



**Руководство по определению загрязненных ртутью участков,
обращению с ними и очистке**

СИГНАЛЬНЫЙ ЭКЗЕМПЛЯР

Ли Белл
Политический консультант IPEN по ртути
Октябрь 2015 г.

Перевод и редакция – «Эко-Согласие»



Содержание

1. Введение	3
1.1 Основные сведения о ртути и о загрязненных участках.....	4
1.2 Конвенция Минамата и загрязненные участки.....	6
2. Определение и характеристика участков - Что такое "загрязненный ртутью участок?	9
2.1. Определение для "участка"	10
2.2. Определение участков	11
2.3. Предварительное изучение участка	13
2.3.1 Теоретическое исследование	13
2.3.2. Практическое изучение участка	14
2.4. ПИУ и меры экстренного реагирования.....	14
2.5. Детализированное исследование и характеристика участка.....	15
3. Определение участков и предварительный скрининг: Роль правительства, консультантов и НПО.....	16
3.1. Скрининг участка (отбор проб)	18
3.2. Непрямой отбор проб	18
3.3. Отбор проб волос для определения ртутной экспозиции	19
3.4. Отбор проб волос:	20
3.5. Отправка собранных проб волос	20
3.6. Прямой отбор проб (на участке).....	20
3.7. Отбор проб почвы и воды для лабораторного анализа	23
4. Оценка риска	23
5. Загрязненные участки: Подходы к обращению с ними и к реабилитации	25
5.1. Обращение с участками	27
5.1.1. Мониторинг	28
5.2. Реабилитация: Принципы и подходы	29
5.2.1. Подход "пригодности для использования"	30
5.3. Валидация	32
6. Технологии и методы реабилитации.....	32
6.1. Точечные источники и диффузное загрязнение	33
6.2. Проверенные технологии для реабилитации загрязненной ртутью почвы	36
6.2.1. Выемка и переработка на месте (извлечение).....	36
6.2.2. Переработка после выемки грунта (промывка и отделение грунта) ..	38
6.2.3. Процессы термической обработки	38
6.2.4. Технологии выемки и иммобилизации (извлечение и удаление)	40
6.2.5. Амальгамация.....	41
6.2.6. Стабилизация и отверждение (С/О) без извлечения ртути.....	41
6.2.7. Серно-полимерная стабилизация/отверждение (СПСО)	42
6.2.8. С/О с применением серных микроцементов	43
6.2.9. Изоляция на участке	43
6.2.10. Удаление за пределами участка	44
6.2.11. Размещение на участке.....	46
6.3. Новые технологии реабилитации загрязненных ртутью почв	46
6.3.1. Электрокинетические методы	47
6.3.2. Фитореабилитация	47
6.3.3. Термическая десорбция без выемки материала.....	48

6.4 Проверенные технологии очистки загрязненных ртутью вод.....	49
6.4.1. Откачка и очистка	49
6.4.2. Проницаемые реактивные барьеры.....	50
6.5. Новые технологии очистки воды	51
7. Конкретные примеры загрязненных ртутью участков - диффузное и точечное загрязнение.	52
7.1 Конкретный пример 1: Ртутное загрязнение реки Нура и ее окрестностей	52
7.1.1. Работы по реабилитации и их результаты:.....	54
7.2. Конкретный пример 2: Ртутное загрязнение в Кодайканале, Тамил Наду, Индия.	55
7.2.1. Потенциальные меры реабилитации.....	59
8. Производственная безопасность, безопасность и охрана здоровья местных жителей для загрязненных участков	61
8.1. Общий обзор.....	61
8.2. Обязанность заботиться и социальная ответственность	62
8.3. Реестры риска	63
8.4. Информация и подготовка	64
8.5. Надзор	64
8.6. Общие меры контроля для хранения и транспортировки загрязнителей..	65
8.7. Транспортировка и долгосрочное хранение элементарной ртути с загрязненных участков	65
8.8 Санитарно-бытовые удобства и средства первой помощи на рабочих местах	67
8.9. Мониторинг экспозиции	68
8.10. Программы медицинского надзора	68
9. Загрязненные участки и требования Конвенции Минамата по ртути: Вовлечение заинтересованных сторон.	69
9.1 Указания для вовлечения заинтересованных сторон на конкретных участках	70
9.2. Осуществление вовлечения заинтересованных сторон	72
9.3. Оценка и отчетность по вовлечению заинтересованных сторон	73
10. Литература	73

1. Введение

Этот документ подготовлен в качестве источника предварительных руководящих указаний в связи с участками, загрязненными ртутью и ее соединениями. Он включает указания по определению загрязненных ртутью участков и обращению с ними, а также по аспектам вовлечения заинтересованных сторон, которые имеют критически важное значения для успешного обращения с такими участками и для их очистки. Кроме того, рассматриваются уже отработанные и новые технологии для реабилитации загрязненных ртутью участков, а также технологии и практические методы, позволяющие обеспечить, что такая реабилитация будет проводиться экологически безопасным образом.

Загрязненные участки образуются в результате ряда видов практической деятельности человека, включая промышленную деятельность, добычу полезных ископаемых и удаление отходов. Первоочередным соображением при работе с такими участками является их потенциальная угроза для здоровья человека и для окружающей среды. В зависимости от источника загрязнения такие участки могут быть загрязнены каким-то одним веществом или же крайне сложной смесью различных химических веществ и металлов. Представленные в данном документе руководящие указания относятся главным образом к определению загрязненных ртутью участков и к обращению с ними.

В Конвенции Минимата по ртути, которая была принята в 2013 г. но все еще не вступила в силу, вопросы загрязненных участков рассматриваются в Статье 12. Это соглашение требует от Сторон предпринимать усилия для разрешения проблем, связанных с загрязненными участками. В конвенции указывается ряд мер, которые Сторонам следует предпринимать, включая разработку руководящих указаний по:

- определению и характеристике участков;
- вовлечению общественности;
- оценке риска для здоровья человека и для окружающей среды;
- возможным вариантам для управления рисками, которые вызываются загрязненными участками;
- оценке эффекта и затрат;
- валидации результатов.

Данный документ представляет первоначальные шаги по разработке руководящих указаний в указанных выше сферах и дополнительно рассматривает другие аспекты реабилитации загрязненных участков, которые дополняют эти подходы. В некоторых случаях отмечаются сквозные вопросы соглашения о ртути и элементов указаний Базельской конвенции - особенно в связи с указаниями по ртутным отходам и по обращению с ними.

Очистка загрязненных ртутью участков может включать сложный комплекс технических и социальных проблем, которые может быть сложно разрешить с использованием стандартной практики очистки участков, которые традиционно применялись в других сценариях для загрязнителей или конкретных участков. Практика применения амальгамации ртутью в артельной и малотоннажной добычи золота (АМДЗ) вызывает особую озабоченность из-за децентрализованного распространения используемой элементарной ртути и широко распространенной работы со ртутью, термической обработки и удаления ртути в общественных местах, включая мастерские, деревни и места производства продуктов питания. Обращение с такими участками существенно отличается от очистки промышленных участков и требует более продуманного и более сложного вовлечения заинтересованных сторон.

Аналогичным образом, существуют значительные различия в подходах к обращению с точечными источниками и с диффузным ртутным загрязнением, включая ситуации, когда диффузное загрязнение может вызываться точечными источниками. В документе представлено несколько кратких конкретных примеров, чтобы продемонстрировать проблемы сложных рисков, связанных с обращением с этими видами загрязнения.

Кроме того, этот документ может также стать основой для дальнейшего обсуждения между организациями гражданского общества и Сторонами соглашения о ртути по дополнительным руководящим указаниям, необходимым для обращения с загрязненными ртутью участками, чтобы обеспечить сокращение количества и загрязненности таких участков, ограничить их воздействие на здоровье человека и на окружающую среду.

1.1 Основные сведения о ртути и о загрязненных участках

Токсичные свойства элементарной ртути были известны уже очень давно, а в последние десятилетия стало очевидно, насколько значимым является глобальное ртутное загрязнение. Загрязнение ртутью атмосферы, океанов, рек и озер привело к воздействиям через пищевые цепи и к широко распространенному загрязнению рыбных запасов - а рыба является основным источником белка для большей части населения планеты. В водной среде под действием бактерий неорганическая металлическая ртуть превращается в высокотоксичную органическую метилртуть. Метилртуть способна к биоаккумуляции и биоконцентрации в водных организмах, достигая высоких концентраций в высших хищниках, таких как акулы, тунец и рыба-меч. В свою очередь, потребление человеком загрязненной рыбы может привести к накоплению ртути в тканях организма в токсичных концентрациях.

Экспозиция по высоким концентрациям ртути может приводить к поражению мозга, сердца, почек, легких и иммунной системы человека в любом возрасте. Высокие уровни метилртути в кровотоке плода и ребенка младшего возраста могут привести к поражению развивающейся нервной системы (US EPA 2014), в

результате чего у ребенка снижается способность к мыслительной деятельности и обучаемость, а потенциально может привести к снижению уровня IQ.

Загрязненные ртутью участки являются значительным источником антропогенного ртутного загрязнения из-за физических свойств ртути, которые позволяют ей переходить в газовую фазу при комнатной температуре (давление пара при комнатной температуре 0,002 мм рт. столба) и попадать в атмосферу, после чего она может выпадать в водную среду далеко от источника (Rom 1992). Ртуть из загрязненных участков может также воздействовать на местную окружающую среду, когда осадки вымывают ее в водотоки и приводят к инфильтрации ртути в грунтовые воды, откуда она в конечном итоге попадет в водную среду, где подвергнется метилированию. Загрязненные участки могут также представлять серьезную опасность для здоровья местных жителей из-за непосредственного вдыхания паров и загрязненной пыли, экспозиции через кожу и загрязнения источников продуктов питания.

Глобальное признание остроты ртутного загрязнения привело к недавнему принятию Конвенции Минамата по ртути¹, которая была открыта для подписания в октябре 2013 г. Эта конвенция является международно-правовым инструментом или соглашением, предназначенным для защиты здоровья человека и окружающей среды от антропогенных выбросов и выделений ртути и ее соединений. В настоящее время эту конвенцию уже подписали 128 стран, а 18 стран ее ратифицировали. Конвенция Минимата вступит в законную силу через 90 дней после ее ратификации 50 странами. Подписавшие Конвенцию Минамата по ртути страны могут пользоваться международными ресурсами для лучшего выявления и обращения со ртутным загрязнением.

Конвенция Минамата требует поэтапного вывода из оборота многих ртутьсодержащих продуктов и введения ограничений для торговли ртутью и поставок ртути, а также устанавливает основу для сокращения или устранения выбросов и выделения ртути в промышленных процессах и в добыче полезных ископаемых. В этом соглашении рассматриваются различные аспекты, связанные с загрязненными ртутью участками - в Ст. 11 (Отходы и в Ст. 12 (Загрязненные участки).

Смежное международное соглашение - Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением (Базельская конвенция)² - также включает указания по обращению с загрязненными ртутью участками и отходами. Базельская конвенция вступила в силу в 1992 г., а ее всеобъемлющей целью является защита здоровья человека и окружающей среды от негативных воздействий опасных отходов.

Базельская конвенция дает дополнительные технические указания по обращению со ртутными отходами и по работе со ртутным загрязнением в

¹ См. более подробную информацию о принятии этой конвенции на сайте ЮНЕП <http://www.mercuryconvention.org/>

² <http://www.basel.int/TheConvention/Overview/tabid/1271/Default.aspx>

одном консолидированном документе (Basel Convention 2012), который недавно рассматривался на объединенной КС химических конвенций в Женеве (12-е заседание Конференции Сторон (КС) Базельской конвенции, 7-е заседание КС Роттердамской конвенции и 7-е заседание КС Стокгольмской конвенции). 6-я редакция Базельского технического руководства по ртутным отходам была утверждена на Конференции Сторон Базельской конвенции в мае 2015 г. В этой последней редакции приводятся более детализированные указания по ртутным отходам и загрязненным участкам, которые актуальны и для статей Конвенции Минамата по ртути. Обновленные и пересмотренные редакции этого руководства доступны на сайте Базельской конвенции³.

Хотя эти соглашения способствуют повышению уровня информированности о загрязненных ртутью участках и о связанных с ними воздействиях, они не содержат юридически обязывающих требований по рекультивации (очистке) таких участков и не предлагают, как определять ответственных за проведение таких работ. Ключевой заинтересованной стороной в процессе определения, оценке и реабилитации загрязненных ртутью участков обычно является национальное правительство, действующее в контексте местного законодательства и систем регулирования. Тем не менее, в этом процессе критически важную роль играют и другие заинтересованные стороны, включая НПО и местные сообщества, на которых загрязненные участки оказывают влияние. Эти группы могут выполнять активную роль в определении и картировании загрязненных участков, в отборе проб и в проведении анализа (под надзором профильных учреждений и с применением соответствующих мер защиты), в разработке возможных вариантов для проведения реабилитации и в выработке предложений по вопросам последующего землепользования. На более широком уровне, НПО могут повышать уровень информированности местных жителей об источниках и воздействиях ртутного загрязнения, а также о способах его сокращения.

В этом документе также приводятся указания по принципам для разрешения связанных с загрязненными участками проблем, которые можно применять независимо от национального контекста. Он включает ряд предложений для разработки политики, законодательства и практики обращения с загрязненными участками с учетом местного контекста, включая ограниченные ресурсы и культурное разнообразие. Учитывая правовые вопросы, вопросы регулирования и финансовые вопросы, имеющие отношение к загрязненным ртутью участкам, данное руководство уделяет приоритетное внимание защите здоровья людей и окружающей среды от воздействий антропогенного ртутного загрязнения, вызываемого загрязненными участками.

1.2 Конвенция Минамата и загрязненные участки

³<http://www.basel.int/Implementation/TechnicalMatters/DevelopmentofTechnicalGuidelines/MercuryWaste/tabid/2380/Default.aspx>

В Конвенции Минамата по ртути указываются меры, которые могут предпринять стороны для разрешения связанных с загрязненными участками проблем, для предоставления информации общественности, чтобы повысить осведомленность общественности о вызываемых ими последствиях для здоровья населения и для окружающей среды. Такие руководства, как данный документ, могут помочь в укреплении потенциала местных сообществ, НПО и политических руководителей для разрешения связанных с загрязненными участками проблем в своих странах в период до ратификации этого соглашения. Ни одно из положений этого соглашения не препятствует любой подписавшей его стране предпринимать ранние действия для разрешения проблем ртутного загрязнения на своей территории.

Статья 12 Конвенции Минамата по ртути указывает, что *"каждая Сторона прилагает усилия для выявления и оценке участков, загрязненных ртутью или ртутными соединениями, а действия по снижению рисков, которые представляют собой такие участки, осуществляются экологически безопасным способом"* (ЭБС). Хотя многие страны еще не ратифицировали эту конвенцию, национальные природоохранные органы могли бы с пользой для себя воспользоваться предлагаемыми Конвенцией подходы для определения и оценки загрязненных ртутью участков.

На данном этапе Стороны Конвенции еще не разработали конкретных указаний по загрязненным участкам, но это не препятствует национальным правительствам разработать свои собственные структуры управления, политику и законодательство для оценки, выявления, характеристики и восстановления загрязненных участков. Кроме того, важно иметь представление о конкретных положениях соглашения по ртути в связи с загрязненными ртутью участками и с необходимостью вовлечения общественности, учитывая, что успешное восстановление таких участков может зависеть от этого фактора.

Хотя Конвенции еще только предстоит разработать конкретные детализированные указания по обращению с загрязненными ртутью участками, предполагается, что следует проводить следующие действия:

- Определение участков и их характеристика;
- Вовлечение общественности;
- Оценки риска для здоровья человека и для окружающей среды;
- Возможные варианты для управления рисками, связанными с загрязненными участками;
- Оценка эффекта и затрат; и
- Валидация результатов.

Кроме того, Сторонам рекомендуется разрабатывать стратегии и осуществлять мероприятия для *"выявления, оценки, определения приоритетности, регулирования и, при необходимости, восстановления загрязненных участков."*

Конвенция Минамата уделяет особое внимание участкам, которые загрязнены ртутью и ее соединениями, но указанные выше процессы могут применяться и для участков с другими видами химического загрязнения.

К другим статьям Конвенции, которые могут иметь отношение к загрязненным участкам, относятся следующие:

Статья 11 - Ртутные отходы;

Статья 13 - Финансовые ресурсы и механизм финансирования;

Статья 14 - Укрепление потенциала, техническое содействие и передача технологий;

Статья 16 - Медико-санитарные аспекты;

Статья 17 - Обмен информацией;

Статья 18 - Информирование, повышение осведомленности и просвещение общественности;

Статья 19 - Научные исследования, разработки и мониторинг.

В соответствии со Статьей 12 “Загрязненные участки”, Конференция Сторон должна подготовить руководящие указания по обращению с загрязненными участками, включая методы и подходы для “вовлечения общественности” (UNEP 2013).

Кроме того, в соответствии со Статьей 18 “Информирование, повышение осведомленности и просвещение общественности”, каждая Сторона должна предоставлять общественности информацию о ртутном загрязнении, а также “результаты исследований, разработок и мониторинга в соответствии со Ст. 19”. От Сторон также требуется проводить меры в области образования, подготовки и повышения уровня информированности о воздействии ртути на здоровье в сотрудничестве с профильными межправительственными учреждениями, НПО и уязвимыми группами населения.

Для вовлечения общественности в рамках межсекторального взаимодействия и сотрудничества требуется интегрированный двусторонний подход - вовлечение гражданского общества правительственными структурами на национальном и региональном уровнях, и вовлечение заинтересованных сторон на местном уровне в процессы, связанные с конкретными объектами. Каждый такой процесс должен давать возможность для обмена информацией и корректировки других процессов. В то же время, чтобы обеспечить максимальную эффективность вовлечения общественности, необходимо учитывать конкретный культурный, социальный и политический контекст.

Тем странам, которые этого еще не сделали, следует рассмотреть необходимые шаги для ратификации Конвенции, чтобы расширить потенциальные возможности для доступа к технической помощи и передаче технологий (Статья 14), к финансовым ресурсам (Статья 13), которые должны поддерживать проведение инвентаризаций ртути (и ртутных отходов), разработку баз данных

загрязненных участков и подготовку другой критически важной информации, необходимой для разрешения проблем, связанных с национальным ртутным загрязнением.

2. Определение и характеристика участков - Что такое "загрязненный ртутью участок?"

При выработке четкого определения "загрязненного ртутью участка" необходимо рассмотреть ключевые вопросы, включая определение "участка", а также того, какие концентрации и формы присутствующей ртути являются "загрязнением", а не естественными уровнями присутствия ртути.

В целом, участок, на котором почва, воздух, вода или отложения (или их комбинация) подвергаются воздействию элементарной ртути, соединений ртути или ртутных отходов, следует по меньшей мере считать *предполагаемым* загрязненным ртутью участком. Концентрация ртути в почве всего лишь в 0,13 г/т (Tipping et al 2010) была определена в качестве предельно допустимой концентрации для здоровья растений и почвенных микроорганизмов.

Уровни ртути в почве, которые требуют проведения дальнейших исследований, также называют уровнями скрининга. В разных странах они отличаются, но относятся к одному порядку величины. В качестве примера - в австралийском национальном руководстве по загрязненным участкам (NEPC 1999) указывается 10 мг/кг метилртути и 15 мг/кг элементарной ртути в качестве уровней скрининга для жилых районов. Голландские уровни для проведения мер (Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment 2010) составляют 10 мг/кг элементарной ртути - при этом требуется проведение дальнейшей оценки предположительно загрязненных участков ⁴. В Великобритании показатели для почв в жилых районах установлены еще ниже - 1 мг/кг для элементарной ртути в почве и 11 мг/кг для метилртути (Environment Agency UK 2009). Эти уровни скрининга используются для определения загрязненных ртутью участков, которые могут потребовать особых мер обращения, дальнейшего исследования, а возможно и реабилитации.

Эти вопросы могут быть довольно сложными. На некоторых участках могут наблюдаться природные уровни ртути или ее соединений, которые могут превышать безопасные уровни для здоровья человека и для окружающей среды. Это часто происходит на участках, где производится (или производилась в прошлом) добыча первичной ртути и где в почвах наблюдаются высокие концентрации ртути.

⁴ Эту концентрацию пересмотрели в 2009 г. и установили уровень для проведения мер как 36 мг/кг, но при этом указывается также и целевой уровень для обеспечения устойчивого здоровья почв (всего лишь 0,3 мг/кг). См. более подробное обсуждение этого вопроса в конкретном примере 2 в этом документе.

