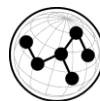




Финансируется Европейским Союзом



CBRN  
**Centres  
of Excellence**  
*An initiative of the European Union*

*«Совершенствование управления химическими и биологическими отходами в странах Центральной Азии для повышения безопасности и снижения рисков»*



# РУКОВОДСТВО

## Управление химическими и биологическими отходами

Проект №65 Центра передового опыта ХБРЯ Европейского союза реализуется:



Wojskowy Instytut  
Chemii i Radiometri



Military Institute of  
Hygiene and Epidemiology



**Правовая оговорка:**

Все права защищены. Воспроизведение и широкое распространение содержимого данного документа не допускается без предварительного письменного согласия редакции. Этот документ не распространяется публично. В данном документе не содержатся никакие закрытые сведения и не используются закрытые источники.

Информация и взгляды, изложенные в данном документе, принадлежат автору (авторам) и не обязательно отражают официальное мнение Европейской комиссии. Ни учреждения и органы Европейского Союза, ни какое-либо лицо, действующее от их имени, не могут нести ответственность за использование информации, содержащейся в данном документе.

Содержание данного документа не обязательно отражает взгляды или политику Европейской комиссии, Организации Объединенных Наций, ЮНИКРИ или организаций-доноров или подразумевает какое-либо одобрение. Эта публикация не была официально отредактирована Европейской комиссией.

**Авторы и ссылка на источник:**

Ф. Бенолли, В. Дал Санто, С. Эконди, С. Евангелисти, А. М. Ферретти, М. Гуидотти, Л. Полито, М. К. Рангиери, Р. Соаве, «Руководство по управлению химическими и биологическими отходами»

Для Проекта №65 Центров передового опыта ХБРЯ «Совершенствование управления химическими и биологическими отходами в странах Центральной Азии для повышения безопасности и снижения рисков безопасности», реализуемого Военным институтом химии и радиометрии, Fondazione FORMIT, Институтом молекулярных наук и технологий - CNR, Военным институтом гигиены и эпидемиологии и Fondazione Alessandro Volta, Институтом молекулярных наук и технологий, Национальным исследовательским советом, 2019 г.

ISBN: 9788890756955

Это руководство подготовлено в сотрудничестве с группой экспертов Института молекулярных наук и технологий - CNR, был разработан как часть полного Руководства по управлению химическими и биологическими отходами, разработанного в рамках рабочего пакета документов 1 под руководством Fondazione FORMIT. Перевод с английского – Икбалхон Юсупова. Редактирование русского текста выполнено Руководителем проекта Евгением Рыжиковым.

**Для получения дополнительной информации о Справочнике:**

Fondazione FORMIT, область исследований и инноваций, Via G. Gemelli Careri 11 - 00147, Рим, Италия. Телефон +39 065165001

Институт молекулярных наук и технологий - CNR, Via C. Golgi, 19 - 20133, Милан, Италия. Телефон +39 0250314428

**Для получения дополнительной информации о центрах передового опыта ХБРЯ:**

[www.ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/chemical-biological-radiological-and-nuclear-hazards/cbrn-risk-mitigation-centres-of-excellence](http://www.ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/chemical-biological-radiological-and-nuclear-hazards/cbrn-risk-mitigation-centres-of-excellence)

**Для получения дополнительной информации о проекте CABICHEM:**

[www.cabichem.eu](http://www.cabichem.eu)

# Содержание

1. Химические отходы .....	5
1.1. Определения и текущее положение.....	5
1.2. Методы идентификации .....	10
1.3. Отходы или нет?.....	17
1.4. Материалы, завершившие свой срок эксплуатации.....	18
2. Биологические отходы .....	21
2.1. Определения и текущее положение.....	21
2.2. Биологический обзор .....	27
2.3. Биологические отходы: международные руководящие принципы .....	30
3. Управление химическими отходами .....	34
3.1. Лучшие методы работы с лабораторными химическими отходами ....	34
3.2. Управление контейнерами для отходов .....	36
3.3. Утилизация отходов путем слива в канализацию.....	42
3.4. Случаи утечки опасных химикатов и отходов .....	44
4. Управление биологическими отходами .....	49
4.1. Сегрегация, минимизация и классификация .....	50
4.2. Транспортировка и хранение .....	57
4.3. Обработка и утилизация .....	61
5. Идентификация, классификация и маркировка опасных химических отходов. ....	74
5.1. Согласованная на глобальном уровне система (СГС).....	74
5.2. Маркировка, пиктограммы и паспорт безопасности .....	78
5.3. Опасные отходы? Как мы их классифицируем в лаборатории? .....	86
6. Текущее состояние и будущие сценарии .....	100
6.1. Устойчивое развитие и «зеленая химия» .....	100
6.2. Количественные характеристики экологичности и тематические исследования .....	105

6.2.1. Количественные характеристики экологичности .....	109
6.2.2. Показательные тематические исследования .....	113

# 1. Химические отходы

## 1.1. Определения и текущее положение

### **Опасные химические отходы: «сложное» определение**

В последующем обзоре можно составить представление о том, как определение отходов (химических, биологических или обычных городских отходов) может создавать проблемы и радикально влиять на принятие решения о правильном направлении потока отходов. На самом деле, разделение опасных материалов на «отходы» или «не отходы», является критическим решением для минимизации общего количества соединений и материалов, подлежащих утилизации.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) - это международная организация, работающая над созданием усовершенствованной политики для достижения лучшего качества жизни. ОЭСР дает следующее общее определение **«отходам»**: *«материалы, которые не являются первичными продуктами (то есть продуктами, произведенными для сбыта на рынке), не пригодные для дальнейшего использования производителем для его собственных нужд в целях производства, обработки или потребления, и которые он хочет утилизировать».*



Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) определяет **«отходы»** как: *«объекты, в которых владелец более не заинтересован, не нуждается или не использует, которые требуют переработки и/или утилизации».*

Однако, когда речь идет об отходах и остатках материалов исследовательских, химических, биологических или больничных лабораторий, необходимо определить концепцию опасных отходов следующим образом: *«отходы, которые вследствие своих токсических, инфекционных, радиоактивных или легковоспламеняющихся свойств представляют собой существенную фактическую или потенциальную опасность для здоровья людей и других живых организмов и окружающей среды».*



Очевидно, что источниками опасных отходов являются не только исследовательские и химические лаборатории, но также больницы, лесоперерабатывающие заводы, бензохранилища, объекты металлообработки, производства красок, обслуживания транспортных средств, кожевенные заводы, объекты сельского хозяйства/садоводства, распределения электроэнергии и услуг химчистки.

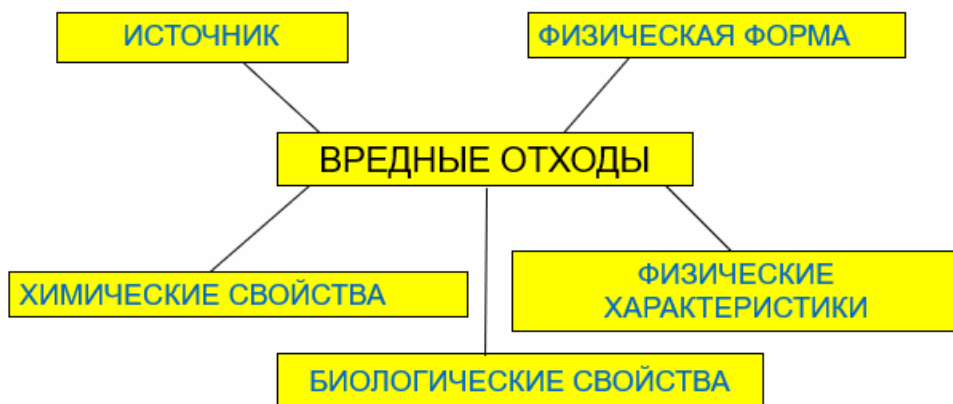
Примерами опасных отходов и веществ, обычно производимых в химической или технической лаборатории, могут быть:

- Отходы и излишки открытых химических веществ;
- Просроченные или не соответствующие спецификациям химические вещества;
- Медикаменты и рецептурные лекарственные средства;
- Пустые бочки для химических веществ и другие контейнеры для химических веществ (если они не были тщательно промыты или вычищены);
- Термометры и другие предметы, содержащие ртуть;
- Безоборотные газовые баллоны или химические вещества под давлением;
- Остатки материалов, использованных для устранения загрязнений от разливов: загрязненная материя и абсорбенты;
- Нерадиоактивная свинцовая защита и свинцовый лом;
- Растворы для обработки фотопленки;
- Отработанное моторное масло, масло для вакуумных насосов, смазочное масло;
- Пестициды;
- Использованные растворители;
- Батарейки;
- Краска, растворители для краски, чистящие средства, льняное масло;
- Отходы или продукты, содержащие тяжелые металлы (в частности, мышьяк, барий, кадмий, хром, свинец, ртуть, селен и серебро).

В настоящее время в мире не существует единого общепринятого определения опасных отходов. Когда в 1995 году было опубликовано Глобальное исследование в области отходов, первая попытка получить общепризнанную формулировку опасных отходов, было установлено, что «существует почти столько же определений, сколько и стран».

Фактически, учитывая разные точки зрения и принимая во внимание дополнительные аспекты риска, опасность, связанная с отходами, может зависеть от нескольких факторов:

Опасность, связанная с отходами, зависит от



Каждая страна действительно имеет свою собственную интерпретацию, и для обозначения «отходов» используются такие определения, как «химические», «специальные», «ядовитые» или «токсичные».

Определения сегодня различаются в зависимости от их разнообразных целей. В некоторых странах, таких как США и Германия, отходы, которые не подлежат утилизации вместе с твердыми бытовыми отходами, классифицируются отдельно. В других странах, таких как Дания, цель формулировки - обеспечить наиболее подходящую обработку.

Другие способы определения термина «опасные отходы» могут основываться на их возможности переработки. Это итальянский подход к классификации городских отходов, и он имеет некоторые особенности на муниципальном уровне.

В странах с низким уровнем дохода часто происходит ненадлежащая идентификация потока отходов, представляющих собой полный поток отходов из бытового или промышленного источника до их рекуперации, рециркуляции или окончательной утилизации.

Это отсутствие ясности может привести к увеличению загрязнения окружающей среды, а также к увеличению рисков для здоровья человека.



*Рис. 1.1. Использование ртути под открытым небом в процессе добычи золота без обеспечения соответствующей защиты*

Примером является массовое использование жидкой ртути в процессе добычи золота из речных песков и надземных шахт в Амазонии в Бразилии (рис. 1.1.). Подход с полной потерей при использовании данного металла для получения амальгамы Au-Hg на местах вызывает все большую обеспокоенность серьезного загрязнения ртутью в отдаленных районах. Тем не менее, хотя это и сложно, классификация отходов является важным ранним шагом в разработке **системы управления отходами**.

*Базельская конвенция* определяет 45 категорий отходов (приложение 1), считающихся опасными, и вещества или материалы, отвечающие указанным требованиям, должны также обладать одной или несколькими опасными характеристиками, такими как: легковоспламеняющиеся, окисляющие, ядовитые, инфекционные, коррозионные или экологически токсичные.

В соответствии с *Кодексом Организации Объединенных Наций по перевозке опасных грузов*, в котором содержатся правила безопасной перевозки любых опасных материалов (не только отходов, но и опасного для жизни сырья или соединений), всех этих отходов (кроме радиоактивных), которые, из-за их химической активности или токсического, взрывоопасного, коррозионного характера или других характеристик, создают опасность или могут представлять опасность для здоровья или окружающей среды, являются опасными отходами.

В США отходы регулируются в соответствии с правилами *Агентства по охране окружающей среды*. Твердые отходы - это опасные отходы, если они специально включены в список известных опасных отходов или соответствуют характеристикам опасных отходов. Включенные в список отходы представляют собой отходы, образующиеся в результате общих производственных и промышленных процессов в определенных отраслях промышленности, и могут быть выделены из более неиспользуемых



коммерческих продуктов. Отходы с характерными свойствами - это отходы, имеющие одно или несколько следующих характерных свойств: воспламеняемость, коррозионная активность, химическая активность или токсичность.

Кроме того, стоит подчеркнуть, что отходы могут определяться в качестве опасных самими производителями отходов. Это существенное различие в отношении других нормативных актов, поскольку оно переносит ответственность за формулирование определения «отходов», опасных или неопасных, на предприятие, производящее нежелательные материалы.

Европейский каталог отходов следует, с другой стороны, строгому иерархически структурированному основному списку из 850 видов отходов. Из них около 420 классифицируются как опасные отходы, и они подразделяются на 19 основных категорий.

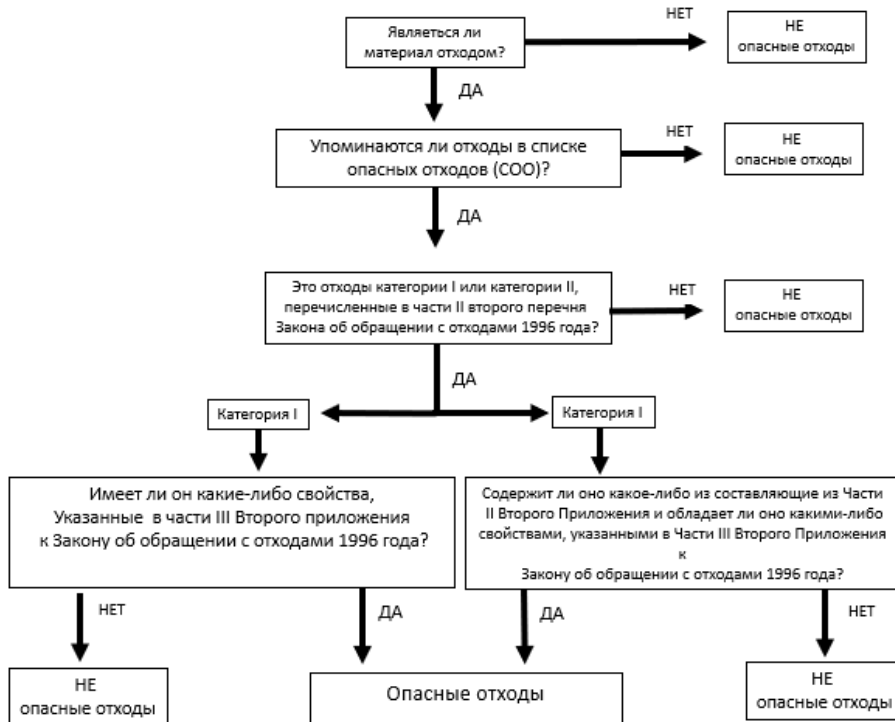


Рис. 1.2. Схема опасных отходов в соответствии с Европейским каталогом отходов (Законы 1996 и 2001 годов); доступно из материалов АООС США

Итак, в процессе подведения итогов этих кратких обзоров, могут возникнуть два вопроса.

*Почему необходимо дать определение понятию «отходы»?* Это важно для того, чтобы решить, следует ли обеспечить контроль этих отходов. Эта информация необходима как для производителя отходов, так и для контролирующего органа.

*Почему полезно составить их список?* Списки понятны, просты, легкодоступны и, в частности, для их составления не требуется специальная исследовательская деятельность для проведения тестирования.

По сути дела, составление списка отходов, автоматически считающимися опасными, является разумным и простым подходом и имеет особые преимущества в странах со слабой экономикой, где возможности для тестирования и технического анализа ограничены или просто отсутствуют.

## 1.2. Методы идентификации

Можно использовать несколько подходов для идентификации и классификации отходов.

- Использование списков. Стоит упомянуть наиболее важные из них, т. е. Приложение I к Базельской конвенции, Базельский список А, Европейский каталог отходов Европейского союза или список АОС США;
- По происхождению, принимая во внимание процесс или производство, создающее отходы. Это охватывается Приложением II к Базельской конвенции;
- По опасным характеристикам, например, токсичность, реакционная способность. Такой подход излагается в Приложении III к Базельской конвенции;
- По химическим и физическим свойствам. Состояние материала или соединения также является критическим для правильного обращения с отходами в соответствующем потоке отходов, например, неорганическими, органическими, нефтесодержащими, шламоподобными отходами.

Кроме того, необходимо привести классификацию в соответствие с целями и окончательным предназначением отходов. Когда основной целью является строительство установок для ликвидации отходов, наиболее подходящей является классификация на основе возможности обработки. Наиболее подходящим вариантом обеспечения безопасной транспортировки опасных материалов может быть Классификация опасности ООН. Или, для реализации программы минимизации отходов, лучшим выбором может быть система, основанная на происхождении процесса и/или потоке отходов. Когда необходимо легко отделить опасные отходы от других отходов, использование списков может являться подходящим проверенным методом решения проблем такого рода.

**Однако не существует универсального метода, подходящего для всех случаев.**

На самом деле, все методы имеют определённые недостатки. Например, метод происхождения отходов как средство идентификации отходов имеет ограничения, так как невозможно иметь точное представление о составе отходов и, следовательно, об опасностях, которые они представляют. Это относится, в частности, к смешанным или повсеместно распространённым отходам, таким как загрязнённые почвы, пыль, излишки сельскохозяйственных пестицидов или больничные медицинские отходы. Поэтому нелегко определить точную категорию отходов, к которой должен относиться загрязнённый материал.

Как указывалось выше, классификация по опасным характеристикам была в основном определена Комитетом ООН по перевозке опасных грузов автомобильным или железнодорожным транспортом, ДОПОГ/ADR, который содержит списки характеристик отходов.

Класс. ООН	Опасные Товары	Отдел (ы)	Классификация
1	Взрывчатые вещества	1.1 – 1.6	Взрывоопасный
2	Газы	2.1	Легковоспламеняющийся газ
		2.2	Негорючий, нетоксичный газ
		2.3	Токсичный газ
3	Легковоспламеняющаяся жидкость		Легковоспламеняющаяся жидкость
4	Легковоспламеняющиеся твердые вещества	4.1	Легковоспламеняющееся твердое вещество
		4.2	Самопроизвольно воспламеняющееся вещество
		4.3	Вещество, которое при контакте с водой выделяет горючий газ
5	Окисляющие вещества	5.1	Окисляющее вещество
		5.2	Органическая перекись
6	Токсичные вещества	6.1	Токсичное вещество
		6.2	Инфекционное вещество
7	Радиоактивные вещества		Радиоактивное вещество
8	Коррозионные вещества		Коррозионное вещество
9	Разнородные опасные товары		Разнородные опасные товары



*Рис. 1.3. Идентификаторы опасности ООН  
Комитет экспертов Организации Объединенных Наций по перевозке опасных грузов*

Данные девять параметров были приняты Базельской конвенцией в Приложении III, и они были разделены на 13 основных характеристик, основанных на правилах ДОПОГ/ADR, которые представлены в виде кодов H1-H13.

Стоит более детально остановиться на некоторых распространенных опасных свойствах.

**Токсичность.** Токсичные отходы вредны или смертельны при попадании внутрь, вдыхании или проникновении через кожу.

Примеры:

- Расходуемые цианистые растворы
- Отходы пестицидов
- Карбонильные соединения и комплексы



Токсичные отходы, находящиеся на суше, могут привести к загрязнению сточных вод. Вымывание отходов со свалок в грунтовые воды является

одним из наиболее распространенных способов воздействия токсичных веществ на население.

Агентство США по охране окружающей среды разработало процедуру выщелачивания для определения токсичности, TCLP, тест для выявления отходов, которые могут выщелачивать опасные концентрации токсичных компонентов.

В процедуре TCLP сначала устанавливают pH материала пробы, а затем выщелачивают его раствором уксусной кислоты/гидроксида натрия при соотношении образца к растворителю 1:20. Например, бутылка TCLP может содержать 100 г пробы и 2000 мл раствора. Смесь для выщелачивания герметизируется в экстракционном сосуде для общих аналитов или, может, герметизироваться под давлением, как при экстракционном анализе с нулевым свободным пространством, для летучих органических соединений и перемешивается в течение 18 часов, чтобы имитировать длительное время выщелачивания в земле. Затем его фильтруют так, что остается только раствор (не проба), и затем его анализируют.



*Рис. 1.4. Процедура выщелачивания для определения токсичности Агентства США по охране окружающей среды (TCLP).*

*Оборудование для выщелачивания летучих и нелетучих веществ*

Инспектор по соблюдению природоохранного законодательства (контролер) на типичной муниципальной свалке использует данные TCLP, чтобы определить, могут ли отходы быть приняты на объект.

Если аналитические результаты теста TCLP ниже максимальных уровней загрязнения (MCL) в списке TCLP, отходы могут быть приняты. Если они превышают эти уровни, отходы должны быть доставлены на предприятие по

утилизации опасных отходов, и стоимость утилизации может увеличиться с примерно 20 долларов США за тонну до целых 500 долларов США за тонну.

**Коррозионное действие.** Кислоты или щелочи, которые способны растворять человеческую плоть и разъедать металл, такие как резервуары для хранения и бочки. Среди них кислоты, образующиеся в процессе очистки металлов, например, хлорид железа от производства печатных плат, растворы от производства стали, сильнощелочные растворы (гидроксид натрия, гидроксид калия), а также концентрированный  $H_2O_2$ , который благодаря своей сильной окислительной характеристике способен травить металлы и органические материалы (с дополнительной потенциальной проблемой образования нестабильных взрывоопасных органических пероксидов).



**Воспламеняемость.** Горючие отходы: могут генерировать пожары при определенных условиях или воспламениться самопроизвольно.

Классическими примерами являются: отработанные масла (особенно в химических лабораториях, из масляных ванн или вакуумных насосов), использованные растворители (в частности, большие количества из оборудования жидкостной хроматографии), органические чистящие материалы, а также отходы красок.



**Реактивность.** Реакционноспособные отходы нестабильны в нормальных условиях, то есть в условиях воздействия давления, влажности и температуры, при которых они обычно используются. Они могут вызвать взрывы и выброс токсичных паров, газов или испарений. Растворы пероксида и гипохлорита или твердые вещества относятся к этому классу опасных отходов. Нестабильные отходы могут представлять проблему на любом этапе жизненного цикла управления отходами (смешивание!)



Особое внимание следует уделять нестабильным реактивным отходам, поскольку они могут создавать серьезные проблемы на любой стадии жизненного цикла управления и обращения с отходами. В частности, смешивание этих соединений с другими категориями отходов (например, сильные окислители с восстанавливающими химическими веществами) может привести к нежелательным реакциям в стоке, приводящим к внезапным взрывам.

*Экологическая токсичность.* Экоотоксичные отходы вредны или смертельны для других видов жизни в естественной среде обитания или для экологической целостности их мест обитания. Хорошо известными примерами являются тяжелые металлы, моющие средства, масла, жиры или растворимые соли. Несмотря на то, что их присутствие не представляет опасность для человека, низкие уровни этих загрязнителей могут отрицательно влиять на метаболические и жизненные процессы других видов животных, таких как рыбы, ракообразные, насекомые и т. д. По этой причине стандарты токсичности для человека не всегда целесообразны при рассмотрении и оценке проблем токсичности для окружающей среды.



Классификация, основанная на химических и физических свойствах веществ, разделяет отходы на четыре основные группы.

- *Неорганические отходы, например,* кислоты, щелочи, тяжелые металлы, цианиды, сточные воды гальванических цехов;
- *Органические отходы, например,* пестициды, галогенированные и негалогенированные растворители, ПХБ;
- *Маслосодержащие отходы, например,* смазочные масла, гидравлические жидкости, загрязненные топливные масла;
- *Шлам, например,* образовавшийся в результате деятельности предприятий металлообработки, покраски, очистки сточных вод.

Этот вид классификации обычно встречается в большинстве исследовательских лабораторий для немедленной обработки и разделения остатков и отходов. И наоборот, на макроуровне относительный состав типов опасных отходов по регионам мира в соответствии с различным промышленным производством, присутствующим в этом районе.

Некоторые виды отходов могут быть исключены из юридически закрепленного определения опасных отходов и, следовательно, не обязательно следуют обычному потоку отходов опасных материалов. Они различны, но могут включать в себя:

*Опасные отходы домашних хозяйств.* Этот вид остаточных отходов находится вне контроля во многих странах.

*Производители, генерируемые небольшое количество отходов.* Они часто находятся вне системы, по крайней мере, на начальном этапе. Водные стоки сбрасываются в канализацию или обрабатываются на месте. Из-за большого объема воды, в большинстве стран они находятся по отдельным контролем нежели опасные отходы.

**Осадок сточных вод.** Они исключены в некоторых странах.

**Отходы горнодобывающей промышленности.** Они часто исключаются.

**Сельскохозяйственные отходы.** Они часто исключаются

**Ядерные отходы.** Они всегда исключаются, так как они должны следовать более строгим правилам, установленным на международном уровне.

## Состав Отходов

Относительный состав видов вредных отходов по регионам



Источник: INTERNATIONAL MARITIME ORGANISATION Global waste survey, final report 1995

### Пример

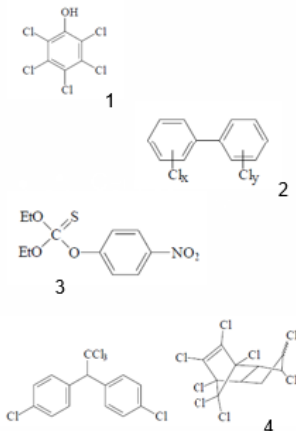
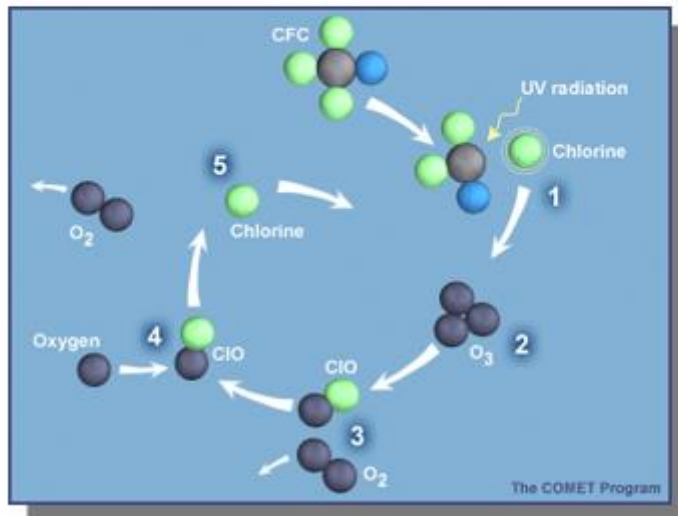
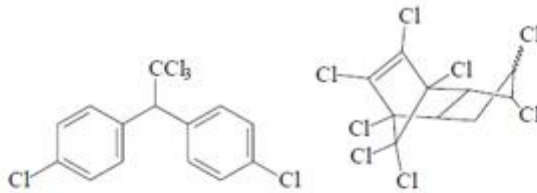


Таблица 2 – Примеры возникновения вредных отходов в Новой Зеландии

Источник	Тип отхода	Компоненты	Вредные свойства
Больница/Клиника	Клинические	Ткани/ Культуры	Инфекционные
Обработка Древесины	Шламы/ жидкости	Медь, хром, мышьяк, бер. фенол/фенолы(см рис. 1)	Токсичные, эко-токсичные
Хранение бензина	Шламы/Жидкости	Углеводород	Воспалемый,токсичный
Металлическая отделка	Шламы/Жидкости	Серный и/или Соляная кислота Цианид Кадмий, медь Хром итд.	Коррозийный Токсичный Токсичный
Производство красок	Шламы/Жидкости	Орг. растворители	Воспалемый,токсичный
Обслуживание транспортных средств	Жидкости	Смазочные масла	Воспалемый, эко-токсичный
Дубильни	Шламы/Жидкости	Хром, сульфиды и др.	Токсичный
Распределение электроэнергии	Масла из конденсатора, трансформаторы и др.	Полихлорированные дифенилы (см рис. 2)	Токсичный, эко-токсичный
Агрокультура/ садоводство	Устаревшие гербициды/ пестициды	Фосфорорганические пестициды (см рис. 3) ДДТ, альдрин, дильдрин, хлордан (см рис. 4)	Токсичный/ эко-токсичный
Химчистка	Шламы/Жидкости	Тетрахлорэтилен	Токсичный



С 1990-х годов все большее внимание уделяется «экологическому следу» соединений, которые мы используем. Классическими примерами таковых соединений являются стойкие химические вещества, такие как дихлордифенилтрихлорэтан, ДДТ, и полихлорированные органические соединения или хлорфторкарбиды, ХФУ, поскольку они демонстрируют аномальную стойкость, очень плохую способность к разложению и значительный потенциал биоаккумуляции. В других случаях, необходимо учитывать подвижность в почве или другие неблагоприятные воздействия. Эта информация обычно содержится в паспорте безопасности соединения, из которого получают отходы.



