

Категория		Название
НО:	<b>2.С.7.а</b>	<b>Производство меди</b>
ИНЗВ:	<b>040309а</b>	<b>Производство меди</b>
МСОК:	<b>2720</b>	<b>Производство основных драгоценных и цветных металлов</b>
Версия	<b>Руководство 2013</b>	

**Основные авторы**

Джероуен Куэнен

**Соавторы (включая лиц, внесших свой вклад в разработку предыдущих версий данной главы)**

Йозеф М. Пациона, Отто Ренц, Дагмар Ёртель, Тинус Пуллес и Вильфред Аппельман

## Оглавление

1	Общие сведения .....	3
2	Описание источников .....	3
2.1	Описание процесса.....	3
2.2	Методики .....	6
2.3	Выбросы.....	6
2.4	Средства регулирования.....	7
3	Методы.....	8
3.1	Выбор метода .....	8
3.2	Подход Уровня 1 по умолчанию.....	9
3.3	Технологический подход Уровня 2 .....	11
3.4	Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных.....	14
4	Качество данных .....	17
4.1	Полнота .....	17
4.2	Предотвращение двойного учета с другими секторами .....	17
4.3	Проверка достоверности.....	17
4.4	Разработка согласуемых временных рядов и пересчет .....	17
4.5	Оценка неопределенности.....	17
4.6	Обеспечение/контроль качества инвентаризации ОК/КК.....	18
4.7	Координатная привязка .....	18
4.8	Отчетность и документация .....	18
5	Глоссарий.....	19
6	Список цитированной литературы .....	20
7	Наведение справок.....	21

## 1 Общие сведения

Данная глава содержит информацию, касающуюся выбросов в атмосферу во время производства меди (Cu), в том числе первичной и вторичной. В настоящей главе рассматриваются технологические выбросы при производстве меди, тогда как выбросы, произошедшие в результате горения, описаны в категории источника 1.А.2.в.

Более 80 металлургических комбинатов по производству первичной меди во всем мире используют различные традиционные пирометаллургические методики для производства более 90 % всего объема меди (Расуна, 1989). Существует три этапа данного процесса: обжиг руды для удаления серы; плавление обжигового продукта для удаления части пустой породы для производства медного штейна; и преобразование медного штейна в конвертерную медь. Выбросы в атмосферу диоксида серы и тяжелых металлов в виде мелких частиц происходят во время всех перечисленных процессов.

В медной руде присутствуют различные следовые элементы примесей, которые выделяются в процессе производства. Технологический процесс является основным источником выбросов в атмосферу мышьяка и меди (50 % от мировых выбросов этого элемента), индия (почти 90 %), сурьмы, кадмия, селена (приблизительно 30 %), а также никеля и олова (приблизительно 10 %) (Nriagu и Расуна, 1998).

Металлургические комбинаты по производству вторичной меди производят около 40 % всего объема меди в мире (Расуна, 1989). Пирометаллургические процессы применяются для переработки лома и прочего вторичного сырья. Как и при производстве первичной меди, окончательная очистка, по применимости, должна быть электролитической. В настоящей главе рассматриваются методы оценки выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в ходе восстановления вторичной меди.

## 2 Описание источников

### 2.1 Описание процесса

#### 2.1.1 Производство первичной меди

Обычный пирометаллургический процесс плавки меди показан на Рисунке 3.1 (US EPA, 1993). В основном, конвертерная медь проходит огневое рафинирование в анодной печи, отливается в «аноды» и отправляется на электролитическую очистку для дальнейшего удаления примесей. Используемые в настоящее время медеплавильные печи перерабатывают рудные концентраты путем их сушки в сушилке с кипящим слоем, преобразованием и очисткой сухого вещества таким же образом, что и в обычном процессе (US EPA, 1993).

Концентраты, как правило, содержат 20–30 % Cu. При обжиге загружаемая медь, смешанная с кремнезёмистым флюсом нагревается на воздухе примерно до 650 °С, при этом удаляется 20–50 % серы и часть летучих следовых элементов. Продукт обжига, огарок, служит в качестве сухого нагретого загружаемого материала для плавильной печи.

В процессе плавки огарки плавятся с кремнезёмистым флюсом в печи для плавки во взвешенном состоянии с целью производства медного штейна, расплавленной смеси сернистой меди, сульфида железа и некоторых следовых элементов. Штейн обычно содержит 35–65 % меди. Тепло, необходимое в процессе плавки, выделяется при частичном окислении сульфидной заправки и горении топлива в подвесных баках. Некоторые технологии плавления сейчас используются в медной промышленности, включая отражательную плавку, плавку во взвешенном состоянии (два процесса используются в коммерческих целях: процесс INCO и Outokumpu), процессы Noranda и электрические.

