ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

EP

UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4

Distr.: General
11 November 2010

Russian
Original: English

Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде

Межправительственный комитет для ведения переговоров по подготовке имеющего обязательную юридическую силу глобального документа по ртути
Вторая сессия
Чиба, Япония, 24-28 января 2011 года
Пункт 3 предварительной повестки дня*

Подготовка имеющего обязательную юридическую силу глобального документа по ртути

Исследование источников и выбросов ртути и анализ расходов на меры по обеспечению контроля и их эффективности

Записка секретариата

1. В пункте 29 своего решения 25/5 Совет управляющих Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) просил Директора-исполнителя ЮНЕП в целях обеспечения информации для ее использования в работе межправительственного комитета для ведения переговоров провести в консультации с соответствующими странами исследование различных видов источников выбросов ртути, а также существующих и будущих тенденций в области выбросов ртути, с тем чтобы проанализировать и оценить расходы на внедрение альтернативных технологий и мер по обеспечению контроля и их эффективности.

2. Данное исследование изложено в приложении к настоящей записке. Документ воспроизводится без официального редактирования. При подготовке исследования секретариат использовал информацию, полученную от правительств и из других источников, с тем чтобы дать Комитету возможность принять к рассмотрению обширный спектр соответствующих данных. В исследование входит следующая информация:

a) резюме информации о глобальных выбросах ртути в воздух на основе реестра ЮНЕП и Программы арктического мониторинга и оценки за 2005 год, включая новые оценочные данные мировых объемов выбросов за предшествующие годы;

b) резюме национальных докладов о кадастрах выбросов и кадастрах, составленных на основе исследований, которые были проведены после публикации вышеупомянутого реестра в 2008 году;

c) технические описания и варианты контроля выбросов в следующих отобранных секторах: угольные электростанции и промышленные котлоагрегаты, производство цемента, производство цветных металлов и сжигание отходов;

d) резюме имеющейся информации о расходах и эффективности различных технологий контроля выбросов;

---

* UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/1.

e) примеры расчета стоимостной эффективности по отдельным секторам.

3. Комитет, возможно, пожелает рассмотреть информацию, представленную в исследовании, при обсуждении вопроса о выбросах.

Приложение

Исследование источников и выбросов ртути и анализ расходов на меры по обеспечению контроля и их эффективности

Исследование источников и выбросов ртути и анализ расходов на меры по обеспечению контроля и их эффективности

“Исследование в соответствии с пунктом 29 решения ЮНЕП”



Сектор по химическим веществам
Отдела технологий, промышленности и экономики (ОТПЭ)

Женева, Швейцария

Ноябрь 2010 года

Заявление об ограничении ответственности

Употребляемые названия и изложение материала в настоящем издании не означают выражения со стороны Организации Объединенных Наций или ЮНЕП какого бы то ни было мнения относительно правового статуса той или иной страны, территории, города или района, либо их властей или относительно делимитации их границ. Точки зрения, изложенные в документе, не обязательно отражают позицию ЮНЕП.

Упоминание конкретных компаний или продуктов определенных производителей не означает, что они одобрены или рекомендованы ЮНЕП или являются предпочтительными в сравнении с другими компаниями или продуктами аналогичного характера, которые не были упомянуты. Запрещается использовать информацию из этой публикации, касающуюся запатентованных продуктов, для популяризации или рекламы.

Материал, представленный в настоящей публикации, может свободно цитироваться или воспроизводиться при уведомлении и со ссылкой на этот документ. Экземпляр публикации, содержащей цитату или репринт, следует направлять в Подпрограмму ЮНЕП по химическим веществам.

Электронную версию настоящего документа можно найти на веб-сайте http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/tabid/434/Default.aspx или получить по адресу:

UNEP Chemicals
11-13, chemin des Anémones
CH-1219 Châtelaine, Geneva
Switzerland
Тел.: +41 22 917 1234
Эл. почта: mercury@unep.org

Подпрограмма ЮНЕП по химическим веществам входит в состав Отдела технологий, промышленности и экономики (ОТПЭ) ЮНЕП

Авторы

ЮНЕП выражает признательность тем, кто участвовал в подготовке настоящего исследования, и выражает особую благодарность перечисленным ниже основным авторам за их целеустремленность и приверженность делу.

Джон Мунте, Карин Киндбом, Шведский институт природоохранных исследований

Йозеф Пасина, Кирре Зундсет, Элизабет Пасина, Норвежский институт исследований атмосферы (НИЛУ)

Саймон Уилсон, Программа арктического мониторинга и оценки (АМАП)

Дамиан Панасюк, НИЛУ-Польша

1. Установочное резюме

1.1. Введение

1. Цель настоящего доклада – представить общий обзор информации о выбросах ртути в атмосферу, вариантах контроля в отдельных секторах, а также их эффективности и затратности. Доклад подготовлен для обеспечения справочной информацией проходящих в настоящий момент переговоров по подготовке имеющего обязательную юридическую силу глобального документа по ртути.

1.2. Выбросы

2. Доклад о выбросах основан на данных глобального кадастра выбросов ртути в атмосферу за 2005 год (UNEP/AMAP, 2008). Настоящее исследование включает обновленные данные этого кадастра, а также анализ информации о выбросах ртути, которая содержалась в национальных докладах и опубликованных докладах с 2008 года. Кроме того, была проведена оценка глобальных тенденций выбросов за период с 1990 года по 2005 год, включающая гармонизацию и пополнение данных из ранее опубликованных кадастров.

3. Согласно оценкам, общемировой объем выбросов ртути в атмосферу, обусловленных деятельностью человека, в 2005 году составил 1921 метрическую тонну. Главным источником выбросов является сжигание ископаемых видов топлива на электростанциях и в промышленных котлоагрегатах (500 тонн или 26 процентов общемирового объема выбросов в атмосферу). Еще 380 тонн ртути (20 процентов) поступают в связи со сжиганием ископаемого топлива для отопления жилых помещений. Кустарная мелкомасштабная золотодобыча обусловливает выброс примерно 323 тонн (17 процентов). Другими важными секторами являются производство цемента (190 тонн или 10 процентов), отрасли цветной металлургии (кроме производства золота) (130 тонн или 7 процентов) и крупномасштабная добыча золота (110 тонн или 6 процентов). Оставшиеся 15 процентов приходятся на производство чугуна и стали, регулирование отходов, кремацию, производство хлорщелочи и производство ртути.

4. Приведенные данные об общемировых выбросах также представлены в формате кадастров геопространственных данных о выбросах (с координатной привязкой), которые можно использовать в качестве исходных данных для атмосферного моделирования. Также имеется информация по трем основным видам ртути/соединений ртути: газообразной элементарной ртути, соединений двухвалентной ртути и ртути в виде сопутствующих частиц.

5. Проведен повторный анализ кадастров глобальных выбросов ртути за 1990, 1995, 2000 и 2005 годы, с тем чтобы подготовить серию более сопоставимых кадастров глобальных выбросов и обеспечить возможность анализа общемировых тенденций выбросов ртути в атмосферу. В рамках этого повторного анализа подготовлены новые оценки выбросов вследствие "намеренного применения" ртути за 1990, 1995 и 2000 годы. Повторный анализ показывает, что общемировой объем выбросов составлял 1967 тонн в 1990 году, немного снизился до 1814 и 1819 тонн в 1995 году и 2000 году, соответственно, и составил 1921 тонну в 2005 году. В рамках повторного анализа серьезных изменений глобальных выбросов ртути не отмечено. Причиной этого является значительное смещение объемов выбросов между регионами. В период с 1990 года по 2005 год объем выбросов в Азии возрастал, в то время как в Северной Америке и Европе он снижался.

6. Обзор недавних национальных докладов о кадастрах выбросов и исследовательских документов о выбросах ртути позволил прийти к выводу о том, что в большинстве случае

новые оценки выбросов попадают в диапазон оценочных значений, представленных в исследовании UNEP/AMAP (2008).

7. Для изучения вариантов контроля за выбросами в настоящем исследовании были отобраны четыре сектора, исходя из объема выбросов, а также на основе основных путей выделения ртути из этих источников (из топлива, сырья или отходов, обрабатываемых или сжигаемых при высокой температуре). Эти характеристики в определенной степени делают варианты контроля весьма схожими, поэтому эти сектора пригодны для их совместного рассмотрения. Выбраны следующие сектора: электростанции и промышленные котлоагрегаты, работающие за счет сжигания угля, производство цемента, производство цветных металлов (включая золото), а также сжигание отходов – вместе они обеспечивали примерно 51 процент общемирового объема выбросов ртути в атмосферу в 2005 году.

1.3. Варианты контроля за выбросами

1.3.1. Общие соображения о контроле за выбросами во всех четырех выбранных секторах

8. Величина выбросов ртути из четырех выбранных секторов зависит от ряда факторов, включая содержание ртути и другие характеристики состава топлива и сырья, техническое оснащение объектов-источников и наличие оборудования для контроля за выбросами загрязнителей воздуха, а также специальных мер контроля за ртутью. Эти факторы сильно варьируются в различных регионах мира, а также в рамках регионов, что затрудняет выявление общепримени мых вариантов контроля. Для выявления вариантов контроля, пригодных для конкретного завода или объекта, необходима подробная информация о техническом состоянии этого завода или объекта. При разработке региональных или национальных стратегий сокращения выбросов ртути следует также учитывать экономическое положение данного региона.

9. Одним из важных факторов является существующее оборудование для сокращения выбросов других загрязнителей воздуха (например, частиц, двуокиси серы, оксидов азота или иных токсичных загрязнителей), которое также может способствовать сокращению выбросов ртути. Достигнутый уровень одновременного контроля и сокращения выбросов ртути может значительно меняться в зависимости от свойств исходных материалов и конкретных характеристик мер контроля. Этот аспект следует принимать в расчет как в оценке текущих выбросов ртути при рассмотрении потребности в дополнительных мерах, так и в разработке будущих сценариев и стратегий контроля за выбросами ртути.

10. Еще один общий аспект, применимый ко всем четырем секторам, заключается в том, что все меры, направленные на повышение производительности и энергоэффективности, приведут к сокращению потребления топлива и сырья, что опосредованно обеспечит сокращение выбросов ртути.

11. Для оценки расходов на контроль за выбросами ртути требуется знание текущего положения источников выбросов, в том числе технологические описания текущих и планируемых мер контроля загрязнения атмосферы. Определенного контроля за выбросами ртути зачастую удается добиться путем применения мер контроля за загрязнителями, не содержащими ртуть, в целях выполнения соответствующих стандартов, касающихся загрязнения воздуха. В этом случае определенное сокращение выбросов ртути достигается без дополнительных затрат.

1.3.2. Угольные электростанции и промышленные котлоагрегаты

12. Обработка до сжигания, например промывка угля, часто используется для сокращения содержания серы и золы в угле. В ходе этой операции из угля также удаляется определенная доля ртути. Было продемонстрировано, что обработка до сжигания позволяет сократить выбросы ртути в среднем на 30 процентов. Приготовление угольной смеси с использованием угля с низким содержанием ртути также может привести к соответствующему сокращению выбросов.

13. Добавление галогенов (особенно брома) до сжигания потенциально также может усилить удаление ртути за счет повышения степени ее окисления в дымовом газе, что увеличивает эффективность удаления при использовании оборудования для контроля за твердыми частицами по ходу процесса и оборудования для десульфуризации дымовых газов.

14. Впрыск активированного угля при его применении в коммерческих масштабах в увязке с устройствами улавливания частиц, например, ЭСП или тканевыми фильтрами, может обеспечить значительное сокращение выбросов ртути. Наблюдались случаи сокращения объемов выбросов ртути более чем на 90 процентов. Химически обработанные виды угля (например, бромированный уголь) имеют большую эффективность по сравнению с обычным активированным углем при обработке дымовых газов, содержащих большие количества паров элементарной ртути.

15. Для детальной оценки расходов на меры контроля за выбросами ртути и их эффективности необходима подробная информация о технических характеристиках источников, а также о наличии угля для смешивания и потенциальных добавок. Существенный объем данных получен в эксплуатационных условиях в Соединенных Штатах.

16. Устройства контроля за загрязнением воздуха могут способствовать перемещению ртути из дымовых газов в остаточные вещества, такие как зольная пыль или осадки в ДДГ-скрубберах. Оценки общих расходов на контроль должны предусматривать потенциальное повышение расходов на регулирование этих остатков в связи с любым потенциальным воздействием изменений в составе отходов, включая увеличение содержания ртути.

1.3.3. Производство цемента

17. Выбросы ртути на цементных производствах появляются вследствие применения угля и других видов топлива, а также сырьевых материалов, таких как известняк и другие добавки. Концентрации ртути в топливе и сырье сильно варьируются; значительного сокращения выбросов можно добиться за счет перехода на виды топлива и сырьевые материалы, содержащие меньшее количество ртути.

18. Адсорбция ртути цементной пылью при производстве цемента сильно зависит от условий эксплуатации завода, так как при снижении температуры адсорбция усиливается. Удаление ртути из технологического процесса при низкой температуре отходящих газов можно произвести путем удаления пыли из устройства улавливания частиц. Поскольку цементная пыль, удаляемая из дымовых газов при производстве цемента, в большой степени рециркулируется в процессе, для применения методов впрыска активированного угля может потребоваться введение дополнительного этапа по удалению частиц на тех участках, где собранные частицы не подвергаются рециркуляции.

19. Контроль на конечном этапе цикла производства цемента можно наладить, используя технологии контроля, аналогичные тем, что применяются на угольных электростанциях, при

этом значительного удаления ртути можно ожидать в случае применения десульфуризации дымовых газов, первичной целью которого является сокращение выбросов кислотных газов.

1.3.4. Производство цветных металлов

20. Производство цветных металлов – это сложный промышленный процесс, имеющий различные конфигурации, которые зависят от конкретных видов получаемых металлов, характеристик руды, а также применяемого базового процесса. Содержание ртути в руде может варьироваться в широких пределах. При пирометаллургической обработке руд первым этапом является обжиг, в ходе которого содержащаяся в руде сера преобразуется в газообразную двуокись серы. Если в руде содержится ртуть, она будет высвобождена вместе с этим газом. Крупные заводы по выплавке цветных металлов часто оснащены высокоэффективными устройствами контроля за загрязнением воздуха, позволяющими регулировать выбросы частиц и SO_2 из обжиговых печей, плавильных печей и конвертеров. Контроль за выбросами дымовых газов на установках по производству серной кислоты (которые часто присутствуют на плавильных заводах) осуществляется путем абсорбции двуокиси серы.

21. Особые показатели удаления ртути (примерно 90-95 процентов) достигаются, например, путем применения метода, разработанного компаниями "Болиден" и "Норцинк", в соответствии с которым ртуть адсорбируется в растворе каломели (хлористой ртути) до поступления на установку по производству серной кислоты.

22. Для других высокотемпературных установок, используемых в производстве золота, таких как печи для обжига, реторты и плавильные печи, наилучшими мерами контроля за выбросами ртути являются пропитанные серой угольные фильтры, которые позволяют достичь эффективности сокращения выбросов ртути на уровне 93->99 процентов.

1.3.5. Сжигание отходов

23. Поскольку все атмосферные выбросы ртути при сжигании отходов обусловлены содержанием ртути в отходах, наиболее важной первичной мерой является сокращение поступления ртути в установки для сжигания. Этого можно достичь путем сортировки и отделения продуктов, содержащих ртуть, от основного потока отходов до сжигания.

24. Большинство современных установок для сжигания бытовых отходов оборудованы передовыми устройствами контроля за выбросами различных загрязнителей. Некоторые из этих устройств могут быть оптимизированы для удержания ртути, например, путем регулирования рабочей температуры.

25. Контроль за выбросами ртути можно наладить путем впрыска активированного угля, установки скрубберов или применением обоих методов. АООС США представило примерные данные о затратах на контроль за выбросами путем впрыска активированного угля по нескольким видам сжигания отходов.

1.3.6. Выводы

26. Существует ряд технологий по сокращению выбросов ртути, которые используются в различных странах в каждом из изучаемых секторов. Многие из них применяются также для сокращения выбросов других загрязнителей воздуха (например, частиц, двуокиси серы, оксидов азота или иных токсичных загрязнителей).

27. Существующее оборудование по сокращению таких выбросов также может применяться для сокращения выбросов ртути. Тем не менее, уровень сокращения ртути может значительно варьироваться в зависимости от свойств исходных материалов и

характеристик мер контроля. Этот аспект следует принимать в расчет как в оценке текущих выбросов ртути при рассмотрении потребности в дополнительных мерах, так и в разработке перспективных сценариев и стратегий контроля за выбросами ртути.

28. Общие меры, направленные на повышение производительности и энергоэффективности, приведут к сокращению потребления топлива и сырья, что опосредованно обеспечит сокращение выбросов ртути.

29. Для оценки расходов на контроль за выбросами ртути требуется знание текущего положения источников выбросов, в том числе технологические описания текущих и планируемых мер контроля за загрязнением атмосферы.

Содержание

1. УСТАНОВОЧНОЕ РЕЗЮМЕ 6

1.1. Введение 6
1.2. Выбросы 6
1.3. Варианты контроля за выбросами 7
1.3.1. Общие соображения о контроле за выбросами во всех четырех выбранных секторах 7
1.3.2. Угольные электростанции и промышленные котлоагрегаты 8
1.3.3. Производство цемента 8
1.3.4. Производство цветных металлов 9
1.3.5. Сжигание отходов 9
1.3.6. Выводы 9

2. ВВЕДЕНИЕ 15

2.1. Исходная информация, сфера охвата и мандат 15
2.2. Источники информации 15

3. ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫБРОСЫ РТУТИ 17

3.1. Глобальные антропогенные выбросы ртути в атмосферу 17
3.2. Тенденции в области глобальных выбросов ртути в атмосферу 22
3.2.1. Выбросы по географическим регионам 23
3.3. Сопоставление информации о выбросах 24
3.3.1. Сопоставление имеющихся исследований в области глобальных выбросов 24
3.3.2. Сопоставление кадастров в отдельных странах 26

4. КОНТРОЛЬ ЗА ВЫБРОСАМИ, ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ И СВЯЗАННЫЕ С НИМ РАСХОДЫ 32

4.1. Первичные меры контроля за выбросами 32
4.2. Одновременный контроль за загрязнителями воздуха и ртутью 33
4.3. Комбинирование различных технологий контроля в целях оптимизации контроля за ртутью 35
4.4. Расходы на осуществление контроля за ртутью и его эффективность 36

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОТДЕЛЬНЫХ СЕКТОРОВ 40

5.1. Сжигание угля на электростанциях и в промышленных котлоагрегатах 40
5.1.1. Происхождение ртути и ее выбросы в процессе сжигания угля 40
5.1.2. Технологии сжигания угля 40
5.1.3. Меры контроля при сжигании угля 41
5.1.4. Расходы на применение технологий контроля на угольных электростанциях и их эффективность 45
5.2. Производство цветных металлов 49
5.2.1. Происхождение ртути и выбросы при производстве цветных металлов 49
5.2.2. Технологии производства цветных металлов 50
5.2.3. Меры контроля при производстве цветных металлов 51
5.2.4. Расходы на применение технологий контроля при производстве цветных металлов и их эффективность 53
5.3. Производство цемента 54
5.3.1. Происхождение ртути и выбросы при производстве цемента 54
5.3.2. Меры контроля при производстве цемента 55
5.3.3. Расходы на применение технологий контроля при производстве цемента и их эффективность 58
5.4. Сжигание отходов 59
5.4.1. Происхождение ртути и выбросы при сжигании отходов 59
5.4.2. Технологии сжигания отходов 59
5.4.3. Меры контроля при сжигании отходов 60
5.4.4. Расходы на применение технологий контроля при сжигании отходов и их эффективность 61

6. ВЫВОДЫ 64

6.1. Выбросы 64

6.2. Варианты контроля за выбросами 64
6.2.1. Основные выводы о контроле за выбросами в четырех отобранных секторах 65
6.2.2. Угольные электростанции и промышленные котлоагрегаты 65
6.2.3. Производство цемента 66
6.2.4. Производство цветных металлов 66
6.2.5. Сжигание отходов 67

7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 68

ПРИЛОЖЕНИЕ I РЕЗЮМЕ ОТВЕТОВ НА ВОПРОСНИКИ 73

ПРИЛОЖЕНИЕ II РУКОВОДСТВО ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СТРАТЕГИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ ВЫБРОСОВ РТУТИ В АТМОСФЕРУ 76

Подготовка базового уровня 76
Сценарии, касающиеся дополнительных мер контроля за выбросами 77
Дополнительная информация 77

Список терминов и сокращений

АМАП	Программа арктического мониторинга и оценки
КМЗ	кустарная мелкомасштабная золотодобыча
НИМ	наилучшие имеющиеся методы
СДНИМ	справочный документ о наилучших имеющихся методах
Выбросы побочных продуктов	Выбросы из источников, в которых ртуть входит в состав топлива или сырья, применяемого в процессе
ЦЧУ	Центр чистого угля МЭА
CO	оксид углерода
ЭСП	электростатический пылеуловитель
ЭСПРЕМЕ	Комплексная оценка выбросов тяжелых металлов в Европе (исследовательский проект, финансируемый Европейским союзом; см. список литературы)
ЕС	Европейский союз
ЕС-27	27 государств – членов Европейского союза
СКС	сжигание в кипящем слое
ТФ	тканевый фильтр
ДДГ	десульфуризация дымовых газов
HEIMTSA	исследовательский проект, финансируемый Европейским союзом; см. список литературы
Hg^0	элементарная ртуть
$HgCl_2$	хлорид ртути
МЭА	Международное энергетическое агентство
МКП	Межправительственный комитет для ведения переговоров
Намеренные выбросы	выбросы из источников, в которых ртуть применяется намеренно, например в продуктах или в рамках промышленного процесса
КПКЗ	Директива ЕС о комплексном предотвращении и контроле загрязнений
НТС	низшая теплотворная способность (также известна как низшая теплота сгорания или низшая ТС)
Конвенция о ТЗВБР, КТЗВБР	Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (конвенция по борьбе с загрязнением воздуха, принятая Европейской экономической комиссией – ЕЭК ООН)
NH_3	аммиак
NOx	оксиды азота
СПУ	сжигание пылевидного угля
ТЧ	твердые частицы
СКВ	селективное каталитическое восстановление

СНКВ	селективное некаталитическое восстановление
SO_2	двуокись серы
ЛОС	летучие органические соединения
НЛЭТ	Национальная лаборатория энергетических технологий
НИИЭ	Научно-исследовательский институт электроэнергетики
РОПП	Руководство по оптимизации производственных процессов, см. список литературы
ЭиТО	эксплуатация и техническое обслуживание
ГКУ	Главное контрольное управление (США)
ПАУ	порошкообразный активированный уголь
МВт-ч	мегаватт-час (выработка энергии)
МВт-ч (э)	мегаватт-час электроэнергии

2. Введение

2.1. Исходная информация, сфера охвата и мандат

1. В соответствии с просьбой, изложенной в пункте 29 решения 25/5 III Совета управляющих/Глобального форума по окружающей среде на уровне министров Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), было подготовлено исследование различных видов источников выбросов ртути, а также существующих и будущих тенденций в области выбросов ртути, включая анализ и оценку расходов в связи с осуществлением альтернативных мер и технологий по снижению выбросов и их эффективности.

2. Цель исследования состоит в информационном обеспечении деятельности межправительственного комитета для ведения переговоров (МКП) с целью представления справочной информации, касающейся разработки мер контроля за выбросами ртути, которые могут быть отражены в глобальном юридически обязательном документе по ртути, разрабатываемом в настоящее время.

3. Основные задачи исследования включают:

a) представление обновленной и новой информации о выбросах ртути по отдельным странам и секторам, а также о текущих тенденциях в области выбросов ртути;

b) представление обзора технических характеристик основных источников выбросов ртути в важных секторах в отобранных странах;

c) представление резюме имеющейся информации о расходах на различные технологии контроля за выбросами и их эффективности.

4. В исследовании рассматриваются наиболее крупные категории источников выбросов, которые были определены на основе предыдущих докладов о выбросах ЮНЕП и информации, имеющейся в опубликованной литературе. Кроме того, рассматривается вопрос о наличии информации о расходах на альтернативные меры и технологии контроля за выбросами и их эффективности, а также вопрос о том, в какой степени эта информация может быть полезна для МКП. Выявленными приоритетными источниками выбросов ртути являются: угольные электростанции и промышленные котлоагрегаты; цветная металлургия (в частности производство свинца, цинка и меди и золота); сжигание отходов; а также цементные производства.

5. В настоящем докладе приводится резюме имеющейся информации о выбросах ртути в атмосферу; краткое описание секторов, отобранных для данного исследования; информация о том, на каких этапах ртуть вводится в процессы и где/как она высвобождается в атмосферу; а также описываются варианты контроля и связанные с ними расходы.

6. Таким образом, цель доклада состоит в информационном обеспечении проводящихся обсуждений по поводу глобального соглашения о сокращении выбросов ртути в отдельных секторах. К настоящему докладу прилагается руководство для правительств, которые хотели бы провести более детальную оценку вариантов контроля в своих странах.

2.2. Источники информации

7. Настоящий доклад подготовлен на основе докладов о глобальных выбросах ртути и качественной оценки расходов на варианты контроля и их эффективности, подготовленных для ЮНЕП в 2008 году, информации, представленной отдельными странами и организациями, а также свежей информации, имеющейся в опубликованной литературе о выбросах, вариантах контроля и расходах.

8. Подготовленные для ЮНЕП в 2008 году доклады, которые использовались в настоящем исследовании: Кадастр глобальных выбросов ртути за 2005 год[1] (UNEP/AMAP, 2008) (совместно подготовлен ЮНЕП и АМАП), и "Общая качественная оценка потенциальных расходов и выгод, связанных с каждой из стратегических задач, указанных в приложении 1 к докладу первого совещания Рабочей группы открытого состава"[2]. Дополнительная информация о технологиях контроля взята из опубликованной литературы и результатов финансируемых ЕС исследовательских проектов, таких как ЭСПРЕМЕ и HEIMTSA.

9. В страны была направлена просьба представить информацию о выбросах, вариантах контроля и расходах. Для облегчения сбора информации были распространены вопросники и шаблоны в формате Excel. Для исследования были отобраны Бразилия, Индия, Китай, Российская Федерация, Соединенные Штаты Америки (США), Южная Африка и 27 стран Европейского союза. С некоторыми правительствами были также проведены последующие совещания с целью содействовать им в сборе информации.