### 1.3. Отходы или нет?

Важные и очень полезные рекомендации для разграничения отходов от веществ, не являющихся отходами, даны Организацией экономического сотрудничества и развития, ОЭСР. Они скомпонованы в форме вопросов и критериев, которые могут помочь пользователю правильно оценить, следует ли считать материал/вещество/химическое соединение **отходами или вторичным сырьем**:

- Изготовлен ли материал специально?
- Изготовлен ли материал в ответ на спрос на рынке?
- Подлежит ли производство материала контролю качества?
- Соответствует ли материал тщательно разработанным национальным и международным требованиям/стандартам?
- Включают ли данные стандарты экологические соображения в дополнение к техническим или экономическим?
- Материал все еще пригоден для его первоначально предназначенной цели?
- Может ли материал использоваться для другой цели в качестве материала-заменителя?
- Ограничена ли данная обработка незначительным воздействием?
- Будет ли материал фактически использоваться в процессе производства?
- Имеет ли материал конкретно установленное применение?
- Может ли материал использоваться в его нынешнем виде или таким же образом, как и сырье, не подвергаясь операции рекуперации?
- Можно ли использовать материал только после того, как он был подвергнут рекуперации?
- Является ли использование материала таким же экологически чистым, как и использование основного продукта?
- Вызывает ли использование материала в производственном процессе какие-либо повышенные риски для здоровья человека или окружающей среды по сравнению с использованием соответствующего сырья?
- Является ли общая экономическая ценность материала отрицательной?
- Материал больше не является частью обычного коммерческого цикла или цепочки полезности?
- Требуется ли дальнейшая обработка, прежде чем материал можно будет непосредственно использовать в производственной/коммерческой сфере?

#### 1.4. Материалы, завершившие свой срок эксплуатации

Все вышеизложенные соображения, действительны для любых материалов, завершивших свой срок эксплуатации, могут быть обобщены и представлены в виде схемы практического использования.



## Ссылки

<http://www.oecd.org/>

<http://www.basel.int/TheConvention/Publications/TechnicalGuidelines/tabid/2362/Default.aspx>

<http://chm.pops.int/Convention/ConventionText/tabid/2232/Default.aspx>

[http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/guidance\\_doc.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/guidance_doc.pdf)

<http://ec.europa.eu/environment/waste/legislation/a.htm>

<http://www.epa.gov/Compliance/resources/policies/civil/rcra/wasteanalygman-rpt.pdf>

<http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/GEHO0603BIRBe-e.pdf>

[http://www.unece.org/trans/danger/publi/manual/Rev4/ManRev4files\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/manual/Rev4/ManRev4files_e.html)

European Commission, Guidelines on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98/EC on waste, Brussels, Belgium, 2012.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Final Guidance Document for Distinguishing Waste from Non-Waste, ENV/EPOC/WMP(98)1/REV1.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Discussion paper on guidance for distinguishing waste from non-waste. Paris, 1996.

United Nations, Recommendations of the UN Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods. Manual of Tests and Criteria, Sixth revised ed., New York, 2015.

United Nations Environment Programme (UNEP), Basel Convention on the Control of Transboundary Movement of Hazardous Wastes and their Disposal. Nairobi, 1989.

United Nations Environment Programme, United Nations Environment Programme Staff, Training Resource Pack for Hazardous Waste Management in Developing Economies, UNEP/Earthprint, 2002.

UK Department for Environment, Food and Rural Affairs, "Guidance on the legal definition of waste and its application", London, UK, 2012.

## 2. Биологические отходы

### 2.1. Определения и текущее положение

#### **Биологически опасные отходы**

Биологически опасные отходы - это отходы государственных и частных медицинских заведений, которые могут содержать человеческие патогены или биологическую опасность. Биологические опасности - это возбудители инфекционных заболеваний или опасные биологические материалы, представляющие риск или потенциальный риск для здоровья людей, животных или окружающей среды.

Риск может быть прямым через инфицирование или косвенным через нанесение ущерба окружающей среде. Наиболее характерной особенностью биологически опасных отходов является их потенциальная инфекционность, и, следовательно, термин биологически опасные отходы часто заменяется термином инфицирующие отходы. Толкование этого определения может незначительно отличаться в зависимости от условий, политики и правил стран.

Биологически опасные материалы включают определенные типы рекомбинантных ДНК, организмов и вирусов, заразных для человека, животных или растений (например, паразиты, вирусы, бактерии, грибки, прионы, риккетсии), биологически активные вещества (то есть токсины, аллергены, яды животных), которые могут вызывать заболевания в живых организмах или оказывать существенное негативное воздействие на окружающую среду или общество. Поскольку биологически опасные отходы генерируются в медицинских учреждениях и/или исследовательских лабораториях, их следует рассматривать как подкатегорию медицинских отходов. Поэтому в руководствах и научных статьях часто упоминаются «медицинские отходы» как исчерпывающее выражение для тех описаний, которые относятся и к биологически опасным отходам.

Большинство из следующих классов состоят из средств и инструментов, обычно используемых в медицинских учреждениях. Поскольку они могли быть в контакте с инфицированными пациентами или опасными патогенами, они могут подпадать в категорию биологически опасных отходов из-за их потенциальной инфицированности.

- *Острые отходы:* все предметы и материалы, представляющие потенциальный риск получения травмы, проникновения через кожный покров в организм человека или инфекции из-за их прокола или пореза. Основными болезнями, вызывающими опасение, являются инфекции, которые могут передаваться при подкожном введении агента, например, вирусные кровяные инфекции. Предметы, способные вызывать порезы или колотые раны, включают в себя все типы игл, скальпели и другие лезвия, ножи, инфузионные наборы, ампулы, пилки для ампул, битое стекло, ланцеты, флаконы без содержимого и гвозди. Независимо от того, заражены они или нет, такие предметы обычно считаются очень опасными медицинскими отходами. Острые инструменты обычно представляют собой пример потенциально инфицирующих медицинских отходов. Даже если они составляют около 1% всех медицинских отходов, они являются основным источником передачи заболевания, если не будет обеспечено надлежащее обращение с ними;
- *Патолого-физиологические отходы:* состоят из всех человеческих тканей, органов, частей тела (включая отходы биопсийных материалов, тканей и анатомических частей, являющиеся отходами операций, процедур или вскрытия), человеческих плодов и туш животных, крови и жидкостей организма. В пределах этой категории узнаваемые части тела человека или животных также называют анатомическими отходами. Эта категория должна рассматриваться как подкатегория инфицирующих отходов, даже если она может также включать здоровые части тела;
- *Человеческая кровь и продукты крови:* вся человеческая кровь, продукты крови (такие как сыворотка, плазма и другие компоненты крови) в жидкой или полужидкой форме. Предметы, загрязненные кровью, которые при сжатии будут выделять кровь в жидкой или полужидкой форме, или предметы, покрытые засохшей кровью, которая может высвободиться во время обработки. Другие жидкости организма или ткани, содержащие видимую кровь. Особую обеспокоенность вызывает заражение вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ) и вирусами гепатита В и С, для чего имеются убедительные доказательства передачи через отходы учреждений здравоохранения. Эти вирусы обычно передаются через повреждения от игл шприца, загрязненных кровью человека;
- *Жидкости человеческого тела.* Жидкости организма человека в жидком или полужидком состоянии, включая сперму, вагинальные

выделения, спинномозговую жидкость, синовиальную жидкость, плевральную жидкость, перикардальную жидкость, перитонеальную жидкость, амниотическую жидкость и слюну в результате стоматологических процедур. Они также включают в себя любые другие жидкости организма человека, явно загрязненные кровью, и все жидкости организма в ситуациях, когда трудно или невозможно провести различие между различными жидкостями организма;

- *Микробиологические культуры и штаммы:* отработанные микробиологические культуры и штаммы инфекционных агентов или микроорганизмов, полученные при диагностике, лечении или иммунизации человека или животного, или в любых исследованиях, касающихся постановки диагноза, лечения или иммунизации, или при производстве или тестировании биологических препаратов;
- *Материалы, зараженные кровью и биологическими жидкостями:* отработанные материалы или оборудование, зараженные кровью и ее производными, другими жидкостями организма или экскрементами пациентов, потенциально зараженных опасными инфекционными заболеваниями, такие как оборудование для диализа, такое как трубки и фильтры, одноразовые простыни, белье, фартуки, перчатки или лабораторные халаты, загрязненные кровью.

### **Управление биологически опасными отходами**

Управление биологически опасными отходами - это разделение, сбор, транспортировка, обработка и удаление, управление и мониторинг биологически опасных отходов. Основные элементы минимальных программ управления биологически опасными отходами представлены следующими основными действиями:

- оценка (количественная и качественная) генерации отходов;
- оценка вариантов обработки и утилизации на местах;
- отделение биологически опасных отходов от общих (или муниципальных) отходов; выполнение внутренних правил обращения с отходами (хранение, цветовая маркировка, периодичность сбора и т. д.);
- распределение обязанностей в учреждениях здравоохранения;
- выбор подходящих или лучших вариантов обработки и утилизации.

## Уровни биологической безопасности

Категорирование 4 уровней биобезопасности появилось в середине 1970-х годов. Существует четыре основных уровня биобезопасности, определенных Центром по контролю и профилактике заболеваний, CDC, и Национальным институтом здравоохранения, NIH, Государственным департаментом США, которые описывают стандарты в области микробиологии, лабораторные процедуры, оборудование для обеспечения безопасности, лабораторные объекты и процедуры обращения с отходами, необходимые для обеспечения защиты работников и окружающей среды. Уровни биобезопасности обозначаются в порядке возрастания степени защиты персонала, окружающей среды и общества. Стандарты работы в области микробиологии являются общими для всех лабораторий. Специальные стандарты работы в области микробиологии повышают безопасность персонала, обеспечивают защиту окружающей среды и устраняют риск обращения с агентами, требующими повышенного уровня защиты.

- **Уровень биологической безопасности 1:** подходит для работы с хорошо известными микроорганизмами, с которыми не зарегистрированы систематические случаи заболевания взрослых, обладающих здоровым иммунитетом, и представляющими минимальную потенциальную опасность для персонала лаборатории и окружающей среды. Лаборатории 1-го уровня биологической безопасности не обязательно должны быть изолированы от общих помещений в здании. Работа обычно проводится на открытом лабораторном столе с использованием стандартных микробиологических процедур. Специальное защитное оборудование или конструкция не требуются, но могут использоваться, по результатам соответствующей оценки риска. Персонал лаборатории должен пройти специальную подготовку по процедурам, проводимым в лаборатории, и должен контролироваться заведующим лабораторией, имеющим подготовку в области микробиологии или смежных науках;
- **Уровень биологической безопасности 2:** основан на уровне биологической безопасности 1. Уровень биологической безопасности 2 подходит для работы с микроорганизмами, представляющими умеренную опасность для персонала и окружающей среды. Он отличается от уровня биологической безопасности 1 тем, что: 1) лабораторный персонал проходит специальную подготовку по работе с патогенными микроорганизмами и контролируется учеными, компетентными в работе с инфекционными микроорганизмами и



связанными с ними процедурами; 2) доступ к лаборатории ограничен во время проведения работ, и 3) все процедуры, в процессе которых могут образовываться инфекционные аэрозоли или брызги, проводятся в боксах биологической безопасности или с использованием другого оборудования биологической защиты;

- **Уровень биологической безопасности 3:** применяется к клиническим, диагностическим, учебным, исследовательским или производственным объектам, где ведется работа с местными или экзотическими микроорганизмами, передающимися воздушно-капельным путем и вызывающими тяжелые заболевания с возможным летальным исходом. Персонал лаборатории должен пройти специальную подготовку по обращению с патогенными и потенциально смертельными микроорганизмами и должен контролироваться учеными, компетентными в обращении с инфекционными микроорганизмами и связанными с ними процедурами.
- **Уровень биологической безопасности 4:** требуется для работы с опасными и экзотическими микроорганизмами, представляющими собой высокий индивидуальный риск лабораторных инфекций, передаваемых воздушно-капельным путем, и опасных для жизни заболеваний, которые часто приводят к смертельному исходу, для которых отсутствуют вакцины или методы лечения, или связанными с ним микроорганизмами, передаваемыми неизвестными путями. С микроорганизмами, имеющими близкие или идентичные антигенные связи с микроорганизмами, требующими обеспечения 4-го уровня биологической безопасности, следует обращаться на этом уровне до тех пор, пока не будет получено достаточно данных либо для подтверждения продолжения работы на этом уровне, либо для повторного назначения уровня. Персонал лаборатории должен пройти специальное и тщательное обучение работе с особо опасными инфицируемыми микроорганизмами. Персонал лаборатории должен понимать стандартные и специальные методы первичной и вторичной функций изоляции, оборудование для локализации и характеристики конструкции лаборатории. Весь лабораторный персонал и руководители должны быть компетентны в обращении с микроорганизмами и проведении процедур, требующих изоляции 4-го уровня биологической безопасности. Научный руководитель лаборатории в соответствии с установленной политикой контролирует доступ к лаборатории.

## Медицинские отходы

Медицинские отходы включают в себя все отходы, созданные медицинскими учреждениями, исследовательскими учреждениями и лабораториями. Кроме того, они включают в себя отходы, генерируемые «второстепенными» или «рассредоточенными» источниками, такие как отходы, получаемые в ходе оказания медицинской помощи на дому (диализ, инъекции инсулина и т. д.)<sup>5</sup>.

Концепция охватывает диагностическую деятельность, а также профилактические, лечебные и паллиативные методы лечения в области медицины человека. Другими словами, все отходы, производимые медицинским учреждением (государственным или частным), медицинским исследовательским учреждением (государственным или частным) или лабораторией (государственной или частной), должны рассматриваться как медицинские отходы.

По мере роста осведомленности о глобальном увеличении количества опасных для здоровья отходов, ВОЗ подготовила классификацию таких отходов, чтобы облегчить разработку национальных и местных планов управления:

- инфицирующие отходы;
- патологические отходы;
- острые отходы;
- фармацевтические отходы (фармацевтические отходы включают просроченные, неиспользованные, разлитые и зараженные фармацевтические продукты, лекарства, вакцины и сыворотки, которые больше не требуются и должны быть утилизированы надлежащим образом. Данная категория также включает выброшенные предметы, используемые при обращении с фармацевтическими препаратами, такие как колбы или коробки с остатками, перчатки, маски, соединительные трубки и флаконы с лекарственными средствами);
- генотоксичные отходы;
- химические отходы;
- отходы с высоким содержанием тяжелых металлов;

- контейнеры под давлением (многие виды газов используются в здравоохранении и часто хранятся в герметичных баллонах, картриджах и аэрозольных контейнерах. Многие из них по мере опустошения и ненадобности, все еще содержат остатки, могут использоваться повторно, но некоторые виды, в частности аэрозольные баллончики, должны быть утилизированы. Независимо от того, являются ли они инертными или потенциально вредными, с газами в баллонах под давлением всегда следует обращаться осторожно; баллоны могут взорваться при поджигании или случайном проколе);
- радиоактивные отходы (радиоактивные отходы включают твердые, жидкие и газообразные материалы, загрязненные радионуклидами. Они образуются в результате таких процедур, как анализ тканей и жидкости организма *in vitro*, визуализация органов *in vivo* и локализация опухолей, а также различные исследования и терапевтические процедуры).

## 2.2. Биологический обзор

При использовании биологических агентов зачастую одной защиты персонала недостаточно. Также должны быть установлены системы для защиты окружающей среды и объектов от возможного заражения. В зависимости от типа инфекционного биологического микроорганизма, должны соблюдаться определенные меры по изоляции и безопасности. Поскольку по мере возрастания опасности, связанной с биологическими микроорганизмами, применяются различные меры безопасности, лаборатории характеризуются различными уровнями биологической безопасности и генерируют биологически опасные отходы с различной степенью риска. После определения и объяснения всех процедур обращения с отходами, связанными с конкретным «типом» отходов (острые отходы, жидкости и т. д.), особое внимание будет уделено тому, как процедуры обращения с отходами того же «типа» отходов изменяются на разных уровнях «биологического риска». Степень риска зависит от биологических микроорганизмов, потенциально являющихся источником заражения отходов, и, в основном, могут быть связаны с уровнем биологической безопасности объекта.

В настоящее время во многих странах захоронение отходов было и остается преобладающим методом прямой утилизации отходов, чаще всего без

предварительной обработки. Эта практика вызывает значительную озабоченность. Из общего количества отходов, образующихся в результате деятельности здравоохранения, от 75% до 90% составляют неопасные или «общие» отходы сектора здравоохранения, сравнимые с бытовыми отходами. Они главным образом генерируются в результате административной и хозяйственной деятельности учреждений здравоохранения, а также могут включать отходы, образующиеся при обслуживании объектов здравоохранения. Остальные 10-25% считаются опасными медицинскими отходами, которые могут быть инфекционными, токсичными, химическими или радиоактивными.

Кроме того, опасный материал может представлять различные риски для здоровья, поскольку он содержит потенциально вредные микроорганизмы, которые могут быть источником заражения пациентов, персонала и населения. Другие потенциальные риски инфицирования могут включать проникновение из медицинских учреждений в окружающую среду устойчивых к лекарствам микроорганизмов или новых этиологических микроорганизмов неизвестных зоонозов. Инфекционные отходы представляют собой большую часть опасных отходов, до 15% от общего количества отходов, связанных с деятельностью в области здравоохранения.

Острые отходы обычно представляют собой пример потенциально инфекционных медицинских отходов. Даже если они составляют около 1%, они могут являться основным источником передачи заболевания, если не будет обеспечен должный уровень обращения с ними. По сути, во всем мире ежегодно проводится около 16 миллиардов инъекций. Не все иглы и шприцы утилизируются надлежащим образом, что создает риск травм и заражения, а также возможности для повторного использования. По оценкам ВОЗ, в 2000 году инъекции, сделанные зараженными шприцами, вызвали 21 миллион инфекций вируса гепатита В (32% всех новых инфекций), два миллиона инфекций вируса гепатита С (40% всех новых инфекций) и 260 000 ВИЧ-инфекций (5% всех новых инфекций) по всему миру. Многие из этих инфекций можно было избежать, если шприцы были бы утилизированы безопасно. Повторное использование одноразовых шприцев и игл для инъекций особенно распространено в некоторых странах Африки, Азии, Центральной и Восточной Европы.

Основными источниками биологически опасных отходов являются: больницы и другие медицинские учреждения, лаборатории и исследовательские центры, лаборатории для исследований и испытаний на

животных, морги и объекты для проведения вскрытий, дома престарелых, банки крови и службы сбора.

Например, больницы стран с высоким уровнем дохода производят в среднем до 0,5 кг опасных отходов на койку в день; в то время как страны с низким уровнем дохода производят в среднем 0,2 кг опасных отходов на больничную койку в день. Однако процесс классификации имеет большое значение: медицинские отходы часто не разделяются на опасные или неопасные отходы в странах с низким уровнем дохода, что значительно увеличивает реальное количество опасных отходов.

### **Управление биологически опасными отходами: что мы можем сделать?**

Формулировка целей и планирование их достижения являются важными задачами для улучшения управления медицинскими отходами. Формулировка целей должна осуществляться на основе национальной, региональной и местной оценок в потребностях. Планирование требует определения стратегии, способствующей тщательной реализации необходимых мер и надлежащему распределению ресурсов в соответствии с установленными приоритетами. Этот процесс важен для обеспечения мотивации местных органов управления, работников здравоохранения и общественности, а также для определения дальнейших необходимых действий.

Опросы общественного мнения по образованию отходов также могут стать основой для определения возможностей - и установления целей - для минимизации отходов, их повторного использования и переработки и сокращения затрат.

Как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе, действия, связанные с реализацией эффективных программ по утилизации медицинских отходов, требуют междисциплинарного сотрудничества и взаимодействия на всех уровнях. Нормативные акты должны разрабатываться и координироваться на национальном уровне, тогда как методы управления должны применяться на местном уровне. Создание национальной политики и правовых рамок, обучение персонала и повышение осведомленности общественности являются важными элементами успешного управления медицинскими отходами. Повышение осведомленности общественности о данной проблеме имеет жизненно важное значение для поощрения участия сообщества в разработке и реализации политики и программ.

Целостный подход к управлению медицинскими отходами должен включать четкое разграничение обязанностей, программы по гигиене труда и технике безопасности, минимизацию и сегрегацию отходов, разработку и внедрение безопасных и экологически безопасных технологий и наращивание потенциала.

### 2.3. Биологические отходы: международные руководящие принципы

Многие наднациональные организации, такие как ЮНЕП, ВОЗ и т. д., с недавнего времени решили использовать руководящие принципы для решения таких важных вопросов, как защита прав человека, защита окружающей среды и вопросы биоэтики. Далее показаны различные подходы:

#### **Всемирная организация здравоохранения**

Первый подход представлен разработкой руководящих принципов со стороны ВОЗ. Как и во многих других наднациональных организациях, Ассамблея является высшим органом ВОЗ, принимающим решения, но она не может принимать юридически обязательные резолюции или решения. Ассамблее помогает Исполнительный комитет, основные цели которого состоят в том, чтобы претворить в жизнь политику Ассамблеи здравоохранения, консультировать ее и содействовать ее работе.

Эта структура позволяет ВОЗ устанавливать руководящие принципы и стандарты в конкретных вопросах, касающихся здравоохранения. С учетом цели настоящего Руководства, первым примером, который следует принять во внимание, является глобальный и всеобъемлющий руководящий документ «Безопасное управление отходами медико-санитарной деятельности», в котором рассматриваются такие аспекты, как нормативно-правовая база, вопросы планирования, минимизация и рециркуляция отходов, обращение с ними, хранение и транспортировка, варианты обработки и утилизации, а также обучение. Руководящие принципы ВОЗ, представляющие собой международный уровень в деятельности по обращению с медицинскими отходами, сопровождаются большим количеством более конкретных и подробных руководящих документов, включающих следующие:

- инструмент мониторинга;
- инструмент оценки стоимости;

- инструмент быстрой оценки;
- программный документ;
- руководство по разработке национальных планов;
- управление отходами, образующимися в результате инъекций;
- управление отходами в центрах оказания первичной медицинской помощи.

## **ЮНЕП**

Второй подход связан с осуществлением ЮНЕП-Базельской конвенции. Базельская конвенция является юридически обязательным документом, но интересно отметить, что наряду с Конвенцией, ЮНЕП охватывает те же вопросы с помощью полезных технических руководящих принципов, которые могут помочь странам лучше осуществлять Конвенцию на национальном уровне. Такие инструменты, если они будут приняты, укрепят положения Конвенции. Например, в «Технических руководящих принципах экологически обоснованного регулирования биомедицинских и медицинских отходов» рассматриваются такие аспекты, как опасность биомедицинских и медицинских отходов, идентификация и классификация отходов, применимые современные технологии управления, обработки и удаления, наращивание потенциала и так далее.

Другой пример представлен Руководящим документом по опасным свойствам инфекционных веществ, содержащий руководящие указания, касающиеся инфекционности и «внутренних» характеристик опасности в соответствии с Базельской конвенцией, определения возбудителей инфекций, степени патогенности и пути воздействия и инфекции, связи с правилами перевозки, отходы, к которым могут быть применимы характеристика - опасные и т. д.

Сравнение между положениями Базельской конвенции и спецификой тем этих двух руководящих принципов ясно подтверждает то, что мы утверждали во введении этого абзаца в отношении мер, не имеющих обязательной юридической силы.

## **ОЭСР**

То, что мы видели в случае ЮНЕП, международного учреждения, координирующего природоохранную деятельность универсального учреждения, Организации Объединенных Наций, можно увидеть и в случае

других международных организаций, напрямую не связанных с Организацией Объединенных Наций. Ярким примером, связанным с целью нашего руководства, является случай экологически обоснованного управления (ЭОУ) отходами, поддерживаемый ОЭСР (Организация экономического сотрудничества и развития).

Как мы видим выше, юридически обязательный документ проложил путь к принятию не имеющих обязательной юридической силы документов, таких как резолюции, а также руководящие принципы. Чтобы лучше понять значение руководящих принципов, ниже приводятся несколько строк «Руководство-инструкция по экологически обоснованному регулированию отходов»:

*«Экологически обоснованное управление (ЭОУ) отходами» ранее упоминалось в большинстве законов Совета ОЭСР, касающихся трансграничной перевозки отходов, и в других международных, региональных и/или национальных нормативных актах, где это является одним из основополагающих принципов политики обращения с отходами. В этих более ранних законах ОЭСР «экологически обоснованное регулирование отходов» рассматривалось как основное условие, разрешающее или запрещающее вывоз/ввоз отходов как территорию, так и за пределы зоны ОЭСР. Тем не менее, также было признано, что объем и уровень ЭОУ сильно различаются в разных странах-членах. Отсутствие четкого определения и общего понимания ЭОУ привело к трудностям при практическом применении инструментов ЭОУ. [...] По этим причинам в 1999 году страны-члены решили начать работу над международными «руководящими принципами» ЭОУ для объектов по утилизации отходов».*



## Ссылки

- M. Caniato, T. Tudor, M. Vaccari, J. Environ. Manag., 153, 2015, 93.
- S. Cavallini, F. Cerutti, P. Costanzo, G. Fotia, M. R. Gismondo, M. Mastroianni, R. Mugavero, V. Sabato, R. Vitale, L. Vitali, "Handbook on chemical and biological waste management", CBRN CoE P6, Fondazione FORMIT and Polo Universitario, Az. Ospedaliera Sacco, 2014.
- "Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories", 5th edition, CDC, 2009.
- "Gestion des déchets biomédicaux: outil d'évaluation rapide. Seconde édition", WHO 2011.
- "Guidance paper on hazardous characteristic H6.2 (Infectious substances)" Secretariat of Basel Convention and UNEP, 2004.
- "Health-care waste management: Guidance for the development and implementation of a National Action Plan" WHO 2005
- M. D. LaGrega, P. L. Buckingham, J. C. Evans, "Hazardous Waste Management", Second Edition, Waveland Press, Illinois, USA, 2010.
- "Managing health care disposal: Operator's manual. How to use the waste disposal unit", WHO African Region, 2005.
- "McGraw-Hill Concise Dictionary of Modern Medicine" The McGraw-Hill Companies, 2002.
- "Safe management of wastes from health-care activities", 2nd edition, WHO, 2014.
- "Safe management of wastes from health-care activities: A summary", WHO, 2017.
- "The Technical guidelines on the environmentally sound management of biomedical and health care waste (Y1, Y2)", Secretariat of Basel Convention and UNEP, 2003.