При отражательной плавке тепло выделяется при горении нефти, газа или пылевидного угля. Температура в печи может достигать 1500 °С. Плавка во взвешенном состоянии в печи объединяет в себе операции обжига и плавления для производства штейна с высоким содержанием меди из

концентратов и флюса. В большинстве печей для обжига во взвешенном состоянии применяется тепло, образовавшееся при частичном окислении сульфидной заправки, для накопления энергии, необходимой при плавке. Температура в печи достигает 1200 - 1300 °С. Процесс Noranda имеет преимущество в плане выделения тепловой энергии из медной руды. Оставшаяся тепловая энергия поступает от нефтяных горелок или за счет угля, смешанного с концентратами руды. Для плавки в электродуговых печах тепло образуется за счет прохождения электрического тока по угольным электродам, опускающимся со свода печи и погружаемых в шлаковый слой плавильной ванны (US EPA, 1993; UN ECE, 1994).

Что касается выбросов загрязнителей воздуха в процессе плавки, во всех вышеописанных операциях выделяются следовые элементы. При плавке в печи для обжига во взвешенном состоянии образуются потоки отходящих газов с высоким содержанием диоксида серы. Электродуговые печи не образуют продукты горения топлива, поэтому расход и содержание диоксида серы ниже.



**Рисунок 2.1** Схематическое описание технологического процесса медеплавильной печи с использованием рудного концентрата с кремнезёмистым флюсом в качестве загружаемого материала для обжига/сушки, анодной меди – при огневом рафинировании.

Последним этапом в производстве конвертерной меди является преобразование. Оставшееся железо и сера в материале удаляется в данном процессе, остается расплавленная конвертерная медь. Конвертерная медь обычно содержит от 98,5 до 99,5 % чистой меди. Оставшаяся часть состоит из таких следовых элементов, как золото, серебро, сурьма, мышьяк, висмут, железо, свинец, никель, селен, сера, теллур и цинк. Существуют различные технологии преобразования, применяемые при производстве меди. Температура в конвертерной печи достигает 1100 °С.

### 2.1.2 Производство вторичной меди

Металлургический комбинат, занимающийся производством вторичной меди, - это любое предприятие или завод, на котором обрабатываются цинкосодержащий металлолом или цинкосодержащие материалы, не являющиеся цинкосодержащими концентратами (рудами), металлургическим или химическим способом в очищенную медь и медный порошок (высококачественный продукт).

Переработка меди – это наиболее полный метод, пригодный для цветных металлов. Медный металлолом может быть в следующей форме:

- лом меди, такой как брак при изготовлении, проволочный скрап, скрап водопроводов, аппаратуры, электрических систем или веществ, возникающих при переработке кабеля;
- скрап из сплавов, таких как латунь, пушечный металл, бронза, отходы в виде радиаторов, арматуры, деталей механизмов, стружки от токарных станков или измельчителя;
- медно-железный скрап, например, от электродвигателей или их деталей, листовой скрап, элементы цепи и распределительные щиты, металлолом от телефонных аппаратов, трансформаторов и измельчителя.

Другая большая группа медесодержащих материалов состоит из окисленных веществ, а именно, изгарины, золы, шлаков, окалины, мелких частей гранулятора, катализаторов, а также веществ, возникших при работе систем борьбы с загрязнением.

Содержание меди в металлоломе варьируется от 10 примерно до 100 % (UN ECE, 1994). Попутными металлами, которые должны быть удалены, являются цинк, свинец, олово, железо, никель, алюминий и определенное количество драгоценных металлов.

В зависимости от химического состава, сырье на заводе, занимающемся производством вторичной меди, обрабатывается в различных печах:

- Доменные печи (до 30 % Cu при средней загрузке);
- конвертеры (около 75 % Cu);
- анодные печи (около 95 % Cu).

Металл доменной печи ('черновая медь) обрабатывается в конвертере, металл в конвертере проходит очистку в анодной печи. На каждом этапе добавляется дополнительное количество сырья при соответствующем содержании меди.

В доменной печи смесь сырья, лома железа, известняка, песка и кокса загружается сверху. Воздух, который может быть насыщен кислородом, продувается через фурмы, кокс сгорает, и загружаемые материалы плавятся в восстановительных условиях. Черновая медь и шлак выгружают через выпускные отверстия.