Во многих странах для определения загрязненных ртутью участков и обращения с ними используются подходы на основе риска, которые учитывают природу участка (например, наземные, водные), его контекст (например, городской, сельскохозяйственный, дикий) и его угрозу для различных "рецепторов", таких как люди, дикие виды и экологические процессы. Этот подход может стать полезным инструментом для определения относительной приоритетности участков для возможной реабилитации с применением ограниченных ресурсов. Обычно в первую очередь проводят реабилитацию тех участков, которые создают наибольший риск для здоровья населения и для окружающей среды, а участки с минимальным риском - в последнюю очередь. В то же время, реабилитацию больших и сложных участков высокого риска могут откладывать на многие годы или десятилетия из-за финансовых, правовых, политических и социальных осложнений (включая конфликты), несмотря на их высокую приоритетность.

2.1. Определение для "участка"

Участок не обязательно будет представлять собой участок земли, такой, например, как поле, лес или холм. Он может включать водную среду, например, ручьи, реки, озера, болота, обводненные территории, лиманы и заливы. В других случаях участки могут включать в себя измененные территории с наземными и водными компонентами, такие как рисовые поля, орошаемые земли и рыбопродуктивные пруды. При рассмотрении ртутного загрязнения различных участков, их определение, характеристика, обращение с ними и реабилитация (очистка) могут существенно отличаться, с учетом формы участков, их текущего использования и предполагаемого использования после реабилитации.

Кроме того, важно рассматривать геофизическую и гидрогеологическую структуру какого-либо конкретного участка, чтобы охарактеризовать степень загрязнения земли по глубине и грунтовых вод. Это также может помочь в определении или прогнозировании выноса загрязнителей с участка и воздействий загрязнения через систему грунтовых вод в настоящее время и в будущем, а также в определении масштабов и типа мер реабилитации, которые могут оказаться необходимыми.

Наземные загрязненные ртутью участки могут также подвергаться влиянию периодических природных явлений, которые могут привести к распространению загрязнения за пределы участка - например, в результате регулярного или эпизодического затопления, землетрясений, оползней и вследствие экстремальных погодных явлений, таких как шторма, циклоны или ураганы, которые могут сдувать с участка загрязненную пыль. Эти явления следует принимать во внимание и предпринимать меры для контроля связанных с ними воздействий, чтобы сократить распространение загрязнителей за пределы известных и/или предположительно загрязненных участков. Эти природные

явления могут приводить к появлению участков с *диффузным* ртутным загрязнением, таким как участки на р. Нура и в ее пойме в Центральном Казахстане (см. конкретный пример в разделе 7 данного документа). В этом случае сточные воды предприятия по производству ацетальдегида с высокой концентрацией ртути сбрасывали (по большей части без очистки) в реку, где они смешивались с летучей золой электростанций. В результате образовывался пропитанный ртутью ил (техногенный ил), который с паводковыми водами распространялся на значительные территории ниже по течению от места первоначального сброса (Heaven et al 2000).

2.2. Определение участков

Определение загрязненных участков открывает основные возможности для вовлечения местных сообществ и для взаимодействия между ОГО и другими заинтересованными сторонами, включая государственных чиновников системы охраны окружающей среды и здравоохранения. В процессе исследования предположительно загрязненного участка часто требуется привлечение местных жителей и чиновников, рабочих (включая бывших рабочих) и экологических НПО, которые могут обладать подробными сведениями об истории участка, об отходах, которые сбрасывались на самом участке или вывозились в другие места, которые также могут оказаться загрязненными.

Предположительно загрязненные участки могут определяться без применения специального технического оборудования следующими способами (Basel Convention 2012):

- Визуальное наблюдение за условиями на участке или за присутствующими источниками загрязнения;
- Визуальное наблюдение за производственной или иной деятельностью, в ходе которой, как известно, используются или выделяются особо опасные загрязнители;
- Наблюдаемые негативные воздействия на человека, флору или фауну, которые предположительно вызываются близостью к участку;
- Физические (например, pH) или аналитические результаты, показывающие уровни загрязнения; и
- Сообщения местных жителей органам власти о предполагаемых выбросах.

В Конвенции Минамата по ртути перечисляется ряд источников ртутного загрязнения, включая производство продуктов с добавлением ртути (Приложение А), промышленные процессы (Приложение В), точечные источники (Приложение D), удаление отходов и добыча полезных ископаемых (Приложение С - особенно обогащение руд и удаление хвостов). Наблюдение за участками, на которых в настоящее время или ранее осуществлялась такая деятельность, следует рассматривать в качестве отправной точки для определения и оценки загрязненных ртутью участков. Не все связанные с такой

деятельностью участки окажутся загрязненными, но имеется значительная вероятность того, что такая деятельность уже привела к загрязнению грунтовых вод, почвы, воды или инфраструктуры, которое следует изучить, особенно если участок предполагается использовать с более жесткими требованиями (например, при строительстве жилья на месте бывшего промышленного объекта).

Артельная и малотоннажная добыча золота (АМДЗ) является одним из крупнейших источников глобального ртутного загрязнения. АМДЗ - это неформальная деятельность по добыче золота с применением примитивных технологий или с минимальной механизацией. Ртуть является одним из немногих металлов, которые амальгамируют золото и ее применяют для извлечения золота из необогащенной или обогащенной породы. Затем ртуть из амальгамы выжигают, после чего остается небольшое количество золота. Такая практика приводит к широко распространенному ртутному загрязнению воздуха, воды и почв, а также приводит к непосредственному воздействию ртути на занятых в АМДЗ старателей, на их семьи и на некоторых торговцев золотом, которые поставляют ртуть или частично перерабатывают амальгаму в своих мастерских (IPEN 2014).

Загрязненные ртутью участки обычно появляются в результате промышленной деятельности, главным образом такой как добыча полезных ископаемых, сброс золы угольных электростанций, производство хлора⁵ и производство продуктов с добавлением ртути. Сброс продуктов с добавлением ртути на свалки или их сжигание также могут привести к образованию загрязненных ртутью участков. Отходы сжигания ртутьсодержащих продуктов, такие как летучая зола, также могут создавать загрязненные участки если их сбрасывают в не предназначенных для этого местах.

Определение загрязненных ртутью участков может тесно увязываться с этими видами промышленной деятельности и сброса отходов. Во многих странах органы регулирования часто изучают историю конкретных участков в рамках их предварительного обследования. На этом этапе обследования критически важную информацию могут дать местные жители, проживающие неподалеку от участка, поскольку у них есть результаты наблюдений в течение длительного времени, им хорошо известны конкретные местные природные условия, они наблюдают за скотом и за другими живыми организмами в разные сезоны.

Например, местный фермер, проживающий неподалеку от границ участка или по ходу дренажного стока с него, может обнаружить необычные заболевания у животных, их гибель или появление врожденных дефектов, которые могут

⁵ При производстве хлора на хлорно-щелочных предприятиях используются значительные объемы элементарной ртути, что обычно приводит к загрязнению таких промышленных объектов из-за выбросов и сбросов в воздух, воду и почвы. Многие из таких предприятий со ртутным процессом были заменены безртутными технологиями (например, мембранными). Тем не менее, промплощадки старых предприятий могут оставаться загрязненными еще долгое время после их закрытия или демонтажа.

вызываться загрязнением; или же местный житель может заметить, что в ночное время с промплощадки могут регулярно выезжать автоцистерны и сбрасывать отходы. Местные жители, которые ранее работали на объекте в качестве шоферов, рабочих или менеджеров, могут иметь представление о практике работы и способах удаления отходов, и могут поделиться этой информацией с исследователями. Эти важные свидетельства могут оставаться вне поля зрения органов регулирования, которые лишь изредка или нерегулярно посещали объект, на котором использовали ртуть или ее соединения. Наблюдения местных жителей могут быть весьма важными для оценки воздействия загрязнения на здоровье населения, поскольку они могут знать о необычно высокой заболеваемости в районах проживания и могут информировать об этом государственные структуры. Сотрудники местных учреждений здравоохранения также могут предоставлять аналогичную информацию о тенденциях в состоянии здоровья местного населения, которые могут указывать на связанные с загрязнением проблемы.

После установления предположительно загрязненного участка, нужно предпринять следующие шаги:

- Предварительное изучение участка (и меры экстренного реагирования в случае необходимости)
- Подробное исследование участка
- Управление участком
- Реабилитация, валидация и текущее управление.
- Транспортировка и переработка отходов (на месте или за пределами участка).

2.3. Предварительное изучение участка

Предварительное изучение участка (ПИУ) обычно включает рассмотрение его истории (теоретическое исследование), выезд на участок и проведение собеседований с заинтересованными сторонами, а также подготовку отчета. Результаты ПИУ помогают объяснить, как участок стал загрязненным и установить потенциальные маршруты экспозиции между источниками загрязнения и рецепторами, такими как люди, посеы, дикие животные и домашний скот.

2.3.1 Теоретическое исследование

При изучении промышленного объекта в процессе теоретического исследования всегда следует стремиться провести собеседования с действующими или бывшими работникам предприятия, менеджерами и водителями мусоровозов, чтобы получить больше информации о горячих точках загрязнения на участке и за его пределами.

Помимо проведения собеседований с заинтересованными сторонами, исследователи могут также опираться на:

- результаты аэрофотосъемки в настоящее время и в прошлом
- историю передачи прав собственности на участок (документы о землевладении)
- документацию местных органов власти (разрешения на промышленную деятельность или на сброс отходов на свалки)

2.3.2. Практическое изучение участка

После этого следует провести практическое изучение участка с участием человека, имеющего представление о его прошлом. В ходе практического изучения собирают визуальную, устную и письменную информацию относительно:

- топографии
- поверхностных водных объектах и направлении течения
- типа и состояния твердых покрытий
- инфраструктуры на участке (в настоящее время и в прошлом)
- деятельности на участке в настоящее время (и в прошлом, по мере возможности)
- землепользования в районе участка
- любых свидетельств указывающих на загрязнение почвы (пятна, запах, поражение растительности и т.д.)
- мест хранения химических веществ или топлива
- обращения с отходами

2.4. ПИУ и меры экстренного реагирования

После завершения ПИУ, дальнейшую информацию о характере и степени загрязнения участка получают при помощи детализированного исследования участка (ДИУ). В то же время, в ходе ПИУ может выявляться серьезное загрязнение ртутью или другими особо опасными материалами. Если имеется опасное загрязнение и местные жители подвергаются риску экспозиции, представляющей непосредственную угрозу для их здоровья, то тогда перед проведением ДИУ может потребоваться выполнение мер экстренного реагирования.

Первоочередной мерой является максимально возможная изоляция загрязнения от рецепторов, чтобы свести к минимуму дальнейшую экспозицию. В этом отношении, загрязненные ртутью участки аналогичны участкам с другими потенциально мобильными токсичными загрязнителями (Basel 2012). Если же участок контролировать невозможно, а риски высоки, то может

потребуется временная эвакуация местных жителей и рабочих, пока не смогут обеспечить контроль за участком и изоляцию загрязнения. Летучесть ртути в форме пара при комнатной температуре может сделать изоляцию существенно загрязненных участков сложным делом. Барьерные технологии в качестве средства для сокращения выделения паров ртути с загрязненных участков более подробно рассматриваются в этом документе в разделе по технологиям реабилитации (раздел 6.).

Дальнейшую информацию по мерам экстренного реагирования на маломасштабное загрязнение из-за разливов ртути можно найти в Справочном руководстве ЕРА по реагированию на ртуть для экстренных служб (US EPA 2004). Определенные указания в связи с более серьезными проблемами загрязнения крупных участков приводятся в Протоколах по экологической и медико-санитарной оценке для ртути, выделяемой в артельной и малотоннажной добыче золота (Veiga and Baker 2004) и они также могут быть применимыми для участков, загрязненным в результате промышленной деятельности и обращения с отходами (в том, что касается медико-санитарной оценки и методов отбора проб).

2.5. Детализированное исследование и характеристика участка

ДИУ включает отбор проб воздуха, почвы, грунтовых вод или других водоисточников на местах, чтобы подтвердить наличие или отсутствие загрязнения, которое было выявлено или предположительно выявлено в ходе ПИУ. Отбор проб в ходе ДИУ должен быть достаточно полным, чтобы можно было определить характер загрязнения, описать его распространение по вертикали и по горизонтали на уровне, достаточном для проведения оценки риска для здоровья человека и для окружающей среды, и чтобы можно было получить основу для разработки целесообразной стратегии реабилитации или управления.

Оценка риска для загрязненных участков опирается на разработку концептуальной модели участка (КМУ), в которой представлены данные о загрязнении участка (часто в виде графика или карты) и потенциальные маршруты экспозиции между предположительным или подтвержденным загрязнением и потенциальными рецепторами. Этот аспект исследования также можно описать как "характеризацию" участка.

Полученные при отборе проб данные в ходе ПИУ можно затем включить в КМУ, чтобы помочь в получении более полного представления о загрязнении участка и о том, как оно может влиять на здоровье человека и на окружающую среду. Любые данные для собранных на участке проб должны проходить процедуры обеспечения качества и контроля качества (ОК/КК), чтобы обеспечить их репрезентативность для загрязнения на участке (см. также работу Veiga and Baker 2004 с.123, где приводятся конкретные меры ОК/КК для загрязненных

ртутью участков). Это включает подробные указания по хранению проб и обращению с ними, отбор повторных холостых проб⁶ и требования к длительности хранения проб. Целостность образца и надежность результатов будут зависеть не только от длительности хранения, но также и от условий обращения с ним, его стабилизации и хранения. Все аналитические определения следует проводить настолько это практически возможно быстрее после отбора проб и рекомендуется, чтобы к моменту передачи образца в лабораторию его указанный срок хранения истек не более чем наполовину.

Обеспечение качества (ОК) относится к общей системе управления, которая включает организацию, планирование, сбор данных, контроль качества, ведение документации, оценку и отчетность в ходе проведения ДИУ, тогда как контроль качества относится к рутинной технической работе, целью которой является (по большей части) контроль ошибок. Во всех методиках анализа ртути ЕРА США требуется, чтобы пробы возможно быстрее замораживались и анализировались в течение 28 дней с момента отбора (Veiga and Baker 2004).

После завершения стадий ПИУ и ДИУ, и после построения Концептуальной модели участка, можно провести анализ риска для рецепторов - т.е. для человека и для окружающей среды. Во многих случаях, результаты оценки риска определяют, нужно ли проводить реабилитацию участка и как (снижение загрязнения до определенного уровня) или как обращаться с таким участком (загрязнение остается на участке и применяется ряд управленческих мер). Несмотря на полезность оценки риска в качестве инструмента управления для работы с загрязненными участками, он не должен оставаться единственным методом для определения будущей судьбы загрязненного участка. После проведения адекватной характеризуй загрязнения на участке, следует провести общественное обсуждение по вопросам его будущего использования, в том числе и о необходимости и условиях его реабилитации. Получение согласия гражданского общества в связи с очисткой и дальнейшей судьбой таких участков может позволить избежать длительной обеспокоенности, конфликтов и расходов, открывая при этом возможности для социального возрождения вокруг территорий, которые в течение многих лет оставались бесполезными.

3. Определение участков и предварительный скрининг: Роль правительства, консультантов и НПО

В большинстве развитых стран процесс определения участков, их характеристики, оценки риска и реабилитации проводится частными консультативными компаниями, которые действуют в сотрудничестве с правительственными ведомствами или ими регулируются. Этот процесс часто проводится в рамках правовой структуры регулирования, которая требует

⁶ Для проверки воспроизводимости лабораторных и полевых процедур и для установления неоднородности. Присваивают два отдельных (уникальных) номера проб (т.е. один номер для основного образца, а другой для повторной пробы) и передают холостую пробу в лабораторию.

соблюдения конкретных стандартов и наличия сертификации для выполнения таких работ, а также предоставления отчетности относительно любых предположительно загрязненных или установленных загрязненных участков в ведомство, которое ведет учет таких объектов и контролирует обращение с ними или их реабилитацию.

В качестве одного из компонентов этого процесса применяются руководящие указания относительно концентраций вещества (например, химического соединения или металла) в почве, отложениях, воздухе и воде, которые считаются "пороговыми", указывающими на необходимость дальнейшего или формального исследования (ПИУ и ДИУ). Не все страны разрабатывают свои собственные пороговые уровни, некоторые применяют уровни, установленные в других странах. Часто применяются такие справочные руководства как Региональные уровни для скрининга ЕРА США⁷, Голландские показатели для принятия мер⁸, Канадские общенациональные стандарты⁹, Австралийские уровни для проведения медико-санитарного исследования¹⁰ и Британские ориентировочные показатели для почв¹¹.

Проведение комплексного ПИУ или ДИУ может быть довольно дорогостоящим процессом если загрязненные участки отличаются большими размерами и сложной структурой, если на них присутствуют различные загрязнители или если на них продолжается промышленная деятельность. Для полной характеристики участка часто требуется проведение отбора проб по сетке с повторным отбором проб в разные сезоны. Затраты на бурение контрольных скважин с целью отбора проб грунтовых вод и на проведение специального лабораторного анализа большого числа образцов также могут оказаться весьма значительными и выходящими за пределы финансовых возможностей НПО. В то же время, эти организации могут сыграть ключевую роль в повышении информированности о потенциальных загрязненных участках, выявляя предположительно загрязненные участки, документируя работы, которые могли привести к загрязнению и даже проводя отбор проб для элементарного начального скрининга. НПО могут также проводить инвентаризацию известных и предположительно загрязненных участков, чтобы помочь органам регулирования в проведении последующих исследований, которые требуют значительных ресурсов.

НПО, которые повышают уровень информированности общественности о реестре или "списке" загрязненных участков, могут стимулировать национальных политических руководителей к принятию мер для разрешения связанных с ними проблем путем разработки национального законодательства

⁷ См. сайт Агентства по охране окружающей среды США

<http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/>

⁸ http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2013/januari/Proposal_for_Intervention_Values_soil_and_groundwater_for_the_2nd_3rd_and_4th_series_of_compounds

⁹ <https://www.ec.gc.ca/mercure-mercury/default.asp?lang=En&n=C6953AC5-1>

¹⁰ <http://www.scew.gov.au/nepms/assessment-site-contamination>

¹¹ <https://www.gov.uk/government/publications/land-contamination-soil-guideline-values-sgvs>

по вопросам изучения и реабилитации участков, что может привести к разработке правовой базы по определению ответственности за очистку и по схемам для выплаты компенсаций. Заслуживающим внимание примером таких схем является Суперфонд США (US EPA Region 9 2015), который выделяет средства для реабилитации опасных объектов и создал базу данных известных загрязненных участков, требующих реабилитации.

После подтверждения загрязнения участков ртутью, НПО могут повышать информированность местных жителей и местных органов власти об опасности, связанной с этими участками, а также о мерах предосторожности, которые можно предпринять для минимизации воздействия такого загрязнения. Это особенно актуально для загрязненных ртутью участков, расположенных поблизости от мест вылова рыбы (особенно ниже по течению от загрязненного участка) для употребления в пищу, так как такая рыба может содержать повышенные уровни метилртути (MeHg). Аналогичным образом, другие формы непрямого пробоотбора могут помочь в выявлении таких локализованных источников загрязнения как лишайники, рыба, ракообразные и некоторые съедобные растения.

3.1. Скрининг участка (отбор проб)

Прямой (на участке) отбор проб для скрининга (пробы грунта, воды и воздуха) на предположительно загрязненных участках или не прямой отбор проб поблизости от участка (растения, рыба, птицы или биологические пробы для человека) может дать серьезные указания на присутствие загрязненных участков и на пути миграции загрязнителей с этих участков.

Биологические образцы можно также отбирать если люди, которые проживают или работают в непосредственной близости от загрязненного участка добровольно желают их предоставить. К этому процессу следует подходить деликатно, поскольку требуется учитывать соображения приватности и этики, в том числе и вопрос о возможной поддержке и консультациях для людей, у которых будет установлен высокий уровень экспозиции. В связи со ртутной экспозицией человека обычно используются такие биологические материалы как волосы, моча и кровь. На начальном этапе чаще всего используется отбор проб волос, поскольку этот метод по сравнению с другими наименее инвазивный, а анализ обходится относительно недорого. Методика отбора проб подробнее рассматривается ниже.

3.2. Непрямой отбор проб

Для предположительно загрязненных ртутью участков скрининг загрязнения почвы и воздуха может проводиться эффективно и при относительно низких затратах. В случае непрямого скрининга полезно отбирать пробы рыбы, поскольку их можно сравнить с другими (контрольными) популяциями из

других районов, для которых известно отсутствие загрязнения, а также с известными референсными дозами, установленными для допустимых уровней метилртути в рыбе (уровни для допустимого потребления рыбы в течение месяца). Агентство по охране окружающей среды США установило ориентировочный безопасный уровень месячного потребления метилртути в 0,22 мг/кг (US EPA 2001).