## 3. Управление химическими отходами

### 3.1. Лучшие методы работы с лабораторными химическими отходами

В целом, эффективные меры по профилактике предполагают минимизацию потенциального риска. В конкретном случае обращения с отходами, **хорошая система обработки отходов** приводит к **минимизации чрезвычайных ситуаций**.

Важно знать руководящие принципы и правила на всех уровнях:

- Международные правила и соглашения
- Национальные правила и законы
- Местные правила и руководящие принципы
- Лучшие практики на лабораторном уровне

В лабораторной практике, в большинстве случаев, нет письменных правил для каждой операции в повседневной работе. Только соответствующее образование и подготовка персонала и специалистов способны обеспечить работника наиболее передовыми ноу-хау и лучшими практиками для безопасной и экологически безопасной работы.

Тем не менее, разработка **Плана управления лабораторией**, в котором организации определяют наилучшие методы управления отходами, может обеспечить самую полезную, оперативную основу для сотрудников и лиц, отвечающих за утилизацию отходов.

В исследовательских лабораториях по всему миру можно найти длинный перечень распространенных ошибок. Например:

- Отходы, не помеченные как «отходы (название химического вещества)», и отсутствие даты начала или заполнения;
- Отходы хранятся в открытых контейнерах;
- Отходы хранятся без дополнительного устройства изоляции.



Во многих случаях химические вещества, которые можно найти на рабочем месте, не более опасны, чем те, которые обычно используются дома, для бытовых целей.

Такие продукты, как отбеливатель, соляная кислота или перекись водорода, часто используются в повседневной жизни и могут быть легко получены из обычных коммерческих источников.

Но на рабочем месте воздействие может быть значительно выше, концентрации выше, время воздействия больше: потенциальный риск может быть выше на рабочем месте.

Практика обращения с лабораторными химическими отходами охватывает несколько аспектов:

- Сбор отходов химикатов;
- Маркировка и нанесение знаков на контейнеры;
- Обращение с контейнерами;
- Хранение отходов;
- Крайне опасные химические вещества;
- Неиспользованные, неоткрытые или неизвестные химические вещества;
- Просроченные химические вещества или смеси;
- Перечень химических элементов;
- Утилизация отходов химических веществ в раковине.

Например, в Национальном исследовательском совете Италии, государственном институте научно-прикладных исследований в Италии, каждый институт с лабораторной деятельностью (в Италии насчитывается около 100 институтов по различным научным дисциплинам) имеет свои собственные внутренние справочники и руководства с правилами, методические руководства и передовые практические методы для осуществления лабораторных работ.



Рис. 3.1. Национальный исследовательский совет Италии. Внутреннее руководство по передовым практическим методам работы в химической лаборатории

### 3.2. Управление контейнерами для отходов

Минимизация отходов может сыграть жизненно важную роль в сокращении количества образующихся ежегодно опасных отходов. Производителям отходов рекомендуется рассмотреть методы минимизации отходов и использовать эти методы в качестве неотъемлемой части лабораторного процесса и деятельности.

Отходы должны быть сведены к минимуму, и большие объемы отходов не должны накапливаться в лаборатории. Фактически, регулярная очистка лабораторных контейнеров должна быть частью плана управления лабораторией. Кроме того, для реализации политики разделения отходов необходимо иметь отдельный контейнер для отходов на случай образования большого количества отходов любого типа.

Отработанные химические вещества, собранные во время выполнения работ или иным образом накопленные в лаборатории, должны быть помещены в **контейнеры**, которые находятся **в хорошем состоянии**, совместимы с содержимым и могут хранить содержимое **без утечки**.

Контейнеры, используемые для сбора химических отходов, должны быть **четко обозначены** словами «Отходы (название химического вещества)». Контейнеры также должны быть **подписаны** или на них должны быть **нанесены маркировки при первом размещении** отходов в контейнере. Контейнеры должны иметь открытую дату, указанную на этикетке контейнера, а когда он заполнен или более не заполняется, должен указывать дату заполнения. Дата открытия - это самая ранняя дата, когда отходы помещаются в контейнер, тогда как дата заполнения - это дата, когда контейнер заполнен и больше не будет использоваться для накопления отходов.

Десятки образцов этикеток для химических отходов можно найти в открытых ресурсах в интернете. Тем не менее, они должны быть

<p align="center"><b>Химические отходы</b> Ссылка на MSDS</p> <p align="center">_____</p> <p align="center">Полное химическое название Концентрация (около%) основных компонентов</p> <p align="center">Содержат ли отходы какое-либо опасное соединение? Да <input type="checkbox"/> нет <input type="checkbox"/></p> <p>Раздел: _____ Пользователь: _____ отходы от: _____ до того как: _____ Телефон: _____</p>
--

просты в использовании, в противном случае, никто не будет их заполнять. Очень важно, чтобы надписи были указаны как на государственном языке, так и на английском, особенно в тех лабораториях, где присутствует соответствующая доля иностранных студентов/стипендиатов/сотрудников. Это также необходимо в странах, где существует не только один государственный язык.



Рис. 3.1. Примеры этикеток на лабораторных контейнерах, требующих значительных улучшений

Наличие этикетки может быть важным, но **вся необходимая информация** также должна быть **нанесена**. **Неиспользованные, ненужные** или **неоткрытые** химические вещества, которые должны быть выброшены, должны быть помечены словами «Отходы (название химического вещества)» и указана дата, когда они были признаны более ненужными или непригодными.

Небольшие контейнеры или контейнеры нестандартной формы, на которые трудно разместить этикетку, должны быть помещены в запечатанный контейнер большего размера и промаркированы снаружи (мешки с молнией, пластиковые контейнеры и т. д.).

Контейнеры с химическими веществами, которые не могут быть идентифицированы по химическому названию, химическим компонентам или процессу, генерирующему отходы, должны быть помечены как «Неизвестные отходы» с указанием даты, когда они начали считаться ненужными.

Особое внимание следует уделить выбору контейнеров для отходов и контролю за ними, поскольку они часто являются основными источниками ошибок и ситуаций с потенциальным риском.

- Контейнеры для отходов должны быть совместимы с их содержимым.
- Контейнеры для отходов должны храниться закрытыми, за исключением операций добавления или удаления отходов.
- Контейнеры для отходов должны содержаться в чистоте, без видимых загрязнений снаружи контейнера.
- Знаки и маркировка контейнеров должны быть читаемыми, надписи не стертыми.
- Контейнеры для отходов не должны занимать активно используемые площади и места под вытяжными шкафами.

Отработанные твердые вещества или жидкости, собранные как часть непрерывного процесса, такие как стоки от оборудования хроматографии ВЭЖХ, должны быть собраны через трубки или трубы, которые подаются через крышку или другие запорные устройства контейнера, чтобы гарантировать, что контейнер остается закрытым. Крышки должны закрываться под давлением. Пленка Parafilm™ (изготовленная из тяжелых парафиновых углеводородов, следовательно, легко растворимая в некоторых органических растворителях) или аналогичные негерметичные упаковочные средства неприемлемы, поскольку пары могут легко проходить через них.



*Рис. 3.2. Пример правильного хранения оттока подвижной фазы из ВЭЖХ*

### **Жидкие химические отходы**

Контейнеры, используемые для частого и регулярного сбора химических отходов, должны быть **закупорены после завершения процедуры или эксперимента**. Например, контейнеры, используемые для сбора ацетоновых смывок, должны быть закрыты, за исключением случаев, когда они активно наполняются или отходы удаляют из контейнера. Это очень распространенная ошибка в большинстве исследовательских лабораторий.



воронка не крышка

Хорошая вторичная укупорка



плохое управление отходами краски

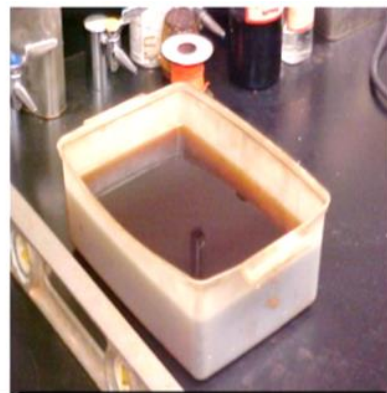
На площадках и контейнерах, где собираются и накапливаются отходы химических веществ, должна быть **вторичная защитная изоляция**, обеспечивающая сбор любых непредвиденных разливов в случае неисправности контейнера. Контейнеры для отходов не должны быть переполнены. Полные контейнеры должны иметь как минимум **10% свободного пространства** (или даже 20% в жарком климате), чтобы обеспечить возможность дальнейшего расширения и избежать внезапного расширения паров внутри баллона/контейнера.

Заполненные контейнеры для отходов должны храниться в **безопасном месте** под контролем оператора. Кроме того, контейнеры с первичными отходами должны храниться для сбора в помещении, в котором они были собраны, и не храниться во временных надлежаче необорудованных местах. Заполненные контейнеры с химическими отходами должны быть удалены из лаборатории в течение **короткого периода времени** (около 30-60 дней) с даты начала накопления или даты, когда химическое вещество становится отходом.

**Вспомогательные накопительные площадки** – это места внутри учреждения (университетский городок, институт, больница и т. д.), генерирующие небольшие количества опасных материалов.

Например, согласно стандартам Национального исследовательского совета Италии, вспомогательные накопительные площадки - это места, где в течение 9 месяцев накапливается:

- Не более **200 литров** любых опасных отходов;



контейнер открыт без этикетки

- Не более **1 кг** любых особо опасных отходов.

**Вытяжные шкафы** являются защитными устройствами для безопасной работы лабораторного персонала и не являются складскими помещениями. Хранение и накопление химических жидких отходов под вытяжным шкафом противоречит цели создания такого защитного устройства. Контейнеры для опасных отходов предназначены для отходов, а не для мусора.

Когда контейнеры для отходов готовы к вывозу, емкости должны быть отсортированы по совместимости, в разрешенных контейнерах, с плотно закрытыми крышками, и содержимое должно быть надлежащим образом идентифицировано.



*Рис. 3.3. Контейнеры, готовые к вывозу, с надлежащей маркировкой, находятся в емкости вторичной герметизации*

### **Твердые химические отходы**

В случае обращения с опасными или загрязненными твердыми частицами, стеклом, в том числе битым стеклом, которое невозможно легко очистить (без риска причинения вреда оператору), загрязненными пластиковыми деталями, включая наконечники, отработанные твердые образцы (*например*, катализаторы после использования), загрязненную абсорбирующую бумагу, чехлы для скамей, сорбенты из силикагеля (*например*, для жидкостной хроматографии) и т. д., их следует утилизировать в отдельном специальном контейнере.





Рис. 3.4. Контейнеры для сбора твердых опасных химических отходов

### Высокоопасные отходы

На коммерческие химические продукты, считающиеся «чрезвычайно» опасными при выбрасывании (*например*, помеченными как «P-List» Агентством по охране окружающей среды США), распространяются дополнительные нормативные требования. Согласно Всемирной гармонизированной системе классификации и маркировки химических веществ, реагенты и материалы, относящиеся к категориям 1 (и 2), должны считаться высокоопасными химическими веществами.

Высокоопасные химические вещества должны быть помещены в **отдельные контейнеры**, четко обозначенные словами «Отходы (название химического вещества)» и помеченные датой, когда отходы были первоначально помещены в данный контейнер. Информация об объеме (масса) особо опасных отходов, накопленных в лаборатории, должна фиксироваться персоналом лаборатории: в **журнале отходов**.

Лаборатории не могут накапливать более **1 кг особо опасных отходов** на любой конкретный отрезок времени. Кроме того, стоит отметить, что **пустые контейнеры** с такими химическими веществами также должны быть переданы на вывоз.

Особое внимание следует уделять **неиспользованным** или **просроченным** химическим веществам. Такие вещества часто находятся в исследовательских лабораториях, где сотни реагентов часто используются в течение короткого периода времени, а затем полностью упускаются из виду, даже в течение многих лет.

**Просроченное** химическое вещество - это реагент (вещество), который больше не будет использоваться по прямому назначению или не будет использоваться снова, и его необходимо утилизировать. Должны проводиться **регулярные проверки** на выявление любых просроченных

химических веществ или соединений, по крайней мере, один раз **каждые 6 месяцев**. Старшие научные сотрудники или ответственный персонал должны разработать и проводить такой учет. Любые устаревшие химические вещества или вещества должны быть удалены из хранилища, помещены в зону хранения химических отходов лаборатории, должным образом маркированы и на них нанесены требуемые знаки. С неизвестными просроченными химическими веществами следует обращаться так же, как с неизвестными или неиспользованными химическими веществами, которые обсуждались в предыдущем разделе.

Просроченные или более ненужные химические вещества должны быть:

- изъяты из обычного хранилища;
- помещены в зону хранения химических отходов лаборатории;
- снабжены соответствующими этикетками и промаркированы;
- удалены из лаборатории в течение 30-60 дней.

В определении **срока годности** химического вещества необходимо придерживаться здравого смысла. При таком подходе стабильная неорганическая соль, такая как сульфат магния, может храниться в течение десятилетий без какой-либо потери химических свойств, в то время как более химически активные органические соединения, такие как полиолефины, более подвержены деградации в короткие сроки. Однако очень часто возможны и доступны способы восстановления и очистки (например, дистилляция, перекристаллизация и т. д.), так что соединение можно снова использовать в качестве пригодного реагента.

### 3.3. Утилизация отходов путем слива в канализацию

**Опасные химические вещества нельзя сливать в канализацию.** Они должны собираться для утилизации в качестве опасных отходов.

Например:

- Любые легковоспламеняющиеся жидкости с температурой воспламенения менее 60° С, включая, помимо прочего, любое количество бензина, керосина, нефти, бензола, толуола, ксилола, мазута, простых эфиров, кетонов, альдегидов, хлоратов, перхлоратов, броматов, карбидов, гидридов и сульфидов. Этот список не включает водные растворы соединений, которые имеют **температуру воспламенения выше 60° С**;

- Взрывоопасные химикаты;
- Ртуть и ртутные соединения;
- Радиоактивные материалы;
- Использованные фотографические фиксирующие растворы, за исключением случаев, если они сначала не прошли через систему регенерации серебра;
- Растворы ополаскивания контейнеров с высокоопасными отходами или любым другим химическим веществом, которое классифицируется как опасные отходы.

В действительности, растворы этих соединений в случае их смешивания с городскими сточными водами могут привести к серьезному ущербу или негативно воздействовать на общую систему последующей обработки.

**Химические вещества, которые можно слить в канализацию**, при условии, что раствор не содержит запрещенных материалов, включают:

- Водные растворы, такие как соли или буферные растворы в диапазоне pH от 5,0 до 11,0;
- Химические вещества, растворимые в воде и не опасные по своим свойствам;
- Кислоты и щелочи, которые были нейтрализованы, попадающие в диапазон pH от 5,0 до 11,0;
- Водные растворы с <10 мкг/л (<10 ч/млрд) бромистого этидия можно слить в канализацию;
- Водные растворы, содержащие >10 мкг/л (>10 ч/млрд) бромистого этидия, должны быть химически обработаны путем фильтрации с помощью активированного угля;
- Водные растворы, содержащие спирты в концентрации 24% по весу или менее;
- Водные растворы, содержащие формальдегид в концентрациях менее 5% по массе (после предварительной обработки 10% водн. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и Fe).

### 3.4. Случаи утечки опасных химикатов и отходов

Размер и сложность ликвидации разлива могут быть определены несколькими различными факторами:

- Физическое состояние разлитого материала (т. е. твердое, жидкое или газообразное);
- Объем вещества;
- Опасность материала (легковоспламеняющийся, едкий или токсичный);
- Опасные условия, вызванные разливом;
- Загрязнение персонала, вызванная разливом.

Разлив любого размера может быть ликвидирован, если имеется **соответствующее оборудование**. Если возможно, то желательно предпринять достаточно усилий, чтобы **предотвратить разлив**. Высыпанные твердые вещества можно собрать обратно в банку или сосуд, в случае жидкости можно использовать бумажное полотенце, защитное покрытие стола или ткань.

Пары, образующиеся в результате разливов, представляют наибольшую опасность, когда пролитое вещество является токсичным и/или легковоспламеняющимся. Необходимо всегда помнить, что коррозионные твердые вещества и жидкости могут вступать в реакцию с высокоактивными материалами. Высокие значения давления пара обычно являются показателем летучих жидкостей.

**Оператор никогда не должен действовать в одиночку на разливы неизвестных химических веществ.**

В случае разливов химических веществ в лаборатории очень важно иметь в наличии **набор для ликвидации разливов**. Рекомендуется подготовить набор с учетом конкретных нужд лаборатории и собрать компоненты набора в соответствии с наиболее частыми и/или наиболее опасными материалами, с которыми обращаются в лаборатории.



*Рис. 3.5. Пример набора для ликвидации разливов и использования гранул абсорбента из вермикулитовой глины для предотвращения протечек и разливов*

Аналогично, необходимо часто проводить физическую инвентаризацию набора и быстро заменять использованные или отсутствующие предметы в наборе. Повторное использование абсорбирующих материалов, содержащихся в упаковках и посылках, в которых поставляются коммерческие реагенты, является удобной и дешевой альтернативой самодельного набора для ликвидации разливов. В большинстве случаев абсорбирующие материалы изготавливаются из гранул с абсорбирующими глинами с высокой удельной поверхностью, такими как вермикулитовые или сепиолитовые глины, и обладают очень большой абсорбционной способностью.

### **Небольшие разливы**

В случае разливов **до 2,5 л** (максимальный объем колбы или емкости), разлитую жидкость необходимо собрать, используя материал из набора для разлива. Операторы должны надеть индивидуальные средства защиты, СИЗ, которые должны соответствовать химической и физической природе соединения. Загрязненный материал затем помещается в мешок для разлива, опечатывается и маркируется этикеткой для опасных отходов. После этого собранный разлитый материал требует обращения как с обычными отходами и в соответствии с протоколом действий для этого вида опасных материалов.

### **Крупные разливы**

В случае крупных разливов (**более 2,5 л**), важно сначала локализовать разлив, если это возможно и только в том случае, если это безопасно для

операторов, а затем уведомить остальную часть персонала в зоне и покинуть зону. Следовательно, необходимо уведомить сотрудника по безопасности лаборатории и аварийную службу объекта, в котором произошла утечка.

В случае **крупных инцидентов** (крупный пожар, крупномасштабное загрязнение), и, если это происходит в нерабочее время, необходимо уведомить сотрудников реагирования в чрезвычайных ситуациях (отряд пожарной охраны или эквивалент местной государственной службы).

Никогда не рекомендуется пытаться починить **неисправный газовый баллон**. Самая опасная ситуация с разливами - это протекающий или неисправный газовый баллон. Содержащийся в баллоне газ может быть токсичным, легковоспламеняющимся, коррозионным, удушающим или сочетать эти характеристики. Первоначально необходимо эвакуироваться из зоны, связаться с местной службой аварийно-спасательных служб и найти лицо, знающее содержимое цилиндра. Затем рекомендуется попытаться изолировать зону, подверженную воздействию газа, посредством использования средств регулирования вентиляции, вытяжных шкафов и защитных дверей. На этом этапе самозащита имеет первостепенное значение. Кроме того, четкое обозначение опасности важно для контроля воздействия. Твердые или вязкие жидкости могут препятствовать действиям, делая передвижения **скользкими и опасными**. Расположение разлива может препятствовать безопасному выходу. Кроме того, важно не загрязнять чистые участки разлитым материалом и быть уверенным, что вытяжные шкафы работают.

Те же меры предосторожности при обращении с опасными химическими веществами применяются и при обращении с химическими отходами в их контейнерах, а также в случае небольших разливов:

- защита глаз;
- лабораторные халаты;
- перчатки;
- защита дыхательных путей (при наличии органических летучих паров);
- рабочие защитные ботинки, избегая любого вида открытой обуви (тапочки или сандалии) в жарком климате или летом.

В заключение необходимо отметить, что все эти меры предназначены для малых и средних исследовательских или академических химических лабораторий. Конечно, промышленные и технические производственные лаборатории должны следовать другим и более конкретным рекомендациям.

Усвоение передового опыта работы в химической лаборатории требует постоянного и периодического обучения, формирования и обучения нового персонала (как постоянного, так и временного персонала).

## Ссылки

<https://www.epa.gov/hw>

<https://ehs.utoronto.ca/laboratory-hazardous-waste-management-and-disposal-manual/>

<https://www.acs.org/content/acs/en/about/governance/committees/chemicalsafety/publications/guide-for-chemical-spill-response.html>

National Research Council US, Committee on Prudent Practices in the Laboratory, Washington, 2011.

The Washington State Department of Ecology, Step-by-Step Guide to Better Laboratory Management Practices, Olympia, 2003.

U.S. Consumer Safety Product Commission, "School Chemistry Laboratory Safety Guide", NIOSH-Publications Dissemination, 2006.



## 4. Управление биологическими отходами

Наиболее важные вопросы, которые следует задать перед утилизацией каких-либо предметов или материалов из лабораторий, работающих с потенциально инфекционными микроорганизмами:

- Были ли предметы или материалы эффективно обеззаражены или продезинфицированы в соответствии с утвержденной процедурой?
- Если нет, были ли они упакованы утвержденным способом для немедленного сжигания на месте или для передачи на другой объект для сжигания?
- Связана ли утилизация обеззараженных объектов или материалов с какими-либо дополнительными потенциальными опасностями, биологическими или иными, для тех, кто выполняет процедуры немедленной утилизации или может контактировать с утилизированными предметами за пределами объекта?

При обращении с биологически опасными отходами, образующимися в медицинском учреждении, всегда необходимо следовать процедурам, установленным для соответствующего и четко идентифицированного потока отходов от места их образования до их окончательной утилизации. Обращение с потоком состоит из нескольких этапов, включающих: *генерацию, сегрегацию, сбор и транспортировку на месте, хранение на месте, транспортировку за пределы объекта (по выбору), обработку и утилизацию.*

Однако, с точки зрения ежедневного использования, немногие загрязненные материалы потребуют фактического удаления из лаборатории или уничтожения, потому что часть оборудования, такого как стеклянная посуда, инструменты и лабораторная одежда, будут повторно использованы или переработаны. Более того, во многих странах рециркуляция потенциально загрязненных предметов, таких как пластмасса и металл шприцев/игл, на данный момент не рекомендуется из-за отсутствия соответствующих технологий, отсутствия специальной подготовки/компетенции, а также адекватных процедур по управлению процессом.

Основным принципом является то, что все инфицируемые материалы должны быть обеззаражены, автоклавированы или сожжены в лаборатории. В результате медицинской деятельности образуются отходы, которые всегда

должны удаляться лицом, использовавшим подлежащий утилизации предмет. Количество образующихся медицинских отходов всегда должно быть минимальным, и при их обращении необходимо соблюдать меры предосторожности. Прежде чем генерировать отходы, следует узнать можно ли минимизировать количество образующихся отходов, с тем чтобы уменьшить усилия при последующих операциях по обращению, обработке и удалению.

#### 4.1. Сегрегация, минимизация и классификация

##### **Сегрегация и минимизация**

Одним из ключевых факторов минимизации и эффективного управления медицинскими отходами, является сегрегация (разделение) и идентификация отходов. Учитывая тот факт, что только около 10-25% медицинских отходов является опасными, затраты на обработку и удаление могут быть значительно снижены, если будет проведена надлежащая сегрегация. Отделение опасных от неопасных отходов также снижает риск заражения работников, работающих с медицинскими отходами. Сегрегация заключается в разделении различных потоков отходов на основе их опасных свойств, типа применяемых методов обработки и утилизации.

Рекомендуемый способ определения категорий медицинских отходов - сортировка отходов в мешки или контейнеры с цветовой кодировкой и этикетками с хорошей маркировкой. Разделение должно всегда быть обязанностью производителя отходов и должно происходить как можно ближе к месту, где образуются отходы.

Все конкретные процедуры сегрегации, упаковки и маркировки медицинских отходов должны быть разъяснены медицинскому и вспомогательному персоналу и отображены в каждом отделении на диаграммах, расположенных на стенах рядом с контейнерами для медицинских отходов, специально определенными для каждой категории отходов. Следует принять специальную систему идентификации и сегрегации инфекционных материалов и их контейнеров. Категории должны включать:

- Незагрязненные (неинфекционные) отходы, которые могут быть повторно использованы, переработаны или утилизированы как общие «бытовые» отходы;
- Загрязненные (инфекционные) «острые отходы» - иглы для подкожных инъекций, скальпели, ножи и битое стекло; их всегда

следует собирать в проколостойкие контейнеры с крышками и рассматривать как инфицируемые;

- Загрязненный материал для обеззараживания в автоклаве с последующим промыванием и повторным использованием или переработкой;
- Загрязненный материал для автоклавирования и утилизации;
- Загрязненный материал для прямого сжигания.

Что касается инфекционных отходов, здесь перечислены наиболее важные особенности сегрегации, связанные с категориями, установленными Организацией Объединенных Наций:

***B1 (анатомические отходы):*** в первую очередь по этическим соображениям должны быть установлены особые требования к обращению с отходами частей, органов и тканей человека. Отходы должны быть собраны в соответствующие контейнеры или мешки как можно скорее в том месте, где они образуются. Отходы должны храниться в плотных емкостях и в условиях стабильной низкой температуры (5-8°C) при временном хранении в течение длительного периода времени.

***B2 (острые отходы):*** острые предметы требуют принятия мер для предотвращения травм и инфекции во время их обработки внутри и за пределами медицинского учреждения. Они должны собираться и ими необходимо управлять отдельно от других категорий медицинских отходов: контейнеры для сбора (безопасные коробки) всегда должны быть проколостойкими и герметичными. Хранение острых отходов, подлежащих утилизации, всегда должно осуществляться в месте, доступном только для обученного персонала. После того, как безопасные контейнеры запечатаны, их можно утилизировать вместе с другими инфицируемыми отходами в зависимости от выбранного типа технологии утилизации.

***B5 (отходы, содержащие кровь и биологические жидкости):*** особые требования должны предъявляться к обращению с этой категорией отходов с точки зрения предотвращения инфекций внутри и за пределами медицинских учреждений. Для сбора этих отходов используются двойные мешки или контейнеры из прочного и герметичного материала.

***C1 (инфицирующие отходы):*** инфицирующие отходы должны быть собраны в герметичные контейнеры, тщательно запечатаны и транспортированы в

центральное хранилище/пункт доставки таким образом, чтобы исключить прямой контакт.

### **Система цветовой маркировки**

Наиболее подходящим способом идентификации категорий медицинских отходов является сортировка отходов в пластиковые пакеты или контейнеры с цветовой маркировкой. Применение системы цветной маркировки направлено на обеспечение немедленной и однозначной идентификации опасностей, связанных с типом обрабатываемых медицинских отходов. В этом отношении система цветовой маркировки должна оставаться простой и применяться универсально по всей стране.