10. При подготовке настоящего доклада были проведены два обзора. "Нулевая" версия проекта доклада от 4 марта 2010 года была направлена непосредственно указанным выше странам и опубликована для рассмотрения на веб-сайте ЮНЕП. Окончательный проект доклада от 29 сентября 2010 года была направлен для рассмотрения всем заинтересованным субъектам, которые представили информацию.

11. Резюме представленной информации приводится в приложении 1. Национальные доклады также опубликованы на веб-сайте ЮНЕП.

[1] //www.chem.unep.ch/mercury/Atmospheric_Emissions/Technical_background_report.pdf

[2] http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/e52)/English/OEWG_2_5_add_1.pdf

3. Глобальные выбросы ртути

12. Цель настоящей главы заключается в представлении общего обзора глобальных антропогенных выбросов ртути в атмосферу, причем как всех выбросов в целом, так и выбросов в отдельных секторах и регионах.

3.1. Глобальные антропогенные выбросы ртути в атмосферу

13. Реестр глобальных антропогенных выбросов ртути за 2005 год был подготовлен в рамках совместного проекта ЮНЕП/АМАП в 2008 году. Этот реестр был основан на национальных данных о выбросах, а также оценочных данных о выбросах в других странах, основанных на данных о деятельности и соответствующих коэффициентах выбросов. В связи с повсеместным отсутствием измерений непосредственно выбросов ртути, для "оценки" глобальных выбросов используются, в сущности, те же методы, которые применялись для получения большей части национальных данных. Подробная информация о методах, источниках данных и другой информации содержится в UNEP/AMAP (2008).

14. В реестре 2005 года рассматривались сектора с "намеренными" и "ненамеренными" выбросами. "Ненамеренные" выбросы ртути в атмосферу происходят, в основном, в энергетическом и промышленном секторах, где выбросы ртути являются "ненамеренным побочным продуктом", связанным с наличием ртути в ископаемых видах топлива, таких как уголь, и в сырьевых материалах. Сектора с "ненамеренными" выбросами включают: стационарное сжигание ископаемых видов топлива на электростанциях и для отопления жилых зданий[3]; производство чугуна и стали; производство цемента; производство ртути; крупномасштабную добычу золота; а также некоторые "прочие" виды деятельности. Выбросы ртути при производстве хлорщелочи также считаются "ненамеренными", так как о них обычно сообщается в рамках национальных кадастров выбросов в силу исторических причин (то есть в целях соблюдения последовательности с ранее опубликованными кадастрами). В некоторых странах национальные доклады о выбросах также включают в себя сжигание отходов и другие сектора, которые могут быть определены как сектора намеренного использования. В большинстве регионов мира, однако, выбросы из источников вследствие намеренного использования в основном оцениваются на основе подходов, включающих анализ перемещения вещества или оценку массового баланса (UNEP/ MAP, 2008).

15. Сектора "намеренного применения "включают кустарную и мелкомасштабную золотодобычу; выбросы вследствие кремации тел, имеющих зубные пломбы из ртутной амальгамы; вторичное производство стали; рассеянные выбросы вследствие применения продуктов (например, медицинских инструментов, батарей, ламп и т.д.); а также утилизацию отходов (в том числе сжигание отходов, содержащих ртуть).

16. Как показано на диаграмме 1, стационарное сжигание угля на электростанциях и в секторе отопления жилых зданий, а также других источники, в которых используется процесс сжигания, принадлежат к крупнейшей категории источников антропогенных выбросов ртути в атмосферу. Ртуть присутствует в угле в виде микроэлементов, которые выделяются в атмосферу при сжигании. Сжигание других видов ископаемого топлива для производства энергии или тепла также способствуют выбросу ртути, однако в значительно меньшей степени чем уголь.

[3] Во многих странах большие объемы угля (часто низкого качества) используются для отопления и приготовления пищи в отдельных домохозяйствах. В других странах котлоагрегаты могут обслуживать большое число жилых зданий.

17. Добыча и промышленная переработка руд, в частности, при первичном производстве чугуна, стали и производстве цветных металлов (особенно при выплавке меди, свинца и цинка), приводят к выбросам ртути как вследствие сжигания топлива, так и в силу присутствия ртути в рудах в виде примесей. Источники ртути, связанные с производством металлов, также включают добычу и производство самой ртути (относительно незначительный источник) и добычу золота, где ртуть присутствует в рудах и используется в некоторых промышленных процессах для извлечения золота из жильных месторождений. Использование ртути для извлечения золота в кустарной и мелкомасштабной золотодобыче (КМЗ) относится к намеренным видам применения.

18. Третий крупный источник "ненамеренных" выбросов ртути связан с производством цемента. При производстве цемента выбросы ртути происходят вследствие ее присутствия в топливе, применяемом для нагрева цементных печей (в основном уголь) вместе с любыми видами совместно сжигаемого топлива или отходов, а также в известняке и других незначительных видах сырья и добавок. Таким образом, возможно значительное варьирование как в происхождении, так и в величине выбросов ртути при производстве цемента.

19. В кадастре ЮНЕП/АМАП (2008) сектора намеренного применения включают кустарную и мелкомасштабную золотодобычу, которая приводит к выбросам в атмосферу и сбросам воду. В отличие от большинства других секторов, объем связанных с КМЗ сбросов в воду равен или превышает объем выбросов в атмосферу и может привести к значительному воздействию на окружающую среду на местном уровне. Другие выбросы вследствие намеренного применения, оценка которых приводится в кадастре ЮНЕП/АМАП (2008), включают выбросы в результате сжигания отходов и других видов утилизации отходов; выбросы от стоматологической ртути вследствие кремации тел (однако в настоящее время из этой категории исключены выбросы при подготовке стоматологической амальгамы); и рассеянные выбросы вследствие использования ртути в продуктах, таких как аккумуляторы, лампы и измерительные приборы.

20. Оценки глобальных антропогенных выбросов ртути в атмосферу в 2005 году из различных секторов представлены в таблице 1 и на диаграмме 1.

21. В таблице 1 выбросы и относительная доля глобальных выбросов ртути в атмосферу в 2005 году из секторов, отобранных для рассмотрения в настоящем исследовании, представлены в пяти строках. В целом, на эти пять секторов, согласно оценкам, приходится около 50 процентов глобальных выбросов: на сжигание угля на электростанциях – 26 процентов; на производство цветных металлов (кроме добычи золота) – 7 процентов; на крупномасштабную золотодобычу – 6 процентов; на производство цемента – 10 процентов; и на крупномасштабное сжигание отходов – 2 процента. В настоящем исследовании этим секторам уделяется особое внимание в связи с их соответствующими долями глобальных выбросов ртути в атмосферу, а также в связи с тем, что эти сектора содержат большое количество точечных источников с высокой температуры горения или процессов, в рамках которых возможна установка и применение аналогичных технологий контроля за выбросами.

22. И подтвержденные национальными докладами, и "расчетные" данные о выбросах имеют ряд факторов неопределенности. В секторах "ненамеренного использования" неопределенность в глобальной оценке составляет примерно ± 25 процентов для сжигания угля и ± 30 процентов для производства черных/цветных металлов и производства цемента, хотя приведенные данные, возможно, не отражают факторы неопределенности, содержащиеся в оценках отдельных стран. Неопределенность может варьироваться для разных стран и континентов в зависимости от наличия и надежности статистических данных о видах деятельности и потреблении ртути, а также информации, которая позволяет

применять соответствующие коэффициенты выбросов (например, содержание ртути в топливе, технологии контроля). В таких секторах как производство золота и сжигание и утилизация отходов диапазон неопределенности значительно больше, поэтому максимальные оценки, представленные в исследовании UNEP/AMAP (2008), следует рассматривать в качестве максимальной потенциальной величины выбросов. "Консервативные" оценки представляют собой наиболее разумный оценочный объем выбросов в секторах "намеренного использования", представленных в UNEP/AMAP (2008).

Таблица 1. *Оценки глобальных антропогенных выбросов ртути в атмосферу в 2005 году из различных секторов (обновленные данные из UNEP/AMAP, 2008). Сектора, отобранные для этого исследования, перечислены в первых пяти строках. Ниже указаны прочие сектора.*

Сектор	**Выбросы в 2005 году* (тонн=1000 кг)**	**Доля от общего объема выбросов в атмосферу (%)**
Сжигание угля на электростанциях и в промышленных котлоагрегатах	498 (339-657)	26
Производство цветных металлов (Cu, Zn, Pb)	132 (80-185)	7
Крупномасштабная золотодобыча	111 (66-156)	6
Производство цемента	189 (114-263)	10
Сжигание отходов	42	2
Отопление жилых зданий/прочие виды сжигания	382 (257-506)	20
Кустарная и мелкомасштабная золотодобыча	323	17
Прочие виды обработки отходов	74	4
Производство чугуна и стали, вторичное производство стали	61 (35-74)	3
Производство хлорщелочи	47 (29-64)	2
Стоматологическая амальгама (кремация)**	27	1
Прочее	26	1
Производство ртути	9 (5-12)	0,5
Всего	**1921**	

* Представлены лучшие имеющиеся оценки: оценочная величина (с диапазоном неопределенности) или консервативная оценка (без диапазона). Более подробную информацию о неопределенностях см. в UNEP/AMAP (2008).

** Не включает другие выбросы вследствие производства, обработки, применения и утилизации стоматологической амальгамы.



Диаграмма 1. *Соотношение глобальных антропогенных выбросов ртути в атмосферу в 2005 году из различных секторов (обновленные данные из UNEP/AMAP, 2008)*

23. Глобальный кадастр антропогенных выбросов в атмосферу за 2005 год, описанный в UNEP/AMAP (2008) и обобщенный в UNEP (2008) стал наиболее полным среди таких (глобальных) кадастров, подготовленных на данный момент. В 2010 году был проведен пересмотр этого кадастра, а также ранее опубликованных кадастров за 1990, 1995 и 2000 расчетные годы; что касается данных за 2005 год, в результате пересмотра появились небольшие изменения в объеме глобальных выбросов ртути в атмосферу, в основном касающиеся секторов намеренного использования, что стало следствием получения более полной информации о потреблении ртути в смежных секторах. Дальнейшее описание приводится в главе 3.2 ниже.

24. Из общего оценочного объема выбросов ртути в атмосферу в 2005 году (1921 тонна) на сжигание ископаемого топлива на электростанциях и в промышленных котлоагрегатах приходится примерно 500 тонн (26 процентов). Еще 380 тонн ртути (20 процентов глобального объема выбросов) связаны со сжиганием ископаемого топлива для отопления жилых зданий (UNEP/AMAP, 2008, AMAP, 2010). Во многих странах, большие количества угля (часто низкого качества) применяются для отопления и приготовления пищи в отдельных домохозяйствах. В других странах котлоагрегаты могут отапливать большое количество жилых домов. Хотя отопление жилых зданий и является значительным источником выбросов ртути, этот сектор далее не рассматривается в настоящем исследовании, поскольку пригодные варианты контроля за выбросами сильно отличаются от соответствующих вариантов для электростанций и промышленных котлоагрегатов. Альтернативные меры контроля, такие как переход на другие виды топлива или на другие источники энергии для приготовления пищи и отопления, следует рассматривать с учетом местных условий и наличия ресурсов.

25. Почти 70 процентов от общего объема выбросов ртути в цветной металлургии приходятся на Азию (более подробную информацию о выбросах по географическим регионам см. в разделе 2.2.). Согласно оценкам, отрасли цветной металлургии (крупномасштабные производства) в 2005 году обеспечили примерно 130 тонн в общемировом объеме выбросов ртути в атмосферу, при этом примерно 50 процентов оценочного объема выбросов в этом секторе поступило из Китая. Следующими по величине

выбросов странами являются Южная Корея (около 5 процентов), Чили и Австралия (на каждую страну приходится около 5 процентов). Крупномасштабное производство золота обеспечивает 6 процентов объема глобальных выбросов (около 110 тонн). В 2005 году Китай, согласно оценкам, стал самым крупным источником выбросов (40 процентов выбросов в секторе); за ним следуют Австралия, Соединенные Штаты и Индонезия (по 5-7 процентов выбросов в секторе). Недавно ЮНЕП получила информацию о том, что Китай прекратил применение ртути в крупномасштабном производстве золота.

26. Около 190 тонн (10 процентов) в общем объеме глобальных выбросов ртути в атмосферу из антропогенных источников в 2005 году приходится на производство цемента. Около 74 процентов от общего объема выбросов ртути в цементной отрасли формируется в Азии: основным источником является Китай (45 процентов от общего объема выбросов в атмосферу при производстве цемента), за ним следуют Индия (6 процентов) и Япония (5 процентов). Четвертым по величине источником являются Соединенные Штаты (3 процента) (UNEP/AMAP, 2008).

27. Высокая неопределенность наблюдается в сфере выбросов ртути из бытовых и других отходов. Большинство стран утилизируют большие количества отходов путем захоронения или открытого сжигания. Многие страны не имеют средств для крупномасштабного высокотемпературного сжигания твердых отходов. Поэтому о выбросах в этом секторе часто либо не сообщается, либо они включаются в общую категорию "прочих" выбросов. Страны, которые сообщают о выбросах из крупномасштабных установках для сжигания бытовых, медицинских и опасных отходов включают Соединенные Штаты Америки, Японию и страны Европы – по этой причине они могут быть "чрезмерно представлены" в классификации выбросов, относящейся к этой части кадастра отходов по секторам. В других странах сжигание отходов может учитываться в категории "отходы и прочее" глобального кадастра. Выбросы отходов по секторам, рассчитанные на основе анализа потока веществ или массового баланса, вместе с информацией о методах обращения с отходами в странах можно сопоставить с представленными оценками, касающимися сжигания отходов (при наличии таковых). Согласно недавно пересмотренным оценкам (AMAP, 2010) выбросов в секторах намеренного применения в 2005 году (см. пункт 30), сжигание твердых бытовых отходов в крупных сооружениях оценивается примерно в 2 процента от объема глобальных выбросов ртути в атмосферу (еще 4 процента проходит по категории "другие отходы"). С учетом неопределенности в отнесении выбросов к той или иной части сектора образования отходов на Северную Америку и Европу приходится примерно по 20 процентов выбросов ртути, которая непосредственно связана с крупномасштабным сжиганием отходов по всему миру; доля Азии составляет примерно 45 процентов.

28. Для создания атмосферных моделей в качестве исходных данных используются кадастры выбросов с геопространственным распределением данных (с координатной привязкой). Кроме того, для создания моделей также требуется, чтобы эти выбросы были "идентифицированы по составу", с тем чтобы разделить первичные выбросы по трем основным типам ртути/соединений ртути: газообразная элементарная ртуть (ГЭР, сокращенное обозначение Hg0 или Hg^0), двухвалентные соединения ртути (Hg^2) , и ртуть в виде сопутствующих частиц (Hg-P); вместе они составляют группу общих выбросов ртути (HgT). Различные виды ртути имеют сильно отличающиеся характеристики переноса, поэтому информация о составе необходима для определения "судьбы" выбросов ртути. Информация о составе и высотах дымовых труб представлена в докладе AMAP/UNEP (2008).

3.2. Тенденции в области глобальных выбросов ртути в атмосферу

29. В рамках своей оценки ртути в Арктике 2010 года Программа арктического мониторинга и оценки (АМАП) провела повторный анализ глобальных кадастров ртути от 1990, 1995, 2000 и 2005 годов (Pacyna and Pacyna, 2002; Pacyna and Pacyna, 2005; Pacyna et al., 2006), с тем чтобы подготовить серию более сопоставимых глобальных кадастров выбросов за прошедшие периоды и проанализировать глобальные тенденции в области выбросов ртути в атмосферу (AMAP, 2010). В рамках повторного анализа использовались обычная методика, более последовательная информационная база для оценки определенных выбросов, а также обновленная информация по кадастрам, касающимся различных стран и секторов, с тем чтобы учесть более подробные знания, приобретенные в процессе подготовки кадастров за последние 15 лет. При повторном анализе также проводился дальнейший пересмотр кадастра 2005 года с использованием новых данных о региональном потреблении ртути, которые заложили основу для оценки выбросов, связанных с секторами "намеренного использования". Подробная информация о внесенных изменениях представлена в докладе AMAP, 2010.

30. В результате пересмотра данных 2005 года оценочная величина выбросов сократилась приблизительно на 5 тонн до 1921 тонны (для сравнения, в докладе UNEP/AMAP (2008) указан объем 1926 тонн глобальных выбросов ртути в атмосферу). "Ненамеренные" выбросы не претерпели существенных изменений по сравнению с данными, представленными в докладе UNEP/AMAP (2008); тем не менее, были несколько пересмотрены оценки выбросов для конкретных стран применительно к секторам "намеренного использования". Помимо пересмотра выбросов от "ненамеренного использования" за все годы (1990, 1995, 2000 и 2005 годы), в повторном анализе были представлены оценки выбросов от "намеренного использования" ртути в 1990, 1995 и 2000 годах, которые (кроме выбросов хлорщелочных производств) ранее отсутствовали в этих "исторических" кадастрах.

31. Пересмотренные оценки выбросов ртути в атмосферу в 1990, 1995, 2000 и 2005 годах из секторов "ненамеренного" и "намеренного" представлены на диаграмме 2. Важно отметить, что указанные данные по выбросам из секторов "намеренного использования" представляют собой минимальные, "консервативные" оценки.

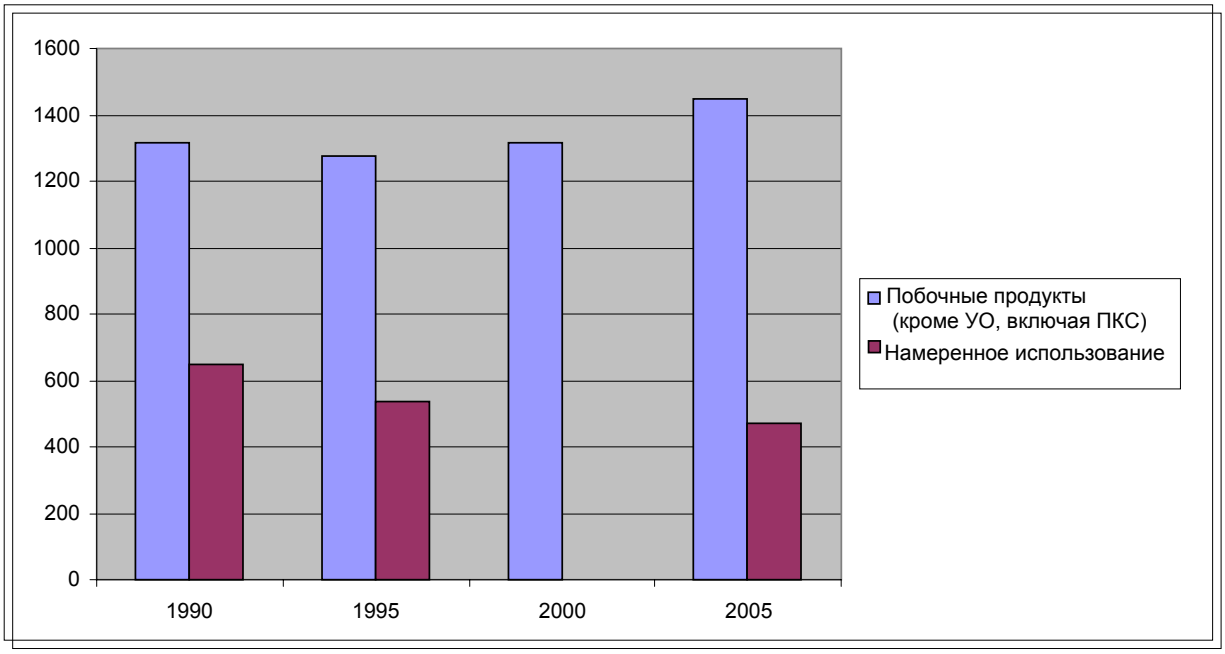

Диаграмма 2. *Пересмотренные оценки общих глобальных антропогенных выбросов ртути в атмосферу (в тоннах) из секторов "побочных продуктов" и "намеренного использования" в 1990, 1995, 2000 и 2005 годах. (УО = утилизация отходов, ПКС = производство каустической соды) (Источник: АМАР, 2010)*

32. На диаграмме 2 левый столбец за каждый год обозначает пересмотренную оценку выбросов в виде "побочных продуктов" в соответствующие годы. Правый столбец обозначает оценочную величину выбросов ртути в атмосферу из секторов "намеренного использования". Согласно пересмотренным оценкам, выбросы в виде "побочных продуктов" несколько увеличились с 1990 года до 2005 года, в то время как в секторе "намеренного использования" выбросы за тот же период времени сократились. В целом, при сложении выбросов из источников в секторах "ненамеренного" и "намеренного" использования можно увидеть, что общий уровень выбросов ртути в атмосферу 1990-2005 годах в глобальном масштабе оставался относительно стабильным.

3.2.1. Выбросы по географическим регионам

33. Хотя общий объем глобальных выбросов ртути в атмосферу с 1990 года остался относительно стабильным, произошли существенные изменения в региональном распределении выбросов. Региональные тенденции в области (совокупных) выбросов из секторов "ненамеренного" и "намеренного" использования за 1990, 1995, 2000 и 2005 годы приведены на диаграмме 3. Здесь показано, что объем антропогенных выбросов ртути в атмосферу сильно вырос в Азии и в гораздо меньшей степени в Африке и Южной Америке, в то время как величина выбросов в Европе, европейско-азиатском регионе (Россия) и Северной Америке в 1990-2005 годах сократилась.

34. По данным доклада UNEP/AMAP (2008), в 2005 году на азиатские страны приходилось около 67 процентов в объеме глобальных выбросов ртути в атмосферу из антропогенных источников, за ними следовали Северная Америка и Европа (UNEP/AMAP 2008). Россия, обеспечившая примерно 4 процента глобальных выбросов, рассматривается отдельно, поскольку она расположена и в Европе, и в Азии.

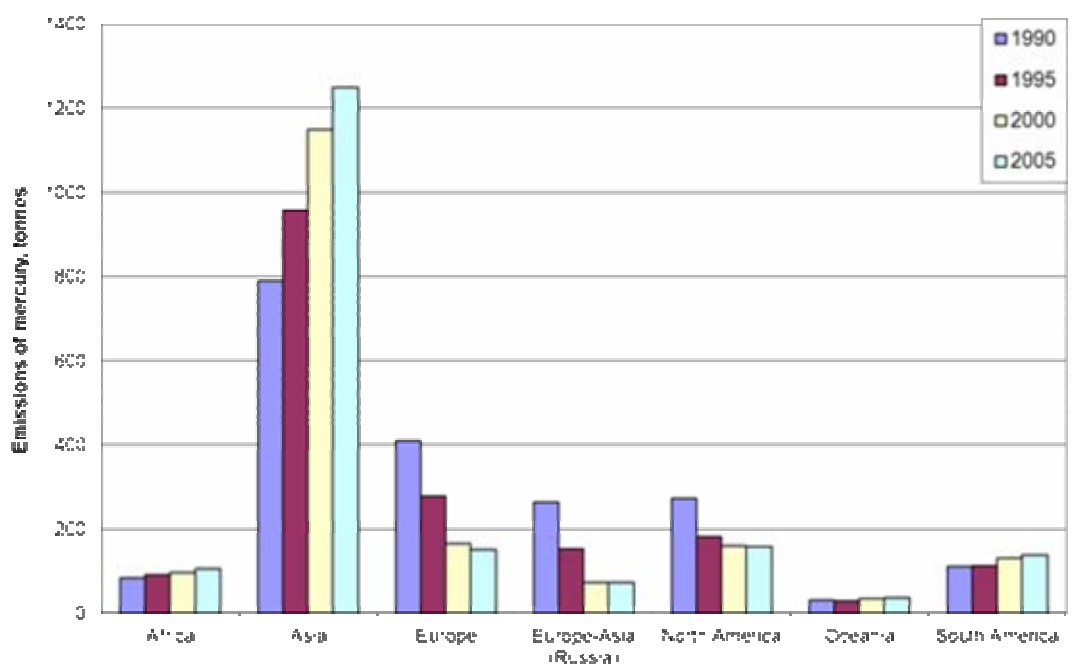

Диаграмма 1. *Пересмотренные оценки антропогенных выбросов ртути в атмосферу (в тоннах) в 1990, 1995, 2000 и 2005 годах в разбивке по различным континентам/регионам (Источник: АМАР, 2010)*

35. Китай, имеющий большое количество угольных электростанций, считается крупнейшем в мире источником выбросов ртути в атмосферу в 2005 году. Выбросы электростанций представляют собой лишь часть общего объема выбросов ртути вследствие сжигания в Китае. Не менее значительны выбросы от сжигания низкокачественного угля в смеси с различными видами отходов в малых жилых объектах в сельских районах в целях и приготовления пищи. Выбросы от энергетического сектора в Китае, вероятно, снизились после 2005 (см. раздел 3.3.2).

36. Три страны – Китай, Индия и США – вместе обеспечили 57 процентов от общей оценочной суммы глобальных выбросов ртути в атмосферу в 2005 году (1097 из 1921 тонны).

37. На диаграмме 4 представлено распределение глобальных антропогенных выбросов ртути в 2005 году в увязке с их геопространственным распределением, которое рассчитано по методике, изложенной в UNEP/AMAP, 2008.

