения при ходьбе. Вслед за этим (иногда и самого начала) возможны острые, повторяющиеся припадки, коматозное состояние и даже остановка дыхания. Коэффициент смертности весьма высок, а значительная часть детей, выживающих после отравления свинцом, страдает от необратимых повреждений головного мозга. На сегодняшний день не существует однозначных указаний на то, имеет ли чрезмерно длительное непрерывное воздействие низких концентраций свинца какие-либо последствия для умственного развития ребенка.

#### Терминология

**Краткосрочный предел воздействия (КПВ):** промежуточный уровень концентрации между СВЗ и предельным уровнем (максимально допустимой концентрацией), воздействию которого работники могут подвергаться не более 15 минут подряд и не чаще четырех раз в день, с минимальным перерывом в 60 минут.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК):** максимальная концентрация вещества в воздухе рабочих помещений, воздействию которой, а также более низких концентраций, почти все работники могут подвергаться в течение неограниченного времени без вредных последствий для здоровья.

**Средневзвешенное по времени значение (СВЗ):** средняя за восьмичасовой рабочий день концентрация того или иного вещества, величина которой во всех пробах не должна превышать ПДК.

## СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

<b>ALA</b> : δ-аминолевулиновая кислота	<b>PbS</b> : сульфид свинца
<b>ALA-D</b> : дегидратаза δ-аминолевулиновой кислоты	<b>PbSO<sub>4</sub></b> : сульфат свинца
<b>ALA-U</b> : содержание δ-аминолевулиновой кислоты в моче	<b>pH</b> : показатель кислотности в водной среде
<b>As</b> : мышьяк	<b>S</b> : сера
<b>Bi</b> : висмут	<b>Sb</b> : сурьма
<b>Ag</b> : серебро	<b>Sn</b> : олово
<b>Ca</b> : кальций	<b>SnCl<sub>2</sub></b> : двухлористое олово (дихлорид олова)
<b>CaCO<sub>3</sub></b> : карбонат кальция (известь)	<b>SO<sub>2</sub></b> : двуокись серы
<b>Cd</b> : кадмий	<b>Zn</b> : цинк
<b>Cl<sub>2</sub></b> : хлор	<b>ZnPP</b> : протопорфирин цинка (IX)
<b>Cu</b> : медь	<b>АКГЭПГ</b> : Американская конференция государственных экспертов по промышленной гигиене (США)
<b>CuS</b> : сульфид меди	<b>АОС</b> : Агентство по охране окружающей среды (США)
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> : оксид железа (III), или окись железа	<b>ВОЗ</b> : Всемирная организация здравоохранения
<b>HCl</b> : хлористый водород (соляная кислота)	<b>ЕС</b> : Европейское сообщество
<b>Hg</b> : ртуть	<b>ОВОС</b> : оценка воздействия на окружающую среду
<b>Mg</b> : марганец	<b>ПДК</b> : предельно допустимая концентрация
<b>N<sub>2</sub></b> : азот	<b>ПКВ</b> : предел кратковременного воздействия
<b>NaCl</b> : хлористый натрий (поваренная соль)	<b>ПНС</b> : периферическая нервная система
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b> : карбонат натрия	<b>ПОЗ</b> : аккумуляторы систем пуска, освещения и зажигания
<b>NaNO<sub>3</sub></b> : нитрат натрия	<b>СВЗ</b> : средневзвешенное по времени значение
<b>NaOH</b> : гидроокись натрия	<b>СПЭ</b> : свободные протопорфирины в эритроцитах
<b>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> : сульфат натрия	<b>УОТПГ</b> : Управление по охране труда и промышленной гигиене (США)
<b>NH<sub>4</sub>Cl</b> : хлорид аммония	<b>ФАО</b> : Продовольственная и сельскохозяйственная организация
<b>O<sub>2</sub></b> : кислород	<b>ЦНС</b> : центральная нервная система
<b>Pb</b> : свинец	
<b>Pb<sup>2+</sup></b> : двухвалентный ион свинца	
<b>PbO</b> : окись свинца	
<b>PbO<sub>2</sub></b> : двуокись свинца	
<b>Pb(OH)<sub>2</sub></b> : гидроокись двухвалентного свинца	

## Список литературы

### Глава 1 – Историческая справка

- Encyclopedia Britannica online: [www.britannica.com](http://www.britannica.com)
- New Grolier Encyclopaedia Multimedia, Grolier Electronic Publishing, Inc., 1984.
- “Recyclage de batteries plomb-acide et environnement – Rapport Technique n.° 14”, Programme des Nations Unies pour L’Environnement, PNUE, 1998, 165 стр.

### Глава 2 – Технические данные о свинцовых аккумуляторных батареях

- Различные источники. Всеобъемлющий обзор см. в: “Recyclage de batteries plomb-acide et environnement – Rapport Technique n.° 14”, Programme des Nations Unies pour L’Environnement, PNUE, 1998, 165 стр.