Например, все специальные медицинские отходы категорий В1, В4, В5, С1, С2 должны быть помещены в желтые контейнеры (предпочтительно желтые полиэтиленовые пакеты толщиной мин. 300 мкм), отмеченные и обозначенные международным символом биологической опасности. Предпочтительно, чтобы пакеты были закреплены на мешкодержателях. Если они не имеются, можно использовать желтые баки.

#### **Черный**

- отходы категории А, не сопряженные с рисками
- исключительно небольшое количество отходов категории В1
- фармацевтические отходы категории В3, только класс В31

#### **Желтый**

- специальные отходы категорий В1, В2, В4, В5
- инфицирующие отходы и высокоинфицирующие отходы категорий С1 и С2
- радиоактивные отходы категории Е

#### **Коричневый**

- фармацевтические отходы категорий В3, классов В32 и В33
- категория D, такая как химические вещества, отходы тяжелых металлов

*Система цветовой маркировки медицинских отходов, как в «Подготовке плана обращения с медицинскими отходами в странах к югу от Сахары», Программа ООН по окружающей среде и Всемирная организация здравоохранения, 2004 г.*

В дополнение к цветовой маркировке контейнеров для отходов рекомендуются следующие методы:

- Поскольку затраты на безопасную обработку и утилизацию опасных медицинских отходов, как правило, более чем в 10 раз

превышают затраты на общие отходы, все общие, то есть неопасные, отходы следует обрабатывать так же, как бытовые отходы, и собирать в черные мешки;

- Все медицинские отходы категории B2 (острые отходы) должны собираться вместе, независимо от того, загрязнены они или нет. Контейнеры должны быть проколоустойчивы (как правило, из металла или пластика высокой плотности) и снабжены крышками. Они должны быть жесткими и непроницаемыми, чтобы безопасно сохранять не только острые предметы, но и любые остаточные жидкости из шприцов. Во избежание нецелевого использования, контейнеры должны быть защищены от вскрытия (трудно открывать или ломать), а иглы и шприцы следует сделать непригодными. Если нет пластиковых или металлических контейнеров или они слишком дороги, рекомендуется использовать контейнеры из плотного картона; они складываются для удобства транспортировки и могут поставляться с пластиковым внутренним покрытием;
- Безопасные короба всегда должны быть желтого цвета с надписью «Опасно! Загрязненные острые предметы» и обозначены символом биологической опасности. Они должны быть опечатаны и утилизированы при заполнении на три четверти (рис. 4.1.).
- Никакие медицинские отходы, кроме острых отходов, не должны храниться в контейнерах для острых отходов, так как эти контейнеры стоят дороже, чем пакеты, используемые для других инфицирующих отходов;
- Высокоинфицирующие отходы, такие как диагностические лабораторные образцы и отходы от инфекционных пациентов в изоляции, следует собирать отдельно и автоклавировать в месте их образования. После дезинфекции отходы вывозятся с участка медицинского учреждения в контейнере для инфицирующих медицинских отходов;
- Контейнеры должны быть удалены, когда они заполнены на три четверти. В идеале они должны быть изготовлены из горючей негалогенированной пластмассы;



*Рис. 4.1. Мешки и контейнеры для инфицирующих отходов должны быть помечены международным символом биологической опасности*

- Персонал никогда не должен пытаться исправить ошибки, допущенные при сегрегации, вынимая предметы из сумки или контейнера после утилизации или помещая одну сумку в другую сумку другого цвета. Если общие и опасные отходы смешиваются случайно, смесь следует рассматривать как опасные медицинские отходы;
- С анатомическими отходами, особенно узнаваемыми частями тела или материалом плода, следует обращаться в соответствии с преобладающими религиозными и культурными традициями (чаще всего, разрешенные захоронения или кремация). В районах с ограниченными ресурсами, плацента и другие нераспознаваемые анатомические отходы можно утилизировать в яме, где они могут разлагаться естественным путем.

## **Маркировка**

Все мешки или контейнеры для отходов должны иметь маркировку с основной информацией об их содержании и о производителе отходов. Эта информация может быть написана непосредственно на пакете или

контейнере или на предварительно напечатанных, надежно прикрепленных этикетках.

Внутри лабораторий можно выделить два вида маркировки: первая связана с чисто внутренней деятельностью, а другая, несмотря на то, что она связана с внутренней деятельностью тоже, ориентирована на фазу цикла отходов, проходящую за пределами лаборатории.

Первый вид деятельности представлен маркировкой первоначального сбора отходов, а именно маркировкой каждого отдельного предмета в соответствии с его потенциальным риском заражения. В следующей таблице перечислены различные возможные формулировки для каждого контейнера в зависимости от категории медицинских отходов.

**B1** - «Опасно! Анатомические отходы для сжигания или глубокого захоронения»  
**B2** - «Опасно! Загрязнённые острые отходы, не открывать»  
**B4, B5, C1** - «Опасно! Опасные инфекционные отходы»  
**C2** - «Опасно! Высокоинфицирующие отходы, подлежащие предварительной обработке»  
**B32, B33, D** - «Опасно! Подлежат обработке только уполномоченными сотрудниками»  
**E** - «Опасно! Радиоактивные отходы»

*Маркировка по категориям Международные символы*

Второй вид деятельности, как упоминалось ранее, осуществляется внутри лаборатории, но он направлен на подготовку отходов для их транспортировки за пределы объекта. В соответствии с рекомендациями ООН в отношении опасных веществ, на этикетке должны быть указаны следующие признаки:

- класс вещества ООН, например, Класс 6.2 для инфицирующих отходов;
- символ упаковки ООН, например международный символ для биологической опасности;
- правильное транспортное наименование и номер ООН;
- общее количество (масса или объем) отходов, указываемых на этикетке;
- страна, разрешающая выделение этикетки (определяется международной системой кодов, используемых на транспортных средствах).

Также рекомендуется, чтобы последние две цифры года изготовления упаковки, указанные компетентным органом, были отмечены на упаковке, а также специальный код, обозначающий тип упаковки. На этикетке должна быть указана следующая дополнительная информация: категория отходов, дата сбора, конкретное место генерации отходов (например, отделение), место назначения отходов.

В случае проблем, связанных с вопросами ответственности, полная и правильная маркировка позволяет отслеживать происхождение отходов. Маркировка также предупреждает оперативный персонал и общественность об опасном характере отходов. Опасности, связанные с содержимым контейнера, могут быть быстро идентифицированы в случае аварии, что позволяет аварийным службам принять соответствующие меры.

### **Сбор**

Чтобы избежать накопления отходов, они должны регулярно собираться и транспортироваться в центральную зону хранения в пределах медицинского учреждения перед обработкой или удалением. Сбор должен проходить по определенным маршрутам через медицинские учреждения, чтобы сократить проезд загруженных тележек через палаты и другие чистые зоны.

При обращении с медицинскими отходами следует соблюдать большую осторожность. Наиболее важные риски связаны с травмами, которые могут нанести острые отходы. При работе с медицинскими отходами, персонал и уборщики должны всегда носить защитную одежду, включая, как минимум, комбинезоны или промышленные фартуки, ботинки и прочные перчатки.

Сестринский и другой медицинский персонал должен обеспечить плотное закрытие или герметичность мешков для отходов, когда они заполнены примерно на три четверти. Легкие мешки можно закрыть, перевязав верхнюю часть мешка, но для плотных мешков, вероятно, потребуется пластиковые самофиксирующие пломбы для мешков. Мешки не должны закрываться с использованием скобозабивной машины. Герметичные контейнеры для острых отходов должны быть помещены в промаркированную желтую упаковку для инфицирующих медицинских отходов перед вывозом из учреждения.

Отходы не должны накапливаться на месте их генерации. Должна существовать программа для их регулярного сбора как часть плана управления медицинскими отходами. Некоторым рекомендациям должны следовать вспомогательные работники, отвечающие за сбор отходов:

- Отходы следует собирать ежедневно (или так часто, как это требуется) и перевозить в назначенное центральное хранилище;



- Запрещается собирать мешки, если на них нет маркировки с указанием места их производства (больницы, палаты или отделения) и содержимого;
- Мешки или контейнеры должны быть немедленно заменены на новые мешки или контейнеры того же типа;
- Партия новых мешков или контейнеров для сбора отходов должна быть легко доступна во всех местах генерирования отходов.

## 4.2. Транспортировка и хранение

### Транспортировка

Транспортировка на месте должна осуществляться в менее загруженное время, когда это возможно. Следует использовать установленные маршруты для предотвращения контакта с персоналом и пациентами, а также для минимизации прохождения загруженных тележек через места ухода за пациентами и другие чистые зоны. В зависимости от планировки медицинского учреждения, при внутренней транспортировке отходов следует использовать, насколько это возможно, отдельные этажи, лестницы или лифты. Регулярные транспортные маршруты и время сбора должны быть постоянными и надежными.

Персонал, ответственный за транспортировку, должен носить соответствующие средства индивидуальной защиты, перчатки, прочную и закрытую обувь, комбинезоны и маски. Опасные и неопасные отходы всегда следует перевозить отдельно. Инфицирующие отходы можно перевозить вместе с использованными острыми отходами. Инфицирующие отходы не следует перевозить вместе с другими опасными отходами, чтобы не допустить возможного распространения инфицирующих агентов. Тележки должны быть окрашены в соответствующий цветовой код для инфицирующих отходов (желтый) и должны быть помечены знаком «Инфицирующие отходы».

Внутри больницы или другого учреждения медицинские отходы должны перевозиться с помощью колесных тележек, контейнеров или тележек, не используемых для каких-либо других целей и соответствующих следующим спецификациям:

- легко загружаться и выгружаться;

- не иметь острых краев, которые могут повредить мешки для отходов или контейнеры во время погрузки и разгрузки;
- легко моются и, если они закрыты, они должны быть оснащены дренажным отверстием и пробкой;
- иметь маркировку и предназначаться для конкретного типа отходов;
- их легко толкать и тянуть;
- не быть слишком высокими (чтобы не ограничивать видимость для персонала, перевозящего отходы);
- быть закрепленным с помощью замка (для опасных отходов);
- иметь соответствующий размер в соответствии с объемами отходов, образующихся в медицинском учреждении.

Отходы, особенно опасные отходы, никогда не следует перемещать вручную из-за риска несчастного случая или травмы от инфицируемого материала или неправильно упакованных острых отходов, которые могут выступать/торчать из контейнера. Транспортные средства должны ежедневно очищаться и дезинфицироваться с помощью соответствующего дезинфицирующего средства. Все пломбы мешков для отходов должны быть на месте и не повреждены в конце транспортировки.



*Рис. 4.2. Контейнеры для перевозки инфицируемых отходов*

## **Хранение**

Медицинские отходы подлежат временному хранению перед обработкой/утилизацией на месте или вывозятся за пределы объекта. Место хранения должно быть четко обозначено как помещение инфицируемых отходов с использованием знака биологической опасности. Полы и стены должны быть загерметизированы или выложены плиткой для облегчения процесса дезинфекции. Если оно имеется, помещение для хранения отходов

должно быть подключено к специальной канализационной системе для сточных вод инфекционного учреждения. Прессование необработанных инфицируемых отходов или отходов с высоким содержанием крови или других биологических жидкостей, предназначенных для утилизации за пределами учреждения (когда существует риск разлива), не допускается. Острые отходы можно хранить без проблем, но другие инфицируемые отходы следует хранить в прохладном месте или охлажденном виде при температуре, предпочтительно не выше 3–8°C, если они хранятся более недели. Если не имеется охлаждаемого хранилища, сроки хранения инфицируемых отходов (например, промежутки времени между образованием и обработкой) не должны превышать следующие периоды времени:

- Умеренный климат: 72 часа зимой, 48 часов летом;
- Теплый климат: 48 часов в прохладное время года, 24 часа в жаркое время года.

Неопасные медицинские отходы всегда должны храниться отдельно от инфицируемых/опасных медицинских отходов, чтобы избежать перекрестного заражения. Хранилище, размер которого определяется объемом образующихся отходов и частотой их сбора, не должно располагаться вблизи продовольственных магазинов или мест приготовления пищи, и в него запрещается доступ лицам, не имеющим соответствующих полномочий. Оно также должен легко чиститься, иметь хорошее освещение и вентиляцию, необходимо предпринять меры с целью не допустить проникновения грызунов, насекомых или птиц.



*Рис. 4.3. Хранение клинических отходов*

### **Транспортировка в специально отведенные места обработки**

Производитель медицинских отходов несет ответственность за безопасную упаковку и надлежащую маркировку отходов, подлежащих вывозу за пределы учреждения, и за получение разрешения на принятие отходов в месте назначения. Персонал лаборатории должен перевозить инфицируемые вещества в соответствии с действующими правилами транспортировки. Соблюдение правил позволит:

1. Уменьшить вероятность того, что пакеты будут повреждены и протекут, и тем самым,
2. Сократить воздействие, приводящее к возможным инфекциям,
3. Повысить эффективность доставки.

Упаковка и маркировка должны соответствовать государственным нормам, регулирующим перевозку опасных отходов, и международным соглашениям, если отходы отправляются за границу для обработки. В случае отсутствия таких государственных правил, ответственные органы могут ссылаться на *«Рекомендации по перевозке опасных грузов, опубликованные ООН»*.

Упаковка должна включать следующие основные элементы:

- Внутренняя упаковка, содержащая следующее:
  - водонепроницаемая первичная емкость из металла или пластика с герметичной пробкой (например, термопломба, опоясывающие пробки или металлические бушоны);
  - водонепроницаемая вторичная упаковка;
  - абсорбирующий материал в количестве, достаточном для поглощения всего содержимого, помещенного между первичной емкостью и вторичной упаковкой;
- Внешняя упаковка, обладающая достаточной прочностью для ее вместимости, массы и предполагаемого использования, с минимальным наружным размером 100 мм;
- Список содержимого должен быть заключен между вторичной упаковкой и внешней упаковкой. Наружная упаковка должна иметь соответствующую маркировку.

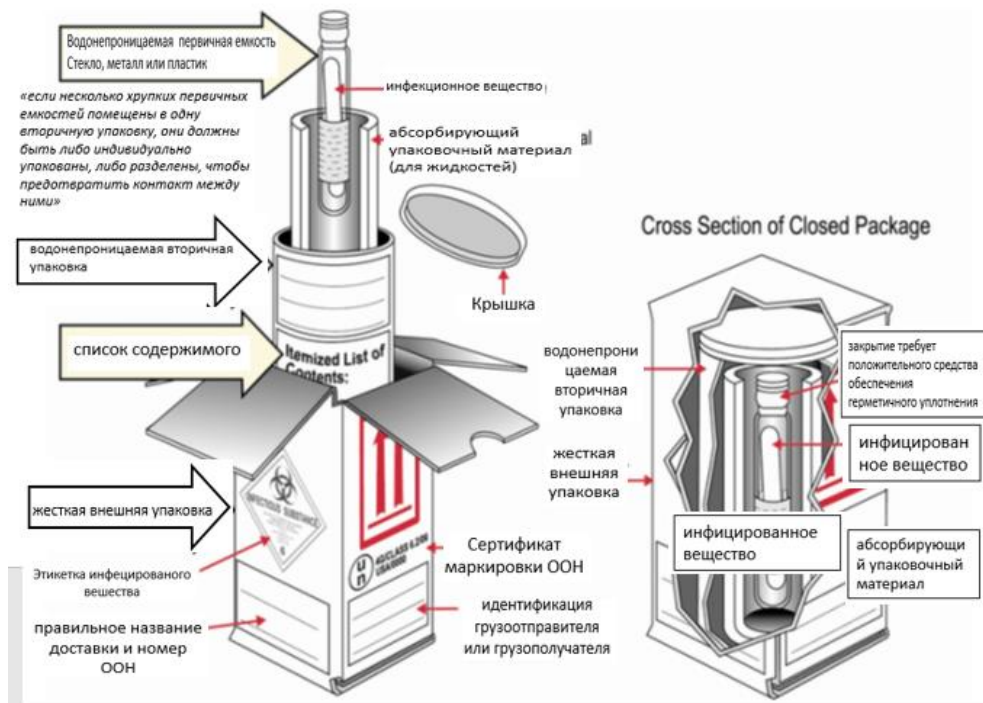


Рис. 4.4. Базовая система тройной упаковки, как в <https://www.cdc.gov/smallpox/lab-personnel/specimen-collection/pack-transport.html>

### 4.3. Обработка и утилизация

Каждый класс медицинских отходов требует особого обращения. Тем не менее, целесообразно выделить три основных класса, на долю которых приходится около 90% производства биомедицинских отходов. Этими основными категориями могут быть:

- Острые отходы;
- Инфицирующие и цитотоксические отходы;
- Органические отходы (кровь и биологические жидкости организма, анатомические отходы человека).

Опасные/инфицируемые медицинские отходы могут быть обработаны для достижения уровня опасности/инфекционности, который считается приемлемым. Таким образом, после обработки они следуют за потоком медицинских отходов, не представляющим риск, и утилизируются вместе с общими твердыми отходами. Их также можно утилизировать путем сжигания или на санитарных свалках. Более того, опасные/инфицируемые

медицинские отходы можно обрабатывать на месте (то есть в самом медицинском учреждении) или вне учреждения (то есть в другом медицинском учреждении или на специальном очистном объекте).

Минимальные требования к обработке и утилизации отходов можно резюмировать следующим образом:

- Наиболее опасные медицинские отходы (то есть острые отходы) и (высоко)инфицирующие отходы должны быть должным образом обработаны и утилизированы во всех медицинских учреждениях страны;
- Способы обработки/утилизации, которые будут рекомендованы в плане управления медицинскими отходами страны, должны применяться по всей стране;
- Выбранные способы обращения с отходами должны быть совместимы с местными возможностями эксплуатации и обслуживания;
- Всегда необходимо выбирать наиболее экологичные варианты с учетом затрат на эксплуатацию и обслуживание.

В первую очередь следует принять меры для минимизации и повторного использования отходов, если это безопасно. В тех случаях, когда это невозможно, неиспользуемые отходы желательно обрабатывать, чтобы уменьшить их потенциальную опасность для здоровья или окружающей среды, а оставшиеся отходы необходимо отправлять на утилизацию на специально построенной площадке. Инсинерация и сжигание использовались и до сих пор широко используется в качестве метода утилизации большинства опасных медицинских отходов. Однако недавно разработанные альтернативные методы обработки становятся все более популярными. Окончательный выбор метода обработки следует делать обдуманно, исходя из различных факторов, многие из которых зависят от местных условий. Некоторые способы обработки, представленные в этом разделе, могут эффективно снизить инфекционные риски медицинских отходов и предотвратить их самостоятельный сбор, но в то же время могут привести к другим опасностям для здоровья и окружающей среды. Поэтому при выборе метода обработки или утилизации медицинских отходов, особенно если существует риск токсичных выбросов или других опасных последствий, следует тщательно оценивать относительные риски, а также интеграцию в общую структуру комплексной стратегии обращения с отходами с учетом местных условий.

## **Инсинерация**

Инсинерация не то же самое, что сжигание. Тем не менее, оба метода используются для обработки опасных отходов. Сжигание в однокамерных «мусоросжигательных печах» небольшой мощности - это метод, часто используемый в медицинских учреждениях в странах с низким уровнем дохода. Эти установки, тем не менее, могут представлять серьезную опасность загрязнения воздуха для окружающей среды из-за относительно низких рабочих температур и отсутствия систем контроля выбросов. Если биомедицинские и медицинские отходы обрабатываются с помощью однокамерных печей сжигания, фракции отходов, такие как цитотоксические лекарства, химические вещества, галогенированные материалы или отходы с высоким содержанием тяжелых металлов (аккумуляторные батареи, сломанные ртутные термометры и т. д.) *не должны обрабатываться* таким способом.

Инсинерация представляет собой высокотемпературный процесс сухого окисления, который превращает органические и горючие отходы в неорганические, негорючие вещества и приводит к очень значительному уменьшению объема и веса отходов. Преимущество этой процедуры заключается в значительном уменьшении объема и веса обрабатываемых отходов, и она представляет собой альтернативу автоклавированию, только если инсинератор находится под лабораторным контролем. Тем не менее, для этого требуются квалифицированные операторы, надежные системы контроля топочных газов и, зачастую, импортные запасные части. Материалы для инсинерации, даже с предварительным обеззараживанием, следует перевозить в инсинератор в мешках, желательнее из пластика. Обслуживающий персонал инсинератора должен получить соответствующий инструктаж по загрузке и контролю температуры. Следует также отметить, что эффективная работа инсинератора сильно зависит от правильного сочетания материалов в обрабатываемых отходах.

## **Технологии обработки паром**

Автоклавы способны обрабатывать целый ряд инфицируемых отходов, включая микробиологические культуры и штаммы, острые отходы, материалы, загрязненные кровью и определенное количество жидкости, инфицируемые и хирургические отходы, лабораторные отходы (исключая химические отходы). При наличии достаточного времени и уровня температуры технически возможно обрабатывать небольшие количества тканей человека, но этические, правовые, культурные, религиозные и другие соображения могут препятствовать их обработке. Автоклавы, как правило, не используются для больших анатомических остатков (частей тела), потому что

заранее сложно определить временные и температурные параметры, необходимые для полного проникновения тепла в центр частей тела.

Автоклав состоит из металлической камеры, рассчитанной на высокое давление, с закрытой дверцей и системой трубок и клапанов, через которые пар впускается в сосуд и удаляется из него. Некоторые автоклавы имеют паровую рубашку, окружающую сосуд; пар подается как во внешнюю рубашку, так и во внутреннюю камеру. Нагрев наружной рубашки уменьшает конденсацию на внутренней стенке камеры и позволяет использовать пар при более низких температурах. Автоклав без паровой рубашки, который иногда называют «ретортной», обычно широко используется и дешевле в изготовлении.

Воздух является эффективным изолятором и основным фактором, определяющим эффективность обработки паром. Удаление воздуха из автоклава необходимо для обеспечения проникновения тепла в отходы. Автоклавы для обработки отходов должны обрабатывать воздух, удаляемый в начале процесса, чтобы предотвратить выделение патогенных аэрозолей. Обычно это делается путем обработки воздуха паром или пропускания его через высокоэффективный воздушный фильтр, НЕРА-фильтр, до его выпуска в атмосферу.

Следовательно, автоклавы могут быть разделены на категории в соответствии с методом удаления воздуха. Три распространенными типами являются:

- гравитационные автоклавы;
- предвакуумные или высоковакуумные автоклавы;
- импульсные автоклавы.

Поскольку автоклавы должны выдерживать многократное нагнетание и сброс паровых давлений, материалы, из которых они изготовлены, конструкция, изготовление, точность датчиков давления и температуры, а также испытания должны соответствовать основным требованиям для безопасной работы.

Для обработки отходов автоклавы должны быть рассчитаны на давление от 1 до 2 бар или выше. Автоклавы для обработки отходов могут иметь размеры от примерно 20 литров до более чем 20 000 литров. Низкотемпературные тепловые процессы производят значительно меньше выбросов в атмосферу, чем высокотемпературные тепловые процессы. Следовательно, не существует конкретных предельных значений выбросов загрязняющих веществ для автоклавов и других систем обработки паром.



- **Сбор отходов:** пакеты с инфицирующими отходами помещаются в металлическую тележку или мусорное ведро. Тележка или мусорное ведро должны быть покрыты пластиковым мешком, чтобы отходы не прилипали к стенкам контейнера.
- **Предварительный нагрев** (для автоклавов с паровыми рубашками): пар подается во внешнюю рубашку автоклава.
- **Загрузка отходов:** металлическая тележка или мусорное ведро загружаются в камеру автоклава. При каждой загрузке индикатор изменения цвета прикрепляется к наружной поверхности мешка для отходов в середине загрузки отходов для контроля обработки. Входная (или загрузочная) дверь закрыта, герметизируя камеру.
- **Удаление воздуха:** воздух удаляется посредством гравитационного перемещения, форвакуумного способа или пульсирующей откачки.
- **Стерилизация паром:** пар подается в камеру до тех пор, пока не будет достигнуто необходимое давление или температура. Дополнительный пар автоматически подается в камеру для поддержания температуры и давления в течение заданного периода времени. Автоклавы с пароимпульсом изменяют давление в соответствии с заданным циклом процесса.
- **Отвод пара:** пар выпускается из камеры, обычно через конденсатор, для снижения давления и температуры. В некоторых системах цикл после вакуумирования предназначен для удаления остаточного пара и сушки отходов.
- **Разгрузка:** обычно предоставляется дополнительное время для дальнейшего охлаждения отходов, после чего обработанные отходы удаляются и проверяется индикаторная полоса. Процесс повторяется, если изменение цвета на индикаторе показывает, что цикл обработки был недостаточным.
- **Документация:** необходимо вести документацию для фиксирования даты, времени, информации об операторе, типе и приблизительном количестве обработанных отходов, и результатов после обработки, фиксируемых любым прибором автоматической записи или индикатором контроля температуры-давления, такого как индикаторная полоска.
- **Механическая обработка:** при желании, обработанные отходы могут быть переданы в измельчитель или уплотнитель перед утилизацией на свалке.

*Типичные условия эксплуатации автоклава для обработки медицинских отходов*

### **Микроволновое излучение**

Воздействие излучением охватывает конструкции, использующие облучение электронными пучками, радиоизотопные или ультрафиолетовые источники Кобальта- Селективные. Однако технология микроволнового излучения - это, по сути, паровой процесс, при котором обработка происходит под

действием влажного тепла и пара, генерируемого микроволновой энергией. Вода, содержащаяся в отходах, быстро нагревается микроволновой энергией с частотой около 2450 МГц и длиной волны 12,24 см. Как правило, системы микроволновой обработки состоят из зоны обработки или камеры, в которую микроволновая энергия направляется от микроволнового генератора (магнетрона).

Обычно используется от 2 до 6 магнетронов с выходной мощностью около 1,2 кВт каждый. Некоторые системы разработаны как периодические процессы, а другие являются полунепрерывными.

Типовые установки периодической загрузки предназначены для обработки от 30 до 100 литров отходов. Для некоторых устройств требуются многоразовые, полностью закрытые, контейнеры, предназначенные для микроволновой обработки. Установки могут иметь несколько программируемых циклов, соответствующих различным температурам обработки или уровням дезинфекции. Цикл может составлять от 30 минут до 1 часа.

Типы отходов, которые обычно обрабатываются в микроволновых системах, идентичны тем, которые обрабатываются в автоклавах: микробиологические культуры и штаммы, острые отходы, материалы, загрязненные кровью и биологическими жидкостями, инфицирующие и хирургические отходы, а также лабораторные отходы (кроме химических отходов).

Летучие и полулетучие органические соединения, химиотерапевтические отходы, ртуть, другие опасные химические и радиологические отходы не должны обрабатываться в микроволновой печи. Полностью закрытый микроволновый блок может быть установлен на открытой площадке, а с помощью НЕРА-фильтра, предотвращающего выброс твердых частиц в воздух во время процесса подачи, запах несколько уменьшается, за исключением зоны непосредственной близости от микроволнового блока.

Медицинские отходы проходят подготовительный процесс, который может включать сегрегацию для удаления нежелательного материала перед его измельчением и последующим увлажнением перед обработкой в камере облучения. В конце концов, отходы проходят через уплотнитель, а затем утилизируются.