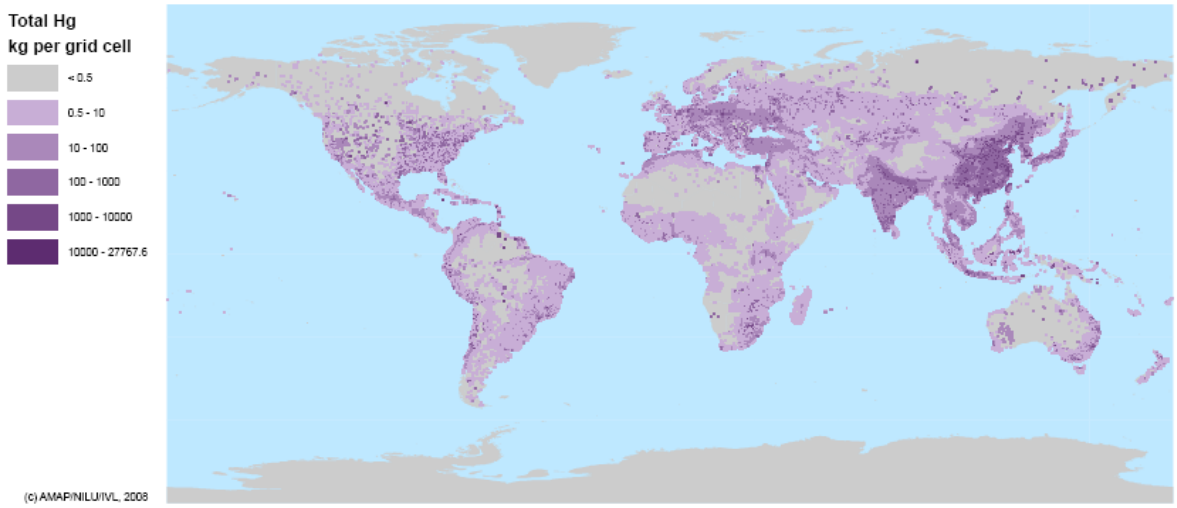

Диаграмма 4. *Пространственное распределение выбросов ртути (Источник: UNEP/AMAP, 2008)*

3.3. Сопоставление информации о выбросах

3.3.1. Сопоставление имеющихся исследований в области глобальных выбросов

38. Кадастр глобальных антропогенных выбросов за 2005 год UNEP/AMAP (2008) можно сопоставить с кадастрами, представленными в других таких оценках, например, с кадастром глобальных выбросов ртути из антропогенных и природных источников Pirrone et al (2010). В этом кадастре глобальные антропогенные выбросы в атмосферу оцениваются в 2320 тонн на основе данных из различных стран на 2003-2006 годы, причем используются некоторые источники информации, задействованные при подготовке кадастра ЮНЕП/АМАП за 2005 год, а для Европы, России и Южной Америки используются оценки ЮНЕП/АМАП. Общий объем (2320 тонн) укладывается в диапазон оценок глобального кадастра, приведенного в докладе UNEP/AMAP (1221-2950 тонн, средняя оценочная величина 1921 тонна), равно как и оценки по некоторым отдельным секторам (см. таблицу 2). Например, Pirrone et al (2010) оценили выбросы от стационарного сжигания угля (электростанции и отопление жилых помещений) и производства цемента в 810 и 236 тонн, соответственно; для сравнения, оценка ЮНЕП/АМАП составила 878 (597-1163) и 189 (114-263) тонн. В области цветной металлургии, однако, такого соответствия не наблюдается (310 тонн против оценки ЮНЕП/АМАП 132 (80-185) тонн). Аналогичным образом в сфере производства хлорщелочи оценка, представленная в Pirrone et al (2010)

(163 тонны), значительно превышает оценку ЮНЕП/АМАП (47 (29-64) тонн). Также присутствуют различия в оценках выбросов по отдельным странам. В некоторых случаях они отчасти объясняются использованием различных коэффициентов выбросов. Например, содержание ртути в угле сильно варьируется, и вследствие отсутствия измеренных величин концентрации, в различных кадастрах приводятся различные допущения о содержании ртути в угле.

Таблица 2. *Оценка глобальных антропогенных выбросов ртути в атмосферу в 2005 году из отобранных секторов – сопоставление подборки данных из глобальных кадастров (в тоннах)*

Отобранные сектора	**UNEP/AMAP 2008 (пересм.)***	**Pirrone et al (2010)**	**Hylander and Herbert (2008)**
	тонн	**тонн**	**тонн**
Стационарное сжигание			
Сжигание угля на электростанциях и в промышленных котлоагрегатах	498 (339-657)	810 (из которых 747 приходятся на сжигание угля на электростанциях)	
Отопление жилых зданий/прочее сжигание	382 (257-506)		
Производство цветных металлов			
Цветные металлы (Cu, Zn, Pb)	132 (80-185)	310	275
Крупномасштабное производство золота	111 (66-156)	-	
Производство цемента			
Производство цемента	189 (114-263)	236	
Сжигание отходов			
Сжигание отходов	42	187 (утилизация отходов)	
Прочие вид удаления отходов	74		
Другие крупные сектора			
Чугун и сталь, вторичное производство стали	61 (35-74)	43	
Кустарная и мелкомасштабная золотодобыча	323	400	
Производство хлорщелочи	47 (29-64)	163	
Общий объем по кадастру**	**1921 (1221-2950)**	**2320**	

* Представлены лучшие имеющиеся оценки: оценочная величина (с диапазоном неопределенности) или консервативная оценка (без диапазона). Более подробную информацию о неопределенностях см. в UNEP/AMAP (2008).

** Включает другие сектора, не перечисленные в строках выше.

39. По оценкам Hylander and Herbert (2008), в 2005 году вследствие обработки пирометаллургическим методом меди сульфидных руд меди (Cu), свинца (Pb) и цинка (Zn) в глобальную атмосферу поступило около 275 тонн ртути, при этом почти половина этого объема поступила с заводов по выплавке цинка, а остальной объем делится поровну между заводами по производству меди и свинца. Эта величина также превышает оценки выбросов, указанные в кадастре UNEP/AMAP (2008), что может быть связано с применением более высоких коэффициентов выбросов, чем те, которые используются в работе ЮНЕП/АМАП (однако они ниже, чем коэффициенты выбросов, используемые в некоторых работах, представленных в кадастре Pirrone et al (2010)). Оценки Pirrone et al (2010) и Hylander and Herbert (2008) показывают, в частности, что доля сектора цветной металлургии в объеме глобальных выбросов в атмосферу может быть даже выше, чем в оценке ЮНЕП/АМАП

2008 года, что отчасти может быть связано с выбросами от мелкомасштабных плавильных производств в таких странах как Китай.

40. Сопоставление кадастров также осложняется различиями в составе секторов, включенных в классификацию; например, крупномасштабная золотодобыча не выделена в отдельную категорию секторов выбросов в кадастре Pirrone et al (2010), хотя это исследование охватывает выбросы в результате пожаров угольных пластов (32 тонны) и производства винилхлорида-мономера (ВХМ) (24 тонны), которые не были включены в кадастр ЮНЕП/АМАП (первый сектор не считался антропогенным, а последний был исключен ввиду отсутствия достаточной информации по этому источнику).

41. Доклад UNEP/AMAP (2008) содержит более подробное описание некоторых сравнений, приведенных выше, однако все они указывают на базовую потребность в более детальной информации по ключевым параметрам, таким как содержание ртути в угле, соответствующие коэффициенты выбросов (для различных применяемых технологий и т.д.), статистические данные о потреблении и применении ртути, а также в информации о мероприятиях и применяемых мерах контроля в различных странах. В странах, где, согласно глобальным кадастрам, формируются большие выбросы ртути, отсутствие подтвержденных национальных исследований или статистических данных для обеспечения проверки оценок выбросов по-прежнему препятствует сокращению величины неопределенности, связанной с этими оценками выбросов, хотя в исследовании сектора угольных электростанций, недавно представленном ЮНЕП, наблюдается значительный прогресс (МЕРС, 2010).

42. Большая часть работы в рамках настоящего исследования, направленной на получение более полной информации такого типа, и другой соответствующей информации, полученной из нескольких стран, обсуждается в следующем разделе.

3.3.2. Сопоставление кадастров в отдельных странах

43. В последние годы некоторые страны разработали собственные национальные кадастры выбросов ртути в атмосферу и представили их ЮНЕП для использования в данном исследовании. Некоторые из них рассматриваются ниже, в том числе проводится сравнение с оценками выбросов, представленных в докладе UNEP/AMAP (2008).

Австралия

44. Согласно исследованию Nelson et al. (2009) в 2006 году оцениваемый объем антропогенных выбросов ртути в атмосферу составил примерно 15 тонн, что составляет менее половины от оценочной величины, приведенной в кадастре ЮНЕП/АМАП за 2005 год. Производство золота, на которое приходится 7,6 тонны выбросов, и в национальном, и в глобальном кадастрах выявлено в качестве основного источника антропогенных выбросов в Австралии. Сжигание угля на электростанциях считается вторым по величине источником в национальном кадастре (2,3 тонны), в то время как в реестре ЮНЕП/АМАП эти выбросы оцениваются приблизительно в 8,8 тонн – это объясняется применением различных величин содержания ртути в угле; при этом в кадастре Nelson et al. (2009) сжигание угля для отопления жилых помещений отдельно не учитывается. Другие крупные источники в Австралии включат: производство глинозема из бокситов (1,9 тонн) и добычу и выплавку цветных металлов (кроме выплавки золота; 0,89 тонны), что также ниже оценки ЮНЕП/АМАП для этих секторов, составляющей примерно 6 тонн в год. Оценки выбросов от таких видов деятельности как производство кокса (0,5 тонны), производство хлорщелочи (0,34 тонны) и производство цемента и извести

(0,31 тонны) сопоставимы с величинами, приведенным в кадастре ЮНЕП/АМАП инвентаризации.

Канада

45. В национальном докладе Канады сообщается, что выбросы от угольных электростанций, производства цветных металлов и производства цемента составляют 2,0, 1,4 и 0,3 тонны, соответственно, а общий объем выбросов в 2007 году составил примерно 7,1 тонны. Эти данные, подготовленные на основе Национального кадастра загрязняющих выбросов (НКЗВ) за 2007 год схожи с величинами, указанными в кадастре ЮНЕП/АМАП за 2005 год, которые во многом основаны на данных НКЗВ. В кадастре ЮНЕП/АМАП общий объем выбросов в Канаде оценивается в 8,0 (4,0-12,0) тонн. В работе ЮНЕП/АМАП выбросы от сжигания отходов в 2005 году оценивались в 0,8 тонны на основе методики массового расхода; для сравнения, в 2007 году была указана величина 1,1 тонны. Данные НКЗВ свидетельствуют о некотором сокращении выбросов от угольных электростанций и производства цветных металлов, а также незначительном увеличении выбросов от производства цемента в период 2005-2007 годов.

Китай

46. Хотя подробные национальные оценки выбросов в Китае отсутствуют, недавно были опубликованы различные соответствующие исследования. Согласно оценкам Wu et al (2006), антропогенные выбросы ртути в 2003 году в Китае составили 696 тонн, при этом интервал неопределенности составляет $\pm$ 307 тонн. Этот показатель сопоставим с величиной 794 тонны (диапазон 477-1113 тонн) в докладе ЮНЕП/АМАР. По оценке Li et al (2010), выбросы ртути от первичного производства цинка в Китае составили 80,7 - 104,2 тонны в год (в период 2002-2006 годов). В исследовании Streets et al (2009) данные по сжиганию угля были обновлены и экстраполированы с учетом условий 2005 года; в результате общая оценочная величина выбросов ртути при сжигании угля на электростанциях и в промышленности в 2005 году составила почти 295 тонн. В исследовании ЮНЕП, подготовленном для министерства охраны окружающей среды Китая Университетом Цинхуа, Пекин (МЕРС, 2010, в процессе подготовки), выбросы ртути вследствие сжигания угля на угольных электростанциях в 2005 году предварительно оцениваются в 108,6 тонн (доверительный интервал 65,2 - 195,4 тонны); в UNEP/AMAP (2008) выбросы в этом секторе за 2005 год оцениваются в 195 тонн (146-243 тонны). Оценка выбросов от сжигания угля на электростанциях и в промышленности (в совокупности) в исследовании Wu et al (2006) составляет 225 тонн (аналогично оценке ЮНЕП/АМАП по этим секторам). В исследовании также приводятся оценки выбросов от крупномасштабной выплавки цветных металлов (290 тонн, что значительно превышает приведенную ЮНЕП/АМАП оценку в 77-143 тонны для производства цветных металлов, включая крупномасштабное производство золота), производства цемента (35 тонн, что ниже оценки ЮНЕП/АМАП, предполагающей диапазон 59-110 тонн) и сжигания бытовых отходов (примерно 10 тонн).

Индия

47. В исследовании Mukherjee et al (2009) приводятся оценочные данные о выбросах ртути в атмосферу из промышленных источников в Индии за 2000 и 2004 годы в увязке с деятельностью Партнерства по изучению переноса ртути в атмосфере и ее "судьбы". Ввиду ограниченности страновой информации оценки производились на основе коэффициентов выбросов Европейского союза (ЕС), США, а также на основе литературы и ограниченной информации, полученной от Индии. Согласно этим оценкам, объем выбросов сократился с 321 тонны в 2000 году до 253 тонн в 2004 году вследствие сильного сокращения выбросов с

хлорщелочных производств; эти данные сопоставимы с оценкой ЮНЕП/АМАП за 2005 год, составляющей 180 тонн (108-252). Индия является крупным производителем угля, поэтому крупнейшим источником выбросов ртути в атмосферу в Индии в 2004 году, по оценке Mukherjee et al (2009), стали угольные электростанции (около 121 тонны). Разница между этой величиной и оценкой UNEP/AMAP (2008) за 2005 год (52-87 тонн) в значительной степени объясняется тем, что Mukherjee et al использовали большее значение содержания ртути в угле (0,376 мг/кг), чем в исследовании ЮНЕП/АМАП. По оценке Kumari (2010), объем выбросов ртути на тепловых электростанций Индии в период 2006-2008 годов увеличился с 95 до 112 тонн, при этом интервал неопределенности на 2008 год составляет 59-200 тонн. Согласно Mukherjee et al (2009), в Индии производство цветных металлов, где для получения меди, свинца и цинка используются различные технологии, в 2004 году обусловило поступление в атмосферу 15,5 тонн ртути; для сравнения, в 2000 году этот показатель составил примерно 8 тонн. В исследовании Kumari (2010) выбросы цветной металлургии оцениваются с интервалом 7,6 - 21,7 тонн в 2007 году; оценочная величина ЮНЕП/АМАП за 2005 год составляет 3-5,6 тонны. Цементная промышленность Индии, которая согласно Mukherjee et al (2009) является второй по величине в мире, по оценкам, обеспечила около 4,7 тонн выбросов ртути в 2004 году, что ниже оценок, приведенных в докладе ЮНЕП/АМАП (8-14,8 тонны). В Индии имеется несколько весьма современных и передовых заводов по производству портландцемента. В исследовании Mukherjee et al (2009) отмечается, что производство цемента подразумевает достаточно большое потребление энергии, однако неизвестно, применяют ли такие заводы отходы в качестве альтернативного топлива. Твердые коммунально-бытовые отходы в Индии, как правило, утилизируются на свалках, где сбрасываются в отвал или сжигаются на открытом воздухе. В некоторых больницах медицинские отходы сжигаются, однако полная информация по этому аспекту отсутствует.

Республика Корея

48. По данным кадастра выбросов в Республике Корея за 2007 (Kim et al 2010), общий объем выбросов ртути в атмосферу оценивается в 12,8 тонн (диапазоне 6,5-20,2 тонны), из которых 54,8 процента поступает из промышленных источников, 45,0 процента – из стационарных источников, где происходит сжигание, и 0,02 процента – из передвижных источников. Основными источниками являются: тепловые электростанции (26 процентов), нефтеперерабатывающие заводы (25 процентов), цементные печи (20 процентов) и сжигание отходов (бытовых, промышленных, медицинских и шлама сточных вод) (20 процентов). Выбросы от производства цветных металлов незначительны – указаны величины намного ниже оценок ЮНЕП/АМАП.

49. Несмотря на меньший показатель по сравнению с 32,3 (19.4-45.2) тонны по оценке, приведенной для Республики Корея в работе ЮНЕП/АМАП, Kim et al (2010) отмечают, что с 2000 года по 2007 год выбросы резко снизились в связи с введением технологии контроля; кроме того, в этом исследовании не подсчитываются выбросы от сжигания угля для отопления жилых зданий. По оценкам Kim et al (2010), объем выбросов электростанций составляет 1,1-4,5 тонны, что в три раза ниже приведенной в докладе ЮНЕП/АМАР оценки 6,7-11,3 тонны, однако оценочные величины по сжиганию отходов (1,8 тонны) превышают оценки ЮНЕП/АМАП (0,3 тонны).

50. Исследование, о котором сообщали Kim et al (2010), включало обширную программа измерений выбросов из различных источников в Республике Корея. Это позволяет разработать страновые коэффициенты выбросов, значительно повысив точность данных кадастра, приведенного в Kim et al (2010). Полученные коэффициенты выбросов, как правило, ниже приведенных в литературе. В Корее используются эффективные устройства

контроля за загрязнением воздуха (УКЗВ) и надлежащие методы рационального природопользования. Методы, применяемые в Корее, включают регламентацию содержания ртути в продуктах, контроль за содержащими ртуть отходами и источниками выбросов, а также усиление одновременного контроля за ртутью в существующих УКЗВ, применение более чистых видов топлива, закрытие сильно загрязняющих и менее эффективных объектов, строгое регулирование загрязнения воздуха и повышение осведомленности в рядах владельцев объектов и общественности с целью ограничить применение ртути в продуктах (Kim et al 2010).

Южная Африка

51. В исследовании Masekoameng et al (2010) оцениваются выбросов ртути в атмосферу из источников в Южной Африке в период 2000-2006 годов. На основе сочетания ежегодной информации о деятельности, конкретных коэффициентов выбросов для Южной Африки и коэффициентов выбросов, взятых из руководства ЮНЕП, была проведена оценка выбросов ртути в атмосферу для каждого вида деятельности. Согласно оценке, произошло общее увеличение объема выбросов ртути в атмосферу примерно с 34 тонн в 2000 году до 50 тонн в 2006 году. Угольные электростанции стали наиболее крупным источником выбросов ртути (38,9 тонн); за ними следуют цементные производства (3,9 тонн в 2006 году). Этот кадастр выбросов в Южной Африки хорошо согласуется с кадастром, приведенном в работе ЮНЕП/АМАП, как по общей величине выбросов, так и почти по всем рассматриваемым отдельным секторам.

52. В отношении угольных электростанций расчеты производились на основе конкретных величин расхода угля по каждой станции и показателей содержания ртути в угле, а также с учетом имеющихся устройств контроля за выбросами и их предполагаемой эффективности.

Национальные кадастры на основе Руководства ЮНЕП

53. Несколько стран разработали или разрабатывают национальные кадастры выбросов ртути на основе инструментария ЮНЕП (UNEP, 2005 и UNEP, 2010). Все кадастры, о которых говорится ниже, официально представлены ЮНЕП и опубликованы на веб-сайте ЮНЕП.

54. В Южной и Центральной Америке были представлены оценки из Доминиканской Республики, Мексики, Панамы, Чили и Эквадора. В Чили антропогенные выбросы ртути в атмосферу, согласно оценкам, находятся в диапазоне 1,7 - 9 тонн в год (правительство Чили, 2008); эта величина ниже оценка в 12,6 тонны, приведенной в докладе UNEP/AMAP (2008). В кадастре выбросов Панамы, также основанном на руководстве ЮНЕП, выбросы ртути в атмосферу оцениваются в 0,24 - 4,8 тонны в год (Национальное агентство по охране природы, Панама, 2009); для сравнения, в работе ЮНЕП/АМАП указана оценочная величина 0,8 тонны. Эквадор оценивает антропогенные выбросы ртути в 0,9-16 тонн в 2005 году (министерство по охране окружающей среды, Эквадор, 2008), для сравнения, в работе ЮНЕП/АМАП указана оценочная величина 6,5 тонны. Мексика сообщила о выбросе 50 тонн в 2004 году; оценка UNEP/AMAP (2008) для Мексики составила 14,7 тонн из всех рассматриваемых источников. Доминиканская Республика сообщила о выбросе в атмосферу 1,1 тонны ртути (Министерство по окружающей среде и природным ресурсам, 2010), для сравнения, в работе ЮНЕП/АМАП указана оценочная величина 0.654 тонны.

55. Несколько стран Азии подготовили следующие национальные оценки выбросов ртути в атмосферу с использованием Руководства ЮНЕП:

- Камбоджа: 0,8-14,8 тонн (хотя в данном случае отсутствует четкая разбивка между выбросами в атмосферу и воду); для сравнения, оценка UNEP/AMAP (2008) составляет 2,3 (1,4-3,3) тонны;
- Пакистан: 2,1-5,7 тонны; для сравнения, оценка UNEP/AMAP (2008) составляет 5,9 (3,5-8,3) тонны;
- Филиппины: 80,7 тонн (из которых 32 тонны приходятся на геотермальную выработку энергии и 39,5 тонны – на добычу золота; для сравнения, оценка UNEP/AMAP (2008) составляет 14,4 (8,6-20,1) тонны;
- Сирийская Арабская Республика: 1,3-7,1 тонн; для сравнения, оценка UNEP/AMAP (2008) составляет 0,7 (0,4-1,0) тонны;
- Йемен: 0,2-1,8 тонн; для сравнения, оценка UNEP/AMAP (2008) составляет 0,4 (0,2-0,5) тонны.

56. В Африке на основе Руководства ЮНЕП были подготовлены кадастры по следующим странам:

- Буркина-Фасо: 0,5 тонны; для сравнения, оценка UNEP/AMAP (2008) составляет 2,4 (1,2-3,6) тонны; и
- Мадагаскар: 15 тонн (в основном в связи с утилизацией отходов; для сравнения, оценка UNEP/AMAP (2008) составляет 0,9 (0,4-1,3) тонны.

57. Следует отметить, что ряд этих национальных кадастров по-прежнему носит предварительный характер, поэтому прямое сравнение общей оценки выбросов с теми оценками, что приведены в работе UNEP/AMAP (2008) не всегда уместно в связи с конкретными рассматриваемыми источниками (например, геотермальная энергетика, учтенная на Филиппинах, не рассматривается в работе в ЮНЕП/АМАП). Аналогичным образом выбросы от сжигания угля из других источников, помимо электростанций (например, применение угля для обогрева жилищ и приготовления пищи), не учитываются во многих национальных кадастрах, что может приводить к появлению существенной неопределенности в тех кадастрах, где они учитываются.

58. Национальные кадастры большинства стран, включая основные источники загрязнения, по-прежнему отсутствуют или являются неполными. В отсутствие таких кадастров расчеты на основе имеющихся статистических данных (глобальных подборок данных), коэффициентов выбросов и допущений, касающихся технологии и практики являются единственным способом получения количественной оценки глобальных выбросов. Эти расчеты связаны с некоторой неопределенностью, которая по оценкам AMAP/UNEP (2008) составляла 25 процентов для стационарного сжигания ископаемых видов топлива и 30 процентов для секторов производства цветных металлов, чугуна, стали и цемента. В секторе утилизации отходов коэффициент неопределенности значительно – до 5 раз – выше. В сфере производства ртути и золота оценка неопределенности не приводится, в основном, в силу высокой степени неопределенности при оценке выбросов в результате кустарной добычи золота. Также для различных регионов указана неопределенность, относящаяся к общей оценочной величине выбросов, которая колеблется от 27-30 процентов в Северной Америке, Европе и Австралии до 40-50 процентов для остального мира. Настоящее исследование не предполагает обзора этих факторов неопределенности, однако появление новых национальных кадастров выбросов (представленных в этом разделе) позволяет получить ценную информацию, которая дает возможность повысить точность будущих кадастров выбросов. Помимо неопределенности, связанной с использованием глобальных статистических данных и коэффициентов выбросов, следует также отметить, что уровень выбросов, возможно, изменился после базового года 2005, данные за который используются

в докладе AMAP/UNEP (2008). Увеличение потребления энергии и промышленного производства может привести к росту выбросов ртути в некоторых регионах, тогда как меры по сокращению выбросов загрязнителей воздуха или специальные меры по сокращению выбросов ртути, возможно, привели к сокращению выбросов ртути в других секторах и регионах. Одним из таких примеров является Китай, где, по информации, представленной Китаем для настоящего исследования, с 2005 по 2008 годы объем выбросов ртути на угольных электростанциях сократился на 35 тонн, в основном вследствие повышения энергоэффективности в секторе и введения мер по сокращению выбросов SO_2.

4. Контроль за выбросами, его эффективность и связанные с ним расходы

59. Цель этого раздела заключается в том, чтобы представить вводную информацию об имеющихся технологиях сокращения выбросов ртути в отдельных секторах, связанных с ними затратами, их эффективностью, об одновременном контроле за ртутью и другими загрязнителями воздуха, а также представить краткое обсуждение общего характера и примерные требования к расчету расходов.

4.1. Первичные меры контроля за выбросами

60. Ртуть участвует в сгорании или высокотемпературных промышленных процессах, рассматриваемых в настоящем исследовании, в виде незначительного компонента топлива, сырья, используемого в процессе, или отходов (при сжигании), при этом переменная часть этой ртути выбрасывается в атмосферу после сжигания. Хотя наиболее практичным методом сокращения выбросов ртути, вероятнее всего, является контроль на выпуске, во многих случаях важную роль могут играть и другие этапы. Поэтому одной из первичных мер контроля является сокращение количества ртути в топливе, сырье и отходах до сжигания. Другой подход общего характера к сокращению выбросов заключается в повышении эффективности производства, что позволяет уменьшить объем используемого топлива или сырья и, следовательно, объем выбросов ртути и других загрязняющих веществ.

61. Существует ряд более общих мер, которые можно рассматривать как общие передовые методы и которые могут эффективно способствовать сокращению всех видов выбросов ртути, причем, как правило, с небольшими – особенно в сравнении с общей стоимостью создания и эксплуатации завода – затратами (UNEP 2006 , UNEP, 2010 в процессе подготовки):

- *подготовка кадров, образование и мотивации персонала и операторов*: промышленные процессы контролируются людьми. Поэтому надлежащая и целенаправленная подготовка персонала может стать весьма экономически эффективным методом сокращения выбросов вредных веществ;
- *оптимизация процессов контроля*: для одновременного сокращения выбросов различных загрязняющих веществ и для поддержания низкого уровня выбросов требуется строгий контроль за процессом;
- *регулярное техническое обслуживание*: для поддержания эффективности технических узлов в промышленных процессах и сохранения высокого уровня работы очистных систем уровне следует обеспечить достаточное и регулярное техническое обслуживание;
- *постоянная осведомленность о важности рационального природопользования*: система рационального природопользования, четко определяющая обязанности за обеспечение экологически значимых операций, является необходимым инструментом ответственного управления. Она позволяет повышать осведомленность и может по мере необходимости включать в себя цели и меры, должностные и технические инструкции, контрольные списки и другие соответствующие документы.

