



**ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЁННЫХ НАЦИЙ
ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ**



Руководство по оптимизации процессов сжигания угля на электростанциях в целях сокращения выбросов ртути



Отдел технологии, промышленности и экономики (DTIE)

Подпрограмма по химическим веществам

Женева, Швейцария

Ноябрь 2010 г.

**Руководство по оптимизации
процессов сжигания угля на
электростанциях в целях сокращения
выбросов ртути**

**Отчет
Сектора партнерства по сжиганию угля**



Ноябрь 2010 г.

Ограничение ответственности

Употребляемые обозначения и изложение материала в настоящем документе не подразумевает высказывания какого-либо мнения ни со стороны Организации Объединенных Наций, ни со стороны ЮНЕП относительно юридического статуса какой бы то ни было страны, территории, города или области, либо их органов управления, либо делимитации их границ или рубежей. Мнения, высказанные в данной публикации, могут не совпадать с мнением ЮНЕП.

Упоминание отдельных компаний или продукции конкретных производителей не означает, что они используются или рекомендуются ЮНЕП и что им отдается предпочтение перед другими аналогичными, но не упомянутыми компаниями или продукцией. Не разрешается использовать информацию о собственной продукции, которая приводится в настоящем документе, в целях пропаганды или рекламы.

Материал, представленный в настоящей публикации, может свободно цитироваться или воспроизводиться при условии указания ссылки на документ и выражения признательности его авторам.

Финансирование данной работы частично осуществлялось Европейским Союзом.

С электронной версией данного отчета можно ознакомиться на веб-сайте

Подпрограммы ЮНЕП по химическим веществам

http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Coal_combustion.htm

Помимо этого, экземпляры данного отчета можно получить по следующему адресу:

United Nations Environment Programme

UNEP Chemicals

International Environment House

11-13 Chemin des Anémones

CH-1219 Châtelaine

Geneva, Switzerland

Телефон: +41 22 917 1234

E-mail: mercury@unep.org

Подпрограмма ЮНЕП по химическим веществам является структурной частью Отдела технологии, промышленности и экономики (DTIE).

ЮНЕП выражает признательность всем участникам данного исследования и в особенности упомянутому ниже автору за его самоотдачу и обязательность в работе:

Войцех Йожевич, «АРКАДИС США Инкорпорэйтед»

Перевод данного документа на русский язык и соответствующее техническое редактирование осуществлено ОАО «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха» (ОАО «НИИ Атмосфера») в сотрудничестве с ОАО «Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»).

РЕЗЮМЕ

В данном Руководстве по оптимизации производственных процессов (РОПП) приводится сводная информация по методам сокращения выбросов ртути, которые могут применяться на угольных электростанциях. Выбросы ртути, образующиеся при сжигании угля на электростанциях и в промышленных котлах, составили в 2005 году приблизительно 26% от общемировых антропогенных выбросов ртути. В силу этого важно уменьшить их количество в данном секторе.

РОПП является инструментом, который может быть использован для определения подходов к сокращению выбросов ртути, что во многих случаях достигается в качестве сопутствующего эффекта при сокращении выбросов других загрязняющих веществ. Этот инструмент может использоваться на уровне отдельных угольных ТЭС. Он позволяет предварительно выбрать стратегию сокращения выбросов ртути для конкретной электростанции. В большинстве случаев РОПП также может применяться в отношении крупных промышленных угольных котлов.

Методы и технологии сокращения выбросов ртути включают: мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности, обеспечение сокращения выбросов еще до начала стадии сжигания (например, смешивание углей, обогащение угля), оптимизация технологий сокращения выбросов других загрязняющих веществ с целью достижения максимального сокращения выбросов ртути, использование технологий сокращения выбросов именно ртути, а также использование технологий, позволяющих снижать выбросы нескольких загрязняющих веществ одновременно. Эти методы и технологии представлены ниже:

- Ввод активированного угля (BAУ) был продемонстрирован на нескольких полномасштабных промышленных системах и в настоящее время является коммерческой технологией. BAУ должен применяться в сочетании с устройством для улавливания твердых частиц (ТЧ), например, с электрофильтром (ЭФ) или рукавным фильтром (РФ). Химически обработанный активированный уголь позволяет обычно достичь сокращения выбросов более чем на 90%, а также обеспечить удаление такого же количества ртути, что и при использовании необработанного активированного угля, при меньшем расходе.
- Улучшение эксплуатационных характеристик старых котлов может обеспечить сокращение выбросов ртути вплоть до примерно 7%. Капитальный ремонт многих действующих установок, помимо повышения эффективности и производительности, может в то же самое время обеспечить сокращение выбросов ртути. Обогащение угля позволяет обеспечить в среднем удаление 30% ртути; имеющиеся данные свидетельствуют о существенных колебаниях показателей удаления ртути в зависимости от происхождения угля. Химическая обработка угля может способствовать сокращению выбросов ртути вплоть до 70%. Надлежащий выбор и смешивание углей имеют потенциал сокращения

выбросов ртути приблизительно до 80%. Добавление галогенов, в особенности брома, в некоторых случаях может способствовать сокращению выбросов ртути более чем на 80%.

- Повышение эффективности ЭФ и РФ может увеличить показатели улавливания ртути с помощью данного оборудования примерно на 30 и 80 процентов соответственно. Установки мокрой десульфуризации дымовых газов (ДДГ) могут обеспечить удаление примерно 90% выбросов ртути. С помощью селективного каталитического восстановления (СКВ) количество окисленной ртути может быть увеличено вплоть до 85%, что приведет к ее более эффективному улавливанию в системах мокрой ДДГ.
- Экономически эффективными могут оказаться технологии улавливания сразу нескольких загрязняющих веществ, включая ртуть. Однако обычно не хватает опыта демонстрационной эксплуатации для выявления полной коммерческой готовности этих технологий.

В данном документе в виде «дерева принятия решений» представлена концепция процесса выбора стратегии сокращения выбросов ртути. Дерево принятия решений представляет собой инструмент, который может использоваться в процессе предварительного выбора наиболее эффективной стратегии сокращения выбросов ртути, посредством анализа состава действующего оборудования для сокращения выбросов других загрязняющих веществ (диоксида серы [SO₂], оксидов азота [NO_x], ТЧ), а также его эксплуатационных характеристик. Руководствуясь результатами этого анализа, можно предварительно выбрать технологию для сокращения выбросов ртути, в том числе и технологию для целенаправленного сокращения именно выбросов ртути. Окончательный выбор может быть подтвержден с помощью одной из существующих комплексных прогностических моделей. Однако следует отметить, что дерево принятия решений учитывает только вышеупомянутые методы сокращения выбросов. Помимо этого, необходимо учитывать режим эксплуатации электростанции, а также описанные выше методы сокращения выбросов, предпринимаемые еще до стадии сжигания.

В целях сокращения риска для окружающей среды следует уделять повышенное внимание конечным продуктам работы систем улавливания ртути. Ртуть, уловленная с помощью систем ДДГ, остается связанной с частицами летучей золы и гипсом, который является побочным продуктом эксплуатации систем ДДГ. Результаты некоторых тестов на выщелачивание, проведенные с влажным и фиксированным шламом систем ДДГ, свидетельствуют о повышенном выщелачивании ртути при определенных условиях утилизации и использования.

В РОПП представлены оценки общих затрат, связанных с сокращением выбросов ртути на угольных ТЭС. Имеется достаточно полная информация о затратах, связанных с применением ВАУ, а также реальные стоимостные показатели, полученные на объектах в США. Затраты, связанные с сокращением выбросов ртути как сопутствующим эффектом применения технологий, изначально предназначенных для улавливания других загрязняющих веществ, оценить достаточно сложно. Это связано с тем, что они зависят от множества факторов, таких как происхождение угля и его качество, степень модернизации, которой должно быть подвергнуто действующее золоулавливающее оборудование, или режим эксплуатации системы мокрой ДДГ на конкретной установке. По этим причинам в РОПП включены только относительные стоимостные показатели. Их следует поэтому рассматривать только в качестве индикаторов затрат. Кроме того, при

РЕЗЮМЕ

выборе методов сокращения выбросов ртути непременно следует учитывать те экономические условия, которые преобладают в данном конкретном регионе.