По аналогии с техникой автоклавирования, выход из микроволновой установки считается неопасным и может быть размещен на свалке вместе с бытовыми отходами. Поскольку электричество является основным источником энергии для использования этой технологии, выбросы газа также минимальны по сравнению с инсинерацией или даже автоклавированием, что может потребовать сжигания топлива для выработки пара.

## Технологии сухой термообработки

Данная концепция сухой тепловой обработки в последнее время применяется для обработки инфицируемых медицинских отходов. В процессах сухой термообработки тепло применяется без использования пара или воды. Вместо этого отходы нагреваются за счет теплопроводности, естественной или принудительной конвекции или теплового излучения. При принудительном конвекционном нагреве воздух, нагретый резистивными нагревателями или природным газом, циркулирует вокруг отходов в камере.

В некоторых технологиях горячие стенки камеры нагревают отходы посредством теплопроводности и естественной конвекции. Другие технологии используют нагревание излучением с помощью инфракрасных или кварцевых нагревателей. В общем, процессы сухой термообработки используют более высокие температуры и более длительное время воздействия, чем процессы на основе пара. Они обычно не используются в крупных учреждениях и обычно обрабатывают только небольшие объемы. Известно, что споры *Bacillus atrophaeus* устойчивы к сухому теплу и широко используются в качестве микробиологического показателя для измерения эффективности технологий сухого тепла.



*Рис. 4.5. Автоклав для медицинских отходов*



*Рис. 4.6. Инсинератор для медицинских отходов*

## **Утилизация**

Во всех системах обработки отходов, для удаления оставшихся медицинских отходов после минимизации или обработки потребуется доступ к месту захоронения для окончательной утилизации. Утилизация лабораторных и медицинских отходов регулируется различными региональными, государственными и международными правилами, и перед разработкой и реализацией программ по обработке, транспортировке и удалению биологически опасных отходов необходимо ознакомиться с последней редакцией соответствующих документов. Как правило, отходы, которые были обработаны одним из вышеупомянутых способов обработки, теряют свои опасные свойства. Например, пепел, полученный в результате инсинерации или сжигания, может быть обработан как обычные бытовые отходы и утилизирован местными властями. Автоклавированные отходы могут быть уничтожены путем инсинерации за пределами учреждения или на лицензированных свалках. Напротив, необработанные отходы не подлежат утилизации на свалке, если не приняты особые меры предосторожности.

Альтернативой часто является накопление медицинских отходов в медицинских учреждениях, где они открыто сжигаются или неизбирательно распространяются по территории учреждения. Это представляет гораздо более высокий риск передачи инфекции, чем контролируемое захоронение на участке захоронения отходов, даже если участок захоронения отходов не спроектирован в соответствии с точными стандартами, используемыми в местах с более развитой экономикой.

Существует два различных типа удаления отходов захоронением:

- **Неконтролируемое захоронение** характеризуется рассеянным, неконтролируемым размещением отходов на площадке. Это практика, которая почти всегда приводит к серьезным проблемам загрязнения, пожарам, повышенному риску передачи болезней и открытому доступу для сборщиков утиля и животных. Медицинские отходы не должны размещаться на неконтролируемых свалках или вокруг них. Риск контакта людей и животных с инфекционными патогенами или опасными материалами очевиден, с дальнейшим риском последующей передачи заболевания через прямой контакт, раны, вдыхание или проглатывание, а также косвенно через пищевую цепь или патогенные виды-паразиты;
- **Контролируемое захоронение** отходов представляет собой различные виды захоронения в земле, характеризующиеся лучшими оперативными методами и конструктивными усовершенствованиями для снижения воздействия на здоровье и окружающую среду. Первым шагом к улучшению является «контролируемый сброс», когда небольшие улучшения могут ограничить негативные экологические последствия и физический доступ к отходам. За этим следует «оборудованный полигон», где используются более строгие технические стандарты для улучшения геологической изоляции отходов от окружающей среды и обеспечения ежедневного изолирования отходов. Утилизация определенных видов медицинских отходов (например, биологически опасных отходов) на оборудованных полигонах возможна в соответствии с местными правилами. Хорошо спроектированный полигон предназначен для минимизации загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод, ограничения запахов и выбросов в атмосферу, ограничения доступа к отходам для вредителей и переносчиков инфекции и предотвращения контакта с населением. Там, где имеются опыт и ресурсы, можно достичь еще более высоких стандартов подготовки полигонов для достижения «санитарно-технического полигона», где на месте имеется обученный персонал и специальное оборудование для управления этой деятельностью;
- В менее развитых регионах, где городским властям или медицинскому учреждению не хватает средств для обработки отходов перед захоронением, вероятно, потребуется непосредственное использование полигона для большей части производимых отходов. Удаление необработанных медицинских

отходов в землю не рекомендуется и должно использоваться только в качестве крайней меры. Если городским властям или медицинскому учреждению действительно не хватает средств для обработки отходов перед захоронением, использование свалки должно рассматриваться как приемлемый вариант захоронения. Накопление медицинских отходов в больницах или в других местах представляет гораздо более высокий риск передачи инфекции, чем тщательная утилизация на муниципальной свалке, даже если место не соответствует стандарту, используемому в странах с более высоким уровнем дохода. Основные возражения против захоронения опасных медицинских отходов, особенно необработанных отходов, могут быть культурными или религиозными, или основываться на предполагаемом риске выброса патогенных микроорганизмов в воздух и воду или на риске доступа сборщиков утиля;

### **Безопасное захоронение на территории медицинского учреждения**

Минимальные требования к управлению медицинскими отходами должны применяться в отдаленных медицинских учреждениях и слаборазвитых районах. Кроме того, необходимо применять минимальные стандарты работы во временных лагерях беженцев и районах, испытывающих крайние трудности. Следовательно, безопасное захоронение отходов на территории больниц может быть единственным приемлемым вариантом, имеющимся в этих обстоятельствах. Даже в этих сложных условиях руководство медицинского учреждения может установить следующие основные принципы работы:

- Доступ к месту утилизации должен быть разрешен только уполномоченному персоналу;
- Место захоронения должно быть покрыто материалом с низкой проницаемостью, таким как глина, навоз и речной ил, если таковые имеются, чтобы предотвратить загрязнение близко расположенных подземных вод и близлежащих скважин;
- Нельзя рыть новые колодцы для воды рядом с местом захоронения;
- Должны быть захоронены только инфицирующие медицинские отходы (если общие отходы медицинского учреждения также будут захоронены на территории учреждения, доступное пространство будет быстро заполнено);

- Большие объемы (>1 кг) химических отходов нельзя хоронить за один раз; однако, иногда захоронение небольших объемов может привести к негативному воздействию.

С площадкой захоронения необходимо обращаться как со свалкой, покрывая каждый слой отходов слоем почвы для предотвращения появления запахов и контакта с разлагающимися отходами, а также для предотвращения появления грызунов и насекомых. В качестве альтернативы можно использовать специально сконструированную яму для захоронения. В идеале она должна быть покрыта материалом с низкой проницаемостью, таким как глина, чтобы предотвратить загрязнение неглубоких подземных вод, и иметь вокруг нее забор для ограничения доступа сборщиков утиля к отходам. Медицинские отходы следует сразу покрывать слоем почвы после каждой партии. Для дополнительной защиты здоровья и устранения запаха рекомендуется распределять слой извести на каждую партию отходов. Как только яма заполняется, она должна быть «запечатана».

Способ обработки/утилизации	Преимущества	Недостатки
<b>Двухкамерный инсинератор с недостатком воздуха</b>	Очень высокая эффективность обеззараживания. Подходит для всех инфицируемых отходов.	Неполное уничтожение атмосферных хлорсодержащих циклических загрязнителей. Относительно высокие инвестиционные и эксплуатационные расходы.
<b>Малые инсинераторы</b>	Хорошая эффективность обеззараживания. Значительное снижение веса и объема отходов. Остатки могут быть захоронены на свалках. Нет необходимости в высококвалифицированных специалистах. Относительно низкие инвестиционные и эксплуатационные расходы	Значительные выбросы загрязнителей в атмосферу. Необходимость периодического удаления шлака и сажи. Неэффективен в уничтожении термостойких химических веществ и препаратов, таких как цитотоксические препараты.
<b>Барабанный или кирпичный инсинератор</b>	Значительное снижение веса и объема отходов. Очень низкие инвестиционные и эксплуатационные расходы.	Уничтожает только 99% микроорганизмов. Не уничтожает многих химических веществ и фармацевтических препаратов.

		Значительные выбросы черного дыма, летучей золы, токсичных дымовых газов и запахов.
<b>Технологии обработки паром</b>	Экологически безопасный. Значительное снижение веса и объема отходов. Относительно низкие инвестиционные и эксплуатационные расходы.	Измельчители подвержены частым поломкам и неполадкам в работе. Требуется квалифицированные специалисты. Не достаточно подходит для анатомических, фармацевтических и химических отходов, а также трудно паропроницаемых отходов.
<b>Микроволновое излучение</b>	Хорошая эффективность дезинфекции при соответствующих условиях эксплуатации. Значительное снижение веса и объема отходов. Экологически безопасный	Относительно высокие инвестиционные и эксплуатационные расходы. Потенциальные проблемы эксплуатации и обслуживания.
<b>Герметизация отходов</b>	Простой, недорогой и безопасный метод. Может также применяться к фармацевтическим препаратам.	Не рекомендуется для неострых инфицируемых отходов.
<b>Безопасное захоронение</b>	Низкие расходы. Относительно безопасен, если доступ к сайту ограничен, и если площадки находятся в районах с низкой естественной инфильтрационной способностью.	Метод безопасен, только если доступ к площадке ограничен и приняты конкретные меры предосторожности.



## Ссылки

S. Biswal, "Liquid biomedical waste management: An emerging concern for physicians", Muller J. Med. Sci. Res., 4, 2013, 99.

"Laboratory Biosafety Manual", WHO, 3th edition, 2004.

"Preparation of Health Care Waste Management Plan in Sub-Saharan Countries", United Nation Environmental Programme and World Health Organization, 2004.

"Safe management of waste from health-care activities", 2nd edition, WHO, 2014

"Safe management of waste from health-care activities", 1st edition, WHO, 1999.

E. A. Voudrias, "Technology selection for infectious medical waste treatment using the analytic hierarchy process", J. Air Waste Manag. Assoc., 66:7, 2016, 663.

## 5. Идентификация, классификация и маркировка опасных химических отходов.

### 5.1. Согласованная на глобальном уровне система (СГС<sup>1</sup>)

Смягчение рисков, вызванных неправильным обращением опасными материалами, может быть достигнуто путем тщательного определения **типа опасности** благодаря надлежащей маркировке веществ или отходов.

Принимая во внимание сложность определения опасности общих рисков в разных странах, возникла потребность в глобальной единой системе классификации для производителей и торговых организаций. Необходимо было согласовать общий подход и перечень видов опасностей, чтобы гармонизировать правила торговли и перемещения материалов между границами.



**Согласованная на глобальном уровне система ООН, СГС, для классификации и маркировки химических веществ** в ее восьмом варианте, выпущенном в 2019 году, представляет собой систему **стандартизации классификации и маркировки химических веществ для глобального применения**.

СГС - это общий и последовательный подход к определению и классификации опасности и передаче информации на этикетках и паспортах безопасности. Целевая аудитория СГС включает **работников, потребителей, представителей транспортной отрасли и аварийных служб**. Такая система представляет собой фундамент для создания национальных комплексных программ химической безопасности.

К внедрению СГС ООН побудили несколько факторов. Прежде всего, необходимо избегать национальных, региональных и международных различий, а также большого расхождения в имеющихся данных между странами. Более того, ни одна страна не имеет возможности идентифицировать и конкретно регулировать каждый опасный химический продукт. Например, в США существует примерно 650 000 продуктов с опасными характеристиками. Кроме того, принятие требований к

---

<sup>1</sup> *Global Harmonized System (GHS)*

предоставлению информации, сопровождающей продукт, способствует решению вопросов обеспечения безопасности.

Многие страны пришли к одним и тем же выводам в отношении распространения информации в качестве регулирующего средства в сфере управления опасными химическими веществами: хотя они и **схожи**, однако они и **весьма различны**, и диктуют наличие **нескольких этикеток** и паспортов безопасности для одного и того же продукта. Например, продукт может считаться легковоспламеняющимся или токсичным в одной стране, но не в другой стране, в которую он поставляется.

Необходимость соблюдения многочисленных нормативных актов, касающихся классификации и маркировки опасности в области торговли, влечет за собой **значительные затраты** и **требует много времени**. По этим причинам малые и средние предприятия фактически лишены возможности участвовать в международной торговле химическими веществами в результате бремени соблюдения нормативных требований.

Основным преимуществом СГС является обеспечение надлежащей, надежной, практичной и всесторонней информацией об опасностях химических веществ для правительств, международных организаций, производителей химических веществ и любого лица, случайно вовлеченного в обращение с химическими веществами. Эта система предоставляет правительству преимущества в виде меньшего числа химических аварий, инцидентов, сокращения затрат на здравоохранение, совершенствованной защиты работников и населения благодаря надежной информации, большей осведомленности об опасностях для более безопасного использования на рабочих местах и дома.

### **Принципы согласования**

Весь процесс разработки согласованной системы, которая может использоваться на глобальном уровне, осуществлялся под управлением Межорганизационной программы по рациональному регулированию химических веществ (МПРРХВ), **Координационной группы по согласованию систем классификации химических веществ (КГ/ССКХВ)**, и выполнение всей технической деятельности было распределено между техническими координационными центрами, такими как Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Комитет экспертов ООН по перевозке опасных грузов (UNCETDS), Международная организация труда (МОТ) (рисунок 5.1).

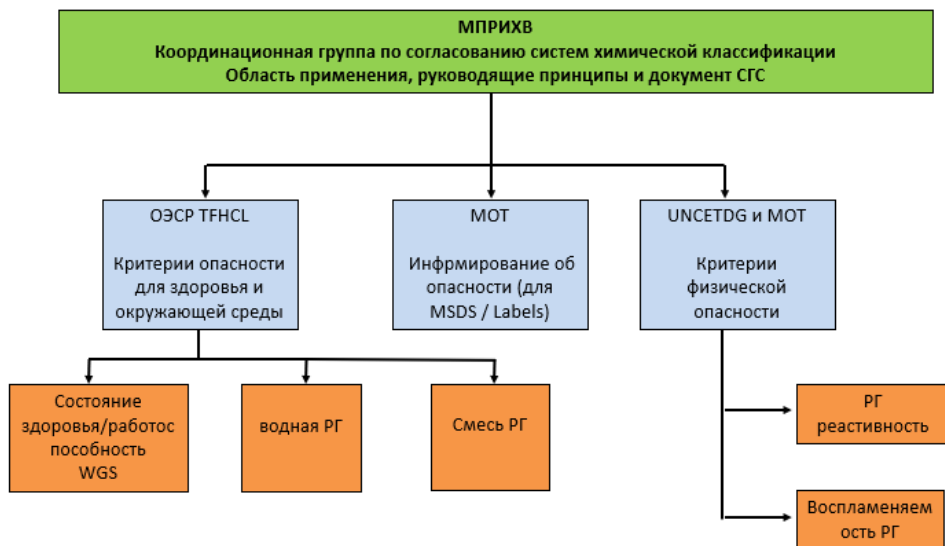


Рисунок 5.1. Административная иерархия СГС

СГС охватывает **все опасные химические вещества**, разбавленные растворы и смеси. Их токсическое воздействие является ключом оценки. Например, фармацевтические препараты, пищевые добавки, косметические средства и остатки пестицидов в пищевых продуктах не охватываются в месте целевого использования, но **будут охватываться там, где работники могут подвергаться их воздействию**, и во время транспортировки.

**Внедрение СГС** происходит в два разных периода времени: в Европе она была принята в форме новой Классификации, маркировки и упаковки ЕС с 1 декабря 2010 года для чистых соединений, а с 1 июня 2015 года используется для смесей. В США она действует только частично, начиная с 26 марта 2012 года, с предусмотренным переходным периодом и вступила в силу 1 июня 2016 года.

**Основой СГС** являются **критерии классификации**, относящиеся к опасностям для здоровья и окружающей среды, физическим опасностям и смесям, а также **информирование о представляемых опасностях** посредством этикеток и **паспортов безопасности**.

Физические опасности, опасности для здоровья и окружающей среды, для каждого отдельного химического вещества:

**Физические опасности (17 классов):**

1. Взрывчатые вещества
2. Легковоспламеняющиеся газы
3. Аэрозоли

4. Окисляющие газы
5. Газы под давлением
6. Легковоспламеняющиеся жидкости
7. Легковоспламеняющиеся твердые вещества
8. Самореактивные/саморазлагающиеся вещества
9. Пирофорные жидкости
10. Пирофорные твердые вещества
11. Самонагревающиеся вещества
12. Вещества, выделяющие воспламеняющиеся газы при контакте с водой
13. Окисляющие жидкости
14. Окисляющие твердые вещества
15. Органические пероксиды
16. Вещества, вызывающие коррозию металлов
17. Десенсибилизированные взрывчатые вещества

#### **Опасности для здоровья человека (10 классов):**

1. Острая токсичность (пероральное/при попадании на кожу/ингаляционное воздействие)
2. Разъедание/раздражение кожи
3. Серьезное повреждение/раздражение глаз
4. Респираторная или кожная сенсibilизация
5. Мутагенность зародышевых клеток
6. Канцерогенность
7. Репродуктивная токсичность
8. Системная токсичность для органов-мишеней - однократное воздействие
9. Системная токсичность для органов-мишеней - многократное воздействие
10. Аспирационная токсичность

#### **Опасности для окружающей среды (2 класса):**

1. Опасность для водной среды (острая/долгосрочная)
2. Опасность для озонового слоя
3. Острая токсичность
4. Разъедание/раздражение кожи
5. Серьезное повреждение/раздражение глаз
6. Респираторная или кожная сенсibilизация
7. Мутагенность зародышевых клеток
8. Канцерогенность

9. Репродуктивная токсичность
10. Системная токсичность для органов-мишеней через однократное и/или многократное воздействие
11. Опасность для водной среды.

В случае **смесей**, если таковые имеются, настоятельно рекомендуется использовать данные испытаний для самой смеси или, в качестве второго варианта, использовать принципы интерполяции, если это применимо. Что касается опасностей для здоровья и окружающей среды, то можно оценить опасности, основываясь на информации об **известных ингредиентах**.

Определения, методы испытаний и критерии классификации для транспортировки были использованы в качестве основы для работы, поскольку они уже были согласованы.

## 5.2. Маркировка, пиктограммы и паспорт безопасности

Особое внимание уделяется химическим веществам, используемым в течение жизненного цикла, и в СГС особое внимание уделяется руководству по разработке этикеток, символов и паспортов безопасности материалов.

**Понятность** была ведущим основным принципом:

- Информация должна передаваться **более чем одним способом**;
- Понятность элементов системы должна учитывать **существующие исследования** и доказательства, полученные в результате **испытаний**;
- Фразы, используемые для обозначения степени (серьезности) опасности, должны быть **одинаковыми** для разных типов опасности.

Для маркировки Рабочая группа определила около **35 различных типов информации**, которая в настоящее время требуется для маркировки посредством различных систем. Для достижения целей согласования необходимо определить ключевые информационные элементы. Дополнительное согласование может со временем потребоваться для других элементов, в частности, в отношении согласования **информации о мерах предосторожности**.

Маркировка содержит следующие ключевые элементы:

- Идентификатор продукта;
- Идентификатор поставщика;
- Химическая идентичность;
- Пиктограммы опасности;
- Сигнальные слова;
- Характеристики опасности;
- Меры предосторожности.

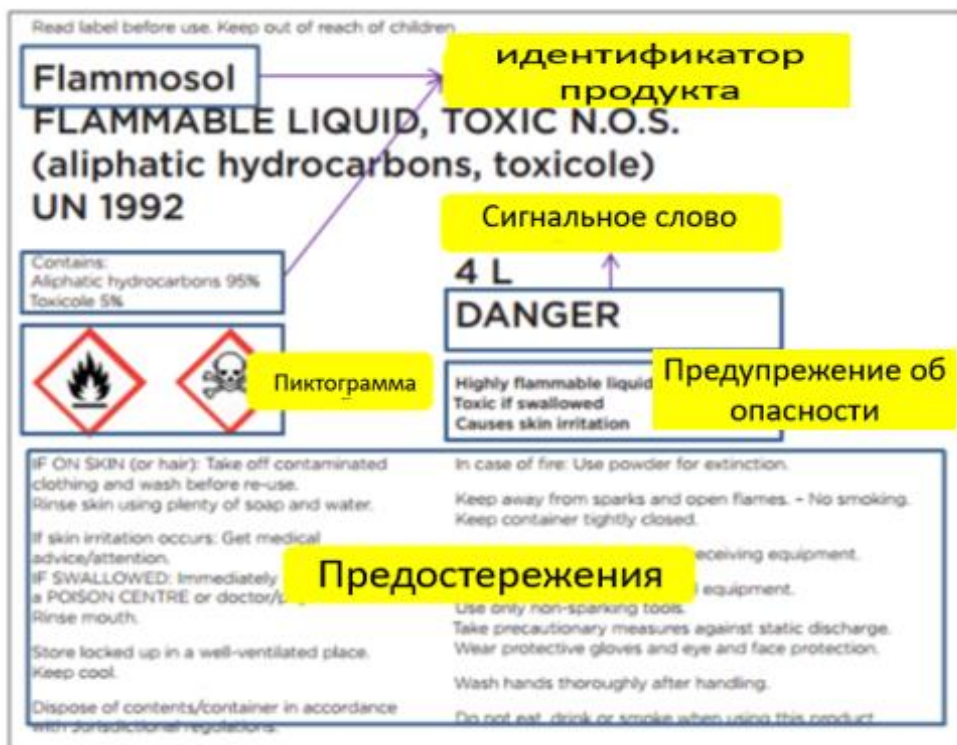


Рисунок 5.2. Пример этикетки СГС

Пиктограммы опасности, сигнальные слова и характеристики опасности стандартизированы.

Транспортные пиктограммы имеют цветной фон и символы.



Рисунок 5.3. Транспортные пиктограммы СГС



Для других отраслей пиктограммы имеют **черные символы на белом фоне с рамкой в форме красного ромба**.



*Рисунок 5.4. Пиктограммы GHS*

Там, где имеется транспортная пиктограмма, пиктограмма GHS для той же опасности не должна использоваться.

**На контейнерах**



**На упаковочных коробках**



Примером могут служить следующие пиктограммы СГС для описания:

- Канцерогенность;
- Мутагенность;
- Репродуктивная токсичность;
- Респираторная сенсibilизация;
- Токсичность для органов-мишеней;
- Аспирационная токсичность;
- Мутагенность зародышевых клеток.



Следующие примеры передают значение меры предосторожности P102 «Хранить в недоступном для детей месте» и могут использоваться для подачи информации несколькими способами в соответствии с разделами 1.4.4.1 (а) и А.3.3.1.8. Одна пиктограмма используется Международной ассоциацией производителей мыла, моющих и чистящих средств (AISE), а другая - Японской ассоциацией производителей мыла и моющих средств (JSDA). Это важно для маркировки химических продуктов, поставляемых населению.

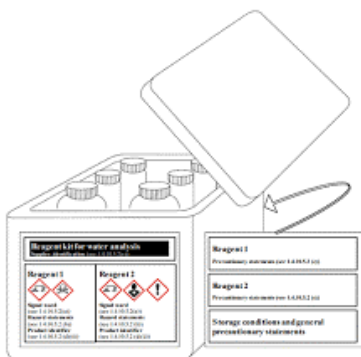


AISE

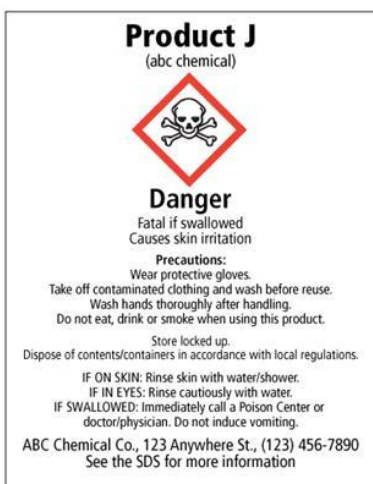


JSDA

Для комплектов или наборов была введена новая система маркировки. Как правило, комплект или набор продуктов содержит два или более небольших отдельных внутренних контейнера. Каждый внутренний контейнер содержит различные продукты, которые могут быть опасными или неопасными веществами или смесями. Эта новая система демонстрирует способы маркировки комплектов или наборов, если производитель/поставщик или ответственный орган определили, что для размещения наименований вместе в каждом внутреннем контейнере набора недостаточно места.



Как правило, каждый контейнер должен быть помечен, обозначен или маркирован. Предупреждение может быть напечатанным сообщением, словами, картинками или символами. Этикетки должны быть напечатаны на местном языке и/или на английском языке и размещены на видном месте.



Используемые сигнальные слова: опасность или угроза, чтобы подчеркнуть наличие риска и провести различие между уровнями опасности. В действительности существует единое согласованное описание опасности для каждого уровня опасности в каждом классе опасности. Например, категории легковоспламеняющихся жидкостей:

- Категория 1: Чрезвычайно легковоспламеняющаяся жидкость и пар;
- Категория 2: Легковоспламеняющаяся жидкость и пар;
- Категория 3: Воспламеняющаяся жидкость и пар;
- Категория 4: Горючая жидкость.

Другими примерами сигнальных слов с последующим разъяснением опасности являются следующие:

- **Пирофорные газы**
  - Сигнальное слово: опасность.
  - Характеристики опасности: «Самовозгорается при воздействии воздуха».
  
- **Простые вещества удушающего действия**
  - Сигнальное слово: предупреждение.
  - Характеристики опасности: «Может вытеснить кислород и вызвать быстрое удушье».
  
- **Горючая пыль**
  - Сигнальное слово: предупреждение.
  - Характеристики опасности: «Может образовывать горючие концентрации пыли в воздухе».

Этикетка СГС должна включать соответствующие **меры предосторожности**. Документ СГС включает в себя примеры мер предосторожности, которые можно использовать. Цель состоит в том, чтобы унифицировать меры предосторожности в будущем.

Это означает, что процесс согласования/унификации все еще продолжается.

**Паспорта безопасности** имеются для каждого химического вещества или каждого опасного материала, а основа данного документа охватывает **16 разделов**:

1. Идентификация химического вещества.
2. Идентификация опасности (опасностей).
3. Состав/информация о компонентах.
4. Меры первой помощи.
5. Меры обеспечения пожаробезопасности.
6. Меры по предотвращению и ликвидации аварийных и чрезвычайных ситуаций.
7. Правила хранения и обращения.
8. Средства контроля за опасным воздействием и средства индивидуальной защиты.
9. Физико-химические свойства.
10. Стабильность и реакционная способность.
11. Информация о токсичности.

12. Информация о воздействии на окружающую среду.
13. Удаление отходов.
14. Информация о транспортировке.
15. Информация о законодательстве.
16. Дополнительная информация.

Следует подчеркнуть, что в **пункт 13** СГС включается **описание остатков отходов** и информацию об их **безопасном обращении** и **методах утилизации**, включая утилизацию любой загрязненной упаковки (см. Рис. 5.5).

## РАЗДЕЛ 13: Рекомендации по утилизации

### 13.1 Методы обработки отходов

Утилизация отходов в соответствии с директивой 2008/98 / ЕС, охватывающая отходы и опасные отходы.