62. Для контроля за выбросами ртути в дымовых газах после процесса сжигания могут быть взяты на вооружение различные технические подходы. Во многих случаях одновременный контроль за выбросами ртути и других загрязнителей воздуха можно реализовать за счет технологии контроля выбросов в атмосферу. Для дополнительного

контроля за выбросами ртути в атмосферу, были разработаны специальные технологии улавливания ртути, которые зачастую основаны на применении сорбирующих веществ, таких как активированный уголь (с химической обработкой и без нее).

63. В секторах, рассматриваемых в этом исследовании, многие потенциально применимые технологии одновременного контроля и специального контроля за ртутью весьма схожи, поэтому в данной работе они не представлены отдельно для каждого сектора. Однако с учетом различий между секторами и внутри них в главах 5,1-5,4 приводится дальнейшая информация по конкретным секторам.

4.2. Одновременный контроль за загрязнителями воздуха и ртутью

64. Современные заводы по сжиганию и промышленные производства, а также многие старые заводы, прошедшие модернизацию, имеют ряд различных видов оборудования для сокращения выбросов (таблица 3). Для некоторых очистных технологий основной целью является один тип загрязнителей воздуха, однако технология может также способствовать устранению из дымовых газов других загрязняющих веществ; например, тканевый фильтр имеет вторичную функцию по контролю за кислотными газами, а мокрый скруббер помогает улавливать частицы. Зачастую различные системы контроля необходимо комбинировать для достижения желаемого уровня контроля за несколькими загрязняющими веществами. В целом, устанавливаемое очистное оборудование призвано сокращать выбросы загрязняющих веществ, таких как частицы (ТЧ, твердые частицы), диоксид серы (SO_2) и оксидов азота (NOx), что в той или иной степени также может повлиять на выбросы ртути. Для дальнейшего сокращения выбросов ртути, превышающего уровень, достигнутый применением технологий удержания других загрязнителей воздуха, необходимы дополнительные специальные меры по сокращению выбросов ртути.

Таблица 3. *Некоторые распространенные технологии контроля за загрязнителями воздуха (в основном взято из кадастрового справочника по выбросам загрязнителей воздуха EMEP/EEA, 2007)*

Технологии контроля за загрязнителями воздуха	**Описание**
Тканевые фильтры (ТФ)	Состоят из полупроницаемого материала в виде мешков или рукавов, улавливающих частицы, которые смонтированы в герметичном корпусе (рукавный фильтр), разделенном на несколько разделов. Тканевые фильтры также используются в качестве второго этапа в системах контроля за кислотными газами (например, контроля за SO_2).
Электростатические пылеулавливатели (ЭСП)	Используется принцип электростатического притяжения для удаления механических частиц из дымовых газов. ЭСП состоят из рядов разрядных электродов (проводов или тонких металлических стержней), через которые подается высокое напряжение. Электроды проходят между внутри матрицы из параллельных рядов металлических пластин, которые собирают заряженные частицы.
Мокрые скрубберы	Удаляют кислотные газы (например, HCl, HF и SO_2) путем промывки дымовых газов в реакционной колонне, предназначенной для обеспечения активного контакта газа и жидкости. На первом этапе газы охлаждаются распыленной водой, что позволяет удалить HCl, HF, некоторые твердые частицы и тяжелые металлы. Во втором этапе для удаления SO_2 и любой оставшейся HCl используется гидроокись кальция или другая подходящая щелочь. При мокрой очистке с использованием извести/известняка эффективность удаления SO_2 составляет более 90 процентов. Мокрые скрубберы также иногда используются для удаления частиц. Большинство применяемых в мире систем ДДГ представляют собой мокрые скрубберы с использованием известняка.

Полусухие скрубберы/ распылительные асборберы (распылительная сушка)	Работают с использованием шлама щелочного реагента (как правило, гидроксида кальция), который вводится в виде аэрозоля из мелких капель. Кислые газы (например, SO_2) абсорбируются в водную фазу на поверхности этих капель и нейтрализуются; шлам высушивается за счет тепла дымовых газов и в виде сухого продукта собирается в электростатическом пылеулавливателе или тканевом фильтре. Эффективности удаления SO_2> 90 процентов.
Системы сухого впрыска	Используется введение щелочных реагентов (например, гидроксида кальция или бикарбоната натрия) в виде мелкого, сухого порошка с целью удаления и нейтрализации кислотных газов. Нейтрализованные продукты, как правило, собираются в тканевом фильтре.
Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ) и селективное каталитическое восстановление (СКВ)	Направлено на сокращение оксидов азота (NOx) в дымовых газах. Процесс СНКВ включает в себя впрыск аммиака или мочевины рядом с печью. Система СКВ основана на селективных реакциях с впрыском добавок в присутствии катализатора. В качестве добавок используются, в основном, аммиак (в виде газа и в растворе), а также и мочевины. Сокращение выбросов NOx при СНКВ может быть ограничено (до 50 процентов), однако при СКВ оно составляет 70– 95 процентов.
Адсорбция активированным углем/ активированный буроугольный кокс	Для контроля за ртутью, ЛОС и диоксином было разработано несколько различных технологий. Эти системы могут также обеспечивать достаточно эффективное удаление HCl и SO_2.

65. Тканевые фильтры (ТФ) и электростатические пылеуловители (ЭСП) в первую очередь предназначены для удаления твердых частиц из дымовых газов, однако могут также в некоторой степени сокращать выбросы ртути в атмосферу путем удаления ртути с адсорбированными частицами. Эффективность удаления ртути из фильтров зависит от приспособленности фильтра для удаления мелких частиц, в которые может адсорбироваться ртуть, и от наличия в потоке дымовых газов компонентов, которые могут захватываться фильтрами и служить пунктами адсорбции ртути.

66. Системы, предназначенные для удаления SO_2 (и других кислотных газов) из дымовых газов, которые также называются системами десульфурации дымовых газов (ДДГ), - это мокрые скрубберы, полусухие скрубберы/распылительные адсорбционные системы и системы сухого впрыска. Все они работают на основе реакции SO_2 с щелочным агентом, добавляемым в твердом виде или в виде суспензии или раствора агента в воде с образованием соответствующих солей. Применение процессов ДДГ может также способствовать сокращению выбросов твердых частиц, ртути и других металлов. Другие мокрые системы, в основном, предназначены для удаления частиц, а также сокращения выбросов растворимых в воде газов, таких как SO_2.

67. Селективное некаталитическое восстановление и селективное каталитическое восстановление предназначены для сокращения выбросов оксидов азота (NOx), и могут положительно влиять на удаление ртути в силу усиления окисления элементарной ртути до двухвалентной формы.

68. Одновременный контроль за выбросами ртути при сжигании, в основном, определяется способностью установленной системы контроля за загрязнением воздуха (фильтров или скрубберов) адсобировать ртуть из газообразного состояния в твердое или жидкое состояние, чтобы затем отделить ее от потока газа. Сжигание угля высвобождает ртуть в окисленной (Hg^{2+}), элементарной (Hg^0) форме или в форме связанных частиц (Hg^p). Ртути присутствует в угле в следовых количествах, и в процессе сжигания высвобождается в дымовые газы в виде элементарной ртути. Затем она может окисляться по мере охлаждения дымовых газов. Окисленные виды легко абсорбируются в жидких и твердых сорбентах, и таким образом могут более эффективно удаляться из дымовых газов. Ртуть, адсорбированная на поверхности твердого тела, известна также как ртуть в форме связанных частиц. Образование окисленных видов зависит от температуры, а также от состава

дымовых газов, который в свою очередь зависит от условий сжигания, состава топлива, наличия добавок и т.д. Одним из примеров важного параметра является наличие в угле хлора. Более высокие концентрации хлора в угле обычно приводят к более высоким концентрациям хлора в дымовых газах и более эффективному окислению Hg^0 до двухвалентной формы. В любом практическом случае видовой состав ртути определяется числом параметров и может сильно варьироваться. Окисленная ртуть более распространена в дымовых газах при сжигании битуминозного угля; такую ртуть относительно легко захватить при использовании средств контроля за SO_2, например, мокрых скрубберов на основе известняка. Связанные частицы ртути также относительно легко захватываются существующими средствами контроля за частицами. Элементарную ртуть, более распространенную в дымовых газах от сжигания бурого угля и полубитуминозного угля, сложнее захватить существующими устройствами контроля за загрязнением.

69. Более подробная информация о соответствующих имеющихся методах для рассматриваемых секторов приводится, например, в работе Европейского бюро по комплексному предотвращению и ограничению загрязнения (КПОЗ) (справочные документы по наилучшим имеющимся методам (BREF) на веб-сайте http://eippcb.jrc.es/reference/, Справочнике по коэффициентам выбросов Агентства по охране окружающей среды США (АООС США) (USEPA, AP-42) на веб-сайте http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ , а также на веб-сайте Центра по технологиям чистого воздуха АООС США http://www.epa.gov/ttn/catc/.

4.3. Комбинирование различных технологий контроля в целях оптимизации контроля за ртутью

70. Контроль за выбросами ртути от сжигания может быть налажен за счет применения ряда различных мер или сочетания мер контроля. Технологии контроля за загрязнением атмосферы (направленные, прежде всего, на другие загрязняющие вещества, но в некоторой степени способствующие сокращению выбросов ртути) описаны в разделе 4.2. Примеры имеющихся специальных мер контроля за ртутью описаны в главе 5, где каждому сектору посвящен соответствующий подраздел. Для разработки соответствующих стратегий контроля за ртутью следует рассмотреть варианты комбинации технологий контроля за загрязнением воздуха и специальных технологий контроля за ртутью. Установка конкретных устройств для предотвращения загрязнения воздуха, конечно, зависит также от других приоритетов, таких как сокращение выбросов твердых частиц или диоксида серы. Поэтому трудно предложить такие комбинации различных технологий контроля, которые могут повсеместно применяться для оптимального контроля за выбросами ртути, не зная текущее состояние общей системы контроля за загрязнением воздуха. Другие параметры, которые будут влиять на выбор возможных вариантов контроля, включают технологические спецификации источника выбросов и характеристики дымовых газов (например, другие компоненты, виды ртути).

71. Из четырех секторов, отобранных для настоящего исследования, на сегодняшний день наиболее подробная информация имеется о выбросах ртути на угольных электростанциях, главным образом благодаря исследованиям, проведенным в США (см. раздел 5.1). В этом секторе при условиях, справедливых для изученных электростанций в США, можно достичь значительного сокращения выбросов ртути путем впрыска активированного угля (ВАУ), возможно, дополнив его устройствами для удаления частиц, такими как тканевые фильтры. Например, ВАУ уже позволяет на 90 процентов сократить выбросы ртути примерно на 30 котельных установках в США (GAO, 2009; NESCAUM, 2010)[4]. Активированный уголь

[4] Институт компаний чистого воздуха приводит список из 155 ВАУ-устройств контроля за ртутью, которые были установлены на электростанциях в США и Канаде по состоянию на июнь 2010 года; многие

может быть необработанным или химически обработанным, например, галогенами, такими как бром или хлор. Химическая обработка увеличивает долю окисленной ртути (Hg^{2+}) в дымовых газах, что ведет к повышению производительности ДДГ и ЭСП при удаления ртути (Weem, 2010). Это особенно актуально для низкосортного лигнита или полубитуминозного угля. Технологии применения химически обработанного активированного угля продолжают проходить доработку и испытания, однако некоторые их них уже находятся в коммерческой эксплуатации в США.

72. ВАУ в основном применяется на электростанциях с имеющимся оборудованием для контроля за загрязнением воздуха (например, ЭСП, десульфуризация, контроль за NOx). Могут потребоваться дальнейшие испытания и исследования эффективности ВАУ на угольных электростанциях, оснащенных, например, только ЭСП. Хотя ВАУ и другие устройства непосредственного контроля за ртутью могут работать также в сочетании с другими системами контроля за загрязнением воздуха, для надлежащего контроля за ртутью не обязательно необходимы современные средства контроля за всеми выбросами. Тем не менее, поскольку специальные меры контроля за ртутью направлены на увеличение адсорбции ртути на частицах, наличие контроля за выбросами частиц (например, ЭСП или ТФ) является базовым требованием. Поэтому для разработки национальных прогнозов выбросов ртути и стратегий сокращения выбросов в качестве первого шага необходимо оценить как текущее, так и планируемое техническое состояние контроля за выбросами загрязняющих веществ. В регионах, где применяется только контроль за выбросами твердых частиц и не планируется введение дополнительного контроля за загрязнителями воздуха, можно рассмотреть непосредственное применение сорбентов или окислителей. Также могут быть рассмотрены меры, применяемые до сжигания, например, промывка угля или приготовление топливной смеси (с топливом, содержащим меньшее количество ртути).

4.4. Расходы на осуществление контроля за ртутью и его эффективность

73. Для оценки затрат на контроль за выбросами ртути требуется знание текущего состояния источников выбросов, включая технологические описания текущих и планируемых мер борьбы с загрязнением воздуха. Таким образом, если меры контроля применялись или применяются для контроля загрязняющих веществ, не содержащих ртути (например, ТЧ, SOx, NOx), в целях выполнения соответствующих норм загрязнения воздуха, стоимость сокращения выбросов ртути считается нулевой. Реальные расходы на контроля за ртутью следует рассматривать только как стоимость мер, принятых специально для сокращения выбросов ртути. Вся информация о расходах, представленная в этом докладе, должны оцениваться именно в этом контексте. Кроме того, расходы на контроль за ртутью, конечно, также зависят от целевого уровня контроля.

74. В следующих разделах, относящихся к конкретным секторам, представлена, в основном, общая информация о расходах на контроль за ртутью, основанная, главным образом, на исследованиях, проведенных в Европе и Северной Америке.

75. Затраты на модернизацию технологий контроля за загрязнениями на существующем заводе, как правило, выше затрат на введение аналогичных мер, учтенных в проекте нового завода. Это связано с такими факторами как: меньшая эффективность старых заводов, особые требования к расположению и конструкции устройств, а также потеря дохода, связанная с установкой и соответствующим простоем производства. Ежегодные инвестиционные расходы также могут повышаться, так как период эксплуатации существующего завода может быть короче, чем у нового, что ведет к сокращению периода, в

из них уже введены в эксплуатацию.
http://www.icac.com/files/members/Commercial_Hg_Bookings_060410.pdf.

течение которого можно окупить инвестиционные расходы. Расходы на модернизационное оснащение более дорогими технологиями, такими как ДДГ и СКВ, как предполагается, добавляют еще 30 процентов к ежегодным капитальным затратам, тогда как модернизация технологий контроля за частицами может обойтись значительно дешевле.

76. Объемы сокращения выбросов ртути вследствие внедрения различных комбинаций мер контроля указаны в таблице 4, таблице 5, а также в следующих главах, относящихся к каждому из четырех рассматриваемых в данном исследовании секторов. В некоторых таблицах представлена лишь одна величина эффективности удаления для каждой комбинации мер контроля, представляющая собой лучший общий оценочный результат, относящийся к эффективности сокращения выбросов. На самом деле, эффективность удаления следует рассматривать, скорее, как диапазон значений, так как уровень удаления на любом конкретном заводе зависит от множества факторов, таких как качество уголь, условия горения и т.д.

77. Важно также отметить, что в настоящем докладе эффективность контроля за ртутью представлена как процент сокращения выбросов ртути. Общий объем выбросов того или иного объекта будет зависеть от дополнительных факторов, таких как общая деятельность и уровень содержания ртути в исходных или сырьевых материалах (например, в угле, руде, отходах).

78. Инвестиционные (капитальные) затраты обычно отражают расходы на приобретение оборудования и необходимой инфраструктуры, инструментов и устройств контроля. Кроме того, они включают перевозку и установку, налоги, а также расходы на техническое обслуживание.

79. Расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание (ЭиТО) отражают затраты на рабочую силу, стоимость энергии, расходы на техническое обслуживание, периодическую замену элементов, расходы на контроль, а также переменные расходы на исходные адсорбенты. Эти затраты могут быть частично компенсированы за счет продажи определенных побочных продуктов очистки дымовых газов, таких как гипс из мокрых известняковых систем ДДГ. Некоторые расходы на ЭиТО, такие как расходы на рабочую силу и энергию, как правило, зависят от конкретных стран и могут в той или иной степени варьироваться от страны к стране. Затраты, указанные в этом докладе, рассчитаны главным образом на основе данных о расходах, полученных из Соединенных Штатов или Европы; более точные расходы для каждой конкретной стране можно рассчитать путем корректировки по ВВП на душу населения/паритету покупательной способности. Однако применительно к специальным технологиям удаления ртути эти расходы составляют лишь малую долю от общих затрат на ЭиТО, поэтому надобность в такой корректировке может отпасть. В некоторых случаях, стоимость обязательного мониторинга выбросов также включается в расходы на ЭиТО.

80. В докладе АООС США (2005) сообщается о том, что диапазон неопределенности данных о затратах составляет от -30 до +80 процентов. Обычно расходы на технологии, которые находятся в ранней стадии реализации со временем снижаются. Затраты также сильно зависят от конкретных объектов, поэтому они, как правило, представлены как ориентировочные расходы, взятые из различной литературы, где приводится информация по заводам и объектам различных размеров, что делает экстраполяцию этих данных на другие заводы менее результативной.

81. На основе оценки затрат на контроль, проведенной в рамках европейского исследовательского проекта ЭСПРЕМЕ, была разработана база данных расходов[5] и эффективности для некоторых вариантов контроля. Годовая стоимость выбранных комбинаций технологий сокращения загрязнений по каждому виду деятельности, а также их эффективность в деле сокращения выбросов ртути при сжигании угля, производстве цветных металлов, цемента и в секторе сжигания отходов, взяты из публикации Pacyna et al. 2010 и показаны в таблице 4, таблице 5 и таблице 6. Отметим, что дополнительные варианты контроля описаны в главе 5 настоящего доклада.

Таблица 4. *Примерные расходы на контроль за выбросами и эффективность удаления на примере сжигания угля (Pacyna et al 2010)*

Технология контроля за выбросами	**Оценка величины сокращения выбросов ртути (%)**	**Годовые расходы [b] (долл. США 2008/МВт-ч(э))**		
		Инвести-ционные расходы	**Расходы на ЭиТО**	**Всего расходов[a]**
Сухой ЭСП	> 63	0,5	0,9	1,4
Тканевый фильтр	> 93	0,5	1.5	1,9
ТФ+мокрый или сухой скруббер+впрыск сорбента	> 98	2,7	3,0	5,7
Сухой ЭСП + мокрый или сухой скруббер+впрыск сорбента	> 98	2,7	2,4	5,1

a. Следует ожидать, что при применении новых технологий, таких как электрокаталитическое окисление или комбинированный цикл комплексной газификации, эксплуатационные расходы составят примерно 20 долл. США на МВт-ч.

b. Точность оценок расходов в таблице составляет ± 50 процентов.

Таблица 5. *Примерные расходы на контроль за выбросами и их эффективность на примере производства цветных металлов и производства цемента (Pacyna et al (2010)*

Сектор	**Удельный показатель деятельности (УПД)**	**Технология контроля за выбросами**	**Сокр Hg (%)**	**Годовые расходы [a] (долл. США 2008/УПД)**		
				Инвест. расходы	**Расх. на ЭиТО**	**Всего расходов**
Первичное производство свинца	Метрическая тонна первичного свинца	Сухой ЭСП	5	0.1	0.04	0.1
	Метрическая тонна первичного свинца	ТФ	10	0.1	1.1	1.2
	Метрическая тонна первичного свинца	Впрыск акт. угля +ТФ+ДДГ	90	2.5	1.3	3.8
Первичное производство цинка	Метрическая тонна первичного цинка	Сухой ЭСП	5	0.1	0.06	0.2
	Метрическая тонна первичного цинка	ТФ	10	4.5	1.1	5.6

[5] Инвестиционные/капитальные затраты рассчитываются, исходя из **15-летнего** срока эксплуатации технологии, включая 4-летний период действия льготного тарифа.

Сектор	Удельный показатель деятельности (УПД)	Технология контроля за выбросами	Сокр Hg (%)	Годовые расходы [a] (долл. США 2008/УПД)		
				Инвест. расходы	Расх. на ЭиТО	Всего расходов
Первичное производство меди	Метрическая тонна первичной меди	ТФ	5	1.8	13.8	15.6
	Метрическая тонна первичной меди	Современные тканевые фильтры	10	3.9	25.7	29.5
Вторичное производство свинца	Метрическая тонна вторичного свинца	Сухой ЭСП	5	0.1	0.06	0.2
	Метрическая тонна вторичного свинца	ТФ	10	6.8	1.1	7.9
Вторичное производство цинка	Метрическая тонна вторичного цинка	Сухой ЭСП	5	0.1	0.06	0.2
	Метрическая тонна вторичного цинка	ТФ	10	0.1	1.4	1.5
Вторичное производство меди	Метрическая тонна вторичной меди	Сухой ЭСП	5	10.9	15.9	26.8
	Метрическая тонна вторичной меди	ТФ	10	6.6	44.0	50.6
Производство цемента	Метрическая тонна цемента	ТФ	5	0.2	0.2	0.4
	Метрическая тонна цемента	ТФ – оптимизированный	98	0.4	0.4	0.8
	Метрическая тонна цемента	Мокрая ДДГ	90	1.4	0.5	1.8

[a] Точность оценок расходов в таблице составляет ± 50 процентов.

Таблица 6. *Примерные расходы на контроль за выбросами и их эффективность на примере сжигания отходов (Pacyna et al (2010)*

Технология контроля за выбросами	Сокращение Hg (%)	Годовые расходы[a] (долл. США 2008/м.т. отходов)		
		Инвест. расходы	Расходы на экспл.	Всего расходов
Мокрый скруббер со щелочными добавками – средняя эффективность при наличии контроля за выбросами	20	0.1	0.1	0.2
Разделение отходов – средн.	60	0.6	0.6	1.2
Сухой ЭСП	70	1.8	7.0	8.8
ЭСП+мокрый скруббер+акт. уголь с известью+ТФ	99	2.3	2.5	4.8
Двухступенчатый скруббер+мокрый ЭСП –	90	2.3	1.8	4.1
Впрыск акт. угля +ТФ	80	2.2	4.0	6.2
Впрыск акт. угля +скруббер Вентури+ЭСП –	95	5.3	6.2	11.4
Впрыск акт. угля + скруббер Вентури с известковым молоком+каустическая сода+ТФ	99	5.8	7.1	12.7

[a] Точность оценок расходов в таблице составляет ± 50 процентов.

5. Определение характеристик отдельных секторов

82. Цель этой главы заключается в том, чтобы представить краткое техническое описание и информацию о выбросах ртути в атмосферу с акцентом на возможные варианты контроля за выбросами ртути в рассматриваемых секторах и связанные с ними расходы. Также представлены примерные сметы расходов на отдельные объекты.

Более подробная информация об угольных электростанциях содержится в документе ЮНЕП Проект руководства по оптимизации процессов (UNEP 2010 в процессе подготовки).

5.1. Сжигание угля на электростанциях и в промышленных котлоагрегатах

83. Целью сжигания угля является обеспечение отопления и электроэнергии для промышленности и общества в целом. Сжигание угля может проводиться с использованием различных технологий.

5.1.1. Происхождение ртути и ее выбросы в процессе сжигания угля

84. Ртуть, естественно присутствующая в угле в качестве следового остатка, при сгорании выделяется в атмосферу через дымовые газы. Концентрация ртути в угле варьируется между в зависимости от географического региона и, как правило, находится в диапазоне от 0,1 до 0,3 ч/млн, однако можно обнаружить и уровни, выходящие за пределы этого диапазона; так в аккредитованных лабораториях был зафиксирован уровень 1 ч/млн в буром угле. Недавно Геологическая служба США опубликовала Всемирный кадастр качества угля, в котором перечислены более 1500 образцов имеющегося в мире, причем одним из параметров является содержание ртути (опубликован по адресу http://pubs.usgs.gov/of/2010/1196).

5.1.2. Технологии сжигания угля

85. Сжигание пылевидного угля (СПУ) является ведущей технологией сжигания угля во всем мире, которая, как правило, применяется в крупных установках. Это может быть традиционная паровая технология 1-го поколения с КПД до 40 процентов, рассчитанным на основе низшей теплотворной способности (НТС) или паровая технология 2-го поколения со сверхкритическими параметрами, КПД которой доходит до 47 процентов (НТС). Аналогичные показатели эффективности могут быть достигнуты за счет технологии комбинированного цикла комплексной газификации (КЦКГ), хотя она только начинает применяться в области сжигания угля, где обеспечивает особые выгоды для улавливания и хранения углерода (УХУ). Технология сжигания в кипящем слое (СКС) используется в меньшей степени, хотя в настоящее время она применяется в крупных установках с КПД примерно до 44 процентов (НТС). И СПУ, и СКС требуют предварительной обработки угля (размалывания и т.д.) для получения частиц угля подходящего размера. Системы контроля за выбросами на таких, как правило, крупных установках широко распространены и экономически осуществимы. Механические топки применяются в небольших котлоагрегатах уже более века, причем в них подается и сжигается крупнокусковой уголь. Эти системы относительно неэффективны и неустойчивы ввиду ограниченности доступа кислорода к горючему материалу. Технология КЦКГ позволяет преобразовать уголь в газ до сжигания, что обеспечивает низкий уровень выбросов без необходимости внедрения дорогостоящих вторичных систем очистки.

86. Технология СПУ широко распространена; по всему миру существуют тысячи установок (Центр чистого угля МЭА). СПУ может использоваться для сжигания различных видов угля, хотя этот способ не всегда подходит для угля с высоким содержанием золы.

87. СКС предполагает наличие слоя инертного материала, который перемешивается "вскипает" под воздействием предварительно нагретого воздуха, подаваемого снизу через пористую пластину или решетку. В результате происходит турбулентное перемешивание газов и твердых частиц. Такое перемешивание, схожее с кипением жидкости, обеспечивает эффективные химические реакции и передачу тепла. Типичный, относительно низкий уровень выбросов загрязняющих веществ, достигается в рамках СКС за счет подготовки воздуха, добавления известняка и низких температур сжигания (около 750 - 950°C). Технология СКС особенно хорошо приспособлена для сжигания угля, содержащего большое количество золы, и топлива различного качества (EMEP/EEA, 2009, ЕС 2006). Недостатком этого метода является большое количество отходов ввиду невозможности использовать продукты процесса десульфуризации, как это делается с гипсом после ДДГ в рамках технологии СПУ.