Европейская комиссия и Всемирная организация здравоохранения рекомендуют не допускать коммерческой торговли рыбой с содержанием ртути выше 1 мг/кг. Как и в случае отбора проб яиц, молока и рыбы для определения диоксина, для проведения анализа следует обращаться в сертифицированные лаборатории и они могут также помочь инструкциями по отбору проб, обращению с ними, хранению и по допустимым срокам хранения. Если результаты анализа проб рыбы указывают на превышение референсной дозы для метилртути, то требуется проведение дополнительного исследования для установления источника загрязнения.

Обширная информация по отбору проб рыбы в полевых условиях для определения метилртути приводится в *Протоколах глобального проекта по ртути для проведения экологической и медико-санитарной оценки ртути, выделяющейся в артельной и малотоннажной добыче золота*. (GEF/UNDP/UNIDO, 2004 p86)

3.3. Отбор проб волос для определения ртутной экспозиции

Отбор проб волос для определения ртути может указывать на локализованное продолжающееся ртутное загрязнение. Референсная доза (RfD) EPA США для содержания ртути в волосах в 1,0 мг/кг устанавливает пороговый показатель для сравнения с результатами для местных жителей или рабочих при проверке на наличие повышенных уровней ртути.

Люди могут подвергаться воздействию ртути из многочисленных промышленных и горнодобывающих источников, включая угольные электростанции, целлюлозно-бумажные комбинаты и комплексные промышленные зоны, включающие хлорно-щелочные производства, нефтепереработку, сжигание отходов, производство цемента и другие потенциальные источники ртути. Это потребует учитывать при определении источников повышенных уровней ртути в волосах - вызывается ли это местным загрязненным участком или более диффузными источниками. Отбор проб волос для детей можно использовать для установления возможного присутствия ртути в количествах, которые могут повлиять на развитие их нервной системы, что позволяет государственным структурам предпринимать меры на ранней стадии для сокращения их экспозиции (Grandjean 1999).

Национальный институт по болезни Минамата (Япония) рекомендует следующий процесс для отбора проб волос (могут также применяться и другие методы).

3.4. Отбор проб волос:

- Волосы обрезаются ножницами около корней. Минимальное требование - двадцать волос каждый длиной около 10 см. Чем короче волосы, тем больше их потребуется. Если волосы более длинные, то их можно обрезать, оставив 10 см отрезок ближе к корням.
- *Примечание:* Для анализа с целью определения экспозиции по метилртути лучше подходит часть волос ближе к корням. Это объясняется тем, что содержание метилртути в волосах в процессе их роста при определенных условиях, например, при искусственной завивке.
- Собранная проба волос помещается в конверт с идентификационным номером участника. Используется один конверт для каждого индивидуального участника.

3.5. Отправка собранных проб волос

- Пробы волос собирают и хранят пока количество участников не превысит 50 человек и отправляют пробы вместе со списком участников. Количество участников не должно превышать 100 человек для каждого участка отбора.
- В списке участников должны указываться идентификационные номера, пол, возраст, дата отбора пробы и участок отбора.
- *Примечание:* Личную информацию, включая имена и адреса, которую можно использовать для идентификации индивидуальных участников, следует защищать от свободного доступа. Она должна жестко контролироваться конкретным администратором. В определенных случаях личная информация может быть необходимой, например, при передаче результатов анализа местным жителям.

3.6. Прямой отбор проб (на участке)

Пробы почв, отложений и воды на известных или предположительно загрязненных участках могут отбираться НПО непосредственно, после некоторой предварительной подготовки и под надзором. В то же время, при этом важно помнить об опасности экспозиции при работе на таких участках и о необходимости использования целесообразных средств индивидуальной защиты для снижения риска. Кроме того, также желательно отбирать более репрезентативные пробы грунта и отложений на большей площади, а не отбирать пробы в одном месте, поскольку при этом можно пропустить горячие точки и характеристика участка может оказаться неадекватной.

Критически важно подготовить протокол отбора проб, включающий детальное описание процесса отбора. Это должно включать описание оборудования и методов для отбора проб, расположение точки отбора каждой пробы (предпочтительно с координатами широты и долготы, полученные при помощи ГИС), примечания относительно внешнего вида и запаха образца, и причин для проведения отбора проб (например, дренажная канава хлорно-щелочного предприятия). Если применяется отбор проб по сетке, то интервалы между узлами сетки следует определять с применением соответствующих национальных и международных стандартов, и документировать.

Одним из методов для выявления ртутного загрязнения на предположительно загрязненном участке с минимальным воздействием на потенциально загрязненный материал (а соответственно и с минимальной экспозицией по ртути) является применение ртутных газоанализаторов.



Рис. 1: Пример изучения загрязненного участка с использованием портативного анализатора ртутных паров.

Газоанализаторы - это портативные электронные приборы, которые могут определять повышенные уровни ртути на объектах в полевых условиях. Некоторые из них откалиброваны для содержания ртути в почвах или в других твердых материалах, а другие - для определения паров ртути. Некоторые из этих приборов снабжены дополнительными приспособлениями для определения ртути в почвах, воде и в воздухе.

К портативным приборам для определения ртути относятся следующие (но этот список не исчерпывающий):

- Metorex X-MET 2000 Metal Master Analyser, рентгеновский флуоресцентный анализатор
- Milestone Inc. Direct Mercury Analyser (DMA-80), прибор для термического разложения
- NITON XL-700 Series - анализатор для определения нескольких элементов, рентгеновский флуоресцентный анализатор (РФА)
- Lumex RA-915+ Portable Mercury Analyser, атомно-абсорбционный спектрофотометр с дополнительным приспособлением для термического разложения RP 91C
- MTI, Inc. PDV 5000 - ручной прибор, вольтамперметр с анодным растворением
- Olympus Delta - портативный рентгеновский флуоресцентный анализатор

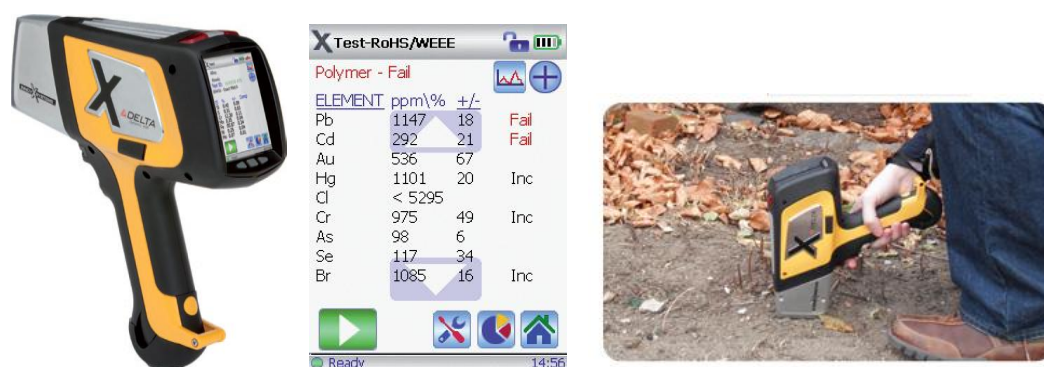


Рис. 2: Портативный рентгеновский флуоресцентный анализатор Olympus Delta с примером показаний для содержания металлов в полимерах на экране. Источник: www.innovx.com

Эти портативные приборы особенно полезны для быстрого получения данных для большого числа мест на участке, что может помочь в установлении горячих точек.

Представленный выше (Рис. 2) рентгеновский флуоресцентный анализатор - это пример исполнения анализатора для твердых веществ (почва, предметы), который можно запрограммировать для анализа потребительских товаров и компонентов окружающей среды, таких как почвы. Прибор располагают близко к целевому объекту и активируют. На экран выводятся результаты анализа в мг/кг. Приборы этого типа предназначены для определения тяжелых металлов, но их можно откалибровать и для определения других химических веществ.

Для определения паров ртути на загрязненном участке может оказаться эффективным такой прибор как анализатор "Lumex" (см. Рис. 3). Закупка этих приборов может потребовать больших затрат, но во многих странах их можно взять в аренду на разное время.



Рис. 3: Портативный анализатор ртутных паров Ohio Lumex [RA915+](#) , который можно также адаптировать для анализа почвы и воды.

Роль НПО в проведении первоначального скрининга участков во многих странах оказалась весьма эффективной в повышении информированности о загрязненных участках и в стимулировании государственных структур к разрешению проблем, связанных с загрязнением на этих участках. Независимо от того, проводится ли простой отбор проб волос или же применяются более сложные приборы, такие как газоанализаторы, у НПО есть множество различных возможных вариантов для выявления участков, загрязненных ртутью и другими металлами.

3.7. Отбор проб почвы и воды для лабораторного анализа

Если предполагается отбирать пробы почвы или воды на предполагаемом загрязненном участке для лабораторного анализа, рекомендуется перед отбором проб проконсультироваться с сертифицированной лабораторией, которая использует признанные международные методы. Они могут проконсультировать о правильном протоколе для отбора проб, включая и правильный тип контейнеров для хранения образцов. Эти детали имеют значение, поскольку некоторые материалы для отбора и хранения проб (пластик и металлы) могут привести к загрязнению проб и к получению ложных результатов. В некоторых случаях лаборатории могут предоставлять контейнеры для отбора проб, которые были заблаговременно подготовлены, чтобы обеспечить отсутствие случайного перекрестного загрязнения образцов. Они также могут проконсультировать по допустимой длительности хранения проб и о необходимости хранения в холодильнике или замораживания проб (например, в случае образцов рыбы).

4. Оценка риска

Оценка риска (ОР) для загрязненных участков - это важный компонент в определении рецепторов (люди и окружающая среда) и в принятии решений относительно обращения с участком или его реабилитации. Оценка риска может также оказаться полезным инструментом для приоритизации мер реабилитации в случае множества загрязненных участков исходя из того, какие из них представляют наибольший риск. В данном разделе дается краткий обзор

основных принципов оценки риска и приводятся всесторонние указания для людей, применяющих оценку риска для загрязненных ртутью участков.

У моделей оценки риска могут быть существенные ограничения и многие исходные данные для этих моделей требуют той или иной степени экспертной оценки со стороны проводящих ОР лиц. Эти модели могут также ограничиваться токсикологическими данными, которые традиционно основываются на анализе отдельных химических соединений и их характеристиках "доза - эффект"¹². Загрязненный участок может подвергаться воздействию какого-то одного химического вещества или металла, но гораздо чаще такие участки подвергаются воздействию целого набора металлов и загрязнителей, особенно если участок использовался для сброса смешанных отходов.

В некоторых случаях, когда на участке присутствуют смеси химических веществ, то они могут проявлять синергичные токсичные эффекты, когда общая токсичность смеси намного превышает простую сумму токсичных эффектов индивидуальных компонентов. Усиление токсичности некоторых химических веществ другими веществами часто недостаточно учитывается в традиционных моделях оценки риска, хотя и предпринимаются шаги для разрешения этой проблемы. В то же время, если учесть, что в настоящее время производится более 100.000 химических веществ (Winder et al 2004), то проведение всестороннего анализа всех возможных взаимодействий в рамках традиционной ОР остается проблематичным и долгосрочным делом, и вместо этого можно воспользоваться другими методами оценки.

В качестве альтернативы для количественной оценке риска смесей, все больше используют *биологические индикаторы* для определения токсичного воздействия загрязненных источников. Биологические индикаторы используются для определения относительной токсичности химического вещества путем оценки его воздействия на живые организмы. С точки зрения экологического тестирования, биологические индикаторы дают комплексную оценку общей токсичности сточных вод, проб воды, отложений или грунта с загрязненного участка. Имеется ряд руководящих указаний для желающих использовать биоиндикаторы в дополнение к ОР или для усовершенствования оценки и характеристики загрязненных вод (enHealth 2012), грунтов (Hooper 2008) и отложений (Barcelo and Petrovic 2006).

Оценку риска для загрязненных ртутью участков можно проводить с использованием существующих моделей, но они связаны с некоторыми важными ограничениями, которые могут привести к существенной недооценке потенциальной экспозиции рецепторов. Основной проблемой является отсутствие в существующих моделях данных по составу для конкретных участков и оценок биологической доступности для конкретных соединений.

¹² Характеристика "доза - эффект" показывает, как вероятность и острота негативных воздействий на здоровье (эффект) связаны с величиной и условиями экспозиции по тому или иному агенту (доза).

Биологическая доступность может существенно отличаться для различных форм ртути и ее соединений, и ее можно определить как "доля соединения в матрице, которая, в случае его выделения из матрицы, может поглощаться живым организмом. Тогда такое поглощенное соединение может вызывать биологические эффекты" (Stein et al 1996). В качестве типичного примера можно указать ситуацию, когда обнаруживаются высокие уровни ртути в рыбе, выловленной на участке, где в отложениях высоких концентраций ртути не обнаруживается.

В традиционных моделях ОР применяется менее четко установленный подход - в них в качестве исходных данных берут общие концентрации и применяют фиксированные коэффициенты для оценки реального воздействия на рецепторы, чтобы получить профиль риска для участка в определенный момент времени с допущением о его стационарном состоянии (US EPA 1996).

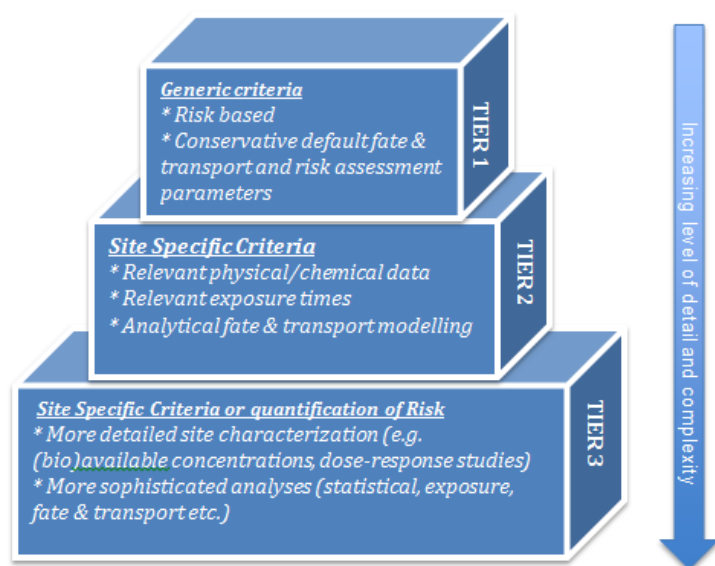


Рис. 4: Три уровня для оценки риска в случае загрязненных земель. Эти этапы могут несколько отличаться в разных странах и в разных системах оценки риска. Источник: (Ohlsson et al 2014)

5. Загрязненные участки: Подходы к обращению с ними и к реабилитации

В этом разделе рассматриваются различные подходы к обращению с загрязненными ртутью участками и к их реабилитации. Рассматриваются преимущественно участки загрязненные в результате промышленной деятельности - участки такого типа, которые можно ожидать на местах текущей или прошлой промышленной деятельности в Европе и в США, но соответствующая информация применима также и в других странах.

Производство хлора на хлорно-щелочных предприятиях, применяющих электролиз со ртутным катодом, было одним из значительных источников ртутного загрязнения из-за применения больших объемов ртути в производственном процессе, выбросов паров ртути, разливов, утечек и удаления ртути с отходами.

Хотя хлорно-щелочные предприятия являются одним из наиболее значимых источников промышленного загрязнения, имеются и другие виды деятельности, такие как пропитка древесины (HgCl_2), производство и утилизация химических источников тока, а также другие производства, такие как изготовление термометров и электрических переключателей, которые могут привести к ртутному загрязнению. Далее, в разделе 7.2 в качестве примера точечного источника ртутного загрязнения рассматривается фабрика по производству термометров.

Промышленные процессы с применением ртутных катализаторов могут вызывать загрязнение на промплощадке и могут оказывать воздействие на другие участки в связи со сбросом отходов. Производство нефти и природного газа также является источником ртути так как при этом происходит удаление элементарной ртути из продуктов, чтобы защитить от коррозии производственное оборудование.

Удаление отходов (включая твердые отходы, шламы и сточные воды) промышленной деятельности является причиной появления многих загрязненных ртутью участков. Река Нура и ее пойма (Центральный Казахстан) оказались загрязненными ртутью из-за сброса в реку загрязненных сточных вод предприятия по производству ацетальдегида. Это привело к воздействиям ниже по течению, включая загрязнение метилртутью рыбы в р. Нура, что, в свою очередь, привело к повышению содержания ртути в организме жителей г. Темиртау, которые употребляли рыбу из реки Нура в пищу (Sir 2015a).

В дополнение к стокам предприятия по производству ацетальдегида, завод по производству синтетического каучука в г. Темиртау сбрасывал 2000-3000 тонн ртути в р. Нура и на окрестных территориях, еще более усиливая широко распространенное ртутное загрязнение в долине р. Нура, которое потенциально может повлиять на здоровье десятков тысяч людей, использующих воду из реки и колодцев для орошения сельхозугодий, для домашнего скота, для купания и рыбной ловли (Sir 2015a). Конкретный пример для этого участка подробно рассматривается в разделе 7.

В некоторых случаях по результатам оценки риска и/или на основании иных соображений могут принять решение по мерам для обращения с загрязненным участком вместо его реабилитации. Это может включать изоляцию зон наиболее концентрированного загрязнения на участке, ограждение и размещение предупреждающих знаков об опасности для местных жителей, проведение регулярного мониторинга с применением визуального наблюдения и технических средств (таких как портативные газоанализаторы для

определения паров ртути), чтобы не допустить повышения уровня экспозиции. В большинстве случаев, когда существует угроза загрязнения грунтовых вод, следует пробурить мониторинговые скважины "выше" и "ниже" по направлению подземного стока для отбора проб и для характеристики потенциального распространения загрязнителей. Все эти данные следует пересматривать по меньшей мере ежегодно, чтобы обеспечить изоляцию загрязнения.

Независимо от того, какой вариант избран (обращение с участком или его реабилитация), следует предотвратить его дополнительное загрязнение из известного источника. Кроме того, меры по обращению с участком или его реабилитации не должны приводить к созданию или распространению новых загрязненных участков (например, из-за сброса отходов за пределами участка, удаления загрязненных материалов при бурении скважин, сточных вод и т.д.).

Вариант обращения с загрязненными участками обычно выбирают по экономическим причинам, когда отсутствуют достаточные ресурсы для полномасштабной реабилитации. В то же время, в некоторых случаях работа с загрязненным материалом в процессе реабилитации может привести к более серьезному экологическому ущербу чем в случае, когда его просто оставляют на месте и не трогают. В некоторых случаях сообщали, что выемка загрязненных ртутью отложений приводила к переходу отложений в форму суспензий, которые загрязняли водную среду и приводили к повышению уровней ртути в биоте ниже по течению (Anchor Environmental 2003). В случае жилых районов не следует отдавать предпочтение мерам обращения с загрязнением если можно провести полномасштабную рекультивацию.

5.1. Обращение с участками

Стратегии обращения с загрязненными ртутью участками должны отражать необходимость защиты всех компонентов окружающей среды, как биологических, так и физических.

В ходе проведения оценки и реабилитации участков необходимо предпринимать меры для контроля выбросов и сбросов в воздух, воду и почвы.

В случае ртути могут возникать особые трудности из-за ее склонности переходить в фазу паров при комнатной температуре. Это включает риск выделения паров ртути при работе со ртутьсодержащими отложениями, при сносе загрязненных ртутью сооружений и при прокладке разведочных шурфов.

Бурение скважин для мониторинга грунтовых вод также может создавать возможности для выделения паров ртути из загрязненного грунта. Следует тщательно проводить регулярный мониторинг паров ртути с применением

газоанализаторов на всех потревоженных участках, чтобы обеспечить безопасность работников, местных жителей или других людей.

Не следует приступать к мерам очистки если существует вероятность, что такой процесс может привести к более серьезным негативным последствиям чем альтернативный вариант - оставить участок нетронутым. Такое решение может впоследствии пересматриваться, когда появятся новые технологии или стратегии очистки, или же если будет установлено повышение риска из-за утечки загрязнения за пределы участка или изолирующих конструкций.

5.1.1. Мониторинг

Если было установлено, что участок загрязнен, но обстоятельства или оценка риска привели к решению о проведении мер обращения с участком вместо его реабилитации, то в таком случае необходимо разработать и реализовать план мониторинга.

В рамках детализированного изучения участка следует охарактеризовать его геологию, гидрогеологию и гидрологию для целей оценки риска и выбора возможных вариантов обращения с участком и/или его реабилитации.