Оглавление

Раздел	Страница
Резюме.....	i
1 Предисловие.....	1
1.1 История вопроса	2
1.2 Цель и сфера применения	3
2 Выбросы ртути, образующиеся при сжигании угля	5
3 Стратегии сокращения выбросов ртути.....	8
3.1 Повышение эффективности работы электростанции	9
3.2 Обработка угля.....	10
3.3 Улавливание ртути как сопутствующий эффект действия технологий, изначально предназначенных для сокращения выбросов других загрязняющих веществ.....	10
3.4 Технологии, предназначенные для целенаправленного удаления ртути.....	16
4 Повышение эффективности работы электростанции	18
5 первичная обработка УГЛЯ.....	24
5.1 Промывка угля.....	24
5.2 обогащение угля.....	26
5.3 Смешивание углей/Переход на использование другого вида топлива	30
5.4 добавки к углю	38
6 Усовершенствование системы улавливания твердых частиц.....	42
6.1 Улавливание ртути.....	44
7 Улавливание ртути как сопутствующий эффект применения технологий сокращения выбросов SO₂ и NO_x	49
7.1 Улавливание ртути как сопутствующий эффект применения технологии мокрой ДДГ..	53
7.2 Улавливание ртути как сопутствующий эффект применения технологий сокращения выбросов NO _x	54
8 Технологии, предназначенные для целенаправленного сокращения выбросов ртути.....	56
8.1 Ввод сорбента до золоулавливающего оборудования	57
8.2 TOXECON™	62
9 Одновременное сокращение выбросов нескольких загрязняющих веществ	64
Обработка электронным пучком	65
EnviroScrub/Pahlman	67
Электрокаталитическое окисление	68
НТО	70
Эфплаз	72
10 Дерево принятия решений.....	74
11 Вопросы, связанные с проведением мероприятий после улавливания ртути	81
12 Примеры затрат на сокращение выбросов ртути	84
13 Список использованной литературы	89
13.1 Список отобранных источников информации о борьбе с выбросами ртути на угольных электростанциях	89
13.2 Цитированная литература	90

Перечень рисунков**Страница**

Рисунок 1. Вклад различных отраслей промышленности в глобальные атмосферные выбросы ртути антропогенного происхождения в 2005 году.....	6
Рисунок 2. Соединения ртути в дымовых газах угольных котлов; вход ГУ = вход в газоочистную установку (на основе данных US EPA, 2000).	12
Рисунок 3. Преобразование соединений ртути в дымовых газах (из Niksa и Fujiwara, 2009)	13
Рисунок 4. Схема процесса ВАУ (ВП: воздухоподогреватель) (US DOE, 2005)	16
Рисунок 5. Схема технологического процесса «К-топливо».	28
Рисунок 6. Модуль термической обработки, применяемый в процессе «К-топливо».	29
Рисунок 7. Влияние смешивания углей на эффективность улавливания ртути в установке ДДГ (Bustard и др., 2005)	31
Рисунок 8. Процентное содержание окисленной ртути в различных смесях суббитуминозного и каменного углей (Serre и др., 2008).	35
Рисунок 9. Окисление ртути в системе СКВ в зависимости от содержания хлора в угле (из Serre и др., 2008).....	35
Рисунок 10. Сопоставление эффективности действия бром- и хлорсодержащих добавок (из Vosteen и Lindau, 2006)	40
Рисунок 11. Улавливание ртути в ЭФ в зависимости от содержания в золе НУ (из Senior и Johnson, 2005).	45
Рисунок 12. Дополнительное сокращение выбросов ртути в результате повышения эффективности ЭФ.	47
Рисунок 13. Сводная информация по результатам исследования ввода необработанного активированного угля в рамках стадии I (из US DOE 2005).	58
Рисунок 14. Сопоставление эффективности улавливания ртути для обработанного и необработанного активированного угля (Feeley и др., 2008).	60
Рисунок 15. Принципиальная схема процесса TOXECON™ (US DOE, 2005).	62
Рисунок 16. Принципиальная схема процесса TOXECON II™ (US DOE, 2005).	63
Рисунок 17. Схема технологического процесса обработки электронным пучком (из Frank и Markovic, 1994).	67
Рисунок 18. Схема процесса электрокаталитического окисления.....	69
Рисунок 19. Схема процесса низкотемпературного окисления.....	71
Рисунок 20. Дерево принятия решений для выбора наилучших вариантов сокращения выбросов ртути	76

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=5_15627