#### 13.1.1 Продукт / Упаковка:

Список предлагаемых кодов отходов / обозначений отходов в соответствии с EWC.

*08 01 11 отходы краски и лака, содержащие органические растворители или другие опасные вещества*

*08 03 12 отработанные чернила, содержащие опасные вещества*

#### 13.1.2 Обработка отходов - соответствующая информация:

Может быть сожжено вместе с бытовыми отходами в соответствии с применимыми техническими регламентами после консультации с утвержденными компаниями по управлению отходами и ответственными органами.

#### 13.1.3 Информация, касающаяся утилизации сточных вод:

Выброс в окружающую среду или в канализационную систему запрещен. Должны рассматриваться как опасные отходы.

#### 13.1.4 Другие рекомендации по утилизации:

Обращайтесь с загрязненными упаковками так же, как с самим веществом.

Рисунок 5.5. Разделы 13 СГС

Паспорта безопасности являются наилучшим доступным источником информации в случае инцидентов или происшествий для лиц, оказывающих первую помощь и для спасателей.



Паспорт безопасности должен всегда быть легкодоступен для сотрудников во время их рабочей смены и должен храниться в строго отведенном месте.

За регулярное обновление паспортов безопасности отвечает менеджер по качеству или менеджер по безопасности в зависимости от компании или учреждения, в котором находится лаборатория.

Таким образом, необходимо сказать, что путь к СГС был долгим и сложным процессом. Некоторые элементы системы все еще нуждаются в полной гармонизации/согласовании. Она принята многими странами мира и обеспечит прогнозируемые выгоды обеспечения безопасности, охраны, защиты и торговли.

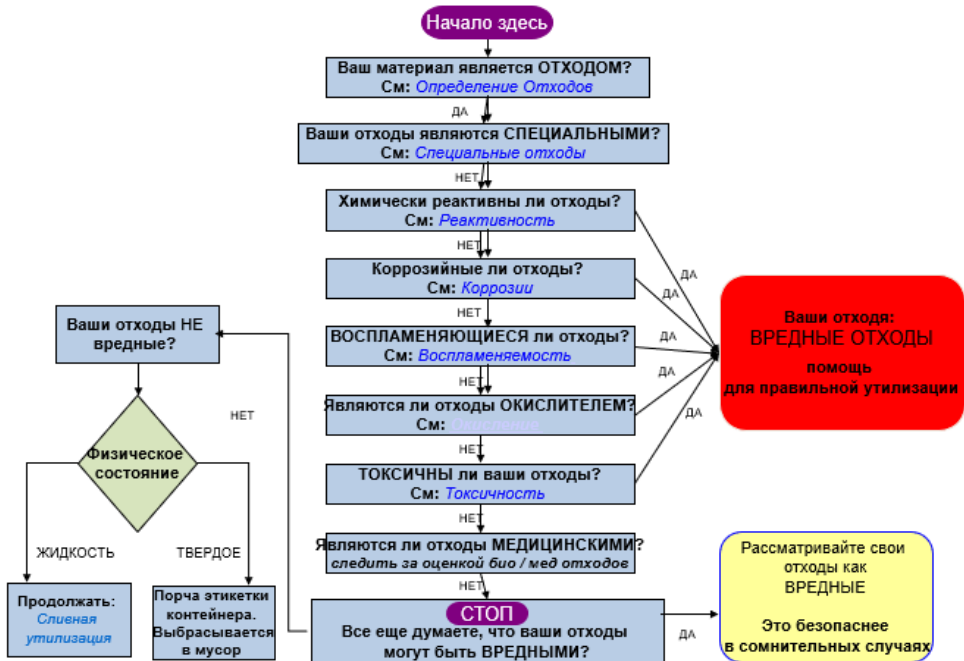
### 5.3. Опасные отходы? Как мы их классифицируем в лаборатории?

Термин «отходы» означает «любое вещество или объект, который владелец списывает или намерен или обязан списать». На следующих страницах представлена схема, которая может оказаться первым полезным подходом к новым классам известных/неизвестных отходов. Такая схема специально разработана для потоков отходов, обнаруженных в исследовательских химических/научных/больничных лабораториях или в небольших промышленных научно-исследовательских лабораториях. С другой стороны, она не подходит для надлежащей классификации потоков отходов на крупных промышленных производственных объектах.

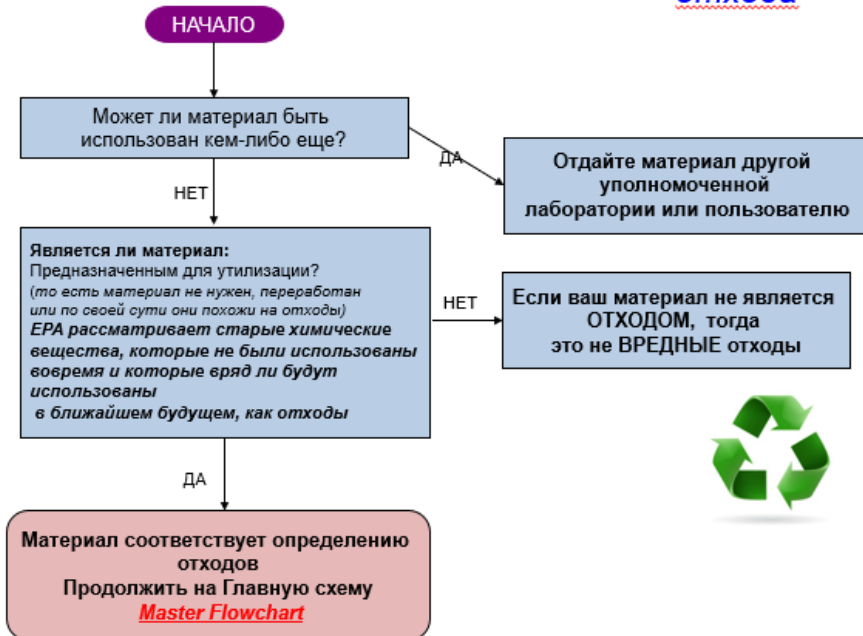
Схема предлагает лишь классификацию отходов, а не обработку или минимизацию их опасных последствий.

К основной схеме прилагается ряд непосредственных вспомогательных схем, чтобы лучшим образом охватить все условия, с которыми можно столкнуться в повседневной деятельности лаборатории.

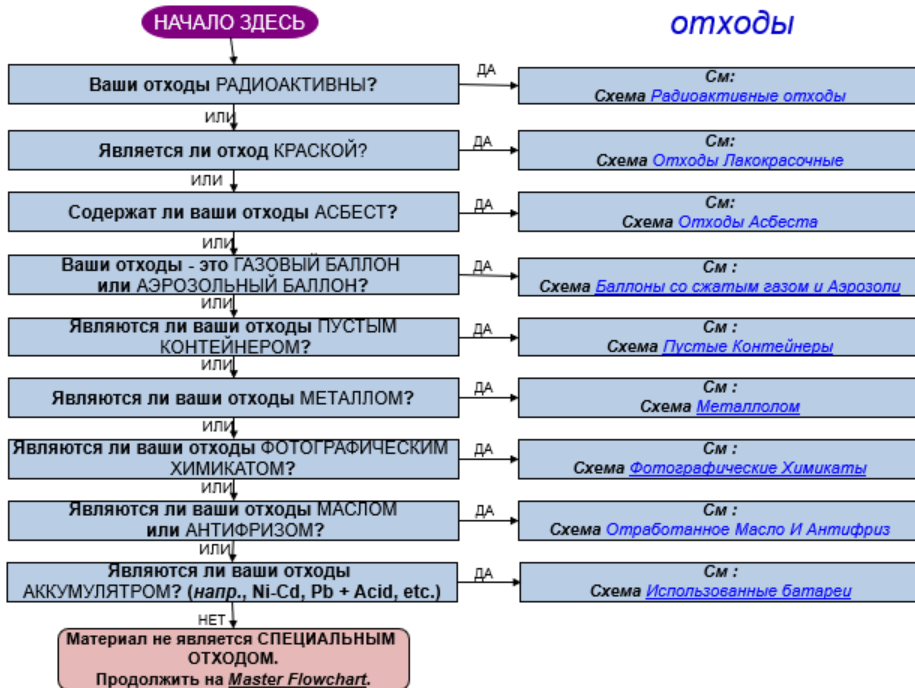
## Главная схема



## Определение отхода

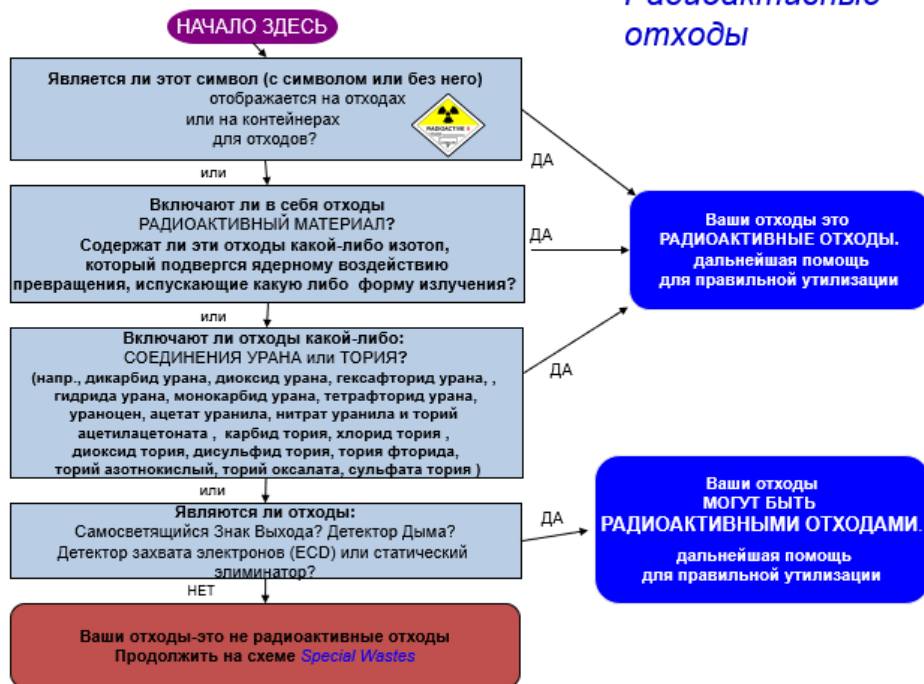


## Специальные отходы





## Радиоактивные отходы



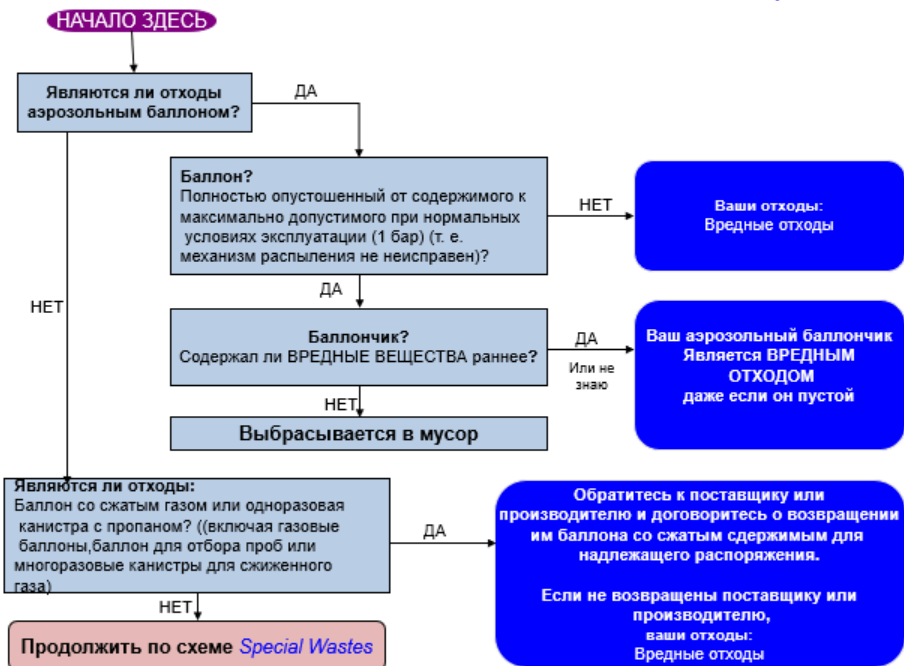
## Лакокрасочные отходы



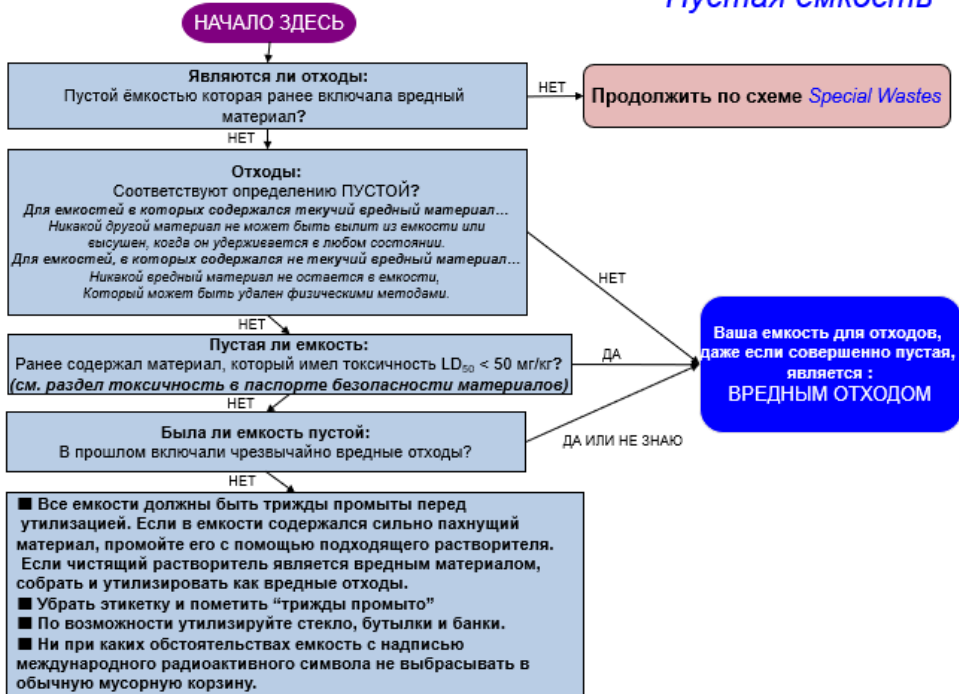
## Отходы асбеста



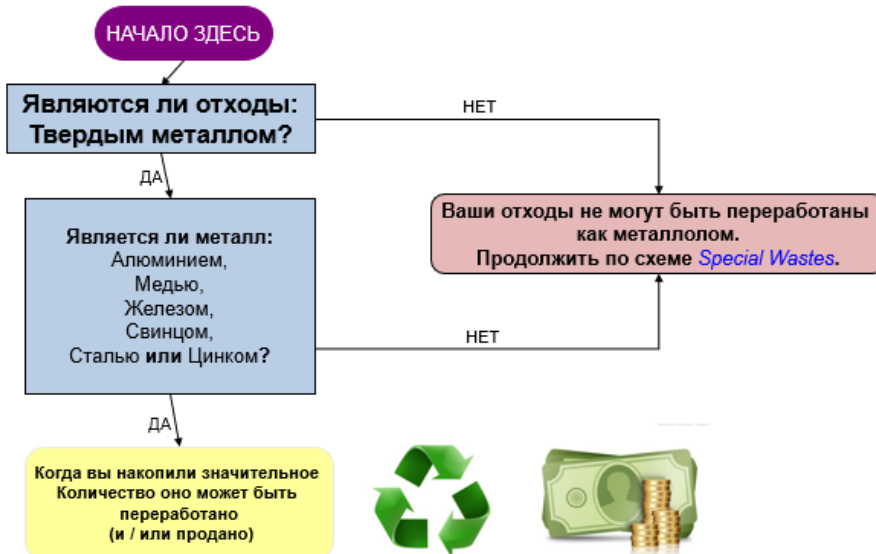
## Баллоны Со Сжатым Газом И Аэрозоли



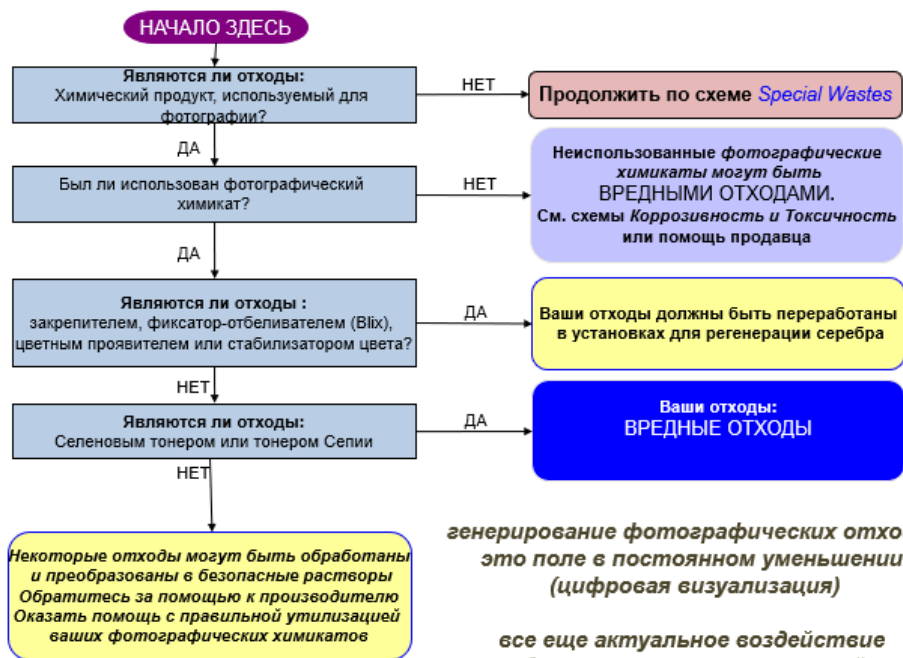
## Пустая емкость



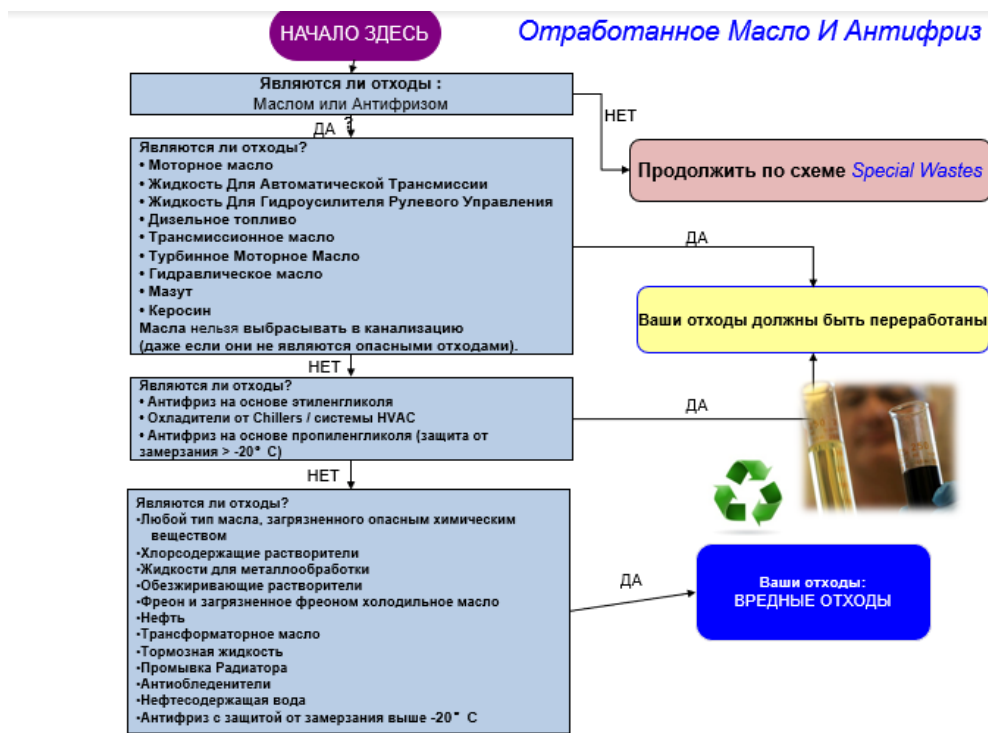
## Металлом



## Фотографические Химикаты



В действительности, воздействие производства фотографических отходов на основе соли серебра постепенно снижается благодаря постоянному росту цифровой фотографии. Однако использование традиционной фотосъемки все еще актуально в некоторых отраслях медицинской или санитарно-гигиенической сфер, например, в стоматологии или сфере радиографического исследования в небольших лечебных учреждениях.



**Отработанное смазочное масло** - это очень вредные отходы. При попадании в воду 4 кг нефти могут загрязнить поверхность, эквивалентную футбольному полю. Регенерация масла-это процесс, в котором в лучшем случае используется собранное отработанное масло.

Регенерация превращает его в смазочную основу, обладающую качественными физико-химическими характеристиками, аналогичных первичным маслам, полученным непосредственно из сырого минерального масла.

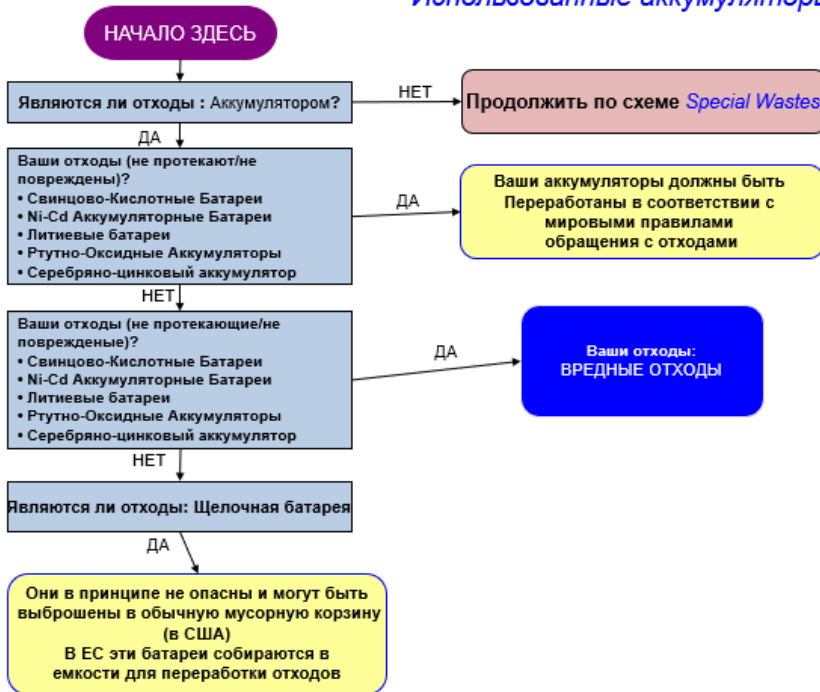
Регенерация показывает высокий уровень выхода: начиная от 100 кг отработанного масла, 65 кг смазочного базового масла и 20-25 кг дизельного масла и / или битума.

Это означает заметную экономию на мировом балансе импорта/экспорта производных минеральных масел в стране.

25% итальянского рынка смазочных материалов приходится на регенерированные отработанные масла.

В Италии за 29 лет было собрано 4,90 млн тонн отработанного смазочного масла, из которых 4,34 млн тонн были переработаны и отправлены обратно на рынок (только 0,5% к термическому разрушению).

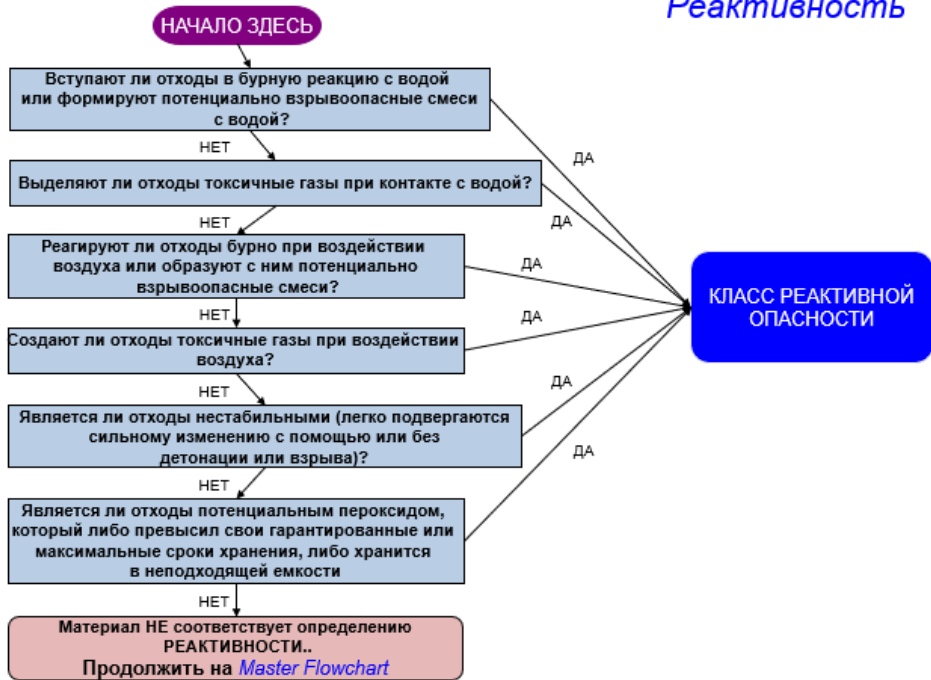
## Использованные аккумуляторы



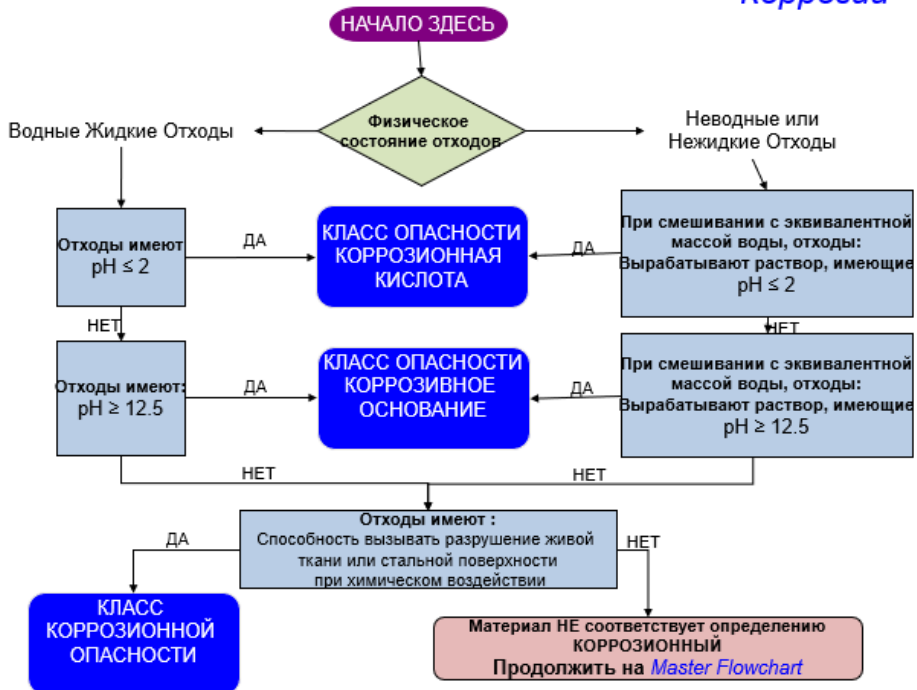
Необходимо проводить тщательную оценку реакционного характера и природы компонентов отходов, особенно при анализе потоков отходов, произведенных химическими лабораториями и/или небольшими производственными объектами, где используется и генерируется широкий спектр соединений и продуктов.