В случае участков, загрязненных ртутью (а также участков, загрязненных летучими органическими соединениями или ЛОС), мониторинг должен включать мониторинг паров в соответствующих целевых точках на участке, установленных в ходе изучения почвенных газов (такие работы следует провести в ходе детализированного изучения участка). Это относится только к элементарной ртути, поскольку мониторинг паров не позволяет определять соли ртути, которые потенциально представляют риск для грунтовых вод из-за своей растворимости.

Мониторинг грунтовых вод также имеет критически важное значения для мониторинга перемещения или расширения пятна загрязнения, включая осаждение за счет "эффекта перепада давления", создаваемого скважинами за пределами участка и водозаборными колодцами, которые могут повлиять на перемещение пятен загрязнения помимо естественного стока грунтовых вод.

В общих чертах, мониторинговые колодцы или скважины следует располагать выше по направлению стока грунтовых вод и ниже от загрязненного участка в ходе проведения ДИУ, чтобы помочь в проведении гидрогеологической характеристики участка и в определении границ загрязнения грунтовых вод. Когда уже проведена характеристика пятна загрязнения при помощи отбора проб и моделирования, то последующие мониторинговые скважины следует размещать ниже по направлению стока от продвигающегося пятна, чтобы выявить его расширение и рассчитать его перемещение по сравнению с ранее выполненным моделированием. После этого можно будет скорректировать предварительные предположения о дальнейшем перемещении пятна и

оценить связанные с этим риски. Существуют международные методики для мониторинга ртути в грунтовых водах, такие как методика ISO 17852 - 2006 для качества воды.

5.2. Реабилитация: Принципы и подходы

Основной целью реабилитации должно быть превращение участка в приемлемый и безопасный для долгосрочного продолжения его текущего использования и максимального практически возможного применения для других возможных видов использования в будущем.

Предпочтительная иерархия возможных вариантов для реабилитации загрязненных участков и обращения с ними

i) Обработка грунта на месте, чтобы загрязнитель или уничтожался, или же связанная с ним опасность сокращалась до приемлемого уровня без негативных последствий для окружающей среды, рабочих, местных жителей или других людей.

ii) Обработка извлеченного грунта за пределами участка, чтобы загрязнитель или уничтожался, или же связанная с ним опасность сокращалась до приемлемого уровня, после чего этот грунт возвращается на участок без негативных последствий для окружающей среды, рабочих, местных жителей или других людей.

Если невозможно реализовать один из этих вариантов, то другие возможные варианты для рассмотрения могут включать:

i) Удаление загрязненной почвы на утвержденный участок или объект, после чего участок засыпают чистым грунтом

ii) Изоляция загрязнения на участке в соответствующим образом спроектированной и обслуживаемой изолирующей конструкции с регулярным мониторингом и пересмотром стратегий мер исправления ситуации со временем

iii) Оставление загрязненного материала на участке при условии отсутствия непосредственной угрозы для окружающей среды или населения и если обращение с участком контролируется. Для этого требуется пересмотр мер исправления ситуации со временем, чтобы учесть разработку новых технологий и практических методов, которые можно было бы применить.

В поддержку сложных мер реабилитации следует разработать и реализовать План действий по реабилитации (ПДР). Ключевые компоненты ПДР включают следующие:

- Определение ключевых заинтересованных сторон и обязанностей.
- Разработка целей реабилитации и критериев приемлемости очистки.
- Оценка возможных вариантов реабилитации и определение предпочтительного варианта.
- Документирование методологии реабилитации, включая какие-либо требования к разрешениям/лицензиям органов регулирования.
- Разработка плана управления охраной окружающей среды.
- Определение программы валидации для демонстрации успешного завершения реабилитации, включая мониторинг (EPA Tasmania 2005).

5.2.1. Подход "пригодности для использования"

Если загрязнение участка подтверждено и он создает реальный риск для здоровья человека и/или для окружающей среды, то следует провести его реабилитацию. Термин "реабилитация" обычно относится к удалению и/или обработке загрязнения для сокращения уровня экспозиции людей и риска для здоровья или для окружающей среды. В некоторых странах используется подход "пригодности для использования", когда участок очищают до определенного уровня в зависимости от предполагаемого использования этого участка в будущем. Системы регулирования для загрязненных участков часто классифицируют виды использования участков с применением таких категорий:

- Жилые
- Парки и места отдыха
- Коммерческие
- Промышленные

Эта система основывается на потенциальной экспозиции рецепторов (людей) - в первую очередь на длительности экспозиции. Далее, с использованием сценариев экспозиции определяют допустимые уровни экспозиции для соответствующих категорий использования участков. В общих чертах, для "жилых" участков устанавливаются самые низкие из всех категорий допустимые уровни загрязнения почв, поскольку существует потенциальная возможность длительной экспозиции проживающих на участке лиц (до 24 часов в сутки), а также возможность проживания на таком участке детей, которые склонны тянуть все в рот (Edward et al 1997), что по сути означает, что они поглощают небольшие количества грязи.

При расчете экспозиции иногда принимают во внимание сценарий употребления в пищу выращенных на участке продуктов, что в случае ртути имеет особое значение в связи с употреблением домашних овощей и рыбы. Это становится особенно важным в случае участков после АМДЗ, когда загрязнение часто выходит за пределы участков собственно добычи, а обработку породы и

амальгамацию производят в деревнях, неподалеку от рыбоводных прудов и рисовых плантаций (которые часто также используют для рыбоводства). Хотя о накоплении метилртути в рыбе было известно уже давно, сейчас появляется все больше данных о накоплении ртути в рисе (ссылка). При этом возникают сложные проблемы - что делать со ртутным загрязнением в контексте АМДЗ, особенно в Юго-восточной Азии, где выращивание риса и разведение рыбы ведется параллельно с амальгамацией золота в населенных пунктах.

Допустимые уровни загрязнения для категории "парки и мест отдыха" будут несколько выше, они еще больше увеличиваются для категории "коммерческие", а самые высокие допустимые уровни загрязнения обычно устанавливаются для участков, которые в настоящее время относятся к категории "промышленные" или же которые планируется использовать для промышленной деятельности в будущем. Для коммерческих и промышленных участков разрешается более высокий уровень загрязнения грунта исходя из того, что рабочие будут подвергаться экспозиции только ограниченное время в течение дня и могут использовать средства индивидуальной защиты по производственным соображениям, а поверхность грунта на участке может покрываться асфальтом или бетоном для дополнительного сокращения экспозиции.

Этот подход определяется не только оценкой риска, но также и оценкой эффекта и затрат, в соответствии с которой на промышленные участки могут распространяться менее жесткие стандарты реабилитации по сравнению с жилыми (что позволяет существенно сократить затраты для владельца участка или других ответственных сторон). Этот подход связан с проблемами, поскольку загрязнение сохраняется для проведения мер в будущем, даже будущими поколениями. Это не соответствует принципу предосторожности, не является устойчивым решением или образцом лучшей практики, но этот подход является экономически выходным для сторон, отвечающих за проведение реабилитации участка.

Этот подход может также привести к дальнейшим экологическим проблемам. Например, орган регулирования может решить, что для реабилитации жилого участка может потребоваться очистка до уровня не более 2 мг/кг элементарной ртути в почве, тогда как для промышленного участка могут разрешить реабилитацию серьезно загрязненной территории до уровня 200 мг/кг элементарной ртути в почве. Маловероятно, чтобы с жилого участка выделялось значительное количество ртутных паров или смывалось поверхностным стоком существенное количество ртути, чтобы вызвать загрязнение воздуха или местной окружающей среды, тогда как промышленный участок будет продолжать загрязнять воздух испарениями в течение многих лет, а возможно и загрязнять грунтовые воды. В случае наихудшего сценария пройдет несколько десятилетий и данные о загрязнении участка будут утеряны или забыты, так что его могут отдать под жилую застройку, что приведет к новому циклу экспозиции.

Существует еще и дополнительная проблема, связанная с будущими затратами на полную очистку участков, которые подверглись лишь частичной реабилитации. Вполне вероятно, что будущие затраты будут выше, а загрязнение со временем может распространиться, увеличивая при этом масштабы, стоимость и уровень будущих мер реабилитации участка, особенно если характер землепользования на нем изменится в сторону более жестких требований, как, например, в случае жилой застройки.

Альтернативный подход предусматривает проведение полной очистки участка как только возникает такая возможность, чтобы избежать затрат, неудобств и риска, связанных с повторной реабилитацией участка в будущем. С точки зрения экологической устойчивости (справедливость в отношении будущих поколений, принцип предосторожности и принцип "загрязнитель платит") этот подход уже больше приближается к образцам лучшей практики.

После завершения работ по реабилитации загрязненного участка требуются дальнейшие шаги для обеспечения результативности этих работ.

5.3. Валидация

После завершения работ по реабилитации необходимо показать, что были достигнуты их цели (включая показатели концентраций загрязнителей в воздухе, воде и почвах, а также целостность изоляции). Участок не должен более представлять опасность для здоровья человека или для окружающей среды. Следует провести валидацию, включая отбор проб грунта, грунтовых вод, отложений, биоты и паров, чтобы удостовериться в достижении поставленных целей. Отбор проб грунтовых вод нужно будет продолжать в течение некоторого времени, чтобы учесть влияние сезонных изменений и других воздействий.

Планы постоянного мониторинга должны также включать план действий на случай непредвиденных обстоятельств, чтобы устранить какие-либо недостатки или неожиданное появление загрязнения по данным мониторинга, что может быть связано с плохо охарактеризованными или неизвестными ранее горячими точками, или же с воздействием внешних факторов за пределами участка.

6. Технологии и методы реабилитации

Технологии реабилитации для загрязненных ртутью участков должны обеспечивать разрешение некоторых уникальных проблем, связанных со сложным поведением и характеристиками элементарной ртути и ее соединений. В частности, ртуть способна переходить в фазу паров при обычных температурах, а некоторые ее формы способны мигрировать в толще грунта.

При проведении работ по реабилитации загрязненных ртутью участков критически важно оценивать и предотвращать мобильность ртути в почвах, ее выбросы и сбросы в воздух, воду и почвы.

При рассмотрении вопроса о выборе технологии и о разработке стратегии для очистки участка, необходимо рассмотреть три ключевых вопроса:

1. Разработка всесторонней концептуальной модели участка (КМУ), которая включает детализированное обследование участка с описанием потенциального выброса ртути с участка в результате применения технологии реабилитации, а также каких-либо трансформаций (таких как переход из твердого состояния в пары) в результате применения технологии. Это зависит от адекватного определения **форм ртути**, потенциально присутствующих в воздухе, воде и почвах, а также их потенциального риска для здоровья людей и для окружающей среды.
2. Элементарную ртуть уничтожить невозможно, так что любая стратегия реабилитации должна учитывать вопросы обращения с остаточными ртутными отходами, включая их стабилизацию, транспортировку и конечное удаление.
3. Технологии реабилитации связаны с риском высвобождения ртути в ходе проведения работ по очистке. Планы безопасности и защиты здоровья работников должны учитывать это обстоятельство. См. более подробную информацию в разделе 8.

Как уже отмечалось ранее в этом документе, основывающиеся на оценке риска подходы к реабилитации могут привести к результатам, которые существенно отклоняются от целей устойчивой реабилитации, предполагающих интеграцию принципов устойчивого развития в цели предлагаемых мер реабилитации.

Устойчивый подход к реабилитации включает учет социальных, экологических и экономических соображений в процессе очистки участка, включая принцип "загрязнитель платит" и справедливость в отношении будущих поколений. Основывающийся исключительно на оценке риска подход, такой, например, как предложенный Еврохлором (2009), определяется преимущественно экономическими соображениями. Соответственно, необходимо разработать устойчивый подход к реабилитации, продвигающий социальные цели. Они могут быть связаны или интегрироваться с такими социальными целями как улучшение здоровья людей, повышение уровня образования, альтернативные источники средств к существованию (особенно в случае участков после АМДЗ), развитие сельского хозяйства или рыбного сектора, которые вносят свой вклад в достижение более широких социальных целей сокращения бедности

6.1. Точечные источники и диффузное загрязнение

С точки зрения ртутного загрязнения, применение стратегий и технологий реабилитации должно также определяться и характером загрязнения. Загрязнение может быть в форме *точечного источника* (такого как бывшее хлорно-щелочное предприятие) или же может обладать характеристиками *диффузного загрязнения*, когда ртуть распространилась далеко за пределы источника из-за сброса в водную среду, например в реки и другие водотоки, после чего отлагалась по берегам рек, в водохранилищах или дельтах.

В работе Hinton et al (2001) предлагается два различных типа мер реагирования в зависимости от точечного или диффузного характера ртутного загрязнения. Хинтон полагал, что в случае диффузного загрязнения меры реабилитации обычно являются нецелесообразными.

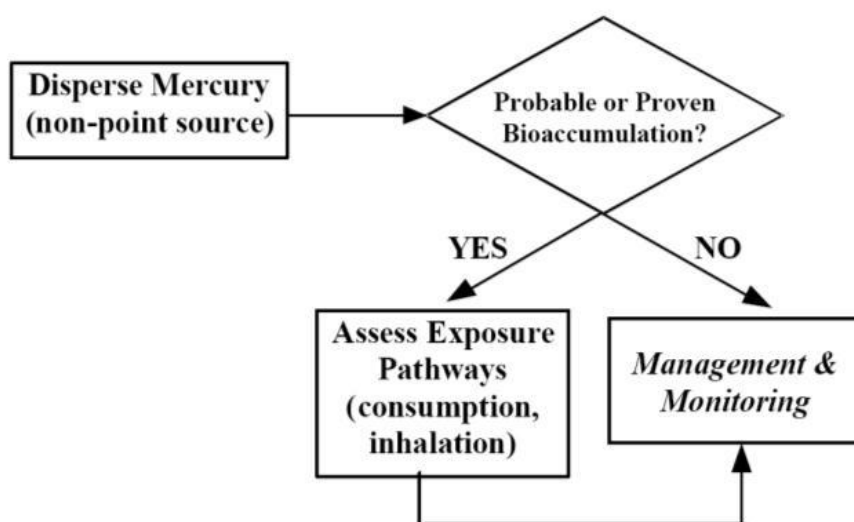


Рис. 5: Меры реагирования на диффузное ртутное загрязнение, предложенные в работе Hinton et al (2001)

В случае точечных источников загрязнения Хинтон рассматривал возможность "извлечение и захоронения/переработки", а если это сделать невозможно, то он рекомендовал рассмотреть методы изоляции на месте и покрытия. В обоих случаях Хинтон рассматривал биологическую доступность ртути в качестве главной движущей силы стратегий реабилитации. В отсутствие подхода к реабилитации участков с диффузным ртутным загрязнением, могут применяться те или иные варианты подхода на основе оценки риска. Это может включать информирование общественности с целью сокращения экспозиции от загрязненных ртутью почв и отложений, сокращение или предотвращение потребления загрязненной биоты (особенно рыбы), изменение характера землепользования (например, сельскохозяйственного), чтобы избежать участков с повышенным загрязнением. Меры реагирования могут также включать мониторинг состояния здоровья населения и лечение пострадавших.

В более недавние годы разрабатывались новые технологии, которые потенциально могут использоваться для разрешения проблем, связанных с диффузным загрязнением, такие как фитореабилитация. Это процесс, когда на загрязненных участках высаживают растения, накапливающие ртуть в корнях, стеблях или в листьях, а затем эти растения собирают.

Фитореабилитацию иногда называют фитостабилизацией, фитоэкстракцией или фитоволатизацией, поскольку растения могут также выделять пары ртути в окружающую среду (Wang et al 2012). Ключевым вопросом в связи с этой технологией является обращение с остаточным материалом (собранная растительная масса, загрязненная ртутью), чтобы обеспечить, что эта ртуть не выделяется вновь (например, при сжигании) или не потребляется с пищевыми продуктами.

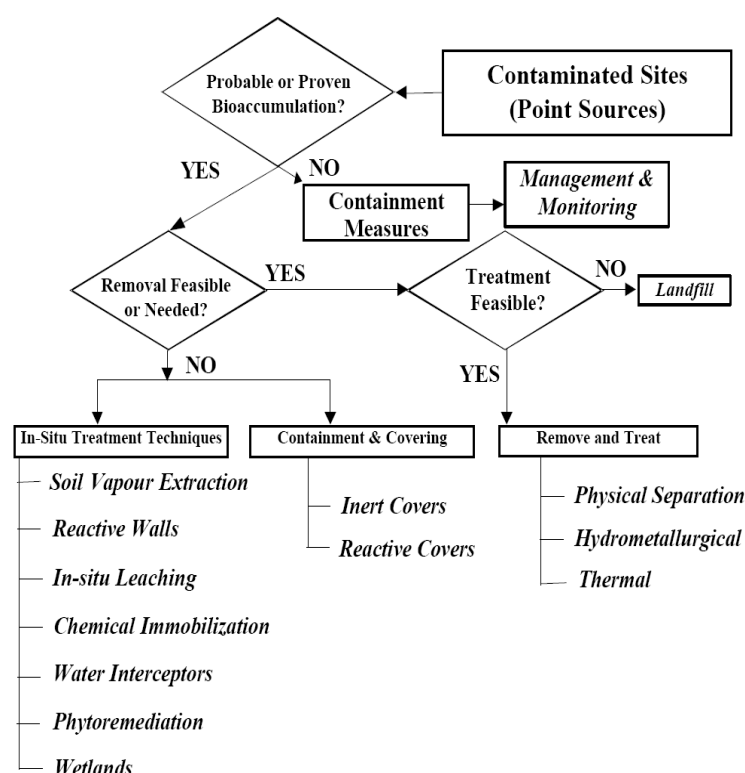


Рис. 6: Меры реагирования на точечное ртутное загрязнение, предложенные в работе Hinton et al (2001)

Существуют многочисленные технологии, которые применяются для участков, загрязненных ртутью из точечных источников. Они могут применяться индивидуально или последовательно. Ряд технологий уже доказали свою эффективность и их регулярно применяют для загрязненных почв и воды, тогда как другие считаются новыми, с различной степенью потенциальной применимости для этих компонентов окружающей среды.

6.2. Проверенные технологии для реабилитации загрязненной ртутью почвы

6.2.1. Выемка и переработка на месте (извлечение)

В рамках этого подхода удаляют (извлекают) наиболее загрязненный грунт и перерабатывают его на месте, после чего концентрированный материал изолируют на участке и накрывают сверху защитным слоем для предотвращения выделения паров. Материалы с высокой концентрацией могут также захоранивать за пределами участка, на оборудованных свалках для опасных отходов.

Это предпочтительный подход для горячих точек на загрязненном участке, поскольку широкомасштабная выемка грунта приводит к серьезным инженерно-геологическим проблемам, проблемам безопасности и большим затратам. Наиболее значительная проблема, связанная с этим подходом, состоит в том, происходит высвобождение загрязненной ртутью пыли и паров ртути (атмосферные осадки могут также вымывать загрязненный грунт с участка в процессе его извлечения или же могут приводить к инфильтрации растворимых ртутных отходов в почву). Необходимо будет рассмотреть связанную с этим подходом опасность для работников и для местного населения в районе участка.

Не следует предполагать, что загрязненные участки являются пустыми и незастроенными, поскольку на них могут оставаться сооружения от предшествующего промышленного или иного применения. Снос этих сооружений может привести к выделению значительного объема паров ртути, как и в случае выемки грунта. Сооружения и строительные материалы также могут содержать значительные концентрации ртути, так что перед началом основных работ необходимо провести точное детальное обследование и подготовить концептуальные модели участков.

Одним из методов для сокращения риска выделения и выбросов ртути в процессе выемки грунта является проведение таких работ внутри временного замкнутого сооружения с пониженным давлением воздуха, которое представляет собой барьер для защиты внешних рецепторов. На приведенном ниже рисунке (Рис. 7) показано защитное сооружение с пониженным давлением воздуха (выделена черным кружком), которое используется в Новом Южном Уэльсе, Австралия, для реабилитации бывшего газового предприятия, загрязненного летучими соединениями (Australian Federal Government 2013). Эта защитная конструкция из стали и ткани, площадью 3.800 кв. м. была сооружена на северной стороне участка Платипус.

Работы по переработке загрязненных материалов проводятся внутри защитного сооружения. Весь воздух выходящий изнутри защитного контура фильтруется

системой газоочистки перед выбросом в атмосферу через трубу (участок газоочистки и дымовая труба обведены белым).



Рис. 7: Реабилитация с применением защитного сооружения и участок газоочистки
Источник: Australian Federal Government (2013)



Рис. 8: Вид внутри защитного сооружения в ходе выемки грунта
Источник: Australian Federal Government (2013)

6.2.2. Переработка после выемки грунта (промывка и отделение грунта)

Промывка грунта и предварительная обработка: большинство форм ртути обладают высоким сродством к мелкодисперсной почве и отложениям, а также высокой склонностью к адсорбции на глине и на гумусовых (органических) материалах. Физическое отделение мелкодисперсного грунта, загрязненного ртутью, от крупного песка и гравия позволяет свести к минимуму конечный объем материала, подлежащего изоляции. Физическое отделение - это процесс из 3 - 5 стадий, включающий физическое (в том числе механическое) отделение при помощи отсеивания, скрининга и промывки грунта водой или промывными растворами, такими как кислоты, полимеры и ПАВ (Merly and Hube 2014).