88. Сжигание на электростанциях позволяет преобразовать химическую энергию, сохраняемую в топливе, в электроэнергию, в тепло, либо и в то, и в другое. Теплоэлектроцентрали обеспечивают более эффективное использование выделяющейся энергии, в то время как на старых станциях с топками механического типа общие потери энергии в окружающую среду могут доходить до 70 процентов химической энергии топлива в зависимости от вида топлива и конкретной технологии. На современных высокопроизводительных электростанциях потери сокращены примерно до половины объема химической энергии, содержащейся в топливе. При комбинированной выработке тепла и электричества большая часть энергии топлива поставляется конечным потребителям, либо виде электричества, либо в виде тепла (для промышленных процессов, бытового отопления или аналогичных целей). В справочном документе ЕС о НИМ для крупных угольных электростанций установлены новые стандарты сжигания угля, предусматривающие КПД 70-90 процентов (НТС) при комбинированном производстве тепла и электроэнергии.

5.1.3. Меры контроля при сжигании угля

89. Первичная мера контроля заключается в сокращении количества ртути в топливе, например, путем выбора угля с низким естественным содержанием ртути, предварительной обработки угля или путем применения схем замены топлива (например, замены угля природным газом или возобновляемыми источниками энергии). Другой общий подход к сокращению выбросов предусматривает повышение эксплуатационной эффективности и соответствующее сокращение необходимого объема топлива и, следовательно, сокращение выбросов ртути и других загрязняющих веществ. Для контроля за выбросами ртути после этапа сжигания возможно применение различных технических мер контроля за загрязнением воздуха и специальных мер контроля за ртутью. Краткое резюме этих вариантов приводится ниже.

Предварительная обработка угля

90. Еще одним фактором, помимо качества угля и содержания в нем ртути, который влияет на выбросы ртути от сжигания угля, является химический состав ртути, содержащейся в угле. Уголь из различных географических регионов может иметь различные характеристики. Основные классы угля включат: антрацит, битуминозный уголь, полубитуминозный уголь и лигнит; антрацит имеет наибольшие, а лигнит – наименьшие содержание углерода и энергетическую ценность. В альтернативной номенклатуре уголь с

наивысшим содержанием углерода иногда называется "твердым углем", а с наименьшим – "бурым углем"[6].

91. Сокращение выбросов ртути на электростанциях может быть реализовано путем внедрения технологий обработки угля до сжигания. Технологии обработки угля, рассматриваемые в контексте эффективности станции и удаления ртути, включают обычную промывку угля, обогащение угля по содержанию ртути, приготовление угольной смеси и внесение добавок.

92. Промывка/обработка угля может обеспечить относительно высокие показатели сокращения выбросов ртути для некоторых видов угля, однако эти способы не подходят для использования в качестве надежного метода сокращения выбросов ртути для всех видов угля. Промывка, основной целью которой является сокращение содержания серы в битуминозном угле, также способствует снижению концентрации ртути по сравнению с исходными величинами. Эффективность удаления варьируется в зависимости от доли ртути в сульфидах угля и эффективности удаления сульфидов (Kolker et al, 2006, in Sloss, 2008). Другие процессы очистки угля, такие как пенная флотация, селективное спекание, циклонная сепарация и химическое разделение, также предназначены для удаления серы, поэтому любое сокращение содержания ртути является лишь побочным эффектом. Величина сокращения ртути при применении этих процессов составляет от 10 до 70 процентов, а среднее сокращение составляет 30 процентов энергетического эквивалента (Sloss, 2008).

Совершенствование технологического процесса

93. Повышение эффективности станции (например, направленные на снижение себестоимости производства) может включать ряд мер, направленных на экономию топлива (угля) и, как следствие, уменьшение выбросов ртути. Некоторые наиболее часто применяемые на угольных станциях меры включают: установку новых горелок, совершенствование подогревателя воздуха, совершенствование экономайзера, совершенствование мер сгорания, минимизацию короткого цикла, минимизацию поверхностей теплообмена со стороны прохода газа, минимизацию инфильтрации воздуха и модернизацию турбин. Кроме того, методы эксплуатации и технического обслуживания (ЭиТО) оказывают значительное воздействие на производительность станции, в том числе ее эффективность, надежность и эксплуатационные расходы. При условии надлежащей эксплуатации и технического обслуживания будет меньше снижаться тепловая мощность станции; таким образом, одни лишь методы ЭиТО уже влияют на объем применения угля и выбросов ртути. Надлежащие методы ЭиТО должны быть внедрены в повседневную работу станции. Однако, существующие станции на основе СПУ имеют верхний предел эффективности около 40 процентов, а дальнейшее совершенствование возможно только за счет перехода на новые котлы сверхкритического давления.

[6] Различные системы классификации и обозначения типов угля используются в мире, в основном, в зависимости от степени изменений, которые уголь претерпевает в процессе его перехода из торфа в антрацит (процесс также известен как "углефикация"). Низкосортные виды угля, такие как бурый уголь полубитуминозный уголь, как правило, представляют собой более мягкий, рыхлый материал мутно-землистого цвета. Они характеризуются высоким уровнем влажности и низким содержанием углерода, и, следовательно, меньшим содержанием энергии. Угли высокого сорта обычно тверже и прочнее и часто отличаются черным стеклянным блеском. Они содержат больше углерода, меньше влаги и позволяют производить больше энергии. Антрацит находится на вершине этой шкалы и, соответственно, имеет высокое содержание углерода и энергии и низкий уровень влажности. В альтернативной системе обозначений термин "бурый уголь" употребляется в отношении низкосортного, а термин "твердый уголь" или "черный уголь" – в отношении высокосортного угля.

Одновременный контроль за ртутью на установках по сжиганию угля

94. Технологии контроля за несколькими загрязнителями, описанные в главе 3, широко применяются на тех объектах, где используется сжигание угля. Сообщения об эффективности существующих технологий контроля и сопутствующей выгоде от улавливания ртути на таких станциях обобщены в исследовании Sloss (2008) и приведены в таблице 7. Из таблицы видно, что диапазоны улавливания ртути при определенной комбинации мер контроля могут быть достаточно большими, и что уровень улавливания зависит также от качества угля (битуминозный уголь, полубитуминозный уголь или лигнит). Таким образом, оценка сопутствующей выгоды от захвата ртути применительно к очистному оборудованию должно производиться для каждого конкретного завода с учетом данных о качестве топлива, составе дымового газа и конкретных подробностей, касающихся установленного оборудования для предотвращения загрязнения воздуха.

Таблица 7. *Пример мер контроля за загрязнением воздуха и их эффективности (%) в улавливании ртути на угольных электростанциях, адаптированные данные исследования Sloss (2008). ТЧ=твердые частицы, SO_2= диоксид серы, NOx= оксиды азота*

Меры контроля за ТЧ	Битуминозный уголь*	Полу-битуминозный уголь*	Лигнит*
ХС-ЭСП	0-63	0-18	0-2
ГС-ЭСП	0-48	0-27	-[¤]
ТФ	84-93	53-67	-
Меры контроля за ТЧ и SO_2			
ХС-ЭСП + мокрая ДДГ	64-74	0-58	21-56
ГС-ЭСП + мокрая ДДГ	6-54	0-42	-
ТФ + сухой скруббер	Очень высокая		Ниже
ТФ + мокрый скруббер	62-89		
Контроль за NOx, ТЧ и SO_2			
СКВ + расп. сушка + ТФ	94-99	0-47	0-96

ХС – холодная сторона; ГС – горячая сторона; ЭСП – электростатический пылеуловитель, ТФ – тканевый фильтр, ДДГ – десульфуризация дымового газа, СКВ – селективное каталитическое восстановление.
*Диапазоны рассчитаны на основе ограниченной серии испытаний, проведенных на объектах в США.
[¤] - нет данных

95. В США была проведена серьезная деятельность по разработке технологий для контроля за выбросами ртути при сжигании угля, включая обширные полномасштабные испытания эффективности устройств контроля в области улавливания ртути с учетом типа угля, типа сорбента и дополнительных добавок, температуры и условий эксплуатации. Результаты этих испытаний обобщены в UNEP 2010 (в процессе подготовки) и Sloss (2008) (в процессе подготовки.). Обратим внимание на то, что меры контроля за ртутью уже используется на десятках объектов (см. раздел 4.3).

96. Некоторые недавние примеры исследований на предмет удаления ртути устройствами для предотвращения загрязнения воздуха показывают эффективность в диапазоне от 68 до 91 процента на тепловых электростанциях в Корее, имеющих максимальную эффективность задержания ртути, совпадающую с эффективным контролем за загрязнением воздуха (в основном, СКВ, ХС-ЭСП и мокрая ДДГ) (Kim et al 2010; Pudasainee, 2009).

Специальные методы контроля за ртутью на установках по сжиганию угля

97. Наряду с сопутствующими выгодами от применения других технологий борьбы с загрязнением воздуха в США в промышленном масштабе широко используются специальные меры контроля за ртутью.

98. При проектировании специальных технологий контроля за ртутью за основу часто берут процесс адсорбции ртути в добавленном сорбенте, например, в активированном угле, который имеет повышенную адсорбционную способность. Исходные необработанные сорбенты не оказывали существенного воздействия на процесс при использовании низкосортного угля ввиду высокого содержания элементарной ртути в дымовых газах, которую было трудно уловить. Однако в настоящее время имеются сорбенты, прошедшие химическую обработку, например, с использованием галогенов, таких как бром и хлор. Они позволяют преобразовать труднозахватываемую элементарную ртуть в ее двухвалентную (окисленную) форму, которая легче поддается улавливанию, что обеспечивает значительное сокращение выбросов ртути при использовании любых типов угля.

99. Впрыск сорбентов в дымовые газы угольных котлоагрегатов для контроля за ртутью применяется на котлоагрегатах в Германии с 1990-х годов (Wirling, 2000), а в Соединенных Штатах эта технология была продемонстрирована на нескольких полномасштабных коммерческих системах (GAO, 2009, NESCAUM 2010). Сорбенты могут быть добавляться перед уже имеющимся устройством для улавливания твердых частиц (ТЧ), при этом в форме зольной пыли. Существуют альтернативные технологии, предусматривающие впрыск сорбента после существующих устройств контроля за ТЧ; в этом случае необходим дополнительный блок контроля за частицами для захвата сорбента, содержащего ртуть (например, процесс контроля за токсичными выбросами [TOXECON^{TM}]). Третья продемонстрированная конфигурации впрыска сорбента называется TOXECON II^{TM}; в такой конфигурации сорбент вводится в средние поля существующих ЭСП. Метод TOXECON^{TM}, разработанный и запатентованный НИИЭ (Научно-исследовательским институтом электроэнергетики) предусматривает наличие вторичного блока контроля за частицами (тканевый фильтр); было доказано, что эта технология позволяет сократить выбросы ртути более чем на 90 процентов. Таки образом, большая часть летучей золы собирается до этапа контроля за ртутью, а значит обладает более широким потенциалом применения и ликвидности. Значительно меньшая часть золы, содержащая активированный уголь и ртуть, собирается на втором этапе.

100. Ниже перечислены некоторые факторы, влияющие на эффективность улавливания ртути любым конкретным сорбентом (Pavlish et al., 2003 и Srivastava et al., 2006, NESCAUM 2010):

- физические и химические свойства сорбента;
- скорость впрыска и распределения сорбента;
- параметры дымовых газов, такие как температура, концентрация видов галогена (например, HCl, HBr), и концентрация триоксида серы (SO_3)
- существующие конфигурации контроля за загрязнением воздуха.

101. Большая часть испытаний, кратко описанных Руководящем документе по оптимизации процессов (РДОП) ЮНЕП (в процессе подготовки) и Sloss (2008), проводились с впрыскиванием сорбента до места подключения существующих устройств контроля за ТЧ. Некоторые основные выводы:

- улавливание ртути увеличивается с увеличением количества добавленного сорбента, хотя в некоторых случаях было обнаружено оптимальное количество, после которого добавление сорбента не оказывало существенного воздействия;
- более низкие температуры (<150 ° C) на входе ЭСП способствуют более значительному улавливанию ртути;
- эффективный контроль с использованием необработанного активированного угля зависит от образования окисленной ртути в дымовых газах, которому обычно способствует высокая концентрация хлоридов в угле. Большей эффективности можно достичь при применении активированного угля, обработанного галогенами, особенно на тех станциях, где используется низкосортный уголь с малым содержанием хлора.

102. Одним из выявленных негативных аспектов впрыска активированного угля для контроля за ртутью заключается в том, что ртуть (а также добавляемый активированный уголь) в конечном итоге окажется в составе летучей золы, что может уменьшить потенциал безопасной утилизации или использования золы, например, в строительстве и производстве цемента. Чтобы избежать этого, возможно подключение второй установки для удаления частиц и добавление активированного угля добавил после обычного устройства контроля за частицами, например, как в описанной выше технологии TOXECON™.

103. Были проведены испытания брома, который добавлялся к углю в пропорции 25 ч/млн до сжигания с целью усилить окисление ртути в дымовых газах. На установке мощностью 600 МВт, работающей на полубитуминозном угле и оснащенной СКВ и системой мокрой ДДГ, было отмечено устойчивое сокращение выбросов ртути на 92-97 процентов (Rini and Vosteen, 2009). Аналогичные испытания были проведены на 14 установках, работающих на угле с низким содержанием хлора. В результате произошло более чем 90-процентное окисление ртути в дымовом газе, эквивалентное добавлению в уголь 25-300 ч/млн брома (Chang et al., 2008). Использование галогенов, особенно брома, в качестве присадок до сжигания в определенных ситуациях потенциально может приводить к сокращению выбросов ртути более чем на 80 процентов (UNEP 2010, в процессе подготовки).

5.1.4. Расходы на применение технологий контроля на угольных электростанциях и их эффективность

Предварительная обработка угля

104. Предварительная обработка включает в себя процедуры (например, дробление, сушка и промывка), направленные на повышение производительности и выделения энергии в процессе сжигания или на сокращение выбросов вредных веществ. Для достижения более высокой производительности иногда также добавляют химические реагенты или производят смешивание угля. Промывка угля – это мера, в первую очередь направленная на сокращение содержания золы и серы в угле, однако она также может способствовать сокращению содержания ртути. Поэтому в составе прямых затрат на предварительную обработку угля трудно выделить расходы, относящиеся конкретно к ртути. Расходы на смешивание угля (т.е. его смешивание с другими видами угля или топлива с низким содержанием ртути) зависят от наличия смешиваемого топлива и рыночного спроса на него (EPA, 2005).

Совершенствование технологического процесса

105. Изменения в конструкции эксплуатации станции положительно сказываются и на производительности, и на надежности завода, что может привести к сокращению расходов

на эксплуатацию и техническое обслуживание. Данных приемлемого качества, касающихся этих расходов или их сокращения, найдено не было.

Одновременный контроль за ртутью на установках по сжиганию угля

106. Обширный обзор технологий контроля и связанных с ним расходов был проведен Центром чистого угля МЭА (Sloss, 2008).

107. Одним из важных аспектов при оценке затрат на контроль за выбросами ртути являются существующие условия на конкретной станции. Расходы на удаление ртути будут совершенно различными в случаях, когда электростанции оснащены современным оборудованием для контроля за загрязнением воздуха и когда установлены лишь базовые средства контроля за выбросами. Оптимизация существующих установок контроля за выбросами может потенциально сократить выбросы ртути, однако соответствующих оценок общих расходов не имеется.

108. Агентство по охране окружающей среды США разработало руководство (CUECost – Руководство по экологическим издержкам угольных станций) для оценки расходов на контроль за загрязнением воздуха (в том числе ртутью) на электростанциях. Этот метод может быть использован для оценки расходов на внедрение двенадцати различных технологий для удаления SO_2, NOx, CO_2 и ртути как по отдельности, так и в рамках комплексной системы контроля за загрязнением воздуха http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r09131/600r09131.html.

109. На основе оценки контроля расходов, выполненной европейским исследовательским проектом ЭСПРЕМЕ, была разработана база данных расходов на различные варианты контроля и их эффективности. Годовая стоимость выбранных технологий для одновременного сокращения выбросов загрязнителей (по каждому виду деятельности) и показатели эффективности сокращения выбросов ртути в секторе сжигания угля также опубликованы в Pacyna et al. 2010. Ежегодный общий объем расходов[7] (т.е. годовые капитальные затраты и расходы на ЭиТО) варьируются в диапазоне от 1,3 долл. США 2008/МВт-ч(э) для установки ЭСП с ожидаемым коэффициентом удаления ртути> 63 процентов до 2,5-5 долл. США 2008/МВт-ч(э) для более развитых систем борьбы с загрязнением воздуха (удаление частиц и серы в скруббере) с оценочной эффективностью удаления ртути> 93 процентов. Эти результаты репрезентативны лишь для европейских условий и не могут применяться к другим регионам.

110. Капитальные затраты на очистное оборудование на уровне наилучших имеющихся методов (НИМ) (удаление частиц + ДДГ) составляют менее 5 процентов от общего объема расходов угольных электростанций (без учета расходов на топливо). Если стоимость угля входит в стоимость станции, то доля таких затрат составляет 3-3,5 процента. Основой для этих оценок стала работа (Rokke, 2006), в которой описывается себестоимость энергии новой угольной станции, составляющая 60 долл. США за МВт-ч, включая стоимость топлива (14,10 долларов США за МВт-ч) вместе с общей стоимостью НИМ (2,28 доллара США за МВтч).

Специальные методы контроля за ртутью на установках по сжиганию угля

111. Сокращение выбросов ртути от сжигания угля является следствием внедрения технологий контроля за обычными загрязнителями воздуха (твердые частицы, SO_2 и NO_x) и специальных технологий для удаления тяжелых металлов. Примеры электростанций в

[7] Капитальные расходы рассчитываются на основе жизненного цикла технологии, составляющего **20 лет** с учетом 4-процентной скидки.

США, описанные в докладе Главного контрольного управления Соединенных Штатов (GAO)-10-47 (2009) и NESCAUM (2010), показывают, что контроль за ртутью уже налаживается в промышленном масштабе на многих электростанциях при сравнительно низких затратах с использованием впрыска активированного угля, однако в некоторых случаях могут потребоваться и альтернативные меры контроля. Существуют также примеры, когда обычных установок контроля за загрязнением воздуха достаточно для сокращения выбросов ртути более чем на 90 процентов. Некоторые типы котлоагрегатов также могут обеспечить такой уровень удаления ртути без дополнительных мер контроля. Расходы на приобретение и установку системы впрыска активированного угля (и сорбента) и оборудования для мониторинга варьируются от $ 1,2 млн. 6,2 млн. долл. США (в долларах США 2008 года) для одной электростанции, что значительно меньше по сравнению с другими видами контроля за загрязнением воздуха (контроль за твердыми частицами, двуокисью серы или оксидами азота). Для сравнения, средние инвестиционные расходы (на приобретение и установку) мокрого скруббера для контроля за диоксидом серы превышают 86 млн. долл. США (в долларах США 2008 года) на один котлоагрегат. Для электростанций, инвестирующих средства в тканевые фильтры в дополнение к системе впрыска сорбента, инвестиционные затраты составили от $ 12,7 до $ 24,5 млн. (в долларах США 2008 года). Фактические количества удаленной ртути в этом исследовании (GAO, 2009) не указаны. Однако доклад NESCAUM (2010) включает данные по эффективности контроля за ртутью на ряде угольных электростанций в США.

112. Согласно данным исследований Национальной лаборатории энергетических технологий (НЛЭТ), проводимых под эгидой Министерства энергетики США (МЭ), наблюдается значительный прогресс в сокращении расходов на впрыск сорбента для удаления ртути, а также потенциал сокращения общих расходов на установку и эксплуатацию. Экономический анализ МЭ, опубликованный в 2007 году, показывает, что стоимость контроля за ртутью можно значительно снизить по сравнению с первоначальными оценками путем уменьшения скорости впрыска сорбента при использовании более эффективной обработки сорбентов, при этом компенсировав даже более высокие затраты на такие сорбенты. Анализ показал, что расходы на сокращение выбросов ртути на 90 процентов с помощью впрыска активированного угля на испытательных площадках МЭ составляет от 30 000 долл. США до менее чем 10 000 долл. США за фунт (эквивалентно 22 000-66 000 долл. США за кг) (Feeley, 2008). На этих испытательных площадках МЭ применялся химически обработанный (бромированный) активированный уголь. Хотя капитальные затраты на систему контроля за ртутью относительно невысоки, основные издержки составляют расходы на сам сорбент. В целом, применение бромированного угля позволяет осуществлять впрыск со значительно более низкой интенсивностью (на основе расчета соотношения между массой сорбента и дымовых газов) чем при использовании необработанного угля с достижением того же уровня удаления ртути. Таким образом, несмотря на то, что химически обработанный уголь является более затратным, чем необработанный активированный уголь, применение химически обработанного угля позволяет существенно снизить расходы на удаление ртути.

113. Зольная пыль, захваченная устройствами для контроля за загрязнением воздуха, имеет потенциал повторного применения для инженерных целей и, следовательно, имеет экономическую ценность. Добавление абсорбентов, таких как активированный уголь, может влиять на качество зольной пыли (и гипса) и препятствовать возможной продаже этого материала. Поэтому расходы на контроль за ртутью также зависят от потенциальной потери дохода электростанциями, которые извлекают прибыль из продажи зольной пыли для повторного использования. В недавнем докладе Ассоциации северо-восточных штатов по координации управления использованием атмосферы (НЕСКАУМ) обобщены результаты испытаний МЭ, которые указывают, что при учете такой потерянной прибыли расходы на

удаление ртути могут увеличиться на 170-300 процентов (US DOE, 2006 and NESCAUM, 2010). Однако этот экономический эффект привел к технологическому развитию и созданию сорбентов, безвредных для бетона, которые должны в конечном итоге компенсировать эти расходы.

114. Министерство энергетики США оценило капитальные затраты на впрыск активированного угля на установке по сжиганию угля (с низким содержанием серы, хлора и сильным щелочными свойствами) мощностью 360 МВт, оснащенной абсорбционной распылительной сушилкой (АРС) и ТФ (US DOE, 2006). Для данного устройства, капитальные затраты (суммарная потребность в капитале [СПК]) была определены в 3,6 долл. США/ кВт (0,03 долл. США/МВт-ч(э) в долларах США 2010 года). Суммарные расходы на ЭиТО для этой установки, согласно оценке, составили 600 000 долл. США в год (0,21 долл. США/МВт-ч(э) в долларах США 2010 года) при 90-процентном удалении ртути. Дополнительные расходы на эксплуатацию системы ВАУ стали побочным следствием, обусловленным расходами на утилизацию, а также нереализованной прибылью от продажи золы (из-за загрязнения зольной пыли активированным углем). Побочные издержки для этой установки мощностью 360 МВт были оценены в 1 430 000 долларов США в год.

115. Дополнительные примеры капитальных и эксплуатационных затрат для различных конфигураций оборудования по контролю за загрязнением воздуха представлены в таблице 4.

116. В таблице 8 указаны расходы на дополнительное оснащение специальными устройствами контроля за выбросами ртути на гипотетической электростанции с выбранной конфигурацией существующего оборудования. Представленная смета расходов взята из Sloss (2008) (удаление 80 процентов ртути) и основана на информации Национальной лаборатории энергетических технологий (НЛЭТ) о расходах на ВАУ, обобщенной в докладе НЕСКАУМ. Эти расходы рассчитаны в рамках программ полевых испытаний фазы II НЛЭТ, где представлены несколько сценариев расходов для различных видов угля, конфигураций и уровней контроля за ртутью. Для применения сорбентной технологии (ВАУ) анализ предусматривал сценарии с удалением 50 процентов, 70 процентов и 90 процентов ртути при использовании битуминозного, полубитуминозного угля и лигнита, а для окислительной технологии (катализаторы и добавки, такие как CaBr2) анализ предусматривал сценарии сокращения выбросов ртути на 73 процента к при использовании полубитуминозного угля и лигнита (NESCAUM, 2010). Как правило, расходы на добавление брома (CaBr2) обусловлены стоимостью химических веществ (как и при применении сорбентной технологии), в то время при использовании катализаторов расходы, как правило, обусловлены инвестиционными/капитальными затратами и затратами на восстановление (NESCAUM, 2010).

117. На основе данных в таблице 8 можно подготовить гипотетические примеры расчетов. На установке мощностью 220 МВт, оснащенной только ЭСП, введение технологии ВАУ позволило бы удалять 180 граммов (90 процентов) ртути на тонну потребляемого лигнита, содержащего 0,2 мг ртути на кг угля, при затратах 0,13-1,20 долл. США на МВт-ч(э). На электростанции мощностью 500 МВт, оснащенной ЭСП и ДДГ, добавление брома позволило бы удалять 73 грамма (73 процента) ртути при затратах 0,08 долл. США на МВт-ч(э) на тонну полубитуминозного угля, содержащего 0,1 ртути мг ртути на кг угля, или удалять 146 граммов ртути на тонну лигнита, содержащего 0,2 мг ртути на кг угля.

Таблица 8. *Примеры капитальных расходов и расходов на ЭиТО, а также эффективность удаления при использовании различных конфигураций специальных мер контроля за ртутью. На основе данных из Sloss (2008)/ Curs (2007) и NESCAUM (2010)*

Существующая конфигурация оборудования 1=лигнит 2=полубитуминозный уголь	Новая конфигурация оборудования	Капитальные затраты (долл. США 2010 года на МВт-ч(э))	Расходы на ЭиТО (долл. США 2010 года на МВт-ч(э))	Эффективность удаления (%)/ мощность станции (МВт)	Литература
хЭСП	+ВАУ	0.15	4.06	80/	Sloss, 2008
хЭСП+ДДГ	+ВАУ	0.15	4.06	80/	Sloss, 2008
Сухой скруббер+ТФ	+ВАУ	0.02	0.32	80/	Sloss, 2008
ЭСП[1]	+ВАУ	0.04	0.09-1.16	90/220	NESCAUM, 2010
ЭСП[2]	+ВАУ	0.06-0.07	0.14-1.06	90/240 и 140	NESCAUM, 2010
ЭСП +мДДГ[1]	+ CaBr2	0.01	0.07[8]	73/500	NESCAUM, 2010
ЭСП + мДДГ [2]	+ CaBr2	0.01	0.07	73/500	NESCAUM, 2010
ЭСП + мДДГ [1]	+ катализатор Pd	0.02	Нет данных	73/500	NESCAUM, 2010
ЭСП + мДДГ [2]	+ катализатор Au	0.03	Нет данных	73/500	NESCAUM, 2010

5.2. Производство цветных металлов

118. Производство цветных металлов включает в себя производство, например, цинка, меди, свинца и золота. Цветные металлы производятся из добываемых руд, которые затем обрабатываются в несколько этапов для извлечения конечного продукта.