Следующая вспомогательная схема помогает принять во внимание, могут ли вторичные нежелательные опасные реакции произойти во время окончательной обработки отходов, особенно при контакте с другими отходами.

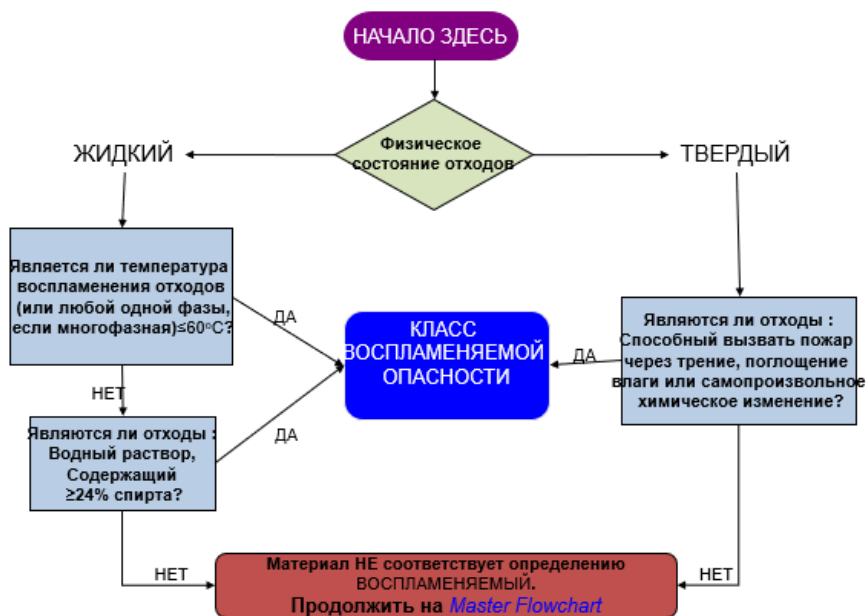
## Реактивность



## Коррозии



## Воспламеняемость



## Окисление



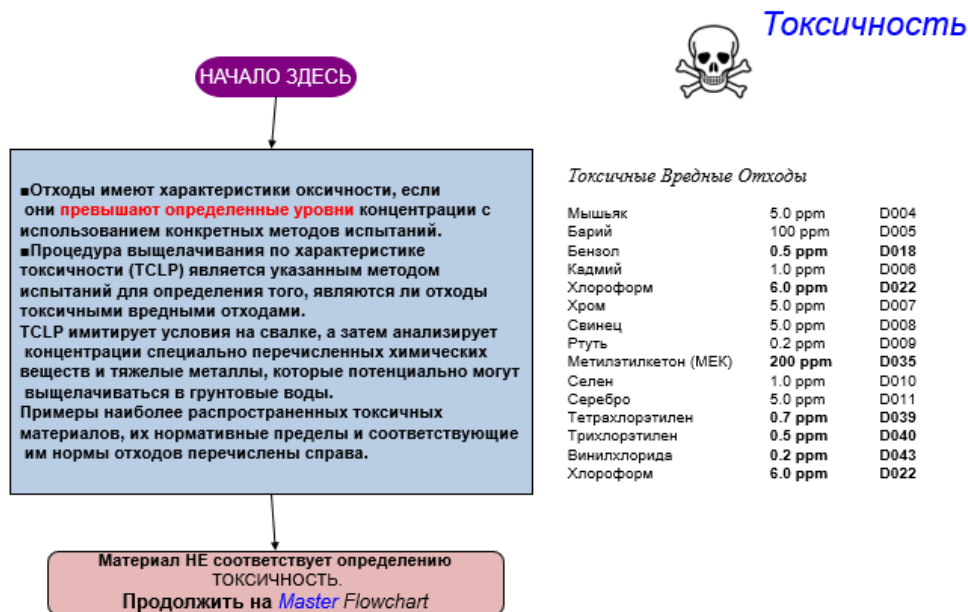
В классе веществ с окислительными характеристиками можно найти широкий ряд химических веществ, обычно используемых в химических лабораториях, некоторые из которых особенно опасны.

*Твердые вещества:* висмутаты, броматы, хлораты, хлориты, хроматы, триоксид хрома, дихроматы, сульфат железа, хлорид железа, триоксид железа, феррицианиды, гипохлориты, йодаты, йод, диоксид марганца,



нитраты, пербораты, перхлораты, периодическая кислота, перманганатная кислота, перманганатная кислота пероксиды или персульфаты.

*Жидкости:* бром, хромовая кислота ( $pH > 2$ , фактически окислительные смеси, имеющие  $pH < 2$ , классифицируются как коррозионные вещества), перекись водорода, азотная кислота ( $pH > 2$ ), хлорная кислота ( $pH > 2$ ), серная кислота ( $pH > 2$ ).

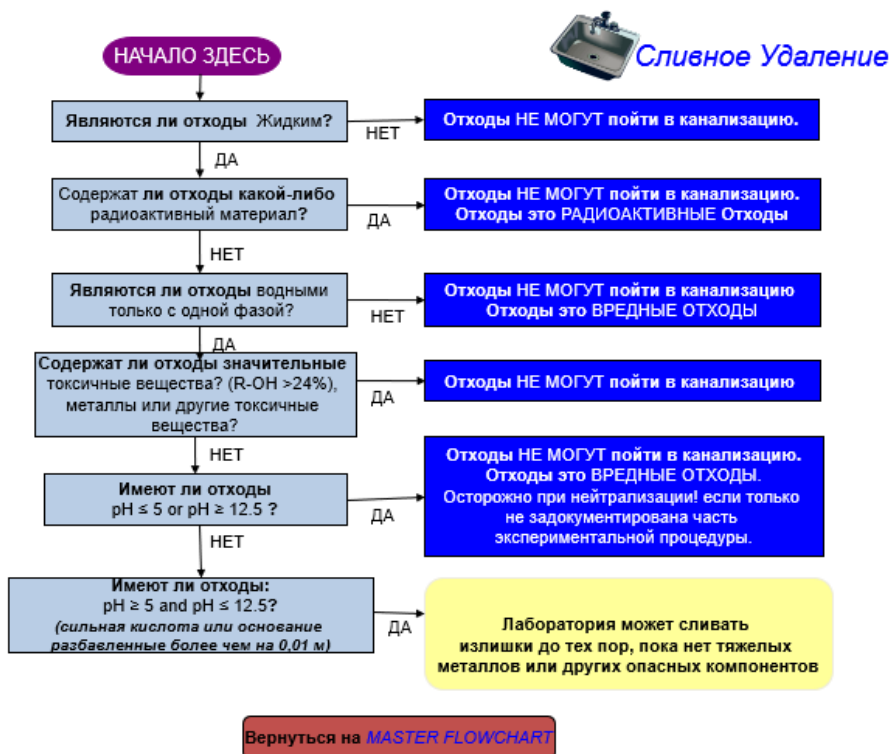


Наконец, последняя вспомогательная схема особенно важна, поскольку определение материала как «не являющегося отходом» позволяет утилизировать его в обычной городской системе очистки бытовых стоков, не перегружая поток отходов лаборатории и, таким образом, со значительным уменьшением ряда проблем, связанных с обращением и последующей обработкой отходов.

Однако необходимо проводить строгую оценку характеристик и характера отходов. В случае каких-либо незначительных сомнений относительно реальной природы материала, непременно необходимо обращаться с отходами как с опасными.

Кроме того, при оценке значения  $pH$  отходов, которые потенциально могут быть утилизированы в канализацию, диапазон, показанный на схеме (т. е.  $5 < pH < 11$ ), может варьироваться в зависимости от местных требований и правил в сфере управления городской системой очистки бытовых стоков.

Некоторые компании могут принимать больше щелочных отходов, в зависимости от среднего значения pH городских сточных вод и эффективности биологической последующей обработки жидкостных потоков.



В заключение, данная схема может использоваться в качестве первого практического метода для быстрой классификации нового или неизвестного потока отходов. Тем не менее, всегда должен проводиться тщательный анализ каждого конкретного случая, когда ожидается постоянное и существенное производство отходов одинакового вида.

## Ссылки

D. Grasso, D. Kahn, M.E. Kaseva, S.E. Mbuligwe, Hazardous Waste, EOLSS Encyclopedia of Life Support Systems, Oxford, 2009.

I. Obadia, Toxicology 190(1–2), 2003, 105.

K. N. Probst, Hazardous Waste Management (developing countries), Environment, November, 1999.

New York and Geneva. United Nations. Globally harmonized system of classification and labeling of chemicals (GHS), 4th revised edition [Internet]. 2011 [cited 2019 Apr 08]. Available from: [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev04/English/ST-SG-AC10-30-Rev4e.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev04/English/ST-SG-AC10-30-Rev4e.pdf)

Subba Rao Bayya "Understanding the globally harmonized system of classification and Labeling of Chemicals-The Purple Book International" Journal of Drug Regulatory Affairs. 2019; 7(2):7-16

Thomas A. Hazard chemicals-The impact of new Australian work health and safety (WHS) regulations on chemical classification, safety data sheets (SDS) and labeling [Internet]. Chemicalia.com; 2018 Jul [cited 2019 Apr 11]. Available from: <http://www.chemicalia.com/docs/WHS-GHS.pdf>

United Nations Economic Commission for Europe, Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), Rev. 5, United Nations, 2013.

United Nations. A guide to the globally harmonized system of classification and labeling of chemicals (GHS) [Internet]. 2005; OSHA [cited 2019 Apr 08]. available from: <https://www.osha.gov/dsg/hazcom/ghsguideoct05.pdf>

[https://www.chemsafetypro.com/Topics/GHS/Summary\\_of\\_New\\_Changes\\_in\\_GHS\\_Revision\\_8.html](https://www.chemsafetypro.com/Topics/GHS/Summary_of_New_Changes_in_GHS_Revision_8.html)

## 6. Текущее состояние и будущие сценарии

### 6.1. Устойчивое развитие и «зеленая химия»

В настоящем разделе излагается информация о глобальных текущих тенденциях более устойчивого и экологически чистого пути «производственной химии» (химической промышленности). На самом деле, одной из основных целей производства и изготовления химических веществ, как на промышленном, так и на лабораторном уровне, в XXI веке является минимизация или, по крайней мере, сокращение нежелательных побочных продуктов и отходов.

Целью в определении устойчивого развития является определение, данное Всемирной комиссией по окружающей среде и развитию в докладе «Наше общее будущее в 1987 году»:

*«Развитие, отвечающее потребностям нынешнего поколения, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять свои потребности».*

Кроме того, **Руководящие принципы** Комиссии ООН по **устойчивому развитию** указывают на то, что необходимо:

- Не допускать систематического изменения естественного распределения ресурсов в земной коре (например, благородных металлов, редкоземельных элементов, фосфора, ключевых видов сырья);
- Не допускать систематического увеличения объема стойких соединений антропогенного происхождения (например, CO<sub>2</sub>, хлорфторуглерод, ХФУ, дихлордифенилтрихлорэтан, ДДТ);
- Не допускать систематического изменения физических/химических правил естественных циклов Земли;
- Стремиться к достижению бережного и эффективного использованию природных ресурсов в соответствии с потребностями человечества.

Таким образом, устойчивое развитие означает достижение баланса между следующими основными потребностями:

- **Социальные потребности** (социальная цель);
- Эффективное использование **остаточных ресурсов** (экономическая цель);
- Необходимость **уменьшения «антропогенного следа»** в окружающей среде, чтобы обеспечить естественную основу для жизни (экологическая цель).

В этом контексте **ресурс** - это сырье, полученное из («живой» или «неживой» биологической или минеральной) среды для удовлетворения потребностей человека. Такие ресурсы могут быть использованы для получения **энергии, продуктов, пищи и кормов**.

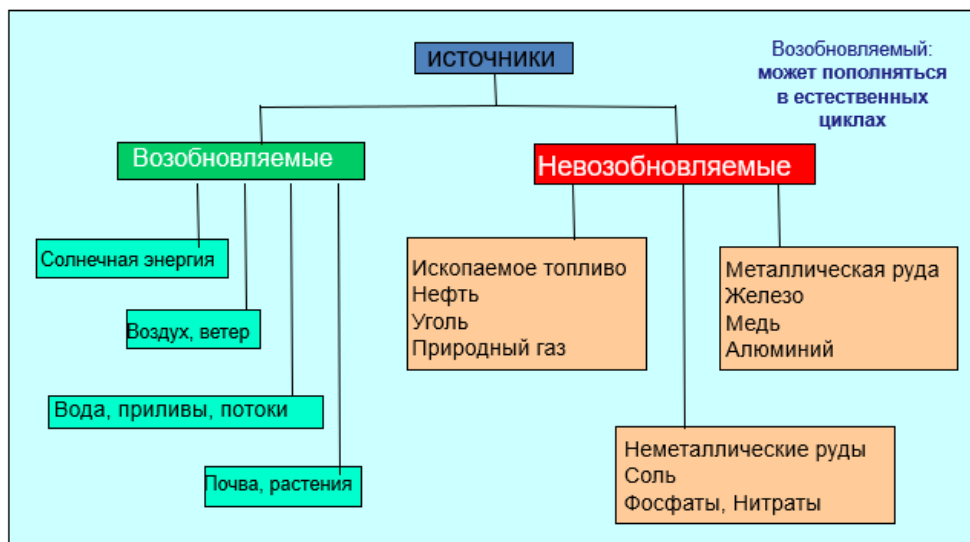


Рисунок 6.1. Классификация ресурсов

В стремлении к устойчивому развитию, химия, как наука, играет ключевую роль. Поэтому так называемая «зеленая химия» или «устойчивая химия» (как ее предпочитают называть в некоторых странах) включает в себя все те «технологии, являющиеся энергоэффективными, минимизируют или предпочтительно исключают образование отходов, избегают использования токсичных и/или опасных растворителей и реактивов и, где это возможно, включающие использование возобновляемого сырья».

«Зеленая химия» - это:

- **Минимизация отходов** у источника сырья;
- Использование **катализаторов** вместо реагентов;
- Использование **нетоксичных реагентов**;
- Использование **возобновляемых ресурсов**;
- Улучшение **эффективности синтеза «на уровне атома»**;
- Использование химических веществ, **не содержащих растворителей**, или перерабатываемых экологически безопасных систем растворителей.

Как видно из вышеприведенных утверждений, сокращение отходов и устранение опасных химических веществ (в качестве реагента или в качестве конечного продукта) является основной целью. Это приведет к более легкой и безопасной обработке и обращению с отходами, и по этим причинам руководящие принципы «зеленой химии» являются важным подходом для данного исследования на всех этапах образования и контроля отходов.

«Зеленая химия» сводится к **сокращению отходов, материалов, опасностей, рисков, энергии и затрат**. Стоит подчеркнуть, что экологическая устойчивость не должна обособляться от **экономической устойчивости**.

Такие концепции обобщены в:

### **12 принципах «зеленой химии»**

1. **Предотвращение**: лучше предотвращать образование отходов, чем обрабатывать или перерабатывать отходы после их генерации;
2. **«Экономия атома»**. *Методы синтеза надо выбирать таким образом, чтобы все материалы, использованные в процессе, были максимально переведены в конечный продукт;*
3. Менее **опасный химический синтез**: везде, где это практически возможно, *следует выбирать методы синтеза так, чтобы*

*используемые и синтезируемые вещества были как можно менее вредными для человека и окружающей среды;*

- 4. Создание безопасных химических веществ.** Химические продукты должны быть создаваться таким образом, чтобы они выполняли желаемую функцию при минимальной токсичности;
- 5. Более безопасные растворители и вспомогательные вещества.** *Вспомогательные вещества при производстве, такие, как растворители или разделяющие агенты, лучше не использовать совсем, а если это невозможно, их использование должно быть безвредным;*
- 6. Учитывать энергоэффективность:** *обязательно следует учитывать энергетические затраты и их влияние на окружающую среду и стоимость продукта. Синтез по возможности надо проводить при температуре, близкой к температуре окружающей среды, и при атмосферном давлении;*
- 7. Использование возобновляемого сырья:** *исходные и расходуемые материалы должны быть возобновляемыми во всех случаях, когда это технически целесообразно и экономически выгодно;*
- 8. Сокращение производных соединений:** минимизировать или, по возможности, избегать получения промежуточных продуктов (блокирующие группы, покрытие/снятие защиты и временная модификация физических/химических процессов), потому что такие меры требуют дополнительных реагентов и могут привести к образованию отходов;
- 9. Катализ:** *Всегда следует отдавать предпочтение каталитическим процессам (по возможности наиболее селективным), чем стехиометрическим процессам;*
- 10. Учет аспекта разложения:** Химические продукты должны быть созданы таким образом, чтобы в конце их жизненного цикла они распадались на безвредные продукты и не накапливались в окружающей среде;
- 11. Анализ в режиме реального времени для предотвращения загрязнения:** необходимо доработать аналитические методологии,

чтобы обеспечить мониторинг и контроль химических процессов в режиме реального времени вплоть до образования опасных веществ;

- 12. Безопасная химия для предотвращения инцидентов:** вещества и формы веществ, используемые в химических процессах, должны быть выбраны таким образом, чтобы минимизировать вероятность рисков химических опасностей, включая утечки, взрывы и пожары.

Принимая во внимание эти принципы и используя более устойчивый путь развития «производственной химии», можно достичь более высоких уровней иерархии предотвращения загрязнения:

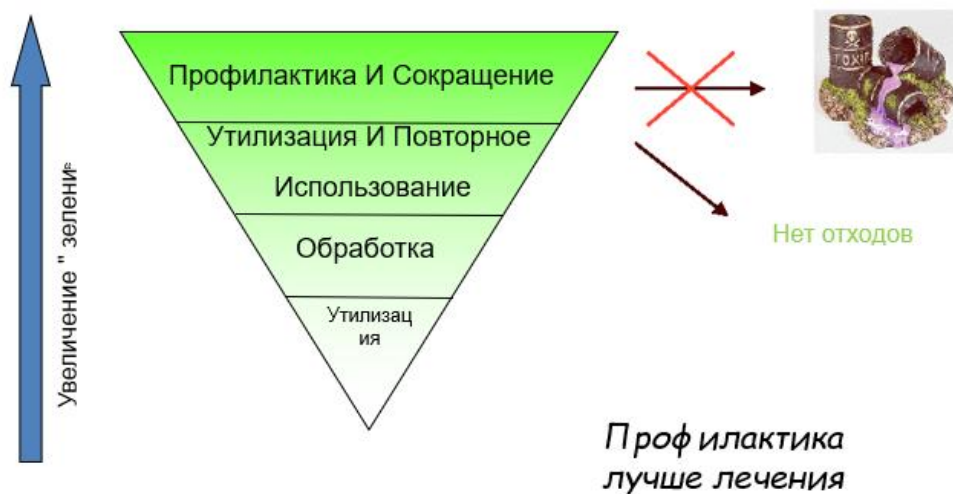


Рисунок 6.2. Схема иерархии предотвращения загрязнения

Разработка новых синтезов химических соединений является областью, в которой руководящие принципы «зеленой химии» могут применяться в своих лучших проявлениях.



## Идеальный химический синтез



Рисунок 6.3. «Идеальный» химический синтез

### 6.2. Количественные характеристики экологичности и тематические исследования

Зачастую важно спросить: **откуда берутся отходы и как можно дать количественную характеристику отходам?**

В этом случае интересно обратить внимание на взаимосвязь между **химической промышленностью и производством отходов**. На самом деле необходимо пролить некоторый свет на общепринятое мнение, о потенциале загрязнения в различных сегментах химической промышленности.

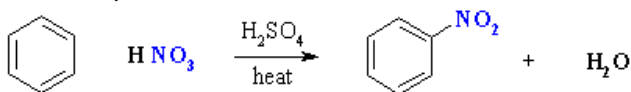
Сегмент промышленности	Масса (тонна)	Соотношение масс побочных продуктов / масс продуктов
Нефтепереработка	$10^6 - 10^8$	<0.1
Химические вещества массового производства	$10^4 - 10^6$	1 - 5
Продукты тонкого химического синтеза	$10^2 - 10^4$	5 - 50
Фармацевтические препараты	$10 - 10^3$	25 - 100+

Химические производства традиционно считающиеся «грязными», такие как сферы как нефтепереработка и нефтехимия, являются относительно «чистыми». С другой стороны, узкоспециализированные отрасли с более высокой добавленной стоимостью и сложной химией производят гораздо большее количество отходов.

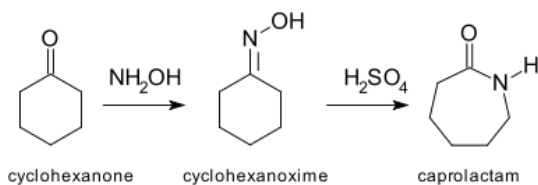
Некоторые классические примеры:

### I. Стехиометрия кислот Бренстеда и оснований

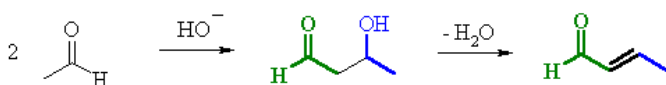
- Нитрирование ароматических соединений с помощью  $H_2SO_4/HNO_3$



- кислотно-каталитические перегруппировки, например, Бекманна ( $H_2SO_4$ )

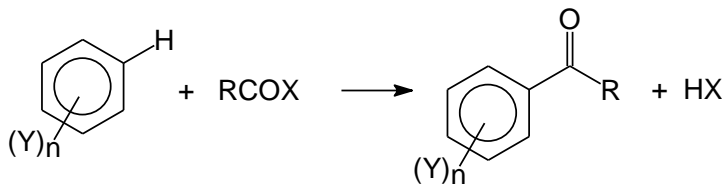


- Конденсации катализируемые основаниями, например альдол ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaOMe}$ )

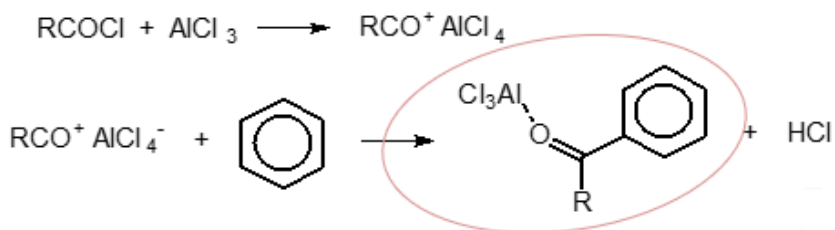


## II. Стехиометрия кислоты Льюиса

ацилирование, реакция Фриделя-Крафтса ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{BF}_3$ )

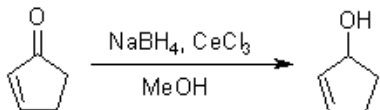
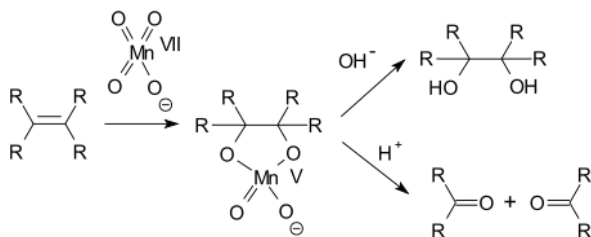
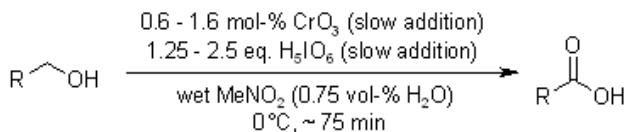


в обычном процессе кислота не каталитична!



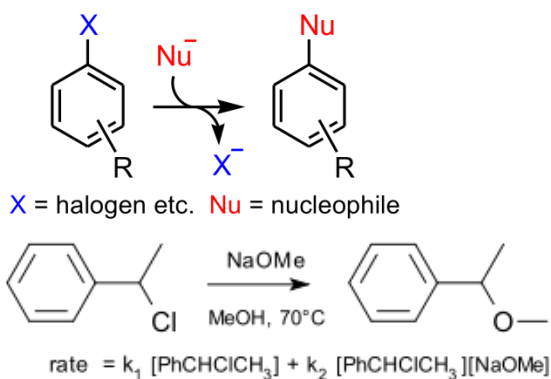
## III. Стехиометрия окислителей и восстановителей

- $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{MnO}_2$
- $\text{LiAlH}_4$ ,  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Fe/HCl}$



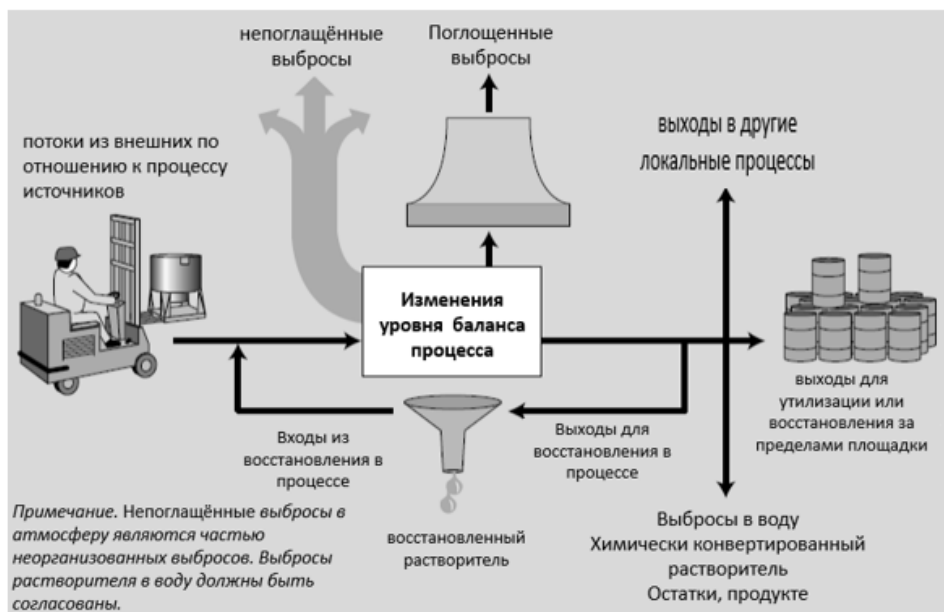
## IV. Добавление и замена галогенов

- Нуклеофильное замещение



## V. Потери растворителя

- Выбросы в воздух, водные стоки и охлаждающие жидкости



В 1990-х годах в области «зеленой химии» был определен ряд фундаментальных параметров для количественной оценки степени экологичности химической реакции, трансформации или промышленного процесса. Ряд таких параметров также называется количественными характеристиками экологичности.

## 6.2.1. Количественные характеристики экологичности

**E-фактор** (фактор воздействия на окружающую среду)

$$E\text{-фактор} = [\text{общее количество отходов (кг)}] / [\text{продукт (кг)}]$$

Этот параметр зависит от того, что мы подразумеваем под отходами. Он включает в себя: каждое химическое вещество, используемое в процессе, а также соединения, необходимые для устранения последствий загрязнения/последующей очистки/обработки, даже если некоторые побочные продукты (или вторичные продукты) могут быть использованы и сбыты в качестве вторичных продуктов.