После промывки или отделения грунта может проводиться третий этап обработки с применением термических процессов.

6.2.3. Процессы термической обработки

В процессах термической обработки для выделения ртути из грунта используется применение нагревания и пониженного давления для высвобождения ртути в газовую фазу за счет ее низкого давления пара - 0,002 мм. рт. при 25°C (ATSDR 1999). Сжигание ртутных отходов не считается приемлемым методом для реабилитации загрязненных участков из-за высокого риска выделения паров ртути.

Большинство термических методов требуют тщательного рассмотрения перед применением в связи с переходом ртути в форму паров. Выбросы при применении этих технологий могут представлять серьезную опасность и требуют применения дорогостоящего оборудования газоочистки. Даже при использовании совершенных систем газоочистки выбросы ртути может оказаться трудно контролировать.

Когда загрязненный материал извлекли из первоначального места расположения, то его можно подвергнуть термической обработке на участке или же за пределами участка. Наиболее часто используемые технологии включают:

- Термическая десорбция извлеченного материала на участке (метод для обработки материала без выемки рассматривается далее в разделе новых технологий);
- Сжигание;
- Переработка в ретортах периодического действия.

Термическая десорбция может проводиться двумя способами: а) непрямая термическая десорбция и б) прямая термическая десорбция.

Непрямая термическая десорбция - Непрямую термическую десорбцию следует рассматривать в качестве предпочтительного варианта для загрязненных ртутью участков. При этом обычно нагревают внешнюю поверхность нагревательной камеры, а тепло передается через стенки камеры к загрязненному материалу внутри. С этими материалами не контактируют ни пламя горелок, ни дымовые газы (Environment Agency UK 2012), что позволяет предотвратить загрязнение отходящих газов.

Это существенно важно для обработки загрязненных ртутью материалов, поскольку продукты сгорания можно напрямую выбрасывать в атмосферу (если используется "чистое" топливо, такое как природный газ или пропан). Целью термической десорбции является максимально возможное извлечение летучих загрязнителей из отходящих газов в процессе их конденсации. Основным принципом работы, отличающий термическую десорбцию от сжигания отходов, состоит в применении оптимизированного извлечения десорбированных загрязнителей из газов вместо их уничтожения сжиганием (Environment Agency UK 2012).

Прямая термическая десорбция - Этот процесс не рекомендуется для очистки ртутного загрязнения из-за высокого риска летучих выбросов ртути в этом процессе. Тем не менее, в прошлом этот метод применяли на некоторых участках. Нагревание производится непосредственно излучением или пламенем и/или конвекцией при непосредственном контакте с продуктами сгорания. Системы с применением этого типа передачи тепла называют системами термической десорбции с прямым контактом или с прямым нагревом (US Government 1998).

Целью этого процесса также является максимально возможное извлечение испарившихся компонентов из отходящих газов при помощи конденсации. В то же время, при этом возникает дополнительная сложность из-за прямого контакта между продуктами сгорания и парами из отходов, что увеличивает стоимость систем, для которых требуется дополнительное оборудование для очистки отходящих газов. Выбросы паров ртути могут быть неприемлемо высокими в системах, не оборудованных качественным оборудованием газоочистки. Но даже если применяются самые совершенные системы газоочистки после проведения тщательной оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и прохождения процедур лицензирования, выбросы ртути все равно может быть сложно проконтролировать.

В качестве недавнего примера проблем с выбросами установок термической десорбции с прямым нагревом можно указать такую установку, специально сооруженную для уничтожения ртутных отходов на загрязненном участке химической компании Orica в Сиднее, Австралия. Несмотря на заверения в безопасности ее работы, предприятие нарушило показатели предельно допустимых выбросов ртути в атмосферу и в его отношении применялись меры правоприменения. В серии проб атмосферного воздуха Агентство по охране окружающей среды штата Новый Южный Уэльс установило содержание ртути в

0,0049 г на кубометр, что более чем вдвое превышает установленный органами регулирования Австралии предел в 0,002 г на кубометр. Нарушение требований к выбросам ртути могло продолжаться в течение до одного месяца прежде чем его обнаружили. После этого нарушения требований к выбросам установку прямой термической десорбции закрыли, а компанию Orica впоследствии оштрафовали за это и другие нарушения на 750.000 долларов¹³.

Реторты периодического действия - Реторты обычно работают при температурах от 425 до 540°C и под вакуумом, чтобы усилить выделение паров ртути и сократить объем образующихся отходящих газов (US EPA 2007). Их обычно применяют для относительно небольших объемов загрязненных почв с высокими концентрациями ртути (>260 мг/кг), а их производительность ограничивается 1-2 тоннами в день (Merly and Hube 2014).

Сжигание - Сжигание - это процесс разложения с применением сгорания при повышенных температурах, который используется для уничтожения загрязнителей, особенно органических соединений. Поскольку ртуть - это химический элемент, то ее сжиганием уничтожить невозможно и она скорее всего перейдет в газовую фазу или же осядет на пылевидных частицах в отходящих газах. Сжигание не является подходящей технологией для переработки ртутных отходов из-за высокой вероятности выделения ртутных паров. Риск выделения паров ртути, особенно в случае переработки загрязненных почв или отложений поблизости от населенных пунктов, является неприемлемо высоким. Существует ряд других, менее дорогостоящих и не столь сложных технологий, которыми можно воспользоваться, а связанный с ними риск будет гораздо ниже. Соответственно, сжигание *не считается* приемлемой технологией для переработки больших объемов загрязненных материалов из-за потенциальной возможности выбросов и выделения ртути (Merly and Hube 2014).

6.2.4. Технологии выемки и иммобилизации (извлечение и удаление)

В литературе этот метод часто называют процессом "выкопать и закопать" с дополнительной иммобилизационной обработкой. Извлеченные отходы можно изолировать на участке с покрытием сверху или же их можно вывезти для удаления на специально оборудованную свалку для опасных отходов. Под иммобилизацией содержащейся в материале ртути понимают обработку, которая значительно снижает способность ртути к выщелачиванию в растворимой форме или к выделению в виде паров. Методы иммобилизации включают:

- а) амальгамацию (с другими металлами);

¹³ См.: <http://www.epa.nsw.gov.au/epamedia/EPAMedia14072901.htm>

- b) стабилизацию (обычно за счет химических реакций с соединениями серы и полимерами);
- c) отверждение (физическая стабилизацию путем смешивания с твердыми неопасными материалами).

6.2.5. Амальгамация

В работе US EPA (2007) амальгамация определяется как *как растворение и отверждение ртути в других металлах, таких как медь, никель, цинк и олово, приводящее к образованию твердого нелетучего продукта. Она относится к подгруппе технологий отверждения и не связана с химической реакцией. Для амальгамации ртути в отходах используется два основных процесса: водное и безводное замещение. Водный процесс включает смешение мелкодисперсного основного металла, такого как цинк или медь со сточными водами, содержащими растворенные соли ртути; основной металл восстанавливает соли ртути до элементарной ртути, которая растворяется в этом металле с образованием твердого сплава ртути - амальгамы. Безводный процесс включает смешение мелкодисперсного металлического порошка с отходами жидкой ртути с образованием твердой амальгамы.*

В работе US EPA (2007) амальгамация указывается наилучшая продемонстрированная доступная технология (НПДТ) для обработки металлической ртути, загрязненной радиоактивными материалами. Это важное соображение для учета при разработке планов реабилитации участков со смешанным загрязнением, включая ртуть и радионуклиды.

6.2.6. Стабилизация и отверждение (C/O) без извлечения ртути.

Процесс стабилизации включает химические реакции, которые могут снизить мобильность отходов, а в некоторых случаях и их токсичность. Отверждение может привести к изменению физических свойств (превращение жидкости или шлама в твердую форму) без изменения химической формы отходов. В комбинации, эти технологии могут сократить токсичность и мобильность отходов. C/O часто применяются для загрязненных почв, шламов, золы и жидкостей (Basel Convention 2012). C/O включают физическое связывание или включение загрязнителей в состав стабилизированной массы (отверждение) или инициирование химических реакций между стабилизирующим реагентом и загрязнителями для снижения их мобильности (стабилизация).

Процесс отверждения включает смешивание загрязненного грунта или отходов со связующими веществами, такими как портланд-цемент, серно-полимерный цемент (СПЦ), сульфидные и фосфатные связующие, цементная пыль, полиэфирные смолы или полисилоксановые соединения с образованием

суспензии, пасты или другой полужидкой формы, которая через некоторое время затвердевает (US EPA 2007).

Возможны два типа инкапсуляции отходов: микроинкапсуляция и макроинкапсуляция. Микроинкапсуляция - это процесс смешивания отходов с вмещающим материалом перед отверждением. Макроинкапсуляция называется процесс заливки вмещающего материала вокруг и сверху массы отходов, заключая их, таким образом, в твердую оболочку (US EPA 2007).

Наиболее распространенным методом химического преобразования является обработка отходов серой с образованием сульфида ртути. Следует добиваться превращения всей ртути в сульфид (HgS), чтобы сократить ее способность к выщелачиванию и испарению до приемлемых уровней. В общих чертах, HgS получается путем смешения ртути и серы в обычных условиях на определенное время пока не образуется сульфид ртути (II). Может потребоваться изоляция отходов от окружающей среды путем инкапсуляции и размещения на специально оборудованной свалке или размещения в постоянном подземном хранилище, поскольку повышенные уровни хлора в свалочном инфильтрате могут приводить к повышению выделения ртути (Basel Convention 2012). Повышенные концентрации хлора обычно наблюдаются на свалках бытовых отходов, которые непригодны для размещения отходов этого типа.

При определенных условиях HgS может быть превращен обратно в элементарную ртуть. Если отходы элементарной ртути предполагается превратить в HgS для постоянного удаления, то следует осознавать, что в будущем можно будет осуществить и обратный процесс.

6.2.7. Серно-полимерная стабилизация/отверждение (СПСО)

Процесс стабилизации с применением полимеров обладает дополнительными преимуществами, поскольку его трудно обратить вспять, что предотвращает выделение элементарной ртути из полимерной матрицы. Процесс СПСО¹⁴ включает два этапа: сначала ртуть стабилизируют серой с образованием бета-сульфида ртути (порошок мета-киновари: López et al, 2010, López-Delgado et al, 2012), а на втором этапе полученный сульфид ртути включается и инкапсулируется в серно-полимерную матрицу при 135°C , полученная жидкость заливается в формы и охлаждается до комнатной температуры до получения твердых монолитных блоков.

Вторая стадия этого процесса обеспечивает дополнительный барьер для выделения ртути в окружающую среду, сводя к минимуму возможность превращения в другие формы ртути. Для превращения ртути в этом процессе не требуется значительного потребления энергии, выбросы ртути невелики, не

¹⁴ См. более подробную информацию на сайте: www.ctndm.es

требуется воды и не образуются стоки, а также не образуются никаких других отходов (Basel Convention 2012).

6.2.8. С/О с применением серных микроцементов

Еще одним методом стабилизации и отверждения ртутных отходов является применение серных микроцементов - это позволяет получить твердую матрицу, которая обеспечивает изоляцию ртути, поскольку она осаждается в форме очень малорастворимых соединений, таких как оксиды, гидроксиды и сульфиды.¹⁵

6.2.9. Изоляция на участке

Этот процесс предусматривает инженерно-техническую изоляцию загрязненного ртутью материала от незагрязненного окружения, в том числе и с помощью накрытия для предотвращения выделения паров. Сооружаются физические барьеры, которые могут предотвратить распространение ртути в горизонтальной и вертикальной плоскостях (по сечению грунта или в атмосфере). Существует множество различных вариантов изолирующих конструкций с применением различных методов, включая установление вертикальных стен в грунте или тампонажных завес (так называемые отсечные стены), которые делают путем прокладки глубоких траншей вокруг загрязненного материала с последующим их заполнением строительными растворами, такими как смеси бентонита/цемента и грунта.

К преимуществам такого подхода относятся относительная простота и скорость выполнения работ, а также сокращение затрат по сравнению с выемкой загрязненного грунта (равно как и снижение связанных с его извлечением рисков). Изоляция при помощи накрытия, барьеров для выделения паров и отсечных стен также позволяет контролировать миграцию ртути. У этого подхода имеются и ограничения, поскольку токсичность и количество ртути не сокращаются, может нарушаться сток грунтовых вод, а при выемке грунта могут образовываться потенциально загрязненные отходы (Merly and Hube 2014). Может также потребоваться контролировать долгосрочную эффективность такой изоляции, и соответствующие механизмы могут оказаться неприемлемыми на территориях с повышенной сейсмической активностью.

¹⁵ См. более подробную информацию на сайте: info@cementinternationaltechnologies.com; www.cemintech.com.

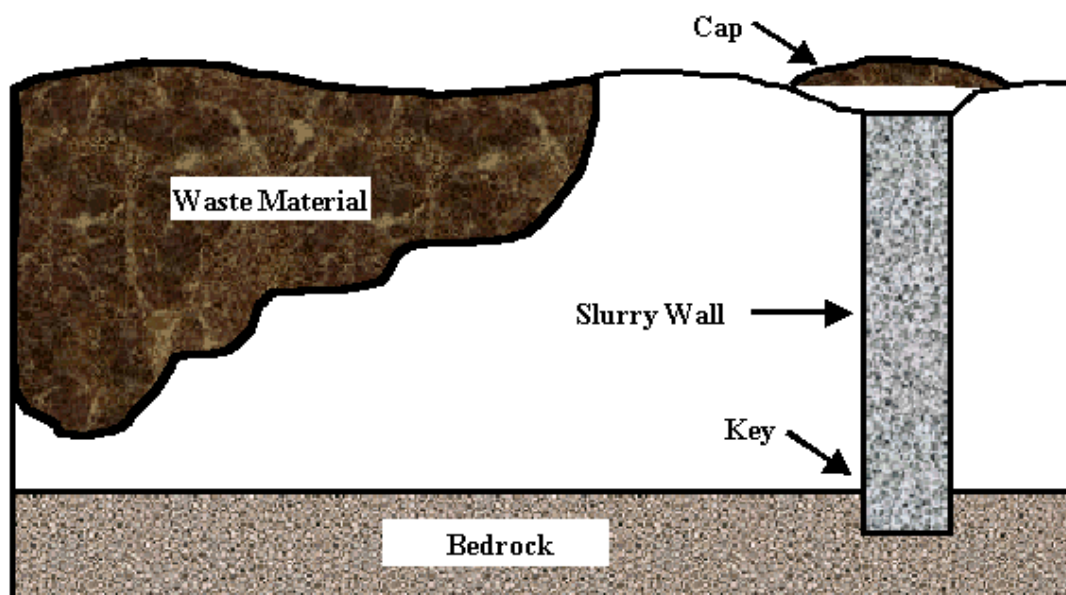


Рис. 9: Изоляция с применением накрытых стен в грунте (в разрезе)



Рис. 10: Комбинированная прокладка траншеи с заливкой раствора

6.2.10. Удаление за пределами участка

Ртутные отходы и остаточные материалы при работах по реабилитации загрязненных участков, которые предполагается удалять за пределами участка, должны соответствовать условиям лицензий, региональным и/или

национальным критериям приемлемости для принимающего эти отходы предприятия. В целом, это не распространяется на элементарную ртуть, извлеченную с применением таких процессов как десорбция с непрямым нагревом или обработка в ретортах. Элементарная ртуть - это товар, который можно продавать для разрешенного Конвенцией Минамата по ртути вида применения (за исключением восстановленной ртути хлорно-щелочных предприятий и полученной при первичной переработке руды в случае некоторых видов применения). В то же время, в некоторых юрисдикциях, таких как США и ЕС, могут применяться ограничения на экспорт элементарной ртути.

В соответствии с законодательной базой ЕС в Европе установлены относительно жесткие критерии приемлемости для приема ртутных отходов на предприятия по удалению отходов (Директива 1999/31/ЕС и Решение 2003/33/Е; Решение от 14/11/2008 и 11/02/2008, Директива ЕК 2011/97/СЕ).

Удаление ртутных отходов за пределами участка имеет ряд недостатков, таких как высокая стоимость извлечения грунта и перевозки к местам удаления (а потенциально и стоимость предварительной обработки для обеспечения соответствия критериям приемлемости принимающего отходы предприятия). С точки зрения устойчивости это также может создавать значительный углеродный след проекта, особенно если перевозятся большие объемы отходов.

В таблице ниже представлены требования регулирования для предельно допустимого выщелачивания ртути из отходов для разных видов предприятий по размещению отходов (свалок) - от свалок инертных отходов и до свалок опасных отходов.

Предельно допустимые уровни выщелачивания ртути для различных типов свалок в соответствии с Решением 2003/33/ЕС, Приложение			
Тип свалки	Ж/Т = 2 л/кг мг/кг СВ	Ж/Т =10 л/кг мг/кг СВ	С0 (испытание просачиванием) мг/л
Критерии для свалок инертных отходов	0,003	0,01	0,002
Критерии для зернистых неопасных отходов, принимаемых вместе со стабильными, нереакционноспособными опасными отходами	0,05	0,2	0,03
Критерии для опасных отходов, приемлемых для размещения на свалках для неопасных отходов	0,05	0,2	0,03
Критерии для отходов, приемлемых для размещения на	0,5	2	0,3

Источник: BiPro (2010) Требования к предприятиям и критерии приемлемости для размещения металлической ртути.

6.2.11. Размещение на участке

Загрязненные остатки и грунт, остающиеся после реабилитации участка, обычно удаляют при помощи размещения (захоронения) на самом участке. Могильник представляет собой инженерное сооружение, специально спроектированное для изоляции загрязненных ртутью отходов от окружающей среды. Преимуществом этого способа является отсутствие затрат на перевозку отходов на удаленное предприятие для их размещения.

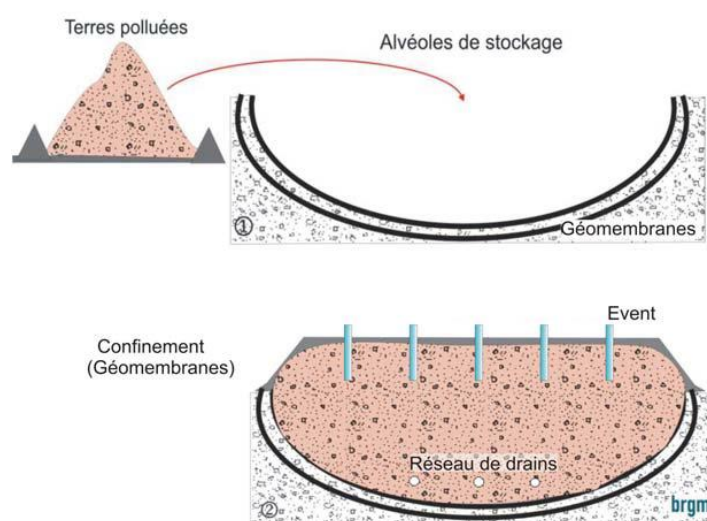


Рис. 11: Схема могильника для отходов на участке. Источник: Colombano et al (2010)

Основными элементами могильника являются подстилающий слой из уплотненной малопроницаемой глины или цемента с изолирующим слоем из синтетического материала (такого как полиэтилен высокой плотности), верхнее покрытие, устройства для удаления и улавливания газов. Могильник предназначен для предотвращения утечки газов, проникновения атмосферных осадков и грунтовых вод, и выделения загрязнителей. Требуются значительные затраты, связанные с долгосрочным мониторингом такого сооружения, чтобы обеспечить его целостность и изоляцию загрязнителей. Кроме того, такое сооружение должно быть сейсмически стойким.

6.3. Новые технологии реабилитации загрязненных ртутью почв

6.3.1. Электрокинетические методы

В литературе используются различные термины для обозначения методов, основывающихся на одном и том же принципе: электрокинетическая реабилитация (ЭКР), электрокинетическое извлечение, электрорекультивация, электровосстановление или электродиализ. Электрокинетическое перемещение ртути в почвах связано с тремя явлениями. Механизм перемещения коллоидных частиц ртути с заряженной поверхностью, Hg^0 или коллоидных осадков, например, называется электрофорезом. В случае электромиграции, все ионизированные формы могут перемещаться к катоду или к аноду. Заряженные или незаряженные формы, присутствующие в пропитывающей грунт жидкости, могут перемещаться к катоду под действием электроосмоса (Merly and Hube 2014).