5.2.1. Происхождение ртути и выбросы при производстве цветных металлов

119. Выбросы ртути от производства цветных металлов зависят главным образом от содержания ртути в рудах цветных металлов типа применяемой промышленной технологии, а также технологии контроля, используемой в производстве цветных металлов. Ртуть присутствует в виде примеси во многих сульфидных рудах. В этих рудах, ртуть может присутствовать в рудах следующих элементов: цинка, меди, кадмия, висмута, свинца и мышьяка. В некоторых металлических рудах она встречается также в виде элементарной ртути или сплавов с другими металлами (амальгамы). В некоторых месторождениях содержание ртути оказалось достаточно высоким для налаживания производства ртути в качестве побочного продукта. Согласно оценкам, среднее содержание ртути в одном килограмме цинковой руды составляет 123 мг, что позволяет при выплавке цинка производить 600 тонн (Hageman et al 2010 и ссылки в этой работе). Большая часть ртути, связанной с медью, находится в массовых залежах сульфидных руд. Доля ртути зависит от концентрации цинка и природных условий в процессе формирования залежи. Ртуть часто обнаруживается в месторождениях золота, хотя количество ртути в золотой руде может изменяться в широких пределах от менее чем 0,1 мг/кг до более чем 100 мг/кг (Hageman et al 2010 и ссылки в этой работе).

120. Выбор конкретной промышленной технологии будет в значительной степени определять "судьбу" ртути, содержащейся в руде. Если для первичной обработки руды

[8] Расходы на ЭиТО рассчитаны на основе заявлений экспертов для исследования во исполнение пункта 29 решения ЮНЕП (по технологии KNX) и составляют 1,6 млн. долл. США в год.

используются высокотемпературные процессы (т.е. обжиг и спекание), ртути высвобождается в газообразном состоянии, а если используются электролитические процессы, ртуть будет оставаться в жидкой фазе (диаграмма 5).

121. При использовании высокотемпературных процессов большая часть ртути в концентрате, как ожидается, будет испаряться при окислении. Испаряемая ртуть следует за потоком газов, который может очищаться фильтрами частиц, а также сухими и мокрыми электростатическими пылеуловителями (ЭСП) или скрубберами, вследствие чего образуются либо сухие твердые отходы, либо шлам, содержащий ртуть (Руководство ЮНЕП). Часто на предприятиях цветной металлургии производится также серная кислота, поскольку большая часть руд содержит большое количество серы. Сера, как и ртуть, высвобождается из концентрата при начальном окислении на этапе обжига/спекания, и содержащий ртуть серный газовый поток передается на завод по производству серной кислоты. Возможна установка специальных устройств для удаления ртути, что обеспечит достаточно низкое содержание ртути в серной кислоте. Оставшаяся после обжига или спекания ртуть должна направляться на рециркуляцию или откладываться.

122. Процесс выщелачивания, входящий в состав электролитического процесса, приводит к образованию жидкого щелочного продукта, содержащего ртуть, и твердого остатка. Часть оставшейся ртути может осаждаться для дальнейшей обработки после процесса очистки. Данных о выбросах ртути при на этапе электролиза не обнаружено (Руководство ЮНЕП).

123. В процессе плавки могут применяться вторичные материалы, которые, в принципе, могут представлять собой источник ртути. При выплавке ртуть испаряется из сырья и выводится с потоком газов.

124. Выбросы ртути из видов топлива, используемых в процессе нагрева, считаются незначительными.

125. Основные этапы выработки первичных цветных металлов и потоки ртути на каждом этапе показаны на диаграмме 5.

5.2.2. Технологии производства цветных металлов

126. Существует множество технологий, которые используются для первичного производства цветных металлов. Можно провести различие между более широко распространенным гидрометаллургическим (электролитическим) процессом и пирометаллургическим (тепловым) процессом.

127. Пирометаллургический процесс предусматривает термическую обработку минералов и металлургических руд и концентратов для извлечения металла, поэтому для большей части пирометаллургических процессов необходимо поступление энергии для поддержания температуры, при которой проходит процесс. Энергия, как правило, поступает от сжигания ископаемого топлива.

128. В гидрометаллургическом процессе для восстановления металлов из руд, концентратов и переработанных или остаточных материалов используются химические реакции.

129. На этапах, показанные на диаграмме 5, могут использоваться различные технологии и сочетания технологий. Подробное описание различных технологий для выработки цветных металлов приведено в проекте справочного документа для отраслей цветной металлургии ЕС http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/.

Gas Cleaning	Очистка газа
Dust Cleaning	Очистка от пыли

Mining and prod. of concentrates	Добыча и производство концентратов
Roasting and sintering	Обжиг и спекание
Smelting	Плавка
Converting and casting	Переработка и отливка
Leaching, purification and electrolysis	Выщелачивание, очистка и электролиз
Liquid residue	Жидкий остаток
Substances in fuel	Вещества в топливе
Secondary materials	Вторичные материалы

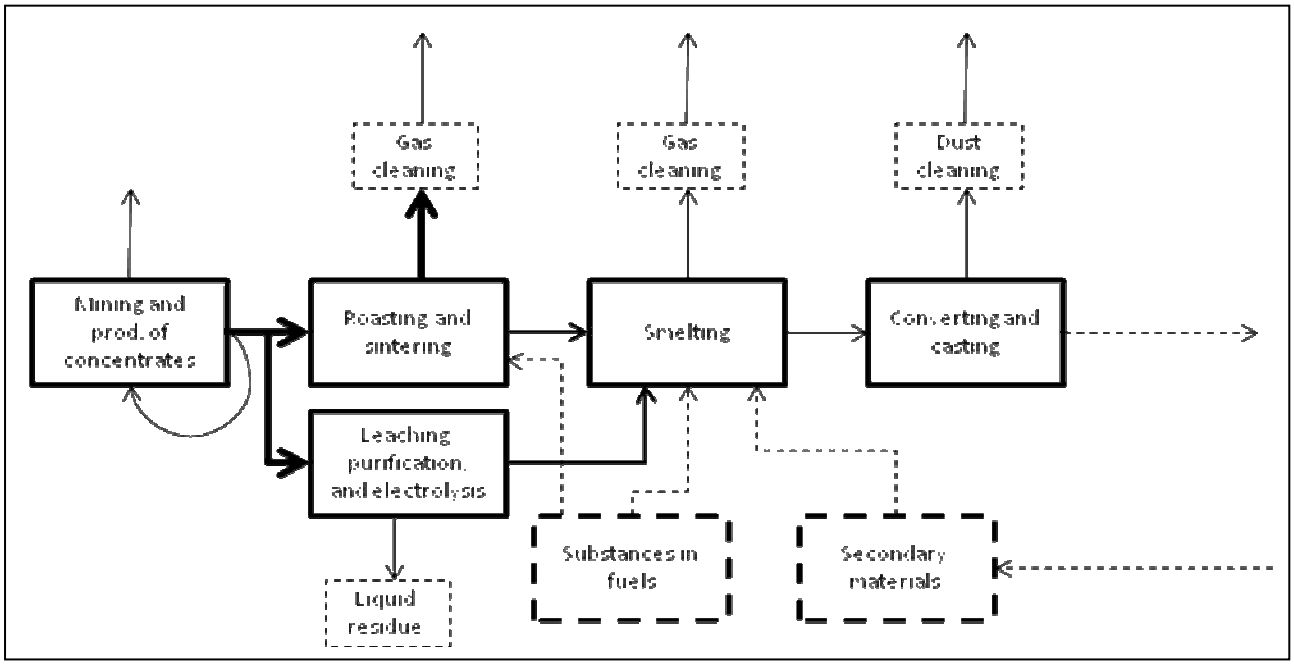

Диаграмма 5. *Основные этапы производства цветных металлов и потоки ртути на каждом этапе. Обжиг/спекание и плавка представляют собой высокотемпературные процессы, в рамках которых наиболее высока вероятность поступления ртути в атмосферу.*

5.2.3. Меры контроля при производстве цветных металлов

130. Руды цветных металлов (например, меди, цинка, кремнезема, свинца и золота) часто содержат ртуть в следовых количествах. На производствах цветных металлов применяются общие технические методы контроля за загрязнителями воздуха, описанные в главе 4. Устройства контроля за загрязнением воздуха также могут в той или иной степени обеспечивать улавливание ртути из дымовых газов. В дополнение к технологиям одновременного контроля за загрязнением воздуха в цветной металлургии разработаны специальные методы удаления ртути. Разработка специальных технологий контроля за ртутью на заводах по производству цветных металлов обусловлено целью сократить выбросы в атмосферу, а также предотвратить загрязнение ртутью серной кислоты, которая может быть получена после обжига серосодержащих минералов. Некоторая часть ртути удаляется из дымовых газов с помощью осаждения (например, в скруббере или фильтрующими установками для борьбы с загрязнением воздуха) вместе с селеном или сульфатами, уже присутствующими в рудах.

131. Измерения на заводе по гидрометаллургической выплавке цинка в Китае (Wang et al 2010) позволили выявить эффективность удаления ртути устройствами для очистки воздуха, через которые проходят газы из обжиговой печи. Эффективность удаления ртути, замеренная на каждом этапе, показана как средняя величина сокращения в процентах ± стандартное отклонение. После котла-утилизатора, циклонных установок и ЭСП газ проходит через этап очистки дымовых газов, который включает в себя мокрый скруббер с

использованием переработанного раствора серной кислоты. Оборудование очистки дымовых газов показало эффективность удаления ртути около 17,4 ± 0,5 процента. Следующим шагом является проход через электростатический влагоуловитель, предназначенный для удержания паров воды, который удаляет 30,3 ± 10,9 процента ртути. Эффективность удаления ртути в башне восстановления ртути составил 87,9 ± 3,5 процента. В основе работы башни лежит процесс "Болиден-Норцинк", обеспечивающий изъятие ртути из газа до его поступления на установку по производству серной кислоты. На самой установке по производству серной кислоты удаляется 97,4 ± 0,6 процента ртути из газов, поступающих в установку.

132. Hylander and Herbert (2008) в своих кадастрах выбросов ртути при производстве цветных металлов принимают коэффициент удаления ртути 95-99 процентов при условии наличия сернокислотного цеха на заводе по пирометаллургической выплавке меди, свинца или цинка, предполагая при этом, что загрязнение серной кислоты ртутью не допускается. При наличии только ЭСП и/или скрубберов предполагается 80-процентное удаление ртути при высокой эффективности ЭСП и скрубберов и 40-процентное удаление при их низкой эффективности. При ограниченности или отсутствии устройств для удаления серы и отсутствии специальных мер контроля за ртутью, предполагаемый коэффициент удаления ртути составляет 10 процентов.

133. Имеется несколько различных специальных методов удаления ртути из дымовых газов в цветной металлургии. Процессы, в рамках которых ртуть преобразуется в твердое химическое соединение, допускающее удаление путем осаждения, очистки и фильтрации, включают процессы "Утокумпу" и "Болкем", в которых ртуть осаждается в виде твердых сульфатных соединений, и процесс "Болиден-Норцинк" где ртуть осаждается в виде хлорида ртути. Альтернативные методы включают углеродные или селеновые фильтры (для обработки при низкой концентрации) или селеновые скрубберы (Руководство ЮНЕП, 2010). Дополнительная информация опубликована на сайте http://www.sulphuric-acid.com/techmanual/GasCleaning/gcl_hg.htm.

134. Согласно информации, представленной в ответ на вопросник, существует целый ряд специальных технологий удаления ртути, которые применяются в промышленном производстве золота в США. Они используются в дополнение к контролю за твердыми частицами посредством рукавного фильтра или ЭСП на большинстве заводов, а на некоторых заводах применяются вместе с устройствами контроля за SO_2 (например, мокрыми скрубберами). Специальные меры контроля за ртутью включают конденсатор ртути в сочетании с различными типами угольных адсорбционных подложек или фильтров, и обеспечивают эффективность удаления 93-99,6 процента. Также на некоторых заводах устанавливаются скрубберы, например, скрубберы с использованием впрыска хлорида или гипохлорита ртути, которые обеспечивают высокую эффективность удаления ртути.

135. В отношении промышленного производства золота Департамент охраны окружающей среды Невады (ДООС) в 2006 году начал реализацию Программу штата по контролю за ртутью (ПКР) для сокращения выбросов в атмосферу от операций с драгоценными металлами (например, на объектах по производству золота и серебра). Хотя на ряде промышленных объектов по производству золота в США уже есть эффективные специальные мер контроля за ртутью, согласно ПКР предприятия должны использовать наилучшие имеющиеся ртути технологии контроля за выбросами ртути в атмосферу на всех золотых и серебряных рудниках в штате Невада, где используются любые высокотемпературные процессы (например, печи, печи для обжига, автоклавы, печи для сушки, электролиз, реторты, и т.д.).

136. Кроме того, в США разрабатываются национальные правила по выбросам ртути от промышленного производства золота. Если правила, вынесенные на общественное

обсуждение 28 апреля 2010 года, будут выполняться в полном объеме параллельно с программой по ртути штата Невада, по оценкам США, объем национальных выбросов ртути в этой отрасли сократится примерно на 94 процента по сравнению с уровнем выбросов 1999 года, и более чем на 96 процентов по сравнению с уровнем потенциальных неконтролируемых выбросов. Сокращение выбросов ртути от процессов предварительной обработки руды (например, обжига) составит 94 процента по сравнению с неконтролируемыми условиями и 64 процента по сравнению с условиями 2007 года. Для последующих этапов добычи золота, включая, например, обработку в печи, реторте и плавку, предусмотрено сокращение на 98-99 процентов по сравнению с неконтролируемыми условиями и примерно на 90 процентов по сравнению с условиями 2007 года.

137. Можно сделать вывод о том, что существует множество различных вариантов удаления ртути в цветной металлургии. Однако из-за различий в составе руд цветных металлов (характеристики каждой залежи могут сильно отличаться), практически невозможно сделать общий вывод об осуществимости, затратах и т. д. (UNEP, 2006).

5.2.4. Расходы на применение технологий контроля при производстве цветных металлов и их эффективность

138. Крупные заводы цветной металлургии используют высокоэффективные устройства контроля за загрязнением воздуха для контроля выбросов частиц и SO_2 из печей для обжига, плавильных печей и конвертеров. Ртуть высвобождается в основном в газообразной форме, поэтому тканевые фильтры и ЭСП не слишком эффективно удаляют это вещество. Контроль выбросов дымовых газов обеспечивается за счет поглощения диоксида серы в цехах по производству серной кислоты, которые обычно входят состав плавильных заводов. Сочетание сухих ЭСП, мокрых скрубберов, удаления ртути и мокрых ЭСП считается НИМ в Европейском союзе (ЕС, 2001a). Количество оставшихся выбросов зависит от содержания ртути в руде.

139. Среди всех специальных технологий удаления ртути, применяемых в производстве цветных металлов, процесс "Болиден-Норцинк", как сообщается, предусматривает самые низкие капитальные и эксплуатационные затраты, несмотря на некоторые издержки на энергию, необходимую для работы скруббера (UNEP, 2006, глава 5.3, производство вторичных (цветных) металлов). Данные о затратах в отношении процесса "Болиден-Норцинк" не обнаружены. Как отмечалось в разделе 5.2.3, цеха по производству серной кислоты сами в качестве побочного направления деятельности также обеспечивают удаление ртути из газа.

140. В рамках проекта ESPREME (http://espreme.ier.uni-stuttgart.de) были проанализированы годовая стоимость определенных технологий одновременного сокращения выбросов загрязнителей при производстве 1 тонны металла, выраженная в качестве удельного показателя деятельности, и их эффективность в сокращении выбросов ртути. Установки для контроля за выбросами с низким потенциалом удаления ртути от 5 до 10 процентов (например, ЭСП) достаточно недороги, при этом ежегодные общие расходы составляют 0,1-0,2 долл. США 2008 года на тонну производимого металла. Тканевые фильтры с аналогичным потенциалом сокращения выбросов ртути почти на порядок дороже чем ЭСП при первичном производстве свинца и цинка. В секторе первичного производства меди эта разница еще больше, а общая годовая сумма расходов достигает 15,0-30,0 долл. США на тонну производимой меди.

141. Специальные меры контроля за ртутью, такие как впрыск активированного угля, при использовании в сочетании с ЭСП, тканевыми фильтрами и ДДГ в первичном производстве

свинца и цинка, увеличивают общую сумму расходов примерно в 3 раза по сравнению с использованием только ЭСП/ДДГ или ТФ/ДДГ (Pacyna et al 2010).

142. Подробная информация о расходах и эффективности в отношении сокращения выбросов ртути при производстве в США появилась вследствие разработки АООС США предлагаемых нормативов в отношении ртути. Оценка затрат и эффективности промышленного производства золота в Неваде привела к появлению оценок сокращения выбросов на 99,7 процента при введении мер контроля, включая охлаждение газа, контроля за ТЧ и применение каломельного скруббера "Болиден-Норцинк". Расходы на установку составили примерно 3,5 млн. долл. США, а эксплуатационные затраты на устройства контроля, установленные около 10 лет назад, были оценены в 660 000 долл. США в год. Для других высокотемпературных установок в отрасли производства золота, таких как печи, реторты и печи для обжига, наилучшим устройством контроля являются пропитанные серой угольные фильтры, которые обеспечивают сокращение примерно на 93-99 процентов. Оценка расходов на установку системы угольной на одном из объектов (с объемным расходом 2500 кубических футов в минуту) составила примерно 184 000 долларов США. Предполагаемые годовые затраты на рабочую силу для обслуживания этого угольного абсорбера составляют около 10 000 долларов США в год, а оценочная стоимость замены угля составляет 54 000 долл. США в год. Более подробная информация представлена на веб-сайте ДООС: http://ndep.nv.gov/baqp/hg/clearinghouse.html

5.3. Производство цемента

5.3.1. Происхождение ртути и выбросы при производстве цемента

143. Ртуть естественным образом присутствует в сырье (например, в известняке), применяемом для производства цемента, а также в топливе, применяемом в процессе, что обуславливает поступление ртути в цементную печь.

144. Природные сырьевые материалы для производства цемента, такие как известняк, мягкий известняк, сланец или глина, извлекаются при добыче в карьерах и горных работах (например, при бурении, взрывных работах, выемке, откатке и дроблении), после чего они размалываются или прессуются и доводятся до химически однородного состояния путем смешивания сырьевых материалов в контролируемых пропорциях.

145. Сырье, получаемое после извлечения и подготовки (сухой порошок или взвесь), подается в печь и подвергается высокотемпературной обработке для производства клинкера. Высокотемпературная обработка включает: 1) сушку и подогрев; 2) кальцинацию; и 3) спекание. После охлаждения клинкер размалывается вместе с гипсом ($CaSO_4$) для получения цемента.

146. Зола, получаемая на электростанциях (зольная пыль или зольный шлак), доменный шлак или другие технологические остатки (чугунный шлак, бумажный шлам, кремнеземный порошок, кремнеземный пепел и фосфогипс) в силу имеющихся у них свойств могут использоваться для примешивания к цементу. Применяемая зольная пыль может содержать ртуть (<0,002-0,8 мг/кг согласно Renzoni et al, 2010), однако трудно оценить, какое именно количество ртути поступает в окружающую среду через этот канал.

147. Независимо от типа процесса и типа печи (например, мокрый и сухой процесс обжига), ртуть поступает в печь с сырьевыми материалами, в которых содержание ртути варьируется в различных регионах, а также с топливом, имеющим различное содержание ртути. Основной выход ртути при производстве клинкера, как предполагается, происходит при выходе из печи вместе с пылью и дымовыми газами.

148. Крайне небольшие количества ртути, которые не выбрасываются в атмосферу или не захватываются очистным оборудованием, могут оставаться в цементной пыли или в конечной цементной продукции. Согласно Руководству ЮНЕП, содержание ртути в цементе, как предполагается, составляет 0,02 - 0,1 г ртути на тонну цемента; в работе Renzoni et al (2010) представлены средние значения из исследований, проведенных в США и Канаде, составляющие 0,014 г ртути на тонну, а также 0,06 г/ртути на тонну в сортах цемента из Германии, при этом разброс отдельных значений варьируется от уровня ниже предела обнаружения до значений, значительно превышающих границы диапазона Руководства ЮНЕП.

149. Поскольку производство цемента включает ряд энергоемких процессов, применение топлива составляет существенную часть производственных затрат. Для нагревания, необходимого при производстве клинкера, применяются различные виды топлива, в основном распыленный уголь (черный уголь и лигнит) и нефтяной кокс, мазут и природный газ, однако широко применяются и другие, менее затратные виды топлива, такие как измельченные бытовые отходы, резиновая стружка и отработанные растворители, которые могут способствовать выбросам ртути при производстве цемента (Pacyna et al., 2010). Согласно документу КПКЗ (Комплексное предотвращение и контроль загрязнений) по НИМ (наилучшим имеющимся методам) в производстве цемента (ЕС, 2010), в структуре потребления топлива в европейской цементной отрасли в 2006 году преобладали нефтяной кокс (39 процентов), уголь (19 процентов) или смесь нефтяного кокса и угля (16 процентов), однако применялись также мазут (3 процента), лигнит и другие твердые виды топлива (5 процентов), газ (1 процент) и различные типы топлива из отходов (18 процентов). Согласно ответу США на вопросник, больше всего применяются уголь (63 процента) и нефтяной кокс (21 процент), за которыми следуют различные альтернативные виды топлива (12 процентов), природный газ (3 процента) и незначительные количества других ископаемых видов топлива. В Бразилии наиболее популярным видом топлива является нефтяной кокс, однако согласно ответам на вопросник, также используются уголь и альтернативные виды топлива.

150. Ртуть, выбрасываемая при производстве цемента, может содержаться как примесях в сырьевых материалах, так и в применяемых видах топлива. Относительные доли по видам происхождения ртути варьируются в зависимости от конкретных заводов и стран, при этом нет единого мнения о том, что – топливо или сырье – в большей степени способствует поступлению ртути в печь. Исследование АООС США (EPA, 2009), касающееся национальных стандартов выбросов опасных загрязнителей воздуха в производстве порландцемента, показало, что примерно в 55 процентах цементных печей в США ртуть, не связанная с сырьевым известняком, составляла более 50 процентов выбросов ртути из печей (т.е. происходила из других сырьевых материалов или топлива). Однако следует отметить, что происхождение ртути сильно варьируется даже в рассмотренных печах. В исследовании, проведенном Университетом Льежа, был сделан вывод о том, что в большинстве случаев основная часть ртути, поступающей в печные системы в Европе, содержится в природных сырьевых материалах, а не в топливе (Renzoni et al, 2010).

5.3.2. Меры контроля при производстве цемента

151. Основные меры по сокращению выбросов ртути при производстве цемента заключаются в тщательном подборе и контроле веществ, поступающих в печи (ЕС, 2010), поэтому важно выбирать сырьевые материалы и топливо с низким содержанием ртути. Другой основной мерой является обеспечение эффективного функционирования завода, т.е. сокращение объема используемого топлива или регулирование температурного режима и потоков газов на различных этапах процесса для задействования потенциала регулирования

прохождения ртути через систему. В производстве цемента существуют комплексные механизмы и условия эксплуатации, которые позволяют увеличить улавливание ртути в цементных печах и сократить выбросы ртути в атмосферу (Senior, 2010, Renzoni et al, 2010).

152. Например, адсорбция ртути на частицах в сухой печи может быть увеличена путем направления отходящих от подогревателя газов через устройство сушки/размалывания сырья в мельнице для сырьевых материалов. Мельница может быть как включена, так и выключена. Когда мельница работает, газы из подогревателя проходят через нее, прежде чем попасть в устройство контроля за твердыми частицами (диаграмма 6). Когда мельница выключена, отработавшие газы идут в обход мельницы и поступают непосредственно в устройство контроля за твердыми частицами после охлаждения.

153. Высокая концентрация пыли и увеличенное время контакта между твердыми веществами и газом, когда мельница включена, позволяют усилить адсорбцию ртути на твердых частицах, до того как они поступят в соответствующее устройство контроля (Renzoni et al 2010). По итогам проекта Ассоциации производителей портландцемента, включавшего сбор данных и обзор данных о дымовых выбросах (Schreiber et al, 2009), позволил сделать вывод о том, что печи с подогревателями/устройствами прекальцинации отличаются значительно более высоким уровнем выбросов ртути в атмосферу, когда мельница для сырьевых материалов выключена, в связи со снижением адсорбционной способности новых частиц, поступающих в мельницу. Выключение таких мельниц является обычной процедурой при эксплуатации цементных заводов.

154. Газообразная ртуть при относительно низкой температуре (120-150°C) конденсируется на частицах сырья в печной системе (UNEP Toolkit, 2010). При достаточно низкой температуре дымовых газов, ртуть, адсорбированная на частицах, будет собираться вместе с частицами в устройства сбора частиц. Обычно пыль, собираемая в устройстве контроля за частицами (ее также называют цементной пылью или ЦП), повторно направляется в производственный процесс (Senior, 2010).

155. Одним из способов сокращения выбросов ртути в атмосферу является периодическая продувка ЦП для удаления ртути, адсорбированной на частицах из системы. Эффективность этой меры отчасти зависит от количества пыли, удаляемой из системы, и от преобладающей температуры в устройстве контроля за загрязнением воздуха (Renzoni et al 2010).