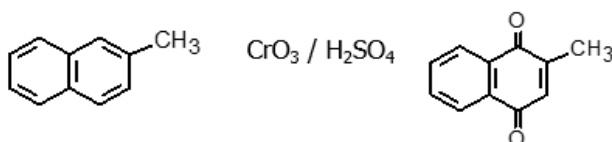
E-фактор является практическим параметром, очень полезным в сфере промышленности и обучения. Он может быть разделен на подкатегории: органические отходы, водные отходы и т.п.

Чем меньше показатель, тем ближе мы к отсутствию отходов.

На промышленном уровне он может быть рассчитан с применением значений количества закупаемого сырья и количества реализованной продукции:

$$E\text{-фактор} = \frac{[(\text{исходные химические вещества}) - (\text{конечные продукты})]}{[(\text{конечные продукты})]}$$

например



**E-Фактор = 18**  
18 кг отходов  
на 1 кг продукта

**Промышленное производство  
витаминов K<sub>3</sub>**

1500 тонн/год

*Top. Curr. Chem.* 164 (1993) 21

### Выход продукта и селективность

Эти значения не являются исключительными параметрами «зеленой химии».

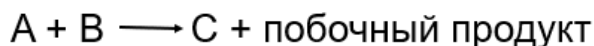
## Выход реакции

$$\bullet Y\% = \frac{\text{реальное количество получаемых продуктов}}{\text{теоретическое количество получаемых продуктов}} \times 100$$

## Селективность реакции

$$\bullet S\% = \frac{\text{выход целевого продукта}}{\text{количество превращенного реагента}} \times 100$$

### «Экономия атома»

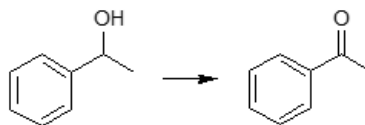


$$\text{атомная экономия(АЕ)} = \frac{MW C}{MW A + MW B} \quad \begin{matrix} MW \\ \text{молекулярная масса} \end{matrix}$$

**«Экономия атома»** - это оценка того, сколько атомов реагента находится в конечном продукте. Это теоретическое значение, а не экспериментальное и не учитывает растворители, выход реакции, молярный избыток реагентов, реагенты конечной «обработки».

Чем больше значение, тем больше процент атомов от исходных реагентов в конечном продукте(ах). По определению это значение колеблется между 0 и 1.  $0 < AE < 1$

**пример : окисление**  
стехиометрический против каталитического

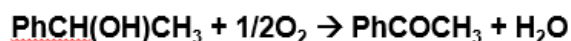


**Стехиометрический:** реагент Джонса  
 $3\text{PhCH(OH)CH}_3 + 2\text{CrO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{PhCOCH}_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$

$$\text{AE} = 360 / 860 = 42\%$$

$$\text{E}_{\text{теор}} = \text{ca. } 1.5$$

**Каталитическая:** однородные и неоднородные Co,  
Mn или Ag



$$\text{AE} = 120/138 = 87\%$$

Побочный продукт:  $\text{H}_2\text{O}$

$$\text{E}_{\text{теор}} = \text{ca. } 0.1(0)$$

### Эффективность на уровне атома

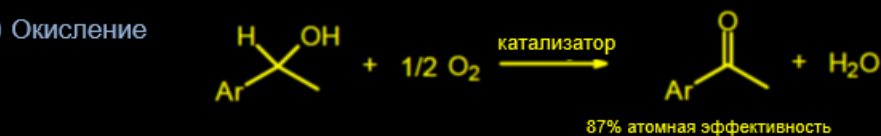
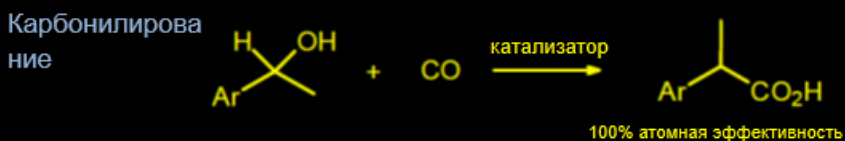
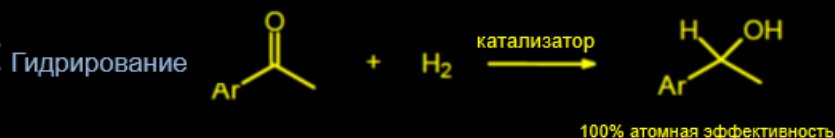
*Эффективность на уровне атома = %выхода продукта × «экономия атома»*

Эффективность на уровне атома является специфическим параметром, поскольку он сочетает практический характер выхода продукта с теоретическим показателем «экономии атома».

например: «экономия атома» может быть 100%, но выход продукта только 5%, поэтому глобальный процесс не может быть полностью устойчивым!

Чем ближе этот показатель к 100%, тем «зеленее» процесс. **0% - 100%**

## Процессы атомной эффективности



$\text{O}_2$  трудно активировать: широко используемые окислители  
устойчивость  $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{ROOH} > \text{PhIO} > \text{NaClO} > \text{KMnO}_4 > \dots$

Здесь изложена серия примеров промышленных химических преобразований (в основном взятых из индустрии тонкого химического синтеза, экологичность которых зачастую выше) и анализ экологических показателей этих процессов.



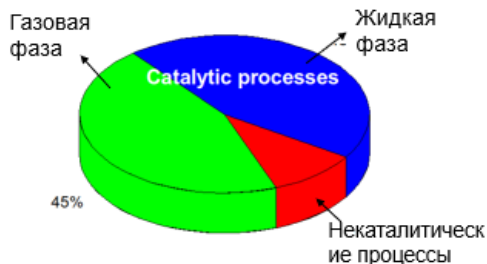
## Селективные Окисления

>60% продукция химической промышленности

Основной  
Органический  
Синтез

> 10000 тонн/год  
< 5 €/кг

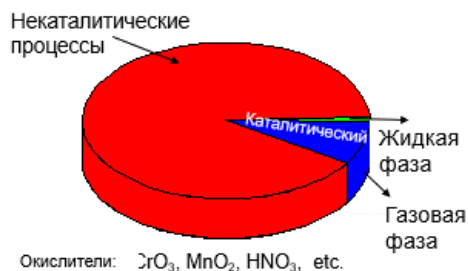
Простые молекулы  
Процессы протекают в жидкой фазе, так как большинство реагентов и / или продуктов термически нестабильны и обладают высокой реакционной способностью



Глубокий  
Органический  
Синтез

< 10000 тонн/год  
> 5 €/кг

Сложные молекулы

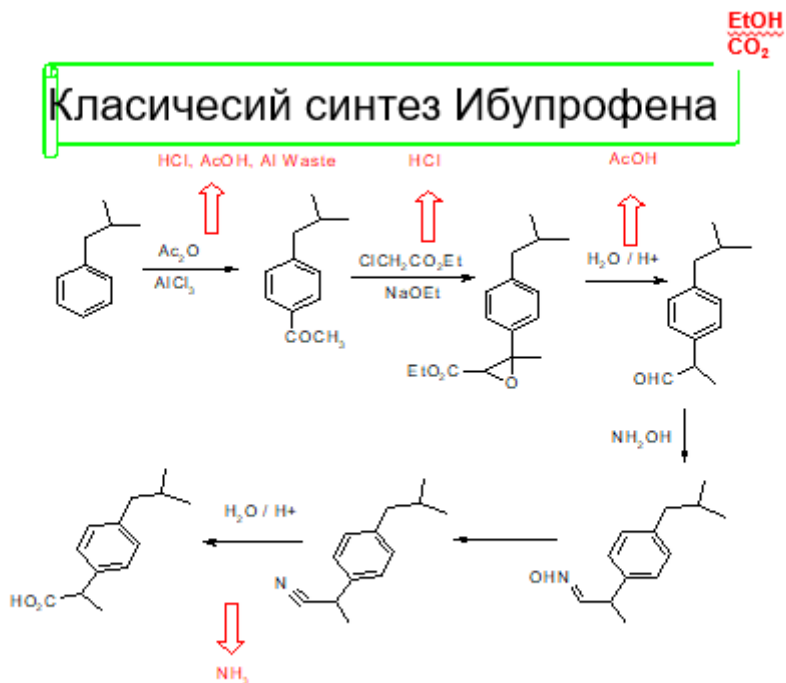


### 6.2.2. Показательные тематические исследования

Ниже приводятся показательные примеры промышленного применения принципов «зеленой химии».

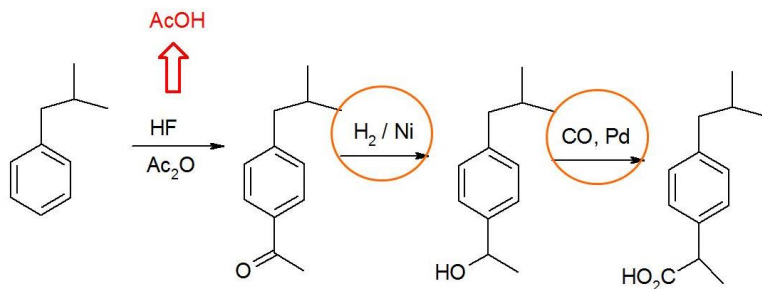
## Промышленный крупномасштабный синтез ибупрофена

### Классический способ получения Ибупрофена



Традиционный, широко распространенный способ основан на **трехэтапном синтезе** с «экономией атома» **77%**. Если на первом этапе выделяется и рециркулируется уксусная кислота, «экономия атома» может возрасти до 99%. Наиболее важные отходы связаны с растворителями,  $\text{AlCl}_3$  и его солевыми производными.

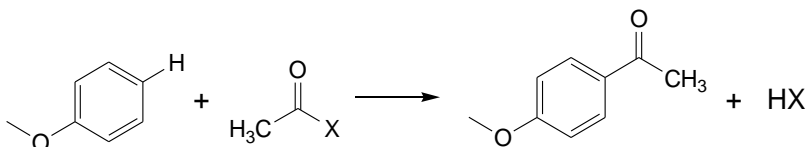
### Альтернативный способ получения Ибупрофена



**Альтернативный способ**, предложенный и разработанный компанией Boots-Hoechst-Celanese (в настоящее время BASF Corporation), заменяет  $\text{AlCl}_3$  на  $\text{HF}$  и позволяет избежать использования (и побочного производства) хлорсодержащих отходов. Кроме того, стадии восстановления и карбонилирования выполняются с использованием гетерогенных перерабатываемых катализаторов, и на каждом этапе «экономия атома» является полной (100%). Этот альтернативный способ был удостоен Президентской награды за достижения в зеленой химии: «Более зеленые пути синтеза» (1997 г.) от АООС США.

### Ацетилирование анизола

Реакция Фриделя-Крафтса и перегруппировка Фриса являются двумя наиболее важными методами получения ароматических кетонов в тонкой химической технологии.



*К. Фридель, Дж.М. Крафтс, Bull. Soc. Chim. Fr., 27 (1877) 482*

Новый процесс привел к замене прежней технологической базы на:

Катализатор  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AcOCl}$  ацилирующий агент и реактор периодического действия с новым:

катализатором цеолита (H-BEA или H-FAU),  $\text{AcOAc}$  ацилирующий агент, реактор с неподвижным слоем

- Упрощенный процесс
- Высокая пара-селективность
- Большое сокращение жидких стоков
- Экономическое преимущество



С промышленной точки зрения новый процесс включает в себя **два этапа вместо восьми.**

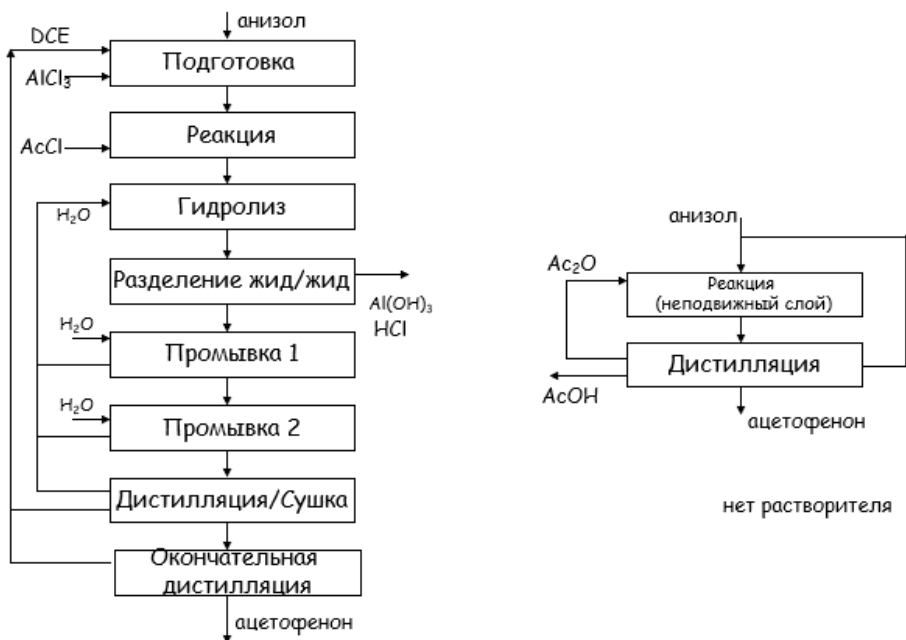


Рисунок 6.4. Сравнение традиционного процесса ацетилирования в стехиометрических соотношениях (слева) и инновационного процесса на основе цеолита (справа)

Это также означает значительное сокращение побочных продуктов:

- Значительное сокращение водных стоков;
- 35 кг/т вместо 4,5 т/т ацетофенона (продукт);
- Сокращение органических побочных продуктов (в 2–3 раза меньше);
- Отсутствие неорганических побочных продуктов;
- Не более 5 мас.%  $Al^{3+}$  и 24 мас.%  $Cl^-$

и стоимости:

- Непрерывный процесс с участием неподвижного слоя вместо периодического процесса.

## Устойчивый процесс синтеза Силденафила

Производство фармацевтических препаратов с высокой добавленной стоимостью, таких как Силденафил, также известного как Viagra™, в начале 1990-х годов было в значительной степени процессом, загрязняющим окружающую среду.

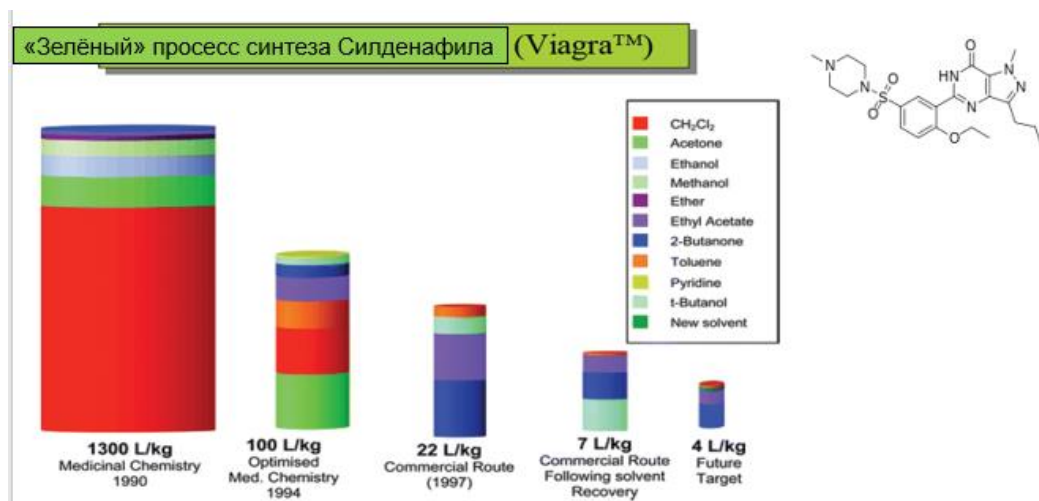
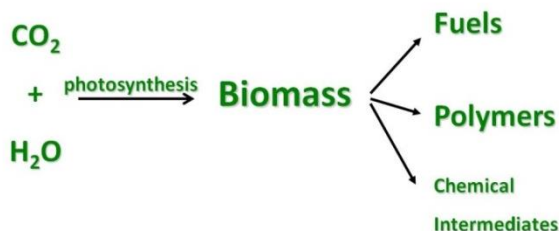


Рисунок 6.5. Количество органических отходов, образующихся на килограмм цитрата силденафила в процессах синтеза в различные периоды (из П.Дж. Данн, С.Галвин, К.Хеттенбах, "Зеленая химия", 6 (2004 г.) 43)

Оптимизация стратегий синтеза и используемой реакции позволила компании значительно сократить количество производимых побочных продуктов до значений, сопоставимых с аналогичными показателями опытного производства в химической промышленности. В действительности, благодаря его E-фактору 5-6, синтез цитрата силденафила сравним с производством химических продуктов массового производства.

## Концепция биопереработки

Концепция **биопереработки**, в настоящее время являющаяся ведущей идеей в европейских странах в качестве нового подхода к химической промышленности, вытекает из основополагающих принципов «зеленой химии» и основана на полном и **разностороннем использовании возобновляемого сырья и биомассы**.



Используя биомассу в качестве исходного компонента, сырье, как правило, легче подвержено биоразложению;  $\text{CO}_2$  нейтрален; он включает в себя меньшее количество выбросов загрязняющих веществ и может привести дополнительную прибыль для сельского хозяйства и фермеров (хотя существуют разные спорные точки зрения на эту тему).

Типы биомассы, на которые обращает внимание международное научное сообщество:

- Органические отходы и побочные продукты деревообрабатывающей промышленности;
- Трава и органические отходы с ферм;
- Продукты растительного происхождения, выращенные для химической промышленности и сферы энергетики;
- Отходы пищевой промышленности;
- Городские и промышленные отходы;
- Городские шламы;
- Отходы от морских фермерских хозяйств.

Однако может возникнуть несколько проблем и недостатков:

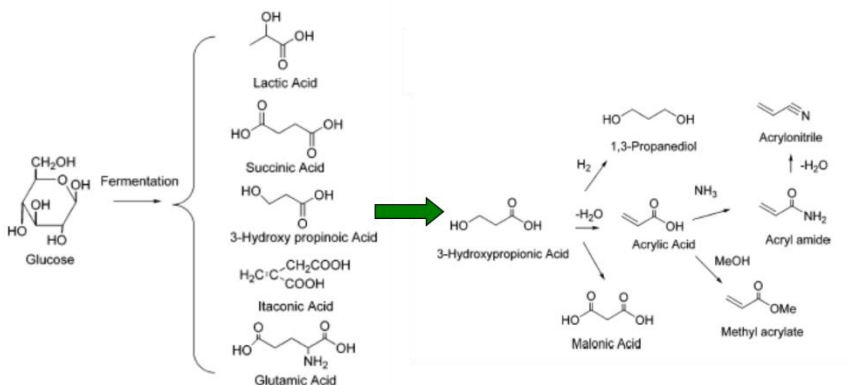
- Ресурсы могут быть доступны на разных уровнях из года в год в зависимости от разнообразия сельскохозяйственных культур (и местоположения);
- Использование генной инженерии может быть проблемой в некоторых странах;
- Интенсивное фермерское хозяйство ведет к истощению земель и вызывает опустынивание;
- Конкуренция в сфере производства продуктов питания/кормов.

С точки зрения химии, материалы из биомассы представляют собой сложные смеси, трудно поддающиеся изолированию и требующие больших технологических усилий, так как они содержат больше кислородсодержащих соединений, чем ископаемое сырье.

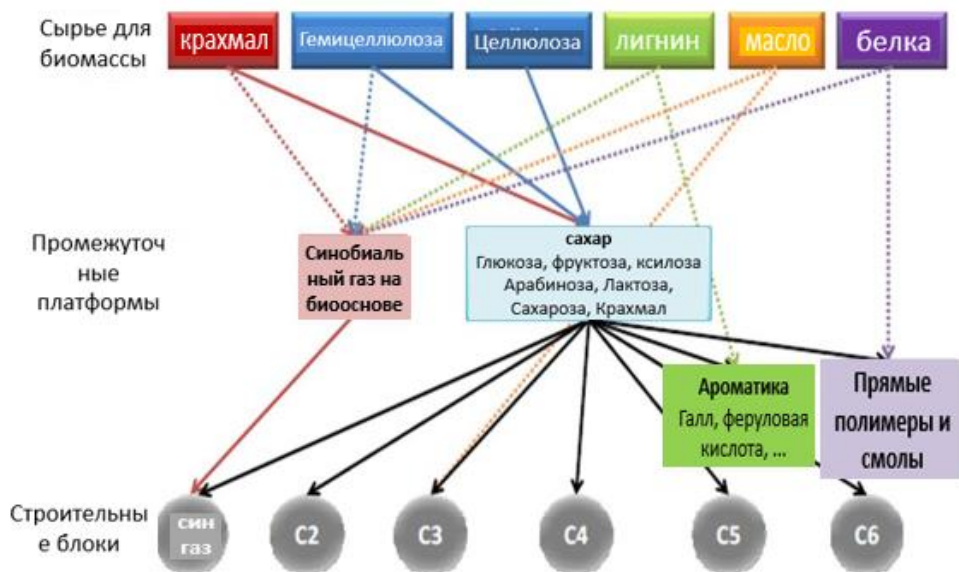
Концепция биопереработки основана на **базовых или скелетных молекулах**, играющих ключевую роль, аналогичную ключевым фракциям в нефтехимии. **Базовые или скелетные** молекулы являются производными биологического происхождения, имеющими ключевое значение, связывающие основные преобразования биомассы с традиционной химической промышленностью, что приводит к производству и синтезу очень широкого ряда промежуточных продуктов и производных для повседневного использования, которые уже доступны в качестве продуктов, из нефтяных источников.

Для пяти **базовых или скелетных** молекул из ок. 30, по подтверждению Министерства энергетики США, проводятся активные исследования на глобальном уровне. Их можно легко получить из глюкозы:

**Молочная кислота; янтарная кислота; 3-гидроксипропионовая кислота; итаконовая кислота; глутаминовая кислота**

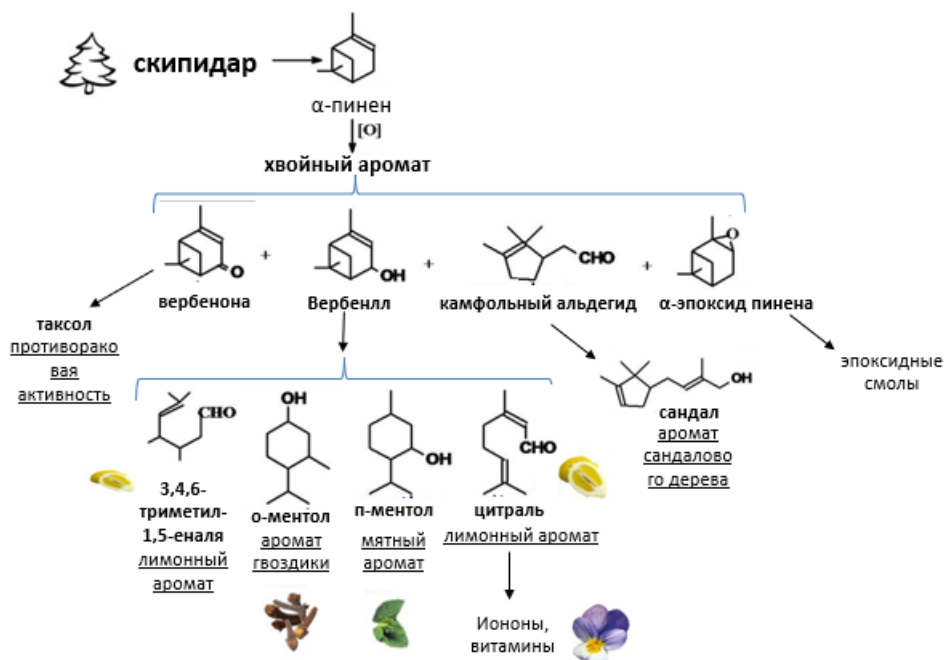


*Рис. 6.6. Потенциальные способы преобразования одной базовой или скелетной молекулы, т.е. 3-гидроксипропионовой кислоты, в ценные в промышленном значении химические вещества*



Аналогично, очень большое разнообразие химических веществ с высокой добавленной стоимостью для индустрии **вкусовых добавок и ароматизаторов** может быть получено и произведено из отходов деревообрабатывающей и целлюлозной промышленности путем простого окислительно-восстановительного преобразования, в основном, **терпенов**, обнаруженных в качестве вторичных метаболитов хвойных растений и овощей.





Таким образом, «зеленая химия» или **устойчивая химия** не является новой отраслью химии, скорее это «химия XXI века».

Работа каждого химика должна руководствоваться этими «зелеными критериями», и тщательная **оценка устойчивости химического процесса** всегда должна доводиться до широкомасштабного применения нового способа синтеза от лабораторного до промышленного уровня.

Тщательное применение этих руководящих принципов приводит к **значительному сокращению отходов, рисков, опасностей, материалов и затрат.**

## Ссылки

- P. T. Anastas, J. C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford, 1998.
- P. T. Anastas, N. Eghbali, *Chem. Soc. Rev.*, 39, 2010, 301.
- M. C. Cann, M. E. Connelly, *Real World Cases in Green Chemistry*, American Chemical Society Press, 2000.
- S. R. Chandrasekaran, S. A. Dheeptha, M. Nandakishore, R. Brajendra, K. Sharma, *ACS Sust. Chem. Eng.*, 6, 2018, 4594.
- T. Curran, I. D. Williams, *J. Hazard. Mater.*, 207–208, 2012, 3.
- Green Techniques for Organic Synthesis and Medicinal Chemistry*, eds. W. Zhang, B. W. Cue, J. Wiley and Sons Ltd, Hoboken, USA, 2018.
- M. Guisnet, J. P. Gilson, *Zeolites for Cleaner Technologies; Series: Catalytic Science series*, vol. 3; Eds.; London, 2002.
- S Hamid, B. M. Skinder, M. A. Bhat, *Zero Waste: A Sustainable Approach for Waste Management*, in R. Bhat, H. Qadri, K. Wani, G. Dar, & M. Mehmood (Eds.), *Innovative Waste Management Technologies for Sustainable Development*, IGI Global, 2020, 134-155.
- Handbook of Green Chemistry and Technology*, eds. J. H. Clark and D. Macquarrie, Blackwell Science Publishers, Oxford, 2002.
- M. Lancaster, *Green chemistry: an introductory text*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 2016.
- A. S. Matlack, *Introduction to Green Chemistry*, Marcel Dekker, New York, 2001.
- A. S. Matlack, *Green Chem.*, 5, 2003, G7.
- R. Sheldon, *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 68, 1997, 381.
- R. Sheldon, *Pure Appl. Chem.*, 72, 2000, 1233.
- R. Sheldon, *Green Chem.*, 7, 2005, 267.
- R. Sheldon, *Chem. Soc. Rev.*, 41, 2012, 1437.
- R. Sheldon, *Engineering a more sustainable world through catalysis and green chemistry*, *J. Royal Soc. Interface*, 13, 2016, 116.
- M. Spagnol, L. Gilbert, E. Benazzi, C. Marcilly, *Rhodia Patent WO 96/35655*, 1996.
- World Commission on Environment and Development's (the Brundtland Commission) report, Our Common Future*. Oxford, Oxford University Press, 1987.