Электрореабилитация загрязненных ртутью почв с применением комплексообразующих реагентов (этилендиаминтетрауксусная кислота) оказалась привлекательным альтернативным методом обработки для удаления ртути из загрязненного грунта в местах горной добычи (Robles et al 2012) (Garcia-Rubio et al 2011). Добавление комплексообразующих реагентов приводит к образованию координационных соединений, что ускоряет электромиграцию. В работе Garci-Rubio et al 2011 было показано, что для грунтов с относительно низкой гидравлической проницаемостью, ЭКР с применением иодидов позволяет добиться такой же эффективности извлечения как и промывка на месте с оптимальной концентрацией комплексообразователя, но полномасштабную реабилитацию участка можно закончить быстрее на несколько порядков величины.

6.3.2. Фитореабилитация

В фитореабилитации используют растения для извлечения, трансформации, стабилизации или разложения загрязнителей в почвах, отложениях и грунтовых водах. Фитореабилитация относится ко всем биологическим, химическим и физическим процессам, на которые растения оказывают влияние (в том числе и в прикорневой зоне) и которые способствуют очистке от загрязняющих веществ. Растения можно применять для реабилитации участков путем минерализации токсичных органических соединений или путем накопления и концентрации тяжелых металлов и других неорганических соединений из почвы в стеблях.

Фитореабилитация может применяться на участках или за пределами участков для обработки грунта, шламов, отложений, других твердых веществ или грунтовых вод (US EPA 2012). Проводятся исследования по эффективным методам фитореабилитации с применением растений для извлечения ртути из почв или смешанных компонентов окружающей среды (как, например, в случае рисовых плантаций). Их можно было бы непосредственно применять на тех участках после АМДЗ, где выращивают рис и разводят рыбу (часто в одних и тех же местах) в качестве основных источников питания, которые подвергаются ртутному загрязнению в результате АМДЗ. Это может также оказаться

полезным в тех сельскохозяйственных районах, которые подвергаются периодическому подтоплению с накоплением загрязненных отложений в низких местах.

Как показывают лабораторные исследования, как генетически модифицированный, так и дикий рис способны извлекать ионы Hg^{+2} при выращивании на обогащенных ртутью гидропонных растворах (Meagher and Heaton 2005). Могут потребоваться дальнейшие исследования, чтобы оценить влияние летучих выбросов от транспирации растений и обеспечить недопущение потребления населением загрязненного риса. Необходимо уделять особое внимание полному жизненному циклу и дальнейшей судьбе активно накапливающих ртуть растений в тех случаях, когда их могут неумышленно собирать для употребления в пищу или в качестве топлива (чтобы избежать потребления ртути с пищей или выбросов при сжигании).

Помимо риса изучали также и способность тополя извлекать ртуть. Восточный тополь (*Populus deltoides*) быстро растет в самых разнообразных условиях, в том числе на берегах и в поймах рек (APGEN 2003).

Фитореабилитация может применяться для участков диффузного загрязнения, как, например, в случае реки Нура и прилегающих сельскохозяйственных земель в бассейне Нуры, где паводки привели к широко распространенному загрязнению, справиться с которым при помощи стандартных методов было бы сложно. Высадка растений с высокими показателями биоконцентрации ртути (растения, которые могут накапливать концентрации загрязнителя в 100 - 1.000 выше чем его концентрации в почве) может со временем дать значительный эффект очистки при относительно низких затратах. При этом нужно будет тщательно рассмотреть вопрос об обращении с образующейся загрязненной ртутью биомассой.

6.3.3. Термическая десорбция без выемки материала

Термическая десорбция без выемки материала - это технология, которая применяется в случаях серьезного загрязнения грунта смесью опасных органических материалов (диоксины, ПАУ, ПХБ), при наличии геотехнических ограничений для масштабных земляных работ и когда требуется провести работы очень быстро (Merly and Hube 2014). Это включает подачу тепла в грунт и извлечение паров, и эту технологию можно применять для участков, загрязненных ртутью или ртутью и диоксином в комбинации. В экспериментах продемонстрировали удаление до 99,8% ртути из грунтовой матрицы с использованием этого метода (Merly and Hube 2014), но технология все еще находится на стадии разработки.

В этом процессе потребляется очень много энергии и требуется пробурить плотную сетку скважин для подачи тепла и извлечения паров. Кроме того, может оказаться сложно контролировать летучие выбросы ртути. Помимо этого,

большое число скважин приводит к повышению риска проникновения загрязнителей в расположенные ниже водоносные горизонты и необходимо проводить тщательный мониторинг для обеспечения целостности гидроизоляции скважин.



Рис. 12: Полномасштабная термическая десорбция без выемки материала на участке, загрязненном органическими веществами в США

Источник: Merly and Hube (2014)

6.4 Проверенные технологии очистки загрязненных ртутью вод

6.4.1. Откачка и очистка

Это наиболее часто применяемый метод очистки загрязненных ртутью грунтовых вод. Эту технологию применяют для переработки загрязненного ртутью рассола, который часто встречается на промплощадках хлорно-щелочных предприятий со ртутным процессом. Этот метод включает бурение скважин в зону загрязненных грунтовых вод, откачку загрязненной воды на поверхность и ее очистку при помощи различных фильтров. Стремятся охватить всю зону загрязнения (или по меньшей мере большую ее часть) в течение определенного периода времени (из-за высоких затрат на текущее обслуживание) и очищать воду до достижения низкого уровня ртутного загрязнения.

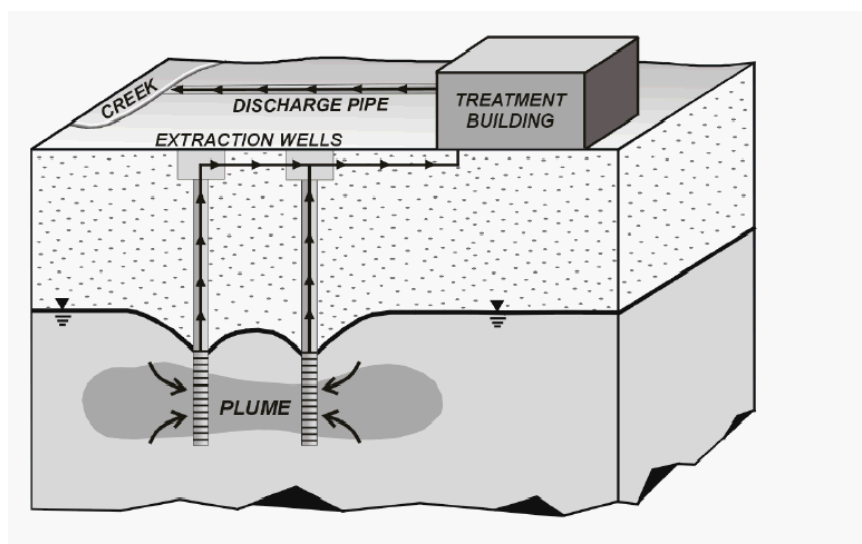


Рис. 13: Принципы откачки и очистки. Факультет геологических наук Техасского сельскохозяйственно-механического университета

Эффективность системы откачки и очистки зависит от гидрогеологии и от типа загрязнителей, а процесс идет очень медленно.

6.4.2. Проницаемые реактивные барьеры

Другой основной технологией, которая применяется для очистки загрязненных ртутью вод, является применение проницаемых реактивных барьеров (ПРБ). Технологии ПРБ включают применение пассивной очистки грунтовых вод на месте с извлечением ртути из воды, протекающей через проницаемую реакционноспособную среду, обеспечивающую сорбцию и/или химическое восстановление ртути. Ртутное пятно перехватывается непроницаемыми стенами, установленными перпендикулярно к направлению стока грунтовых вод, создающими воронку, направляющую сток в реакционную проницаемую зону (“ворота”), где происходит извлечение ртути. Боковые барьеры обычно представляют собой отсечные стены (Merly and Hube 2014).

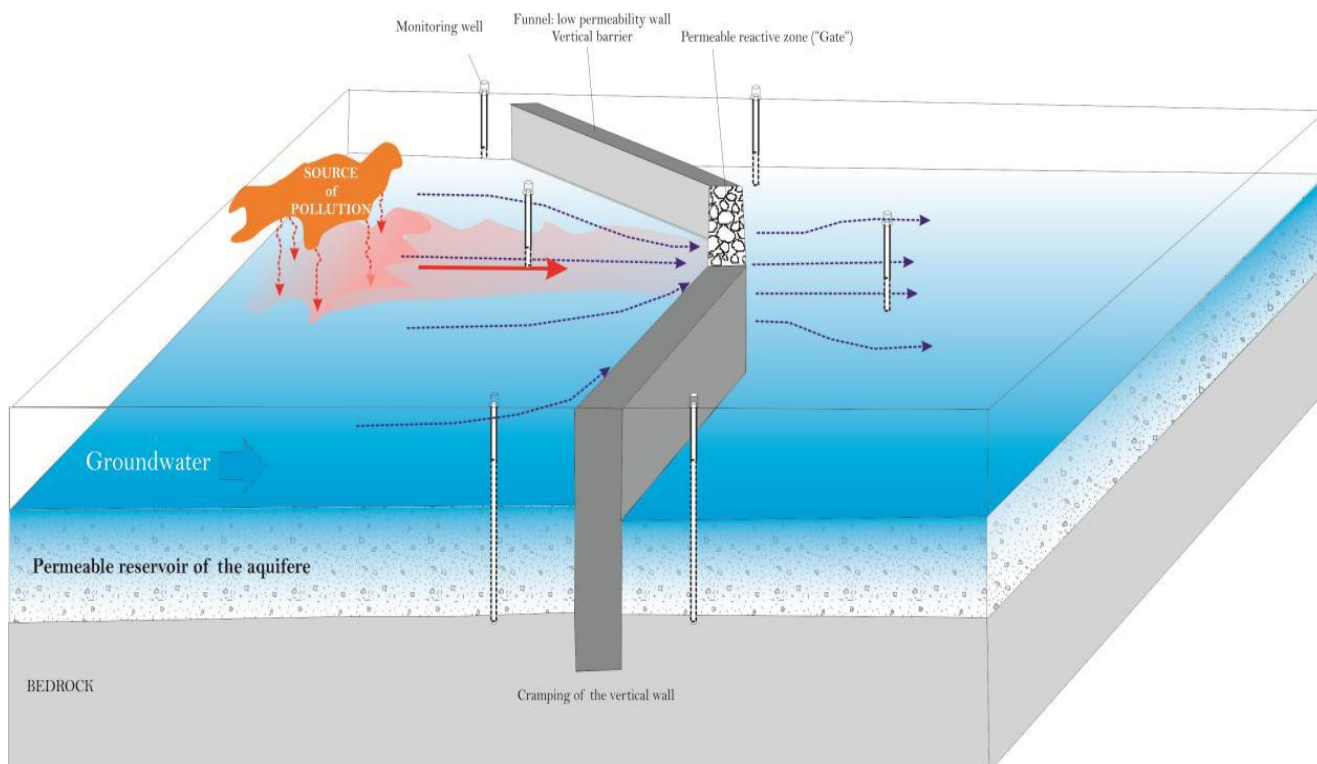


Рис. 14: Принцип ПРБ - "воронка и ворота" (адаптация из работы Colombano et al, 2010)

Эту технологию использовали в Европе, Австралии и США на многих участках и для очистки от различных загрязнителей, включая хлорированные растворители, углеводороды и неорганические соединения. Реакционные материалы, включая медь, пирит и гранулированный активированный уголь, используют в качестве фильтрующих и восстанавливающих агентов в реакционной части барьера (ворота).

Основное преимущество этой системы состоит в ее более низкой стоимости по сравнению с системой откачки и очистки. В то же время, ее применение для очистки ртутного загрязнения требует проведения регулярного мониторинга и замены реагентов после насыщения ртутью (после чего с ними необходимо обращаться как со ртутными отходами, что требует соответствующих затрат).

6.5. Новые технологии очистки воды

Сейчас разрабатывают ряд технологий очистки воды от ртути, но они по большей части находятся на стадии экспериментальной разработки. К ним относятся:

- Биологическая очистка
- Нанотехнологии
- Альтернативные сорбенты
- Альтернативные методы коагуляции и флокуляции

Эти технологии находятся на ранней стадии разработки и в данном документе подробно не рассматриваются, но с обсуждением их относительных преимуществах можно ознакомиться в работах Dash and Das (2012) и Merly and Hube (2014).

7. Конкретные примеры загрязненных ртутью участков - диффузное и точечное загрязнение.

В представленных ниже конкретных примерах документируются два различных типа загрязненных ртутью участков, которые рассматривались в разделе 6.1 данного руководства - диффузное и точечное загрязнение. Первый участок расположен в Республике Казахстан, в стране, которая исторически находилась под советским контролем и подвергалась воздействию загрязнения от индустриализации при прошлом режиме, а второй участок находится в индийском штате Тамил Наду. В первом конкретном примере рассматривается широко распространенное и диффузное ртутное загрязнение вдоль реки Нура и на прилегающих к ней территориях. Второй пример относится к более конкретному точечному источнику ртутного загрязнения - бывшей фабрике по производству термометров в Кодайканале. Используемые для характеристики и реабилитации каждого участка подходы отличаются и они демонстрируют сложности и проблемы, связанные с обращением с загрязненными ртутью участками.

7.1 Конкретный пример 1: Ртутное загрязнение реки Нура и ее окрестностей

Река Нура вытекает из горного района на востоке Казахстана и протекает через промышленную Карагандинскую область, впадая через примерно тысячу километров в бессточные озера Коргалъджинских водно-болотных угодий международного значения. Эти водно-болотные угодья стали первым особо охраняемым Рамсарским объектом в Казахстане, а на озере Тенгиз зафиксировано более 300 видов перелетных водоплавающих птиц, многие из которых находятся под угрозой исчезновения. В течение нескольких десятилетий, предприятие по производству ацетальдегида (завод "Карбид") в Темиртау - городе, который расположен на р. Нура - сбрасывало в реку большие объемы ртутных отходов и других загрязнителей, пока в 1997 г. его не закрыли (Ullrich et al 2007, Sír 2015a).

После попадания в реку ртуть связывалась со многими миллионами тонн летучей золы электростанций, образуя при этом сильно загрязненный "техногенный ил", который распространялся по территории поймы реки с весенними паводками (Heaven et al 2000). В 2003 г. Всемирный банк выделил правительству Казахстана кредит на 40 млн. долларов для проведения работ по долгосрочной реабилитации последствий ртутного загрязнения. Работы начались в 2007 г. и были завершены в 2013 г. (Sir 2015a). Перед началом

программы реабилитационных работ количество ртути в загрязненном верхнем слое почвы в пойме оценивали в 53 тонн, плюс еще около 65 тонн в отложениях ила вдоль берегов реки и еще 62 тонны в Жаурском болоте, которое находится на расстоянии примерно 1,5 км от города Темиртау.

Концентрации ртути в поверхностных водах реки Нура зависят от сезонных гидрологических условий - большая часть ртути перемещается в период весенних паводков, когда происходит вынос загрязненных донных отложений (Ullrich et al 2007). Донные отложения на участке реки протяженностью 20 км ниже по течению от точки сброса были сильно загрязнены. Концентрации выше официального предельно допустимого уровня в Казахстане (2,1 мг/кг) были обнаружены на расстоянии в 75 км ниже по течению от Темиртау в водохранилище Интумак, а на расстоянии в 60 км ниже по течению наблюдали концентрации общей ртути выше 10 мг/кг, что соответствует голландскому уровню необходимости проведения мер исправления (Heaven et al 2000).

Было установлено, что Жаурское болото, расположенное сразу за городской чертой г. Темиртау и на расстоянии менее 1 км от ближайших деревень, загрязнено ртутью в крайне высоких концентрациях, что вызывало опасения в связи с безопасным питьевым водоснабжением жителей этих деревень в долгосрочной перспективе. Было установлено, что концентрации ртути в рыбе остаются повышенными даже на расстоянии более 100 км ниже по течению от источника и что для большинства видов не наблюдается значительного сокращения уровней ртути с увеличением этого расстояния. Предположительно, это может отражать перенос метилртути в реке из расположенных выше по течению участков или повышенное образование метилртути ниже по течению (Ullrich et al 2007).

В 2009 г. провели исследование концентраций ртути в пробах волос жителей г. Темиртау и четырех деревень, расположенный в пойме реки (Чкалово, Гагаринское, Самарканд и Ростовка), расположенных на расстоянии от 1,5 до 35 км от точки сброса. По результатам этого исследования было установлено, что у 17% населения был превышен установленный ЕРА США безопасный уровень для содержания ртути в волосах (1 мкг/г) и этих людей отнесли к группе риска (Hsiao et al 2009).

В двух более крупных населенных пунктах (Темиртау и Чкалово) многие жители отмечали, что у них вызывает беспокойство ртутное загрязнение и что они не употребляют в пищу выловленную в реке рыбу. При общении с продавцами рыбы на рынке отмечалось, что они осознают серьезность проблемы ртути в рыбе и часто рекламируют происхождение своего товара (Hsiao et al 2009). Хотя жители двух более крупных населенных пунктов осведомлены о ртутном загрязнении и возможно потребляют меньше местной рыбы, но в трех прибрежных деревнях жители употребляли в пищу значительно больше местной рыбы чем покупной - до 80% всех рыбных блюд. В связи с этим исследованием было также установлено, что примерно в 84% всех проб рыбы наблюдалось превышение установленного в Казахстане безопасного уровня

(0,3 мкг/г), а в 33% содержание ртути превышало пороговый уровень в 0,5 мкг/г (Hsiao et al 2009).

Резюме результатов и воздействий ртутного загрязнения реки Нура:

- Небезопасные уровни ртутного загрязнения в речных отложениях, в почвах в пойме, утрата чистой воды, чистой рыбы и чистых сельскохозяйственных земель, приводящие к соответствующим негативным экономическим последствиям.
- Потенциальные негативные воздействия на здоровье взрослых, связанные со ртутью.
- Потенциальные нейротоксичные воздействия на здоровье детей и связанные с этим последствия в сфере образования и в экономике.
- Потенциальная возможность дальнейшего распространения загрязненных ртутью отложений с накоплением в Рамсарских водно-болотных угодьях, в которые впадает река, что создает риски для находящихся под угрозой исчезновения диких видов.

7.1.1. Работы по реабилитации и их результаты:

Работы по реабилитации, проводившиеся в период 2007 - 2013 гг., известны как "Проект по очистке р. Нура". Хотя и провели очистку значительных объемов ртутного загрязнения, по-прежнему остаются сомнения в том, что удалось добиться достижения фундаментальных целей проекта.

Основные цели проекта включали: проведение очистки русла реки Нура, обеспечение эффективного обращения с полигоном для размещения загрязненного грунта, а также реконструкция плотины Интумак, которая обеспечивает контроль стока ниже по течению и служит ловушкой для загрязненных ртутью донных отложений водохранилища (Sir 2015a).

Выемка донных отложений и очистка берегов реки (для удаления загрязненного ртутью техногенного ила) привели к улучшению экологических условий в р. Нура. В начале проекта уровни ртутного загрязнения в почвах и в отложениях составляли от 50 до 1 500 мг/кг. В 2012 г. удаляли загрязненный ртутью грунт, чтобы добиться достижения международно признанных безопасных уровней для верхнего слоя почвы в 2,1 мг/кг для земель сельскохозяйственного назначения и 10 мг/кг для других видов землепользования. На отдаленных территориях очистку проводили до уровня 50 мг/кг (Sir 2015a). Качество воды в реке улучшилось и сейчас уровни ртути уже ниже рекомендуемых уровней качества для питьевой воды. На промплощадке завода "Карбид" провели реабилитацию и вывезли 2 миллиона тонн загрязненного грунта на специализированный полигон для опасных отходов, вместимость которого позволяет принимать дополнительные отходы в случае проведения дополнительных работ по реабилитации.

На 30 км участке р. Нура (от Самаркандского водохранилища до деревни Ростовка) провели очистку от ртутного загрязнения, включая подверженную воздействию территории Жаурского болота. Эти работы по реабилитации охватывали примерно 6.234 гектаров земель, пригодных для сельского хозяйства и для выпаса скота, что принесет значительный позитивный эффект для населенных пунктов вдоль реки Нура в ближайшем будущем. Существенно улучшилось также и качества воздуха, концентрации паров ртути снизились с 6 000 - 140 000 нг/м³ до величин ниже предельно допустимого уровня в 300 нг/м³ (Sir 2015a).