Input flows with relevant heavy metal loads	Входящие потоки с загрузкой соответствующих тяжелых металлов
Distribution of heavy metals in the process	Распределение тяжелых металлов в процессе
Output flows with transfer factors (TF) for relevant heavy metals	Исходящие потоки с коэффициентами передачи (КП) соответствующих тяжелых металлов
Raw material	Сырье
Secondary raw material	Вторичное сырье
Regular fuels	Обычное топливо
Secondary fuels	Вторичное топливо
Mineral additives	Минеральные добавки
Secondary mineral additives	Вторичные минеральные добавки
Pre-heater	Подогреватель
Calciner	Кальцинатор
Drying/grinding	Сушка/размалывание
Filter	Фильтр
Rotary kiln	Ротационная печь
Cleaned flue gas	Очищенный дымовой газ
Clinker	Клинкер
Cement	Цемент

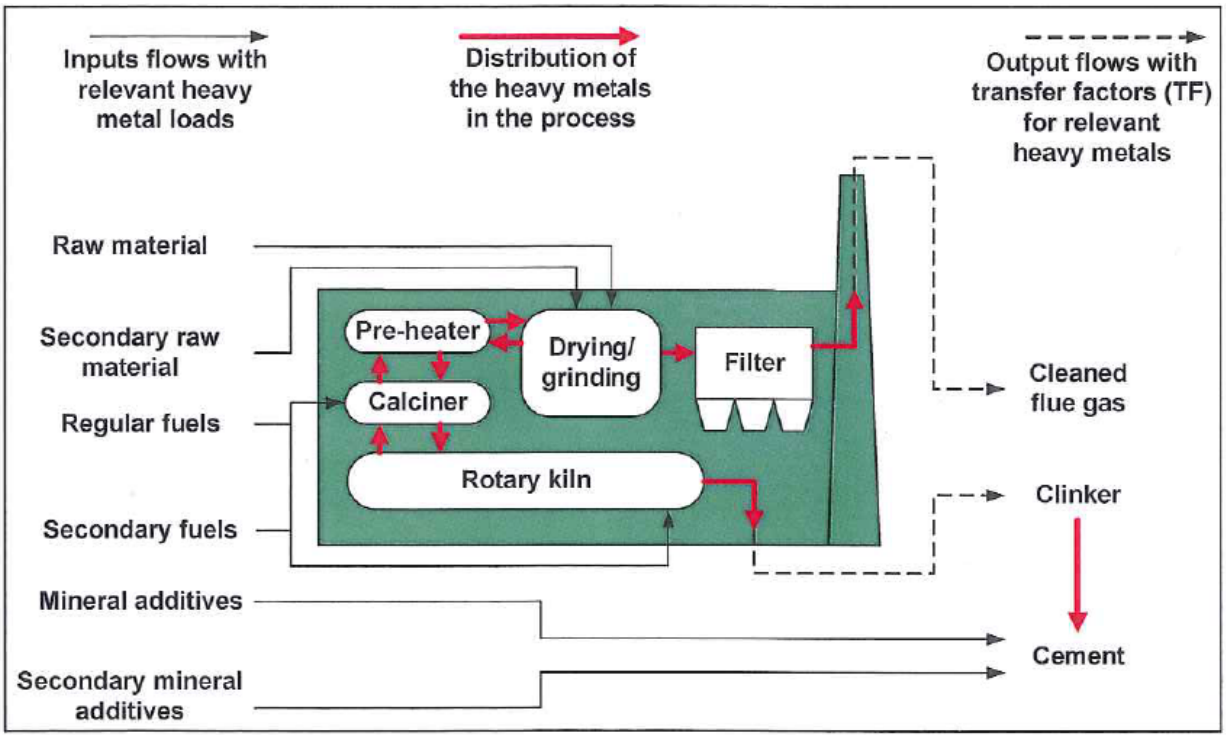

Диаграмма 6. *Схема движения металлов в цементных печах с подогревателем при сухом процессе (ЕС, 2010 и ссылки в этой работе).*

156. Из информации, представленной странами (сведения о странах, представивших сведения, см. в приложении I), очевидно, что наиболее распространенным видом очистного оборудования на цементных заводах в этих странах являются различные типы устройств контроля за частицами. Согласно представленной информации, устройства контроля за частицами, такие как ЭСП или рукавные фильтры/тканевые фильтры, широко распространены на цементных заводах (Бразилия, Исландия, Кипр, Соединенное Королевство, США). Также сообщается о применении СНКВ на заводах в Соединенном Королевстве и на некоторых заводах в США. В США некоторые заводы также оснащены мокрыми или сухими скрубберами для удаления SO_2. В представленной информации нет никаких сведений об установке каких либо специальных устройств контроля за ртутью на каких-либо заводах (за одним исключением). США сообщили об одной цементной печи, на которой в настоящее время используется система впрыска активированного угля специально для контроля за ртутью.

157. Применение таких очистных технологий как тканевые фильтры или ЭСП широко распространено на цементных заводах, однако информация об эффективности удаления ртути из цементных печей достаточно скудна. В целом, можно предположить, что эффективность удаления ртути из печей потенциально могла бы быть выше или сопоставима с эффективностью удаления ртути при наличии аналогичных устройств, применяемых, например, на электростанциях, при условии активной продувки и удаления цементной пыли (ЦП).

158. Согласно Renzoni et al, (2010) методы удаления выбросов, которые были опробованы в производстве цемента, включают адсорбцию активированным коксом (Polvitec) и впрыск активированного угля. В этой отрасли впрыск активированного угля сопряжен с большими сложностями, чем на угольных электростанциях. Поскольку обычно собранная пыль направляется на рециркуляцию из тканевых фильтров в качестве неотъемлемого элемента системы обработки сырьевых материалов на цементом заводе, впрыск активированного угля мог бы привести к нежелательности применения собранной ЦП. Для обеспечения

надлежащей адсорбции ртути и сокращения риска возгорания активированного угля в тканевых фильтрах или устройствах контроля за твердыми частицами необходимо постоянно удерживать температуру системы на уровне ниже 200ºC. Если другие меры неэффективны, одним из вариантов является установка системы ВАУ и дополнительного устройства улавливания пыли после основного фильтра печи (Renzoni et al 2010).

5.3.3. Расходы на применение технологий контроля при производстве цемента и их эффективность

159. Одним из важных аспектов при оценке расходов на контроль за выбросами ртути являются предполагаемые базовые условия. Расходы на удаление ртути могут весьма сильно отличаться в зависимости от того, оснащены ли цементные заводы в рамках базовых условий современным очистным оборудованием или на них установлены простейшие устройства контроля за выбросами. Некоторые устройства для контроля, такие как электростатические фильтры, как ожидается, будут иметь низкую эффективность удаления ртути в связи с высокой концентрацией Hg0 в газах.

160 Расходы в годовом исчислении на выбранные технологии одновременного сокращения нескольких загрязнителей в расчете на производство одной тонны цемента и их эффективность в деле сокращения выбросов ртути представлены ниже.

161. На основе информации, имеющейся в СДНИМ по производству цемента, извести и оксида магния (ЕС, 2010), годовые расходы[9] (в скобках указаны капитальные затраты) на выбранные технологии одновременного сокращения нескольких загрязнителей в расчете на производство одной тонны цемента[10] в среднем составят 0,56 (0,34) долл. США 2010 года и 0,69 (0,32) долл. США 2010 года при применении ЭСП и ТФ, соответственно. Установка только сухих или мокрых скрубберов обусловит средние расходы около 1,94 (1,12) и 2,63 (0,81) долл. США 2010 года. Более высокой эффективности удаления (до 90 процентов) можно достичь путем комбинирования ТФ и скрубберов со средними расходами 2,63 (1,13) долл. США 2010 года.

162. Анализ расходов, проведенный АООС США в отношении установки устройства впрыска активированного угля (ВАУ) для контроля за ртутью в цементной печи, охватывает также вариант установки рукавного фильтра тонкой очистки. Большая часть цементной пыли рециркулируется в печи. Впрыск активированного угля до основного рукавного фильтра может привести к поступлению дополнительного количества угля в цементную пыль, что сделает ее непригодной для рециркуляции в печи при отсутствии должного контроля за процессом. Расходы на специальные меры контроля за ртутью на цементных заводах оценивались на основе расходов, которые были изначально рассчитаны для коммунальных энергетических котлоагрегатов. Показатели капитальных затрат варьировались от 1,81 до 3,00 долл. США на тонну клинкера, в среднем 2,41 долл. США на тонну клинкера. Общие годовые затраты составили от 0,96 до 1,13 на тонну клинкера; средний показатель составил 1,41 на тонну клинкера. Установка новой печи с подогревателем/прекальцинатором производительностью 1,2 млн тонн в год соответствует капитальным затратам в размере 2,9 млн долл. США и годовым затратам в размере 1,25 млн долл. США (в долларах США 2005 года). В связи с более высокой стоимостью скруббера (по сравнению с ВАУ), по прогнозам АООС США, скрубберы для контроля за ртутью будут устанавливаться только тогда, когда они будут нужны для контроля и за другими загрязнителями. По оценкам АООС США, технология ВАУ позволяет достичь сокращения выбросов ртути на цементных заводах до 90 процентов (EPA, 2010).

[9] При 20-летнем цикле эксплуатации технологии и 4-процентной скидке.

[10] Мощность цементного завода 3000 т клинкера в сутки.

5.4. Сжигание отходов

5.4.1. Происхождение ртути и выбросы при сжигании отходов

163. Основными факторами, влияющими на общий объем выбросов ртути в атмосферу при сжигании отходов, являются содержание ртути в отходах, мощность мусоросжигательных печей, тип печи (массовая установка с большим потреблением воздуха или модульная установка с малым потреблением воздуха), метод работы печи (т.е. наличие или отсутствие утилизации отходящего тепла) и степень очистки, обеспечиваемая установкой. Предупреждение поступления ртути в поток отходов или предварительная обработка отходов, например, отделение и удаление содержащих ртуть материалов до их поступления в печь, являются наиболее важными основными мерами по сокращению выбросов ртути в атмосферу. В различных странах ртуть может присутствовать в бытовых отходах в различных концентрациях, зависящих, главным образом, от наличия ртути в бытовых продуктах, которые удаляются в потоке обычных отходов. Обычные группы продукции, которые могут содержать ртуть, это: аккумуляторы, термометры и люминесцентные источники света. Таким образом, контроль за ртутью в установках по сжиганию отходов тесно связан с содержанием ртути, например, в бытовых продуктах или медицинских приборах, часть которых может оказаться в потоках отходов. Замещение содержащих ртуть продуктов и введение эффективных систем сбора и безопасной утилизации ртути являются альтернативными мерами, позволяющими предупредить выбросы ртути при сжигании отходов.

5.4.2. Технологии сжигания отходов

164. Следует отметить, что крупномасштабное сжигание, которое рассматривается в настоящем разделе, не является распространенной процедурой во многих странах. Другие формы регулирования отходов или отсутствие регулируемых систем обработки отходов также являются причинами выбросов ртути за счет, например, выделения газов на мусорных полигонах или неконтролируемого сжигания отходов. Таким образом, представленная в этом разделе информация относится лишь к тем странам, в которых крупномасштабное сжигание отходов является неотъемлемой частью системы регулирования отходов.

165. Существует множество различных конструкций печей и методов сжигания, применяемых для сжигания твердых бытовых отходов (ТБО). В обычной печи отходы подаются в камеру сгорания и помещаются на решетке, которая передвигает отходы через топку, обеспечивая тщательное смешивание отходов с горячим воздухом и эффективное сжигание. Конструкции многих печей предусматривают наличие двух камер сгорания. Воздух поступает в первичную камеру вместе с отходами (первичный воздух). Продукты неполного сгорания (CO и органические соединения) поступают в камеру вторичного сгорания, где добавляется дополнительный воздух (вторичный воздух) и процесс сгорания завершается.

166. Существуют три основных класса технологий сжигания ТБО, применение которых зависит от количества и формы сжигаемых отходов. Это устройства массового сжигания, модульные печи и устройства сжигания в кипящем слое (EMEP/EEA, 2009). В устройствах массового сжигания ТБО сжигаются без какой-либо предварительной обработки, за исключением удаления слишком крупных предметов, не проходящих через систему подачи, и удаления опасных предметов, например, баллонов со сжатым газом. Модульные печи схожи с установками массового сжигания, поскольку в них отходы также не проходят предварительную обработку, однако обычно отличаются меньшими размерами, а их мощность составляет от 4 до 130 тонн отходов в сутки. В установках с кипящим слоем отходы сжигаются в слое инертного материала (например, песка или пепла) на решетке или

распределительном диске, псевдоожижаемый воздухом. Для сжигания ТБО в кипящем слое (СКС) отходы должны быть обработаны (например, измельчены), с тем чтобы они приобрели приемлемые размеры (ЕС, 2006a).

167. Опасные отходы, которые могут содержать ртуть, обычно сжигаются либо в печах специального назначения, либо в ротационных печах. Печи специального назначения включают достаточно примитивные печи барабанного, колосникового или муфельного типа. Кроме того, в эту группу можно включить и другие технологии (такие как сверхкритическое водяное окисление и остекловывание электрической дугой), применяемые для утилизации опасных отходов (хотя они не обязательно классифицируются как "сжигание"). В некоторых странах опасные отходы сжигают на цементных заводах и в малых агрегатных печах. В некоторых странах медицинские отходы сжигаются в печах для опасных отходов или бытовых отходов, подходящих для этой цели (UNEP, 2005).

5.4.3. Меры контроля при сжигании отходов

168. Поскольку все атмосферные выбросы ртути при сжигании отходов обусловлены содержанием ртути в отходах, наиболее важной первичной мерой является сокращение поступления ртути в установки для сжигания. Этого можно достичь путем сортировки и отделения продуктов, содержащих ртуть, от основного потока отходов до сжигания.

169. При сжигании отходов эффективность улавливающих устройств может быть улучшена адсорбированием паров ртути из камеры сжигания на адсорбирующий материал для кислого газа или другие адсорбенты и затем удалением частиц, содержащих ртуть. Для достижения высокой эффективности улавливания ртути полезно снизить температуру дымового газа на входе в улавливающее устройство до 175°C (или ниже). Обычно в новых системах для сжигания твердых бытовых отходов используется сочетание систем охлаждения газа и поточного впрыска сорбента (ПВС) или распылительной сушки (РС), которая устанавливается перед устройством улавливания частиц для снижения температуры и обеспечивает механизм улавливания кислого газа (UNEP, 2006).

170. При сжигании при температурах выше 850°C с содержанием O_2 8-10 объемных процентов преобладающими видами ртути являются ее хлориды (I и II) и элементарная ртуть (Velzen *et al*. 2002). Термодинамически рассчитанное химическое равновесие для ртути в типичном дымовом газе, содержащем HCl и SO_2, показывает, что основной продукт в диапазоне температур между 300 и 700°C это – $HgCl_2$, в то время как при температурах выше 700°C преобладает элементарная ртуть. Резюме характеристик эффективности удаления ртути для различного оборудования очистки дымовых газов в установках сжигания приведено в таблице 9 (Velzen *et al*., 2002). Эти меры не предназначены специально для контроля за ртутью и должны рассматриваться как примеры технологий общего контроля за выбросами. Данная оценка строится на предположении о том, что соотношение $HgCl_2$/Hg(0) составляет от 70/30 до 80/20. Добавляемые "специальные абсорбенты" (или адсорбенты) могут представлять собой абсорбенты, пропитанные серой или соединениями серы, или абсорбенты на основе активированного угля, которые повышают адгезию ртути на частицах.

Таблица 10. *Эффективность удаления ртути системами очистки дымового газа на установках по сжиганию отходов (Руководство ЮНЕП)*

Оборудование	**Темп.**	**$HgCl_2$**	**Hg(0)**	**Всего****	**Литература**
	(ºC)	**%**	**%**	**%**	
Электростатический пылеуловитель (ЭСП)	180	0-10	0-4	0-8	Velzen et al 2002
Мокрые скрубберы	65-70	70-80	0-10	55-65	Velzen et al 2002

Мокрые скрубберы с восстановительным реагентом		90-95	20-30	76-82	Velzen et al 2002
Распылительный абсорбер+ ТФ (известняк)	130	50-60	30-35	44-52	Velzen et al 2002
Распылительный абсорбер+ ТФ (с добавкой специальных абсорбентов)*		90-95	80-90	87-94	Velzen et al 2002
Потоковые абсорберы + ТФ (с добавкой специальных абсорбентов)*	130	90-95	80-90	87-94	Velzen et al 2002
Циркулирующий псевдоожиженный слой + ТФ (с добавкой специальных абсорбентов)*	130	90-99	80-95	87-98	Velzen et al 2002
ЭСП или ТФ + впрыск акт. угля				50->90	Pirrone et al 2001
ЭСП или ТФ + мокрый скруббер доочистки				85	Pirrone et al 2001

* Специальными абсорбентами могут быть абсорбенты, пропитанные серой или соединениями серы, либо абсорбенты на основе активированного угля, которые увеличивают поглощение ртути частицами.

171. Как показано в таблице, простые электростатические пылеуловители иногда имеют очень низкую эффективность удаления ртути. Скрубберы для влажной очистки или распыляемые абсорбенты с использованием известняка для удаления кислого газа имеют эффективность 55-65 процентов и 44-52 процента, соответственно. Для достижения высокой эффективности удаления – более 90 процентов – требуется добавление специальных абсорбентов/адсорбентов, чаще всего, активированного угля.

172. В исследовании Takaoka et al (2002) сообщается об увеличении выбросов ртути на 20-30 процентов при введении ВАУ на экспериментальном заводе по сжиганию ТБО, оснащенном рукавным фильтром (РФ). Снижение температуры дымовых газов привело к увеличению коэффициента сокращения ртути.

173. В Республике Корея введены строгие нормативные требования в отношении диоксина и дымовых газов, а на заводах по сжиганию ТБО установлено множество устройств контроля за загрязнением в различных конфигурациях. Средний показатель удаления ртути составляет примерно 85 процентов (Kim et al, 2010). На некоторых заводах с повышенными характеристиками удаления ртути также применяется впрыск активированного угля. При сжигании промышленных отходов была зарегистрирована эффективность 50-92 процента (ниже при наличии очистных устройств сухого типа и выше при применении устройств мокрого типа). В отношении сжигания инфекционно опасных медицинских отходов была указана эффективность удаления приблизительно 89 процентов, однако показатели эффективности удаления зависели от содержания ртути в поступающих отходах.

174. Из ответов на вопросник можно сделать вывод о том, что на заводах по сжиганию отходов весьма распространена практика установки специальных средств контроля за ртутью в дополнение к обычным устройствам для предотвращения загрязнения воздуха. В частности, упоминаются такие специальные технологии контроля за ртутью как впрыск активированного угля или скрубберы различных типов.

5.4.4. Расходы на применение технологий контроля при сжигании отходов и их эффективность

175. Для достижения уровня выбросов, предусмотренного НИМ (<0,05 мг/норм. м³ при непостоянном отборе проб), при удалении ртути требуется адсорбция с использованием реагентов на основе углерода (ЕС, 2006a). Конкретная степень очистки зависит от уровней и распространенности ртути в отходах. Некоторые потоки отходов имеют весьма высокое содержание ртути, поэтому требуется дополнительная предварительная обработка отходов.

176. Одним из важных аспектов при оценке расходов на контроль за выбросами ртути являются предполагаемые базовые условия. Расходы на удаление ртути могут весьма сильно отличаться в зависимости от того, оснащены ли заводы в рамках базовых условий современным очистным оборудованием или на них установлены простейшие устройства контроля за выбросами.

177. На основе работы, проведенной в рамках финансируемого ЕС проекта ЭСПРЕМЕ, были получены годовые объемы расходов на выбранные технологии одновременного сокращения выбросов загрязнителей в расчете на одну тонну бытовых отходов, а также определена их эффективность в области контроля за выбросами ртути. Представленная информация относится к европейским условиям и поэтому может быть неприменима к другим регионам. Согласно оценкам, общие годовые расходы на базовые устройства контроля за частицами (ЭСП или ТФ) составили 0,18 долл. США на тонну отходов. Для комбинаций устройств контроля за частицами со скрубберами, оптимизированными ЭСП и впрыском активированного угля, оценочные годовые расходы составили от 4 до 12 долл. США на тонну отходов. Показатель одновременного контроля ртути в этих примерах варьируется от 5-10 процентов в первом случае до 80-99 процентов во втором.

178. Средние расходы на методы контроля за выбросами при сжигании медицинских отходов (предварительное удаление пыли ЭСП, затем впрыск извести и активированного углерода и конечная обработка в тканевом фильтре), согласно оценкам Visschedijk et al. (2006), составляют примерно 25 долл. США в год на тонну сжигаемых отходов.

179. Поскольку в развитых странах расходы на надлежащее сжигание высоки, а расходы на захоронение на полигонах находятся на среднем уровне, эти же показатели трудно применить к менее развитым странам. Ввиду высоких затрат наиболее предпочтительным вариантом могут стать возможности перехода на альтернативы, не содержащие ртути (UNEP, 2008).

180. В ответах на вопросники США сообщили о том, что расходы на ВАУ на обычном крупном муниципальном мусоросжигательном заводе (ММЗ) мощностью 730 тонн отходов в сутки составляют 150 000 долл. США капитальных затрат и 91 000 долл. США в год эксплуатационных затрат (в долларах США 1987 года), что было установлено при разработке нормативно-правовых актов в начале 1990-х годов. Эти показатели примерно эквивалентны уровню 0,7 долл. США в год (годовые расходы в течение 20 лет с учетом 4-процентной скидки в долларах США 2010 года). Эти расходы не включат затраты на систему распылительной сушки/тканевые фильтры, установка которой добавит еще 12 долл. США x 10^6 капитальных затрат и 3,6 долл. США x 10^6 ежегодных расходов, если эти системы еще не применялись для контроля за другими загрязнителями, кроме ртути.

181. В отношении установок для сжигания инфекционно опасных медицинских отходов АООС США сообщило, что капитальные затраты на систему ВАУ варьируются в диапазоне примерно от 3 800 до 12 000 долл. США. Ежегодные расходы на систему ВАУ составляют приблизительно 5 400-56 300 долл. США в год. И капитальные, и ежегодные расходы выражены в долларах США 2007 года. Оценочные капитальные затраты на установку системы впрыска активированного угля (ВАУ) на заводе по сжиганию твердых коммерческих или промышленных отходов (СПО) составляют приблизительно 5 600-156 000 долл. США. Ежегодные расходы на систему ВАУ варьируются примерно от 2900 до 3,2 млн долл. США в год. Эти расходы на внедрение системы ВАУ на заводе СПО включают сжигание твердых промышленных отходов в цементных печах. И капитальные, и ежегодные затраты выражены в долларах США 2008 года.

182. Дополнительная информация о происхождении расходов в приведенных выше примерах приводится в различных документах, подготовленных в рамках разработки норм для сектора сжигания отходов в США (см. информацию США, представленную ЮНЕП).

6. Выводы

183. Цель настоящего доклада – представить резюме информации о выбросах ртути в атмосферу, вариантах контроля в выбранных секторах, а также их эффективности и связанных с ними расходах. Доклад подготовлен для обеспечения справочной информацией проходящих в настоящий момент переговоров по подготовке имеющего обязательную юридическую силу глобального документа по ртути.

184. Исследование включало в себя подготовку и распространение вопросников для сбора информации о технических характеристиках выбранных секторов в различных странах, текущей информации о выбросах и контроле за ними, а также о планах развития этих секторов в будущем. Основным предметом исследования является описание потенциальных подходов к контролю за выбросами и обновление кадастров выбросов.

6.1. Выбросы

185. Выбросы ртути в выбранных секторах – сжигание угля на электростанциях и в промышленных котлоагрегатах, производство цемента, производство цветных металлов и сжигание отходов – в 2005 году составили 51 процент общемирового объема выбросов ртути в атмосферу.

186. Обзор недавних национальных докладов о кадастрах выбросов и исследовательских документов о выбросах ртути позволил прийти к выводу о том, что в большинстве случае новые оценки выбросов попадают в диапазон оценочных значений, представленных в исследовании UNEP/AMAP (2008).

187. Оценка глобальных тенденций в области выбросов, включающая гармонизацию данных и улучшение полноты кадастра, показывает, что общемировой объем выбросов составлял 1967 тонн в 1990 году, немного вырос до 1814 и 1819 тонн в 1995 году и 2000 году, соответственно, и составил 1921 тонну в 2005 году.

188. В рамках этой оценки серьезных изменений глобальных выбросов ртути не отмечено. Причиной этого является значительное смещение объемов выбросов между регионами. В период с 1990 года по 2005 год объем выбросов в Азии возрастал, в то время как в Северной Америке и Европе он снижался.

189. Точность всех нынешних оценок глобальных выбросов ограничивается отсутствием подробной информации по конкретным объектам и репрезентативных данных мониторинга во многих странах.

6.2. Варианты контроля за выбросами

190. Величина выбросов ртути из четырех выбранных секторов зависит от ряда факторов, включая содержание ртути и другие характеристики состава топлива и сырья, техническое оснащение объектов-источников и наличие оборудования для контроля за выбросами загрязнителей воздуха (например, для удаления частиц с использованием ЭСП или ТФ или десульфуризации в скрубберах), а также специальных мер контроля за ртутью. Эти факторы сильно варьируются в различных регионах мира, а также в рамках регионов, что затрудняет выявление общеприменимых вариантов контроля. Для выявления вариантов контроля, пригодных для конкретного завода или объекта, необходима подробная информация о техническом состоянии этого завода или объекта. При разработке региональных или национальных стратегий сокращения выбросов ртути следует также учитывать экономическое положение данного региона.

6.2.1. Основные выводы о контроле за выбросами в четырех отобранных секторах

191. Существует ряд технологий по сокращению выбросов ртути, которые используются в различных странах в каждом из изучаемых секторов. Многие из них применяются также для сокращения выбросов других загрязнителей воздуха (например, частиц, двуокиси серы, оксидов азота или иных токсичных загрязнителей).

192. Существующее оборудование по сокращению таких выбросов также может применяться для сокращения выбросов ртути. Тем не менее, уровень сокращения ртути может значительно варьироваться в зависимости от свойств исходных материалов и характеристик мер контроля. Этот аспект следует принимать в расчет как в оценке текущих выбросов ртути при рассмотрении потребности в дополнительных мерах, так и в разработке перспективных сценариев и стратегий контроля за выбросами ртути.

193. Общие меры, направленные на повышение производительности и энергоэффективности, приведут к сокращению потребления топлива и сырья, что опосредованно обеспечит сокращение выбросов ртути.

194. Для оценки расходов на контроль за выбросами ртути требуется знание текущего положения источников выбросов, в том числе технологические описания текущих и планируемых мер контроля за загрязнением атмосферы.

6.2.2. Угольные электростанции и промышленные котлоагрегаты

195. Обработка до сжигания (например, промывка угля или приготовление угольной смеси) позволяет достичь сокращения выбросов ртути на 70 процентов, при этом средний показатель сокращения составляет 30 процентов.