Конвертеры, используемые при плавке первичной меди, работают на штейне, содержащем сульфид железа, выделяют избыточное тепло. При этом присадки отходов меди часто используются для регулировки температуры. Конвертер представляет собой удобную и дешевую форму обработки лома, однако, часто – с газоочисткой только средней эффективности. В ином случае, гидрометаллургическая обработка лома с использованием аммиачного выщелачивания, приводит к образованию растворов, которые могут быть восстановлены водородом для получения медного порошка (Barbour et al., 1978). С другой стороны, эти растворы могут быть обработаны путем извлечения растворителем для последующей подачи в электролизер для выделения меди.

Конвертерная медь загружается вместе с сырьем в анодную печь. Для плавки в отражательных печах применяется загружаемый материал, масло или каменноугольная пыль. После этого в ванну вдувается воздух для окисления оставшихся примесей.

Освинцованная латунь, содержащая до 3 % свинца, широко используется в различных областях применения. Переработка лома этого материала – важный вид деятельности. Такой лом обычно содержит много металлической и токарной стружки, покрытой смазкой и смазочно-охлаждающими жидкостями. Медесодержащие кабели и двигатели содержат пластмассовые или резиновые изоляторы, лаки. В этом случае, лом требует предварительной обработки, выполняемой с целью удаления этих не металлических веществ. Более мелкие частицы лома могут пройти предварительную термическую обработку во вращающейся печи, имеющей функцию дожига для утилизации дыма и паров масла (так называемый процесс Intal). Кроме того, существуют различные методики удаления с кабелей резиновой и пластмассовой изоляции (Barbour et al., 1978; UN ECE, 1994).

## 2.2 Методики

Описание различных процессов, используемых при производстве первичной и вторичной меди, изложено в разделе 2.1. В процессе преобразования при производстве первичной меди, выделяют две технологии:

- порционное преобразование: дутье воздухом /кислородом через штейн, извлеченный при операции плавления;
- непрерывное преобразование, в котором различают три вида. В конвертеры Mitsubishi и Noranda поступает расплавленный продукт для преобразования, в то время как при процессе Kennecott/Outokumpu штейн из плавильной печи сначала подвергается измельчению в воде, размалыванию и сушке.

Подробная информация об этих технологиях изложена в разделе, касающемся производства меди, справочного документа по наилучшей имеющейся технологии (BREF), используемой при производстве цветных металлов (Европейская комиссия, 2001), а также документации BREF (Европейская комиссия, 2009) с ожидаемой адаптацией в 2013 г. <sup>(1)</sup>.

## 2.3 Выбросы

Выбрасываемые загрязняющие вещества, окись серы ( $SO_x$ ), оксид азота ( $NO_x$ ), летучие органические соединения (неметановые ЛОС и метановые ( $CH_4$ )), монооксид углерода (CO), двуокись углерода ( $CO_2$ ), оксид азота ( $N_2O$ ), следовые элементы и выделенные стойкие органические загрязнители (COЗ). Основными загрязнителями являются диоксид серы ( $SO_2$ ) и CO, в соответствии с CORINAIR90 выделенными следовыми элементами. COЗ – это, в основном, диоксины и фураны, выделяющиеся из шахтных печей, конвертеров и пламенных печей.

Заводы, занимающиеся производством меди, являются источниками окиси серы ( $SO_x$ ). Выбросы производятся из муфельных, плавильных печей и конвертеров (см. нижеприведенную таблицу 3.1). Неорганизованные выбросы происходят во время обращения с материалом. При выполнении другой работы по плавке используется материал, содержащий очень мало серы, что приводит к незначительным выбросам  $SO_2$  (US EPA, 1995). Существенны только выбросы, произведенные при контактном горении.

В таблице 2-1 указаны характерные средние концентрации  $SO_2$ , выделяющиеся из различных установок на металлургическом заводе. Принято считать, что в значениях концентрации  $SO_2$ , представленных в таблице, учитываются выбросы серы в топливе и руде.