В 2013-14 гг. чешская ассоциация Arnika провела исследование с отбором проб для частичной валидации реабилитационных работ, чтобы оценить воздействия загрязнения после проведения этих работ. Проведенные этим НПО исследования показали повышенные уровни определенных тяжелых металлов (ртуть, хром, свинец и кадмий) в некоторых пробах отложений, повышенные уровни ртути в пробах мяса рыбы и повышенные уровни ПХДД/Ф в некоторых пробах яиц. Это указывает на необходимость проведения дополнительных действий, чтобы обеспечить очистку реки до удовлетворительных стандартных уровней. Детализированные данные по режиму отбора проб и подробная историческая справка по ртутному загрязнению р. Нура приводятся в докладе Sir (2015a).

Меры по реабилитации действительно привели к снижению концентраций ртути во многих частях реки Нура и в ее окрестностях, но многие участки по-прежнему остаются загрязненными с превышением предельных показателей, установленных для проекта по очистке. В Ростовке и Темиртау (включая Красные Горки), Чкалово, Самарканде и Гагаринском, уровни ртути по-прежнему высоки, равно как и уровни меди, хрома и цинка (Sir 2015a).

Уровни ртути в рыбе из реки по-прежнему превышают рекомендуемые уровни для безопасного потребления и следует распространять предупреждения для защиты уязвимых групп населения (беременные женщины и дети). В связи с горячими точками загрязнения, которые были выявлены НПО Arnika и продолжающимся непрямым загрязнением рыбы, рекомендуется проводить постоянный отбор проб почв, воды и биоты, чтобы оценить необходимость проведения дальнейших работ по очистке.

7.2. Конкретный пример 2: Ртутное загрязнение в Кодайканале, Тамил Наду, Индия.

Кодайканал - это небольшой горный город с населением около 40.000 человек в штате Тамил Наду на юге Индии. Эта местность пользуется популярностью у туристов благодаря озерам, водопадам, крутым гранитным откосам и заросшим лесом долинам. Он расположен на высоте 2000 метров над уровнем моря, а поэтому климат в городе гораздо холоднее чем в окрестных районах. Такой

более холодный климат был существенным фактором для создания в этом городе фабрики по производству ртутных термометров компании Ponds India в 1983 г., которая впоследствии, в результате слияния перешла в собственность Hindustan Unilever Limited (HUL) в 1987 г. (Government of India 2011).

Фабрика по производству термометров работала с 1983 и до 2001 г., когда ее закрыли из-за обвинений в продаже загрязненного ртутью битого стекла местным утилизаторам вторичного сырья в г. Кодайканал. Склад вторсырья с загрязненными ртутью отходами стал объектом исследования, стекломбой со ртутью вывезли и провели некоторые работы по рекультивации грунта. В то же время, основная промплощадка фабрики термометров, расположенная на заросшем лесом горном хребте над городом, остается загрязненной ртутью и для нее требуются дальнейшие исследования и выработка предложений по реабилитации.

Как было установлено, практика работы на этом участке привела к появлению "горячей точки" ртутного загрязнения грунта на промплощадке и загрязнения водотока, протекающего через территорию фабрики. Кроме того, выбросы ртути в атмосферу в ходе работы фабрики привели к повышенным концентрациям ртути в почве на ее территории, а также к воздействиям за ее пределами (URS Dames and Moore 2001).

В ходе последующих исследований было установлено, что в результате выбросов с территории фабрики термометров произошло загрязнение озера Кодай, одного из основным местных туристических объектов, расположенного к северу от промплощадки (Karunasagar et al., 2006). Сообщалось о содержании общей ртути в воде озера Кодай (Hg_T) в $356-465 \text{ нг л}^{-1}$ и метилртути в 50 нг л^{-1} . В отложениях озера Кодай обнаруживали $276-350 \text{ мг/кг } Hg_T$ с примерно 6% метилртути. В пробах рыбы из озера было установлено $120 - 290 \text{ мг/кг } Hg_T$.

Отбор проб воздуха рядом с фабрикой по производству термометров показал значительное повышение концентраций ртути в атмосферном воздухе, достигающих $1,32 \text{ мг/м}^3$ (Balarama Krishna et al 2003). Для сравнения - уровни ртути в воздухе на территориях, которые считаются незагрязненными, находятся в диапазоне $0,5-10 \text{ нг/м}^3$ (Horvat et al., 2000). Что же касается производственных условий, то Национальный институт по охране труда и промышленной гигиене США (NIOSH) установил предельно допустимую концентрацию ртути в воздухе на уровне $0,05 \text{ мг/м}^3$ (NIOSH 1992). В других исследованиях пришли к выводу, что уровни ртути в воздухе выше $0,01 \text{ мг/м}^3$ считаются небезопасными для уязвимых подгрупп населения, таких как беременные женщины (Moienafshari et al., 1999).

Было также установлено дальнейшее загрязнение за пределами участка в мхах и лишайниках, для которых известна склонность к накоплению ртути. Концентрации снижались по мере удаления от фабрики, уровни ртути в пробах находились в диапазоне от "примерно $0,2 \text{ мг/кг}$ " на расстоянии в 20 км от

фабрики (Balarama Krishna et al., 2003) и до 87 мг/кг сухого веса на самой промплощадке (URS Dames & Moore 2002).

Грунт на промплощадке фабрики существенно загрязнен - это связано как к выпадением улетучивающейся ртути из воздуха, так и практикой работы на участке, например, при удалении отходов.

По результатам экологической оценки (URS Dames and Moore, 2001) было установлено, что на участке имеется четыре основных горячих точки загрязнения с концентрациями общей ртути в почве свыше 50 мг/кг. К ним относятся следующие:

Горячая точка А - Рядом с установкой для перегонки ртути и станцией очистки стоков, концентрации в диапазоне от 330 мг/кг у поверхности земли и до 14 мг/кг на скальной породе (глубина 1,3 метра).

Горяча точка В - Участок для размещения стеклобоя и тары для ртути, концентрация ртути на глубине 40 см составляет 62 мг/кг.

Горячая точка С - Расположена к юго-востоку от горячей точки В, средняя концентрация 28 мг/кг.

Горячая точка D - Повышенные концентрации в отложениях водотока ниже цеха перегонки - до 270 мг/кг.

Кроме того, было установлено, что за время работы фабрики по ее территории распространилось примерно 80 кг ртути в результате выбросов в атмосферу. В то же время, бывшие работники фабрики с этими выводами не согласны, они полагают, что вероятнее всего в почвах имеются более высокие концентрации ртути, которые не были установлены из-за методологии отбора проб, которую использовал привлеченный HUL консультант.

Это мнение в некоторой мере подтверждает и то, что, как было установлено, в массовом балансе ртути для фабрики, подготовленным URS Dames and Moore, были занижены выбросы и сбросы ртути в период эксплуатации фабрики. Первоначальный массовый баланс указывал на неучтенные потери 2.031 кг ртути. В ходе расследования, проведенного Министерством труда и занятости (Government of India 2011), было установлено, что реальное количество выделившейся в окружающую среду ртути составляло 10.974 кг.

Хотя споры относительно объема выделения ртути с участка продолжаются, очевидно, что на нем произошло значительное ртутное загрязнение, которое привело к серьезным воздействиям за его пределами на водные объекты и на прилегающие к фабрике леса, имеющие высокий природоохранный статус.

После закрытия предприятия были проведены некоторые меры по частичной реабилитации. В мае 2003 г. на переработку и извлечение ртути в США вывезли

290 тонн загрязненных ртутью материалов, включая шламы очистных сооружений фабрики, стекло и элементарную ртуть. В то же время большая часть загрязненного грунта остается на участке.

Владельцы участка предложили перерабатывать остающиеся загрязненные ртутью почвы на месте с применением технологии промывки грунта и термической обработки в ретортах¹⁶. Как и в случае всех других термических методов для переработки ртутных отходов, при этом необходимо использовать специально предназначенное для улавливания ртути оборудование газоочистки, чтобы обеспечить отсутствие выделения паров ртути в окружающую среду. Но даже с применением таких мер предосторожности выбросы ртути при прямой термической обработке могут оставаться проблемой.

В связи с этим загрязненным ртутью участком также возникали проблемы относительно критериев реабилитации для почв. Многие загрязненные промышленные участки можно очищать до достижения уровня национальных требований без каких-либо сопутствующих проблем, поскольку они располагаются в пределах промышленных комплексов или в аналогичных зонах, к которым не прилегают жилые районы или экологически чувствительные территории. В случае участка в Кодайканале в непосредственной близости от него имеются особо чувствительные экологические рецепторы, а это может повлиять на конечные критерии реабилитации для почв и других компонентов. Загрязненный участок примыкает к лесной экосистеме Памбар Шола, которая представляет собой древние леса и природный заповедник, находящийся под защитой правительства штата Тамил Наду и включающий находящиеся под угрозой исчезновения виды флоры и фауны.

Первозданная природа этой экосистемы и воздействия фабрики по производству термометров за ее пределами могут потребовать более жестких конечных показателей для реабилитации чем предлагаемые в настоящее время. Первоначально компания Hindustan Lever Limited (отделение компании Unilever) предлагала очистить этот участок до голландского уровня принятия мер для жилых зон в 10 мг/кг (т.е. до остаточного максимального содержания ртути в почвах на участке в 10 мг/кг). В то же время, после переговоров с Управлением по контролю загрязнения штата Тамил Наду критерии для очистки были ослаблены до 25 мг/кг. В настоящее время в Индии нет каких-либо применимых критериев для ртутного загрязнения почв, а поэтому любой предлагаемый предельный уровень должен учитывать особую уязвимость в случае конкретного участка в Кодайканале.

По расчетам URS Dames and Moore в случае применения критерия очистки в 10 мг/кг потребуется удалить с участка и очистить 4.100 м³ загрязненного грунта и отложений. Предложенный критерий в 25 мг/кг привел бы к обработке значительного меньшего объема материалов и к более низким затратам на реабилитацию. Голландский уровень принятия мер в 10 мг/кг не обязательно

¹⁶ См. на сайте <https://www.unilever.com/sustainable-living/what-matters-to-you/kodaikanal-india.html>

соответствует "устойчивым" результатам реабилитации (подход с приоритетностью принципа предосторожности, справедливости по отношению к будущим поколениям и принципа "загрязнитель платит"), а скорее отражает подход к экспозиции на основе оценки риска. В связи с этим, в Голландии также указывается и "целевой уровень" в 0,3 мг/кг (MHSPE 1994). Он считается устойчивым уровнем с пренебрежимо низкими рисками для экосистемы и позволяет полностью восстановить функциональность почвы для человека, растений и животных (включая почвенные микроорганизмы и микрофауну). По меньшей мере в одном исследовании (Tipping et al 2010) было установлено, что критическим уровнем ртути в почвах для здоровья почвенных организмов является не более 0,13 мг/кг.

Достижение столь низких концентраций ртути в почвах при помощи нынешних технологий очистки остается проблематичным, хотя и утверждают, что некоторые технологии и методы к этому уровню приближаются.

7.2.1. Потенциальные меры реабилитации

Принимая во внимание уязвимость территорий вокруг бывшей фабрики по производству термометров, следует рассмотреть такие критерии реабилитации, которые включают цели достижения устойчивости и приближаются к достижению полной функциональности почвы на самой промплощадке и в ее окрестностях. Нетронутую природу лесной экосистемы Памбар Шола следует рассматривать в качестве основного рецептора при поведении любых оценок экспозиции в связи с продолжающимся выделением паров ртути с промплощадки и со связанными с этим воздействиями за пределами участка. Предлагаемые в настоящее время критерии реабилитации приведут к постоянному выделению ртутных паров с участка и к потенциальному поступлению ртути в местные водные экосистемы с атмосферными осадками, инфильтрацией и выщелачиванием в поверхностные водные системы. Уже была показана связь между источником загрязнения и важными экологическими рецепторами, такими как озеро Кодай (Karunasagar et al., 2006).

В этом случае, источник загрязнения (т.е. грунт на промплощадке фабрики) следует очищать до возможно более высоких стандартов, чтобы предотвратить поступление ртути в местную окружающую среду. Для потенциального устойчивого подхода может потребоваться внести некоторые коррективы в имеющиеся предложения и критерии реабилитации. Комбинированное применение промывки почвы и установок для термической вакуумной десорбции могло бы приблизиться к более высокому уровню очистки, чтобы защитить уязвимые рецепторы и предотвратить дальнейшее распространение загрязнения.

Промывка грунта может помочь в отделении более грубых материалов от мелких частиц почвы, с которыми преимущественно и связывается ртуть. Такие отделенные грубые материалы можно будет впоследствии проанализировать и

отнести к категории чистых или же (если будет установлено, что они загрязнены) измельчить и опять вернуть в процесс обработки. Более тонкая фракция, которая и содержит большую часть ртутного загрязнения, может затем направляться на установку для вакуумной возгонки ртути. Французский вариант этой технологии позволил проводить очистку загрязненной почвы до конечного содержания ртути менее 1 мг/кг с показателем выщелачивания <0,001 мг/л (UNEP/ISWA 2015). Почву после такой обработки можно возвращать на участок.



Рис. 15. Установка для вакуумной возгонки с непрямым нагревом. (Источник: ecom industries GmbH cited in UNEP/ISWA 2015)

Маловероятно, чтобы предложенный HLL вариант с промывкой грунта и обработкой в ретортах смог обеспечить достижение такого уровня очистки грунта и с ним могут быть связаны такие проблемы как выделение паров ртути в процессе работы при использовании технологий термической обработки с прямым нагревом. Было бы предпочтительно использовать технологию вакуумной термической десорбции, которая рассматривалась для проведения окончательной очистки, но сохранить при этом стадию промывки грунта. Если с применением этого метода удастся добиться низкого содержания ртути в грунте, то это позволит устранить источник постоянного загрязнения водотоков и лесов Памбар Шола. Должен продолжаться постоянный мониторинг экологических рецепторов в окрестностях участка, чтобы обеспечить полное выявление и очистку всех горячих точек.

Может потребоваться проведение дальнейших мер очистки, чтобы разрешить проблему загрязнения отложений в озере Кодай и обеспечить сокращение со временем высоких уровней ртути в местных видах рыбы.

8. Производственная безопасность, безопасность и охрана здоровья местных жителей для загрязненных участков

Укрепление социального потенциала за счет свободного распространения информации - это основа для обеспечения увязки производственной безопасности и защиты здоровья рабочих с безопасностью и защитой здоровья местного населения вокруг загрязненных участков. Все отчеты по обследованию участков, планы защиты здоровья и безопасности, реестры риска, планы реабилитации, планы транспортировки и переработки отходов должны быть доступны всем заинтересованным сторонам для обсуждения и корректировки на возможно более ранней стадии.

Реабилитация загрязненных участков может включать ряд стадий:

- Предварительное изучение участка
- Детализированное изучение участка
- Обращение с участком
- Реабилитация, валидация и продолжающееся обращение.
- Транспортировка и переработка отходов.

Вопросы производственной безопасности, вопросы безопасности и охраны здоровья местных жителей должны рассматриваться на всех стадиях этого процесса. Следует также учитывать, что рабочие на участке будут пользоваться специальными средствами индивидуальной защиты и мониторинговым оборудованием, которые будут недоступны для людей за пределами участка. Кроме того, у рабочих на участке будет более кратковременная экспозиция (<8 часов в день). Следует установить уровни предупреждения для летучих выбросов, исходя из расчета обеспечения защиты населения за пределами участка, учитывая при этом отсутствие у них средств индивидуальной защиты и большую длительность экспозиции (до 24 часов в день).

Любые расчеты допустимых уровней загрязнения воздуха и периоды усреднения на основе риска должны учитывать эту разницу и должны калиброваться для представителей уязвимых групп (рецепторов) среди местного населения, таких как дети, престарелые, беременные дети и люди с ослабленной иммунной системой.

8.1. Общий обзор

Загрязненные участки могут создавать риски для здоровья и безопасности рабочих и местного населения в ходе их исследования и реабилитации и хотя эти риски могут быть разными для воздействий на самом участке и за его пределами, их следует рассматривать воедино, чтобы обеспечить прозрачность и подотчетность.

Опасность может подстерегать на любой стадии работ на участке и помимо ртути могут встречаться и другие тяжелые металлы, а также летучие органические растворители, углеводороды, пестициды, промышленные химические вещества или даже стойкие органические загрязнители и радиоактивные материалы. Эти загрязнители могут быть в твердом, жидком или газообразном виде, или в форме пыли в почве, в воздухе или в грунтовых водах. Другие потенциальные опасности включают пожары, взрывы, замкнутые пространства, газопроводы, а также риски, связанные с электричеством, механизмами, выполнением ручных работ и с транспортом.

В некоторых зонах текущих или прошлых конфликтов в земле на загрязненных участках также могут находиться неразорвавшиеся боеприпасы. При изучении участков с неразорвавшимися боеприпасами необходимо предпринимать особые меры предосторожности и следует возможно раньше проконсультироваться с военными, обладающие опытом поиска и уничтожения таких предметов. Обширное предварительное исследование участка, включая изучение всех видов его использования в прошлом, поможет установить возможное присутствие радиоактивных материалов и неразорвавшихся боеприпасов и указать на необходимость более подробной проверки на наличие таких материалов. В ряде случаев неразорвавшиеся боеприпасы обнаруживали на старых свалках бытовых отходов, куда расположенные поблизости военные базы традиционно свозили непригодные боеприпасы.

При обращении с загрязненными участками следует обеспечить, чтобы все рабочие и потенциально подверженные воздействию местные жители не подвергались опасности. Хотя работодатели обязаны заботиться о своих работниках, общее обращение с участком - это сфера социальной ответственности более широкого круга сторон. Работа на загрязненных участках может включать такие риски как контакт с опасными веществами в неконтролируемом состоянии с минимальной информацией (или вообще без информации) об их названиях и концентрациях. Необходимо предпринимать меры предосторожности и исходить из допущения, что на участке присутствуют значительные риски для безопасности и здоровья работников и местного населения. Предположительно загрязненные территории следует считать опасными до тех пор пока исследования не докажут обратного.

8.2. Обязанность заботиться и социальная ответственность

При обращении с загрязненными участками необходимо обеспечить, что:

- Имеется полное соблюдение всего профильного законодательства по вопросам охраны здоровья и безопасности, проводятся консультации и сотрудничество с работающими, с представителями государственных структур в области охраны здоровья и безопасности;

- Наемным работниками и другим работающим предоставляются безопасные рабочие места и системы безопасной работы, защищающие их от опасности;
- Местные жители информируются и получают защиту от связанной с участком опасности. Это включает пыль, пары, загрязненные воды и почвы.
- Все работники получают соответствующую информацию по конкретному объекту, предоставляются инструкции, проводится подготовка и надзор для обеспечения безопасной работы, без опасной экспозиции;
- Рабочим бесплатно выдается адекватная защитная одежда и средства индивидуальной защиты в тех случаях, когда опасность нельзя снизить до приемлемого уровня;
- Все установки устанавливаются или строятся таким образом, чтобы их можно было безопасно использовать;
- Все операции по обращению с веществами, по их переработке, хранению, транспортировке и удалению на участке проводятся таким образом, который не подвергает опасности рабочих или других людей.
- Все доклады об исследованиях на участке, планы охраны здоровья и безопасности, реестры риска (см. ниже), планы реабилитации, транспортировки и переработки отходов свободно доступны для всех рабочих и для других заинтересованных сторон.

8.3. Реестры риска

При обращении с загрязненными участками необходимо обеспечить, чтобы рабочие и местные жители имеют доступ к регулярно обновляемому реестру риска, в котором указываются установленные опасные факторы, оценки рисков травм или вреда, а также меры, предпринятые для устранения или сокращения этих рисков. Рабочие и местные жители должны быть защищены при помощи мер ограничения опасности.

Применение иерархии мер контроля - от наиболее эффективных до наименее эффективных мер - может включать:

1. Устранение - устранение опасности или опасной практики работ.
2. Замещение - замена опасности или практики работ менее опасными.
3. Изоляция - отделение опасности или практики работ от работающих людей (системы изоляции, дистанционный доступ или физические барьеры).
4. Технические меры контроля - модификация инструментов или оборудования, или же технических средств защиты.
5. Административные меры контроля - практика работы с целью сокращения риска, инструкции, подготовка персонала и предупредительные знаки.
6. Защитная спецодежда и средства индивидуальной защиты - их предоставляют, когда применяются другие меры защиты и когда потребность в защите усиливается.

7. Постоянный мониторинг и пересмотр мер контроля - для обеспечения постоянной эффективности и защиты от нежелательных последствий.

Частота мониторинга и пересмотра должна основываться на уровне риска, на применяемой практике работ, на используемых машинах и оборудовании, а также на экологических факторах.