196. Добавление галогенов (особенно брома) до сжигания потенциально также может усилить удаление ртути за счет повышения степени ее окисления в дымовом газе (особенно при использовании СКВ), что увеличивает эффективность удаления при использовании оборудования для контроля за твердыми частицами по ходу процесса и оборудования для десульфуризации дымовых газов.

197. Впрыск активированного угля при его применении в коммерческих масштабах в увязке с устройствами улавливания частиц, например, ЭСП или тканевыми фильтрами, может обеспечить значительное сокращение выбросов ртути. Наблюдались случаи сокращения объемов выбросов ртути более чем на 90 процентов. Химически обработанные виды угля (например, бромированный уголь) имеют большую эффективность по сравнению с обычным активированным углем при обработке дымовых газов, содержащих большие количества паров элементарной ртути.

198. Для детальной оценки расходов на меры контроля за выбросами ртути и их эффективности необходима подробная информация о технических характеристиках источников, а также о наличии угля для смешивания и потенциальных добавок. Существенный объем данных получен в эксплуатационных условиях в Соединенных Штатах.

199. Устройства контроля за загрязнением воздуха могут способствовать перемещению ртути из дымовых газов в остаточные вещества, такие как зольная пыль или осадки в ДДГ-скрубберах. Оценки общих расходов на контроль должны предусматривать потенциальное повышение расходов на регулирование этих остатков в связи с любым потенциальным воздействием изменений в составе отходов, включая увеличение содержания ртути.

6.2.3. Производство цемента

200. Выбросы ртути на цементных производствах появляются вследствие применения угля и других видов топлива, а также сырьевых материалов, таких как известняк и другие добавки. Концентрации ртути в топливе и сырье сильно варьируются; значительного сокращения выбросов можно добиться за счет перехода на виды топлива и сырьевые материалы, содержащие меньшее количество ртути.

201. Поскольку цементная пыль, удаляемая из дымовых газов при производстве цемента, в большой степени рециркулируется в процессе, впрыск активированного угля может напрямую сочетаться с существующим оборудованием для контроля за твердыми частицами только при тщательном регулировании температурного режима.

202. Адсорбция ртути цементной пылью при производстве цемента сильно зависит от условий эксплуатации завода, так как при снижении температуры адсорбция усиливается. Удаление ртути из технологического процесса при низкой температуре отходящих газов можно произвести путем удаления пыли из устройства улавливания частиц.

203. Контроль на конечном этапе цикла производства цемента можно наладить, используя технологии контроля, аналогичные тем, что применяются на угольных электростанциях, при этом значительного удаления ртути можно ожидать в случае применения десульфуризации дымовых газов, первичной целью которого является сокращение выбросов кислотных газов. Для применения методов впрыска активированного угля необходимо тщательное регулирование температурного режима; кроме того, может потребоваться введение дополнительного этапа по удалению частиц на тех участках, где собранные частицы не подвергаются рециркуляции.

6.2.4. Производство цветных металлов

204. Производство цветных металлов – это сложный промышленный процесс, имеющий различные конфигурации, которые зависят от конкретных видов получаемых металлов, характеристик руды, а также применяемого базового процесса. Содержание ртути в руде может варьироваться в широких пределах.

205. При пирометаллургической обработке руд первым этапом является обжиг, в ходе которого содержащаяся в руде сера преобразуется в газообразную двуокись серы. Если в руде содержится ртуть, она будет высвобождена вместе с этим газом.

206. Крупные заводы по выплавке цветных металлов часто оснащены высокоэффективными устройствами контроля за загрязнением воздуха, позволяющими регулировать выбросы частиц и SO_2 из обжиговых печей, плавильных печей и конвертеров. Ртуть высвобождается, в основном, в газообразной форме, поэтому эффективность ЭСП в удалении этого элемента невелика. Контроль за выбросами дымовых газов на установках по производству серной кислоты (которые часто присутствуют на плавильных заводах) осуществляется путем абсорбции двуокиси серы.

207. Дополнительное удаление ртути (примерно 90-95 процентов) достигается, например, путем применения метода, разработанного компаниями "Болиден" и "Норцинк", в соответствии с которым ртуть адсорбируется в растворе каломели (хлористой ртути) до поступления на установку по производству серной кислоты.

208. Для других высокотемпературных установок, используемых в производстве золота, таких как печи для обжига, реторты и плавильные печи, наилучшими мерами контроля за выбросами ртути являются пропитанные серой угольные фильтры, которые позволяют достичь эффективности сокращения выбросов ртути на уровне 93->99 процентов.

6.2.5. Сжигание отходов

209. Поскольку все атмосферные выбросы ртути при сжигании отходов обусловлены содержанием ртути в отходах, наиболее важной первичной мерой является сокращение поступления ртути в установки для сжигания. Этого можно достичь путем сортировки и отделения продуктов, содержащих ртуть, от основного потока отходов до сжигания.

210. Большинство современных установок для сжигания бытовых отходов оборудованы передовыми устройствами контроля за выбросами различных загрязнителей. Некоторые из этих устройств могут быть оптимизированы для удержания ртути, например, путем регулирования рабочей температуры.

211. Контроль за выбросами ртути можно наладить путем впрыска активированного угля, установки скрубберов или применением обоих методов. АООС США представило примерные данные о затратах на контроль за выбросами путем впрыска активированного угля по нескольким видам сжигания отходов.

7. Список литературы

AMAP, 2010. Updating Historical Global Inventories of Anthropogenic Mercury Emissions to Air. AMAP Technical report No 3 (2010), Arctic Monitoring and Assessment programme (AMAP), Oslo, Norway.

Chang, R., Dombrowski, K., Senior, C. (2008). Near and Long Term Options for Controlling Mercury Emissions from Power Plants, The MEGA Symposium, Baltimore, MD, 2008.

CURS (2007) *Coal utility environmental cost (CUECost) workbook user's manual. Version 4.0.* Chapel Hill, NC, USA, CURS- Center for Urban and Regional Studies, University of North Carolina at Chapel Hill, 28 pp (Feb 2007) BETA VERSION

MEPC in prep., 2010. Reducing mercury emissions from coal combustion in the energy sector. Prepared by: Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing, 100084, China, for the Ministry of Environment Protection of China, and for UNEP Chemicals. September 17, 2010

EC 2001a. IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries, European Commission, December 2001.

EC 2006a. IPPC Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration, European Commission, August 2006. ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/wi_bref_0806.pdf

EC, 2006b. IPPC Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. July 2006. ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/lcp_bref_0706.pdf

EC 2010. IPPC Reference Document on best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries. May 2010. ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/clm_bref_0510.pdf

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009. EEA Technical report No 6/2009. http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009

EPA 2005. United States Environmental Protection Agency. Multipollutant Emission Control Technlogy Options for Coal- fired Power Plants. EPA-600/R-05/034. March 2005.

EPA 2009. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From the Portland Cement Manufacturing Industry Federal Register/Vol. 74, No. 86/Wednesday, May 6, 2009.

EPA. 2010. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from the Portland Cement Manufacturing Industry and Standards of Performance for Portland Cement Plants; Final Rule.

ESPREME- INTEGRATED ASSESSMENT OF HEAVY METAL RELEASES IN EUROPE. European research program aimed at developing methods and to identify strategies to support EU environmental policy-making for reducing the emissions and thus the harmful impacts of heavy metals (HMs). More information available at: http://espreme.ier.uni-stuttgart.de/

Feeley T.J. III, Brickett L.A., O'Palko A., Jones A.P. 2008, DOE/NETL's Mercury Control Technology R&D Program Taking Technology from Concept to Commercial Reality, Presented at the MEGA Symposium, Baltimore, August 2008.

GAO 2009. Mercury control technologies at coal-fired powerplants have acheived substantial emissions reductions. Report to the Chauirman, subcommittee on Clean Air and Nuclear safety, Committe on Environment and Public Works, US Senate. GAO -10-47

Government of Chile, 2008. "Pilot Project on Strengthening Inventory Development and Risk Management-Decision Making for Mercury: A Contribution to the Global mercury Partnership. December 2008.

Hageman, S. et al 2010. Technical and economic criteria for processing mercury-containing tailings. Report to UNEP February, 2010.

HEIMTSA - Health and Environment Integrated Methodology and Toolbox for Scenario Assessment. European research project in support of the Environment and Health Action Plan (EHAP) by extending health impact assessment (HIA) and cost benefit analysis (CBA) methods and tools so that environment and health impacts of policy scenarios in key sectors can be evaluated reliably at the European level. More information at: http://www.heimtsa.eu/

Hylander, L.D., Herbert, R.B. 2008. Global Emissions and Production of Mercury during the Pyrometallurgical Extraction of Nonferrous Sulfide Ores. Env.Sci Technol. 2008, 42, 5971-5977.

IEA Clean Coal Centre, Coal online, http://www.coalonline.org/site/coalonline/content/home

IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html

Kim, J.-H., Park, J.-M., Lee, S.-B.,Pudasainee, D., Seo, T.-C. 2010. Anthropogenic mercury emission inventory with emission factors and total emissions in Korea. Atmospheric Environment 44 (2010) 2714-2721.

Kumari, R. 2010. Emission Estimate of Passport-Free Heavy Metal Mercury from Indian Thermal Power Plants and Non-Ferrous Smelters. By Toxic Link, supported by the European Environmental Bureau - Zero Mercury Campaign.

Li, G., Feng, X., Li, Z., Qiu, G., Shang, L., Liang, P., Wang, D., Yang, Y. Mercury emission to the atmosphere from primary Zn production in China. Science of the Total Environment 408 (2010) 4607–4612.

Masekoameng, K. M., Leaner, J., Dabrowski, J. 2010. Trends in anthropogenic mercury emissions estimated for South Africa during 2000-2006. Atmospheric Environment (2010), doi:10.1016j.atmosenv.2010.05.006

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, the Dominican Republic, 2010. "ANÁLISIS SITUACIONAL SOBRE LA GESTIÓN DEL MERCURIO EN LA REPÚBLICA DOMINICANA E INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE MERCURIO. INFORME PRELIMINAR

Ministerio del Ambiente, Ecuador, 2008. Pilot Project on Strengthening Inventory Development and Risk Management-Decision Making for Mercury: A Contribution to the Global Alliance on Mercury. Final report.

Mukherjee, A.B., Bhattacharya, P., Sarkar, A., Zevenhoven, R. 2009. Mercury Emissions from Industrial Sources in India and its Effects in the Environment. Chapter 4 in N. Pirrone and R. Mason (eds.), Mercury Fate and Transport in the Global Atmosphere, DOI:10.1007/978-0-387-93958-2_4. Springer Science + Business Media, LLC 2009.

National Environmental Authority, Department of Environmental Quality Protection, Panama, 2009. Pilot Project on Strengthening the Development of an Inventory and Risk Management in Making Decisions on Mercury. "National Emissions Inventory of Mercury in Panama", Summary of the Final Report. January 2009.

Nelson, P. F., Nguyen, H., Morrison, A. L., Malfoy, H. Cope, M. E., Hibberd, M. F., Lee, S., McGregor, J. L., Meyer, M. 2009. Mercury Sources, Transportation and Fate in Australia. Final Report to the Department of Environment, Water, Heritage & the Arts, RFT 100/0607. December 2009.

NESCAUM (2010). Technologies for Control and Measurement of Mercury Emissions from Coal-Fired Power Plants in the United States: A 2010 Status Report. Northeast States for Coordinated Air Use Management (NESCAUM).

Pacyna, E.G. and J.M. Pacyna, 2002. Global emission of mercury from anthropogenic sources in 1995. Water, Air and Soil Pollution, 137: 149-165.

Pacyna, J.M. and E.G. Pacyna, 2005. Anthropogenic sources and global inventory of mercury emissions. In: Parsons, M.B. and J.B. Percival (eds.), Mercury: Sources, Measurements, Cycles, and Effects. Mineralogical Association of Canada, Short Course Series Volume No. 32.

Pacyna, J. M., Sundseth, K., Pacyna, E. G., and Jozewich, W., 2009. An Assessment of costs and Benefits Associated with Mercury Emission Reductions from Major Anthropogenic Sources. Journal of Air and Waste Management Association (Accepted).

Pacyna, J. M., Sundseth, K., Pacyna, E. G., and Jozewich, W., 2010. An Assessment of costs and Benefits Associated with Mercury Emission Reductions from Major Anthropogenic Sources. Journal of Air and Waste Management Association60:302-315

Pavlish J H, Sondreal E A, Mann M D, Olson E S, Galbreath K C, Laudal D, Benson S A (2003) Status review of mercury control options at coal-fired power plants. *Fuel Processing Technology;* 82 (2-3); 89-165 (Aug 2003)

Pirrone, N., Cinnirella, S., feng, X., Finkelman, R. B., Friedli, H. R., leaner, J., Mason, R., Mukherjee, A. B., Stracher, G. B., Streets, D. G., Telmer, K. (2010). Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources. Atmos. Chem. Phys., 10, 5951-5964, 2010.

Pudasainee, D., Kim, J.-H., Seo, Y.-C. 2009. Mercury emission trend influenced by stringent air pollutants regulation for coal fired power plants in Korea. Atmospheric Environment 43 (2009) 6254-6259.

Renzoni, R., Ullrich, C., Belboom, S., German, A. (2010) Mercury in the Cement Industry. Université de Liège. Independently commissioned by CEMBUREAU - CSI.

Rini, M.J., Vosteen, B.W. (2009). Full-Scale Test Results from a 600 MW PRB-fired Unit Using Alstom's KNX Technology for Mercury Control, MEC-6 Conference, Ljubljana, Slovenia, April 2009.

Rokke, N., 2006. The Energy Outlook of Norway. Plenary session presentation of the Polish-Norwegian Energy Supply and Environmental Impact Thematic Seminar 18 October 2006. PowerPoint presentation.

Schreiber, R. J., Kellett, P. E., Kellett, C. D. 2009. Compilation of mercury emissions data. Portland Cement Association. PCA R&D Serial No. SN3091.

Senior, C. (2010) Mercury Emissions Reduction from Portland Cement Kilns using Wet Scrubbers. Paper-2010-A-1419. Presented at the Air & Waste Management Association Annual Meeting and Exhibition, Calgary, Alberta, Canada, June 22-25, 2010.

Sloss, L. (2008). Economics of mercury control. Clean Coal Center, CCC/134

Srivastava R K, Hutson N, Martin B, Princiotta F, Staudt J (2006) Control of mercury emissions from coal- fired utility boilers. *Environmental Science and Technology;* 40 (5); 1385-1393 (Mar 2006)

Streets, D. G., Hao, J., Wang, S., Wu, Y. 2009. Mercury emissions from coal combustion in China. Chapter 2 in N. Pirrone and R. Mason (eds.), Mercury Fate and Transport in the Global

Atmosphere, DOI:10.1007/978-0-387-93958-2_2. Springer Science + Business Media, LLC 2009.

Takaoka M, Takeda N, Fujiwara T, Kurata M, Kimura T. 2002. Control of mercury emissions from a municipal solid waste incinerator in Japan. J Air Waste Manag Assoc. 2002 Aug;52(8):931-40.

UNEP, 2006. Guide for Reducing Major Uses and Releases of Mercury. June 2006. http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/tabid/3609/language/en-US/Default.aspx

UNEP, 2005. Toolkit for identification and quantification of mercury releases. UNEP chemicals branch, mercury programme. http://www.chem.unep.ch/mercury/Toolkit/default.htm

UNEP, 2010. Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx

UNEP/AMAP, 2008. Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment. Arctic Monitoring and Assessment Programme/UNEP Chemicals Branch. 159 pp. (http://www.chem.unep.ch/mercury/Atmospheric_Emissions/Technical_background_report.pdf)

UNEP, 2008. UNEP Report on A general qualitative assessment of the potential costs and benefits associated with each of the strategic objectives set out in Annex 1 of the report of the first meeting of the Open Ended Working Group, UNEP Chemicals Branch, UNEP-CBA report. http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/e52)/English/OEWG_2_5_add_1.pdf

UNEP Chemicals Branch, 2008. The Global Atmospheric Mercury Assessment: Sources, Emissions and Transport. UNEP-Chemicals, Geneva. 42 pp. (http://www.chem.unep.ch/mercury/Atmospheric_Emissions/UNEP%20SUMMARY%20REPORT%20-%20final%20for%20WEB%20Dec%202008.pdf)

UNEP , in prep. (2010). Process Optimization Guidance Document for Reducing Mercury Emissions from Coal Combustion in Power Plants. Report to UNEP Chemical Branch, January 2010. Available at_ http://hqweb.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/PrioritiesforAction/Coalcombustion/ProcessOptimizationGuidanceDocument/tabid/4873/language/en-US/Default.aspx

US DOE, 2006. DOE/NETL`s Phase II Mercury Control Technology Field Testing Program. Preliminary Economic Analysis of Activated Carbon Injection. Prepared by Jones, A.P., Hoffman, J.W., Smith, D.N., Felley, T.J., Murphy, J.T. 2006.

Wang, S. X., Song, J. X., Li, G. H., Wu, Y., Zhang, L., Wan, Q., Streets, D. G., Chin, C. K., Hao, J. M., 2010. Estimating mercury emissions from a zinc smelter in relation to China´s mercury control policies. Environmental Pollution 158 (2010) 3347-3353.

Wang, S. X., Zhang, L., Li, G. H., Wu, Y., Hao, J. M., Pirrone, N., Sprovieri, F., Ancora, M. P. (2010). Mercury emission and speciation of caol-fired power plants in China. Atmospheric Chemistry and Physics, 10, 1183-1192, 2010.

Weem, A.P., 2010. Reduction of mercury emissions from coal fired power plants. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Working Group on Strategies and Review, 47th session, Informal document No 6, August 3,2010.

Wirling, J., Schiffer, H.-P., Merzbach, F. (2000). Adsorptive Waste Gas Cleaning During the Co-Combustion of Sewage Sludge in a Lignite-Fired Industrial Power Plant; VGB-Power Tech., December 2000.

Visschedijk A.J.H., Denier van der Gon H.A.C., van het Bolscher M. and P.Y.J. Zandveld, 2006. Study to the effectiveness of the UN ECE Heavy Metals (HM) Protocol and cost of additional measures. TNO report No. 2006-A-R0087/B, Apeldorn, the Netherlands.

Wu, Y., Wang, S., Streets, D. G., Hao, J., Chan, M., Jiang, J. 2006. Trends in anthropogenic mercury emissions in China from 1995 to 2003. Environ. Sci. technol. 2006, 40, 5312-5318.

Приложение I Резюме ответов на вопросники

Ответы были официально представлены следующими странами: Австрия, Австралия, Барбадос, Бразилия, Канада, Китай, Кипр, Европейское сообщество, Исландия, Индия, Литва, Польша, Россия, Сейшельские Острова, Южная Африка, Турция, Соединенное Королевство (Англия и Уэльс) и США .

Ответы были различными по детализации и охвату. Ниже представлено резюме данных и дополнительной информации, взятой из ответов. Несколько стран также представили информацию, свидетельствующую о будущих изменениях в соответствующих секторах в терминах емкости и/или технического развития и будущего развития загрязнителей воздуха и состояние ртути.

Сжигание угля

A=общая информация, I= информация по отдельным заводам

Определение характеристик источников для угольных электростанций и промышленных котлоагрегатов
Резюме представленных ответов

	Информация о станции или установке (Кол-во)	**Мощ-ность**	**Тип котла**	**Потребле-ние угля**	**Hg в угле**	**Установлен-ные технологии контроля**	**Эффек-тивность удаления**	**Выбро-сы Hg**
Бразилия	>7	A	A	A		A		
Канада	51							A
Китай	6242	A		A	A	A	A	
Индия	396	A	A	A		A	A (ТЧ)	
Литва	58	A		A		A		
Польша	296							
Россия	120	I	I	I	I	I	I	I
Соединенное Королевство	16							I
США (электростанции)	1282 установки 522 станции	I	I	I		I	I	I
США (котлы/промышл. нагреватели)	596 установок 294 станции	I	I	I	I	I	I (ТЧ)	I

ТЧ=твердые частицы

Производство цветных металлов

Определение характеристик источников для производства цветных металлов Резюме представленных ответов								
	Информация о заводе (кол-во)	**Информация о процессе**	**Потребление топлива/ вещество для сокращения**	**Содерж. Hg в топливе**	**Пр-во металла**	**Устан. технологии контроля**	**Эффективность удаления**	**Выбросы Hg**
Бразилия	>10 компаний	A	A		A			
Канада	12							A
Китай	8200	A	A		A			
Исландия	1	I	I	I	I	I	I (ТЧ)	I
Польша	17+54							
Россия								A
Соединенное Королевство	12							I
США	28	I			I	I	I	I

ТЧ =твердые частицы

Производство цемента

Определение характеристик источников для производства цемента Резюме представленных ответов								
	Информация о заводе (Кол-во)	**Пр-во цемента**	**Виды топлива/ потребление**	**Hg в топливе/ сырье**	**Потребление сырья**	**Устан. технологии контроля**	**Эффективность удаления**	**Выбросы Hg**
Барбадос	1	I	I		I			
Бразилия	70	A	A		A	A		
Канада	17							A
Китай		A	A					
Кипр	2	I	I		I	I		I
Исландия	1	I	I	I	I	I	I (ТЧ)	I
Польша	53							
Россия								A
Южная Африка	11	I			I	I	I (ТЧ)	
Соединенное Королевство	12	I	I			I		I
США	184	I	A	A	A	I		I

ТЧ =твердые частицы

Сжигание отходов

Определение характеристик источников для установок по сжиганию отходов Резюме представленных ответов							
	Инф. о заводе (кол-во +тип отходов)	**Кол-во сжигаемых отходов**	**Тип отходов**	**Hg в отходах**	**Устан. техно-логии контроля**	**Эффек-тивность удаления**	**Выбро-сы Hg**
Австрия	2	I	I		I		I
Бразилия	22 (ПО, ОО)	A	A		A		
Канада							A
Китай		A					
Исландия	1	I	I		I		I
Литва	1 (МО)	I	I	I	I	I	I
Польша	1						
Турция	1	I	I		I	I (ТЧ)	I
Соединенное Королевство	33		I				I
США	96 (ОО)		I		I		I
США	167 установок/66 заводов (ОО)	A	I	A	A		I
США	57 (МО)	I	I		I		I

ТЧ =твердые частицы
ПО=промышленные отходы, МО= медицинские отходы, ОО= опасные отходы, БО=бытовые отходы

Приложение II Руководство для проведения национальной оценки стратегий по сокращению выбросов ртути в атмосферу

В настоящем приложении приводится общее руководство по разработке национальных стратегий. Для детальной оценки альтернативных технологий контроля за сокращение выбросов ртути необходимы знания местных условий в отраслях промышленности, экономики и будущих планов в области национального законодательства. На диаграмме 7 в виде блок-схемы представлена обобщенная структура предлагаемой процедуры национальной оценки.



Диаграмма 7. *Схематическое описание процедуры составления сценариев в отношении выбросов ртути в атмосферу*

Необходимая для этой поэтапной процедуры подготовки сценариев вводная информация изложена в вопросниках, подготовленных для данного исследования (опубликованы на веб-сайте ЮНЕП), и может быть обобщена следующим образом.

Подготовка базового уровня

Цель данного этапа заключается в оценке текущих выбросов ртути и изменений на уровне общественных факторов в промышленности и энергетике (например, экономический рост, законодательство). Основой оценки является определение характеристик текущего технического состояния и подготовка кадастров выбросов ртути в отдельных секторах. Кадастр выбросов ртути может быть основан либо на данных измерений, либо на оценочных данных о деятельности (энергетика, промышленное производство и потребление сырья) и коэффициентах выбросов, либо на сочетании обоих подходов. Знание содержания ртути в топливе и сырье позволяет оценить общий объем ртути, задействованный в промышленных

и энергетических процессах; в сочетании с информацией о техническом состоянии и текущем состоянии выбросов эти знания могут использоваться для оценки выбросов.

В рамках этого этапа также можно оценить то, как предусмотренные изменения социальных факторов и осуществление существующих и будущих национальных или международных правовых норм подействуют на промышленную деятельность и выбросы ртути. Результатом этого этапа станет получение кадастра текущих выбросов ртути и оценка того, что изменится в отсутствие конкретных действий по сокращению выбросов ртути.

Сценарии, касающиеся дополнительных мер контроля за выбросами

Основным компонентом второго этапа является выработка потенциально применимых стратегий контроля с целью сокращения выбросов ртути. Выбор этих стратегий контроля должен проводиться на основе информации о технических характеристиках, полученной в ходе базовой оценки, с тем чтобы иметь возможность выбирать меры, являющиеся технически и экономически целесообразными с учетом текущего положения дел. Возможна разработка сценариев, предусматривающих различную глубины осуществления мер контроля или различные степени модернизации, соответствующие различным уровням поставленных целей. Кроме того, следует оценить расходы на осуществление. Эксплуатационные расходы и в некоторой степени инвестиционные затраты будут существенно варьироваться в зависимости от экономического статуса, наличия услуг и расходных материалов и других местных факторов. Поэтому требуется оценка с привязкой к конкретной стране.

Дополнительная информация

Как упоминалось ранее в настоящем докладе, информация из вопросников, распространенных в рамках настоящего исследования, не позволила собрать достаточно сведений для разработки глобальных сценариев. Некоторые страны провели собственные исследования с использованием процедур, аналогичных изложенным выше, что может служить практическим руководством для других. Весьма полная информация была взята из документов, подготовленных в рамках подготовки закона о контроле за выбросами ртути из различных секторов в США. Одним из примеров является сектор крупномасштабной золотодобычи, по которому была подготовлена оценка потенциала сокращения выбросов и связанных с этим расходов. Информация об этом процессе кратко изложена в главе 5 настоящего доклада. Более подробная информация содержится в докладах по производству цветных металлов, представленных ЮНЕП Соединенным Штатами, и ссылках в этих докладах. Доклад США также включает в себя подробную информацию о других отобранных секторах.

Еще один пример, представленный в Подпрограмму ЮНЕП по химическим веществам, – это доклад "Сокращение выбросов ртути вследствие сжигания угля в энергетическом секторе", подготовленный Университетом Цинхуа, Пекин, Китай для Министерства охраны окружающей среды Китая и Подпрограммы ЮНЕП по химическим веществам (МЕРС, 2010, в процессе подготовки) (также опубликован на веб-сайте ЮНЕП). В этом докладе приводится и обсуждается основная информация об угольном секторе, выбросах ртути, одновременном контроле за ртутью в установках по очистке воздуха и сценариях выбросов.