### Глава 3 – Рециркуляция свинцовых аккумуляторных батарей – меры, предшествующие рециркуляции

- “Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries”, European IPPC Bureau, May 2000, 807 стр.
- “The Recycling of Non-Ferrous Metals”, M.E. Henstock, an International Council on Metals and the Environment (ICME) Publication, MIM, 1996, 340 стр.

### Глава 4 – Рециркуляция свинцовых аккумуляторных батарей

- “Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries”, European IPPC Bureau, May 2000, 807 стр.
- “Recyclage de batteries plomb-acide et environnement – Rapport Technique n.° 14”, Programme des Nations Unies pour L’Environnement, PNUE, 1998, 165 стр.
- “The Recycling of Non-Ferrous Metals”, M.E. Henstock, an International Council on Metals and the Environment (ICME) Publication, MIM, 1996, 340 стр.

### Глава 5 – Экологический контроль

- “Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries”, European IPPC Bureau, May 2000, 807 стр.
- “Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment – Scope 31”, Edited by T.C. Hutchinson & K.M. Meema, Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), International Council of Scientific Unions (ICSU), John Wiley & Sons, 1987, 360 стр.
- “Recyclage de batteries plomb-acide et environnement – Rapport Technique no. 14”, Programme des Nations Unies pour L’Environnement, PNUE, 1998, 165 стр.
- “The Recycling of Non-Ferrous Metals”, M.E. Henstock, an International Council on Metals and the Environment (ICME) Publication, MIM, 1996, 340 стр.
- “A process engineering approach to remedy an environmental problem of fugitive lead emissions during lead refining”, L. Wanga & A.E. Morris, Journal of Materials Research, Vo. 10, No. 3, стр. 538.
- ILMC Tool Box Series 1.2 - Control and Monitoring of Atmospheric Emissions, January 2002, Section 2, Emission Control Principles.

### Глава 6 – Медицинские аспекты

- “Assessment of Human Exposure to Lead and Cadmium Through Biological Monitoring”, Edited by Marie Vahter, National Swedish Institute of Environmental Medicine &

Department of Environmental Hygiene Karolinska Institute, Division of Environmental Health, WHO, Stockholm 1982, 136 стр.

- “Environmental Hazards of Heavy Metals: Summary Evaluation of Lead, Cadmium and Mercury – A General Report (1980)”, J.K. Piotrowski & D.O. Coleman, Global Environmental Monitoring System Programme Activity Centre, UNEP, Nairobi & The Monitoring and Assessment Research Centre (MARC), Chelsea College, University of London, 1980, 43 стр.
- “Lead in the Environment and Its Significance to Man – A Report of an Inter-Departmental Working Group on Heavy Metals, Pollution Paper No. 2”, Department of the Environment, Central Unit on Environmental Pollution, London, 1976, 47 стр.
- “Límites de Exposición Profesional a los Metales Pesados que se Recomiendan por Razones de Salud – Informe de un Grupo de Estudio de la OMS”, Organización Mundial de la Salud, Serie Informes Técnicos 647, WHO, 1980, 126 стр.
- “Serie Vigilancia 8 – PLOMO”, Germán Corey O. & Luiz A.C. Galvão, Centro Panamericano de Ecología Humana Y Salud – PAHO/WHO, Mexico City, 1989, 103 стр.

#### Глава 8 – Статистические данные о свинцовых аккумуляторных батареях, производстве и использовании свинца

##### Различные источники:

- ИЛМС: Международный центр по рациональному использованию свинца;
- МИГСЦ: Международная исследовательская группа по свинцу и цинку;
- ФАО: Продовольственная и сельскохозяйственная организация;
- ЛДАИ: Международная ассоциация по разработкам в области применения свинца;
- ГС США: Геологическая служба США.

#### Приложение 1 - ОВОС – предлагаемая структура

- “Recyclage de batteries plomb-acide et environnement – Rapport Technique n.º 14”, Programme des Nations Unies pour L’Environnement, PNUE, 1998, стр. 122-124.

#### Приложение 2 - Симптомы отравления свинцом

- “Environmental Hazards of Heavy Metals: Summary Evaluation of Lead, Cadmium and Mercury – A General Report (1980)”, J.K. Piotrowski & D.O. Coleman, Global Environmental Monitoring System Programme Activity Centre, UNEP, Nairobi & The Monitoring and Assessment Research Centre (MARC), Chelsea College, University of London, 1980, 43 стр.
- “Lead in the Environment and Its Significance to Man – A Report of an Inter-Departmental Working Group on Heavy Metals, Pollution Paper No. 2”, Department of the Environment, Central Unit on Environmental Pollution, London, 1976, 47 стр.
- “Serie Vigilancia 8 – PLOMO”, Germán Corey O. & Luiz A.C. Galvão, Centro Panamericano de Ecología Humana Y Salud – PAHO – WHO, México, 1989, 103 стр.

-----