8.4. Информация и подготовка

При обращении с загрязненными участками необходимо обеспечить, что:

- Рабочим и более широкому населению предоставляется информация и обучение по всем установленным опасностям в форме реестра риска. Это должно включать информацию, относящуюся ко всем известным и предположительным загрязнителям.
- Всем рабочим предоставляется вводная подготовка, информация, инструкции, подготовка и надзор по безопасным процедурам.
- Конкретная подготовка предоставляется рабочим, которые работают с опасными веществами, включая последствия для здоровья, меры контроля, реагирование в чрезвычайных ситуациях и правильное использование средств индивидуальной защиты.
- Поддерживается документация по всей вводной и другой подготовке для работы с опасными веществами.
- Все рабочие получают подготовку по процедурам эвакуации в чрезвычайных ситуациях, и их делают доступными для подверженных риску сообществ, чтобы помочь в разработке процедур реагирования в чрезвычайных ситуациях, если воздействия будут наблюдаться за пределами участка.

8.5. Надзор

Для всех рабочих необходим адекватный надзор, чтобы обеспечить, что они не подвергаются опасности и соблюдают разумные меры предосторожности для защиты своего здоровья и безопасности, а также для защиты здоровья и безопасности других лиц. Для этого требуется, чтобы:

- Контролеры обладали квалификацией, знаниями и полномочиями для выполнения своих ролей;
- Подготовка персонала проводилась постоянно, а процедуры безопасной работы регулярно пересматривались.
- Средства индивидуальной применялись и хранились в адекватном рабочем состоянии.

8.6. Общие меры контроля для хранения и транспортировки загрязнителей

Общие принципы мер контроля для хранения и перевозки загрязнителей:

- Ограничение доступа только для уполномоченных лиц.
- Хранение загрязнителей в прохладном, безопасном и вентилируемом помещении с указанием материала, концентрации, рисков и мер контроля.
- Мониторинг загрязнения атмосферы и уровней температуры в зоне хранения, чтобы обеспечить, что они находятся в пределах допустимых уровней.
- Выбор целесообразных контейнеров для хранения, например, устойчивых к коррозии или к действию растворителей.
- Обеспечение правильной маркировки всех контейнеров и целостности маркировки.
- Обеспечение маркировки всех неизвестных веществ как "НЕИЗВЕСТНЫЕ ВЕЩЕСТВА - ОБРАЩАТЬСЯ С ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОСТОРОЖНОСТЬЮ";
- Проверка совместимости веществ, которые хранятся вместе и их разделение в случае необходимости. Предотвращение рисков смешивания и перекрестного загрязнения.
- Проверка всех контейнеров на возможные утечки или просыпания.
- Обеспечение наличия соответствующего противопожарного оборудования и оборудования для ликвидации чрезвычайных ситуаций.
- Обеспечения хорошо отработанного порядка эвакуации и проведение регулярных учений по действиям в чрезвычайных ситуациях.
- Обеспечение надежного закрепления всех загрязнителей перед перевозкой и в процессе транспортировки.
- Обеспечение очистки всех установок и оборудования перед выездом с участка.

Все химические вещества, загрязненный грунт и жидкости должны храниться и перевозиться в соответствии с профильным законодательством.

8.7. Транспортировка и долгосрочное хранение элементарной ртути с загрязненных участков

Некоторые работы по реабилитации загрязненных участков могут привести к восстановлению элементарной ртути, собранной на участке или полученной при переработке и очистке. Транспортировка и упаковка элементарной ртути требуют тщательного планирования и применения специально подготовленных транспортных средств. Введенный в США запрет на экспорт ртути привел к разработке жестких стандартов для упаковки, документации, транспортировки, приема и хранения элементарной ртути в специальных сооружениях для постоянного удаления ртути с рынка.

Министерство энергетики США разработало всесторонние указания (U.S. DoE 2009) по практическим и административным мерам, требующимся для проведения этих работ с тысячами тонн элементарной ртути, направляемой на постоянное хранение. Эти детализированные указания включают упаковку и процедуры загрузки, разгрузку транспортных средств и приемку в хранилище, перегрузку ртути из одного автомобиля в другой, а также окончательную упаковку для хранения. Кроме того, дается подробное описание процедур экологического мониторинга в течение всего этого процесса. В США небольшие количества ртути обычно хранят в запечатанных металлических баллонах содержащих 3 литра ртути.

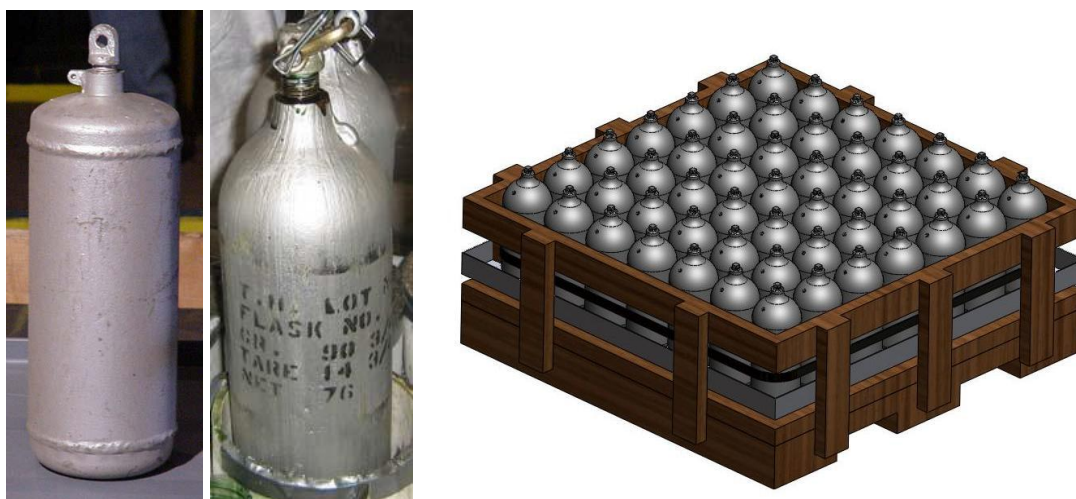


Рис. 16. Примеры упаковки для ртути - стандартные 3-литровые баллоны для элементарной ртути (отдельно и упакованные в ящик 49 x 3 л со встроенным поддоном). Источник: US DoE (2009)

После накопления достаточного количества баллонов и проверки на отсутствие утечек (включая запечатанные крышки) их можно размещать в специальные ящики со встроенными поддонами для хранения на стеллажах.

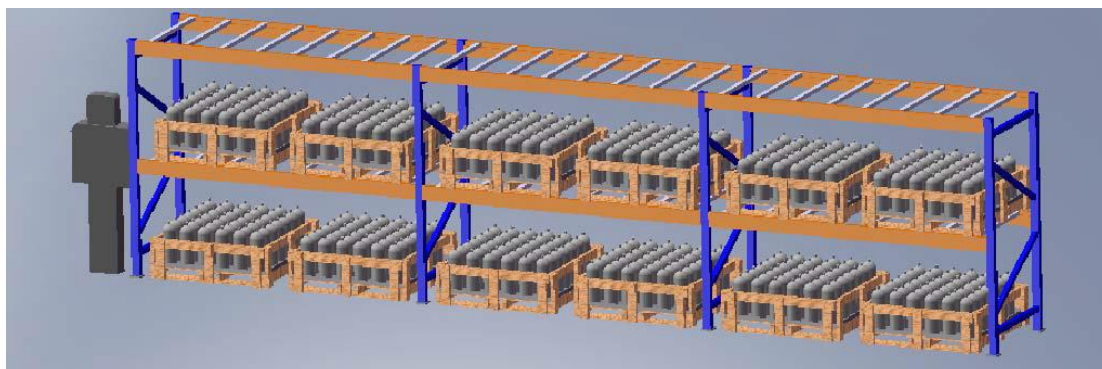


Рис. 17. Стеллаж для постоянного хранения баллонов со ртутью в ящиках 49 x 3 л. Источник: US DoE (2009)

Сейсмически устойчивые стеллажи располагаются на герметизированном полу (с уклоном 3° к центру помещения), чтобы облегчить их визуальный осмотр и локализацию утечек. Такие стеллажи также снабжаются противопожарной аппаратурой, а их высота обычно не превышает 3 метров.

В зависимости от количества элементарной ртути, восстановленной на загрязненном участке, может потребоваться использовать более крупную тару чем стандартные баллоны емкостью 2,5 или 3 литра. Для этой цели были специально разработаны контейнеры на 1 метрическую тонну, отвечающие жестким требованиям для транспортировки и длительного хранения.



Рис. 18. Пример стальных баллонов на 34 кг и стального контейнера для хранения ртути на 1 метрическую тонну. Источник: Bethlehem Apparatus Co. Hellertown, PA.

В настоящее время разрабатывается ряд указаний в связи с критериями для временного и долгосрочного хранения элементарной ртути, которая продается как товарный продукт или выводится с рынка (разрешенные виды применения). Важную информацию по этому вопросу можно найти в указаниях Базельской конвенции *"Обновленное техническое руководство по экологически безопасному обращению с отходами, состоящими из ртути и ее соединений, содержащими их или загрязненными ими (6-я редакция)"*, а также в недавно пересмотренном *"Практическом справочнике по хранению и удалению ртутных отходов"* ЮНЕП/МАТО

8.8 Санитарно-бытовые удобства и средства первой помощи на рабочих местах

В качестве одного из компонентов планирования мер безопасности и охраны здоровья для конкретных участков следует установить особые требования к санитарно-бытовым удобствам для загрязненных ртутью участков. В необходимых случаях следует предоставлять следующие средства для удаления загрязнения (этот список не является исчерпывающим):

- душевые;
- приспособления для мытья рук;

- приспособления для промывки глаз;
- отдельная чистая зона;
- участки для очистки всего оборудования, включая участки для мытья грузовых автомобилей. Если имеется высокий уровень загрязнения, то для рабочих следует оборудовать отдельную деконтаминационную установку (в дополнение и отдельно от других санитарно-бытовых удобств).
- При отравлении ртутью требуется специализированное медицинское вмешательство и меры, включая применение комплексонов (для ускорения выведения ртути из организма), а также требуется изолировать рабочего от источника экспозиции вплоть до завершения лечения, изучения и устранения источника загрязнения.

8.9. Мониторинг экспозиции

Мониторинг экспозиции - это средство для измерения экспозиции по загрязнителям, которой подвергаются работающие на участке люди. В некоторых случаях может также оказаться целесообразным проводить мониторинг экспозиции местных жителей. Мониторинг экспозиции должен проводиться компетентными лицами в соответствии с признанными стандартами мониторинга. Все результаты мониторинга должны быть доступными для всех возможно подверженных воздействию опасных загрязнителей лиц. В случае загрязненных ртутью участков биологический мониторинг с отбором проб волос на регулярной основе может быть составной частью программы мониторинга экспозиции, которая выполняется аккредитованной лабораторией использующей процедуры КК/ОК и обладающей опытом интерпретации результатов анализа.

8.10. Программы медицинского надзора

Помимо уже указанных выше требований для опасных веществ, следует проводить программы медицинского надзора для рабочих и местных жителей с установленной экспозицией по "особо опасным" веществам. К ним, в частности, относятся:

- асбест;
- неорганический мышьяк;
- неорганический хром;
- неорганическая ртуть;
- кадмий;
- свинец;
- метилртуть;
- полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- кристаллический кремнезем;
- таллий; и,

- фосфорорганические пестициды
- стойкие органические загрязнители (СОЗ)

Местные работники системы здравоохранения могут создать санитарный реестр под надзором опытных клиницистов и токсикологов. Рабочих и/или местных жителей, подверженных риску экспозиции, можно вносить в этот реестр и контролировать состояние их здоровья с течением времени. Преимущество такого подхода состоит в том, что местные медики могут научиться выявлять характерные проявления экспозиции по конкретным загрязнителям и устанавливать начальные симптомы на ранних стадиях у пациентов, которые иначе оставались бы незамеченными. Реестр может также помочь в выявлении каких-либо кластеров связанных с загрязнением проблем со здоровьем местных жителей на территориях, где могут располагаться участки прошлого загрязнения, приводящие к долгосрочной экспозиции населения.

9. Загрязненные участки и требования Конвенции Минамата по ртути: Вовлечение заинтересованных сторон.

В Конвенции Минамата по ртути приводятся действия, которые могут предприниматься сторонами для разрешения связанных с загрязненными участками проблем и для предоставления общественности информации, чтобы повысить уровень ее информированности о последствиях загрязнения для здоровья человека и для окружающей среды. Руководящие указания, такие как представленные в данном документе, могут помочь в укреплении потенциала населения, НПО и политического руководства для разрешения связанных с загрязненными ртутью участками в их юрисдикции. Это может также дать ценную информацию о загрязненном участке для промышленности, повышая эффективность оценки участка и снижая затраты, сокращая при этом потенциальные социальные конфликты.

На данном этапе, стороны соглашения по ртути еще не разработали конкретных руководящих указаний для загрязненных участков, но это не мешает национальным правительствам разрабатывать свои собственные системы управления, политику и законодательство для оценки, определения, характеристики и реабилитации загрязненных участков. По мере того, как страны продвигаются в ратификации соглашения по ртути, важно учитывать конкретные положения этого соглашения относительно загрязненных ртутью участков и необходимости вовлечения общественности.

В соответствии со Статьей 12 "Загрязненные участки", Конференция Сторон должна подготовить руководство по обращению с загрязненными участками, включающими методы и подходы для "вовлечения общественности" (UNEP 2013).

Кроме того, в соответствии со Статьей 18 “Информирование общественности, повышение информированности и образование”, от каждой Стороны требуется предоставлять своей общественности информацию о ртутном загрязнении, а также “результаты своей деятельности в сфере исследований, разработок и мониторинга в соответствии со Статьей 19”. От Сторон также требуется проводить меры образования, подготовки и повышения уровня информированности общественности относительно воздействия ртути на здоровье, в сотрудничестве с профильными межправительственными организациями, НПО и уязвимыми группами населения.

Для вовлечения общественности и расширения возможностей для гражданского общества при помощи межсекторального сотрудничества требуется интегрированный двусторонний подход - вовлечение гражданского общества на национальном и региональном уровнях и процесс вовлечения заинтересованных сторон на уровне конкретного местного участка. Каждый из этих процессов должен быть способен давать информацию для другого процесса и для его адаптации. В то же время, для обеспечения максимальной эффективности процесса вовлечения общественности необходимо учитывать конкретные особенности культурного, социального и политического контекста.

9.1 Указания для вовлечения заинтересованных сторон на конкретных участках

Вовлечение заинтересованных сторон в определение, оценку и реабилитацию загрязненных ртутью участков включает целенаправленное участие отдельных лиц, местных сообществ, НПО, промышленности, правительственных структур и других, которые могут быть заинтересованы или на которых потенциально могут повлиять загрязненный участок или работы по его очистке. Заинтересованные стороны могут включать: землевладельцы и жители, проживающие на самом участке или рядом с ним; местные сообщества и отрасли промышленности, подвергающиеся постоянному воздействию ртутного загрязнения; учреждения здравоохранения, природоохранные органы и другие органы регулирования; НПО, занятые на участке руководители и рабочие.

Если у промышленности имеется загрязненный участок (участки) и она хочет привлечь заинтересованные стороны к его реабилитации, то может оказаться полезным привлечь третьи стороны (например, консультантов или ученых) к управлению этим процессом в качестве независимого "брокера". Это может быть особенно полезным в тех случаях, когда в отношениях между заинтересованными сторонами могут быть проблемы доверия или прошлых конфликтов. Некоторые компании могут сталкиваться с проблемами, когда они приобретают загрязненные участки в качестве составной части корпоративного слияния или аналогичной сделки, но не отвечают за очистку этого загрязнения (но несут ответственность за проведение реабилитации).

Прошлые конфликты между первоначальными загрязнителями и такими заинтересованными сторонами как местные жители могут создавать тупиковую ситуацию для реабилитации участка. В таких ситуациях новые владельцы участка могут "перезапустить" взаимоотношения с местными сообществами с применением плана реального вовлечения заинтересованных сторон и выиграть за счет диалога на основе взаимного доверия о таком будущем участка, которое в наилучшей степени отвечает требованиям всех сторон, обеспечивая при этом очистку земли до уровня согласованных стандартов.

Промышленность, у которой имеются загрязненные участки, также может получить пользу от имеющейся у заинтересованных сторон информации об использовании участков в прошлом для определения потенциальных горячих точек, где могли сбрасывать отходы. К таким сторонам могут относиться местные жители, водители грузовиков, местные чиновники и другие лица, которые могут обладать информацией об участке и о практике работы на нем за длительный период времени. Информация такого рода может оказаться весьма полезной в ходе предварительной и детализированной оценки участка и позволяет сократить расходы за счет более точного и эффективного отбора проб. В связи с этим вовлечение заинтересованных сторон должно начинаться на возможно более ранней стадии при рассмотрении вопроса о реабилитации.

Заинтересованные стороны должны иметь право на информацию об экологических факторах, которые влияют на их жизнь, жизнь их детей и семей, и на будущее их сообществ.

Цель вовлечения заинтересованных сторон состоит в том, чтобы повысить качество решений, принимаемых по конкретным проектам реабилитации, а также повысить качество самого процесса принятия решений. Двустороннее вовлечение, которое эффективно предоставляет информацию и позволяет заинтересованным сторонам участвовать в процессе принятия решений, может обеспечить значительную экономию средств и повысить доверие к организациям, которые занимаются загрязненными ртутью участками. Заинтересованные стороны получают позитивный эффект для здоровья, безопасности и удобства от более качественных решений по контролю риска и от более приемлемых вариантов для обращения с участками.

Вовлечение заинтересованных сторон должно начинаться на возможно более ранней стадии и должно продолжаться на этапах определения, оценки, реабилитации и обращения с загрязненными участками. Кроме того, заинтересованные стороны должны привлекаться в случае выявления новой проблемы, которая может представлять риск для здоровья людей или для окружающей среды, или же может вызывать беспокойство общественности.

Проведение подготовки и исследований для вовлечения заинтересованных сторон можно интегрировать в процесс определения и характеристики участка, поскольку потенциально каждый из этих процессов может получить от другого немало информации. План вовлечения заинтересованных сторон должен быть

гибким и реагировать на изменяющиеся обстоятельства и на информацию заинтересованных сторон.

9.2. Осуществление вовлечения заинтересованных сторон

Согласованный план вовлечения заинтересованных сторон следует предоставить всем таким сторонам в виде краткого резюме - "заявления о намерениях". Это может включать следующее:

- контекстная информация об участке, заявление о проекте, о целях и задачах процесса вовлечения заинтересованных сторон;
- описание основных проблем, которые вероятно будут разрешаться и потенциальное будущее использование земли;
- заявление о виде предполагаемого участия и о методах вовлечения, которые будут использоваться;
- обязательства относительно использования полученной в этом процессе информации и предоставления заинтересованным сторонам обратной связи об использовании их информации для принятия решений;
- календарные сроки для программы вовлечения, дающие вовлеченным сторонам достаточно времени для обсуждения и формирования мнения по этим вопросам;
- источники дополнительной информации, включая контактные данные для профильных сотрудников и представителей заинтересованных сторон.

Методы вовлечения заинтересованных сторон необходимо будет разрабатывать для местного контекста и с учетом культурных, социальных и сезонных факторов, которые могут повлиять на участие. Примеры таких методов включают;

- встречи с общественностью;
- встречи на участке;
- печатная информация;
- семинары;
- технические совещания.

Обратная связь заинтересованным сторонам должна предоставляться на каждой стадии процесса вовлечения, после ключевых встреч и по завершении программы. Это должно включать резюме представленных заинтересованными сторонами сведений, данные о том, как они рассматривались и включались в процесс принятия решений, а также документирование основных параметров процесса вовлечения. Обратная связь должна также включать любые другие факторы за пределами собственно процесса вовлечения, которые могут влиять на принимаемые решения.

9.3. Оценка и отчетность по вовлечению заинтересованных сторон

Оценка этого процесса и его результатов является неотъемлемой частью программы вовлечения заинтересованных сторон и это может помочь:

- определить, удовлетворены ли заинтересованные стороны тем, насколько этот процесс справедлив и отвечает их ожиданиям;
- улучшить будущую деятельность и программы вовлечения заинтересованных сторон;
- определить, сохраняется ли потребность в продолжении текущей деятельности по вовлечению заинтересованных сторон;
- повысить экономическую эффективность будущих процессов.

Все заинтересованные стороны должны привлекаться к оценке и обратной связи по эффективности программы в течение всего периода реализации плана вовлечения заинтересованных сторон, а также по завершению этого процесса. Это позволит использовать адаптивный подход к управлению и вносить улучшения в случае необходимости. Следует рассмотреть вопрос о том, не поручить ли выполнение задач по оценке отдельной организации, чтобы проанализировать успешность программы более объективно.

10. Литература