<sup>(1)</sup> Документ BREF для цветной металлургии рассматривается в настоящее время. Ожидается, что итоговая версия будет принята в 2013 г. Информация о статусе документации BREF доступна по адресу <http://eippcb.jrc.es/reference/>

**Таблица 2-1 Характерные концентрации диоксида серы в отходящем газе от источников плавления меди (US EPA, 1995)**

Технологическая установка	Концентрация SO <sub>2</sub> [об.-%]
Полочная печь	1,5 - 3
Обжиговая печь с кипящим слоем	10 - 12
Отражательная печь	0,5 – 1,5
Электродуговая печь	4 - 8
Печь для плавки во взвешенном состоянии	10 - 70
Плавильная печь непрерывного действия	5 - 15
Цилиндрический конвертер	4 - 7
Конвертер Hoboken	8
Одноконтантная установка H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,2 – 0,26
Двухконтантная установка H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,05

Производство меди требует выделения энергии на большинстве этапов, использование энергии в электролитическом процессе наиболее важно. Потребность в производстве энергии (полезной) в ряде процессов с использованием медного концентрата варьируется в диапазоне 14 – 20 ГДж/т катода меди. Точная величина зависит от концентрата (% S и Fe), а также от используемой плавильной установки, степени обогащения кислородом и накопленного и применяемого технологического тепла. Сравнительные данные, основанные исключительно на типе завода, могут содержать неточности. Использование энергосодержания концентрата более важно, при этом заводы, перешедшие на аутогенную деятельность, имеют меньшие затраты энергии (Европейская комиссия, 2001).

Количество энергии, потребляемой на стадии электролитической очистки меди, равно 300 - 400 Квт-ч на тонну меди. Тип используемой катодной основы (из нержавеющей стали или меди), главным образом, воздействует на КПД цеха электролиза, который может составлять от 92 до 97% КПД по току (Европейская комиссия, 2001).

## 2.4 Средства регулирования

### 2.4.1 Производство первичной меди

Средства регулирования выбросов на заводах по производству первичной меди применяются для регулирования выбросов диоксида серы и твёрдых частиц из муфельных печей, плавильных печей и конвертеров. Регулирование выбросов диоксида серы осуществляется путем поглощения в серной кислоте на установках серной кислоты, обычно являющихся частью медеплавильных установок. Выброс отражательной печи содержит минимальное количество SO<sub>2</sub> и, как правило, осуществляется непосредственно в атмосферу без восстановления SO<sub>2</sub>. Выбросы из плавильных печей других видов содержат более высокие концентрации SO<sub>2</sub> и проходят обработку в установках серной кислоты перед выпуском. Одноконтантные установки для серной кислоты достигают от 92,5 до 98 % преобразования SO<sub>2</sub> из отходящих газов установки. Двухконтантные кислотные установки собирают от 98 до 99 % и более SO<sub>2</sub>. Поглощение SO<sub>2</sub> в растворе диметиланилина используется на американских заводах по производству жидкого SO<sub>2</sub>. (US EPA, 1995).

Электростатические пылеуловители являются распространенными средствами регулирования твердых частиц на сооружениях для плавки меди. Эффективность регулирования ЭСП часто достигает 99 %.

Необходимо также отметить, что большая часть следовых элементов конденсируются в высокодисперсные частицы, например, <1,0 мкм в диаметре. Эффективность регулирования этих частиц ниже, около 97 % (Расула, 1987).

Подробное описание методик регулирования и Наилучших имеющихся технологий производства меди изложено в материалах Европейской экономической комиссии ООН (UN ECE) (1994).

#### **2.4.2 Производство вторичной меди**

Средства регулирования при производстве вторичной меди должны предполагать эффективные пылеулавливающие установки, как для первичных выбросов отработанных газов, так и неорганизованных пылевых выбросов. Тканевые фильтры могут использоваться для снижения пылевых выбросов до уровня менее 10 мг/м<sup>3</sup> (UN ECE, 1994).

## **3 Методы**

### **3.1 Выбор метода**

Рисунок 3.1 представляет собой порядок выбора методов для оценки выбросов при производстве меди. Основная идея дерева решений заключается в следующем.

- При наличии подробной информации использовать ее.
- Если категория источника является основной, использовать метод Уровня 2 или более высокого уровня, при этом обеспечить сбор подробных входных данных. Дерево решений направляет пользователя к подобным случаям метода Уровня 2, поскольку ожидается, что проще получить необходимые входные данные для данного подхода, чем собирать данные объектного уровня, необходимые для оценки Уровня 3
- Альтернатива использования Уровня 3 с помощью подробного моделирования процесса не включена явным образом в дерево решений. Тем не менее, подробное моделирование всегда будет выполнено на объектном уровне. Результаты такого моделирования представлены в виде “объектных данных ” в дереве решений.



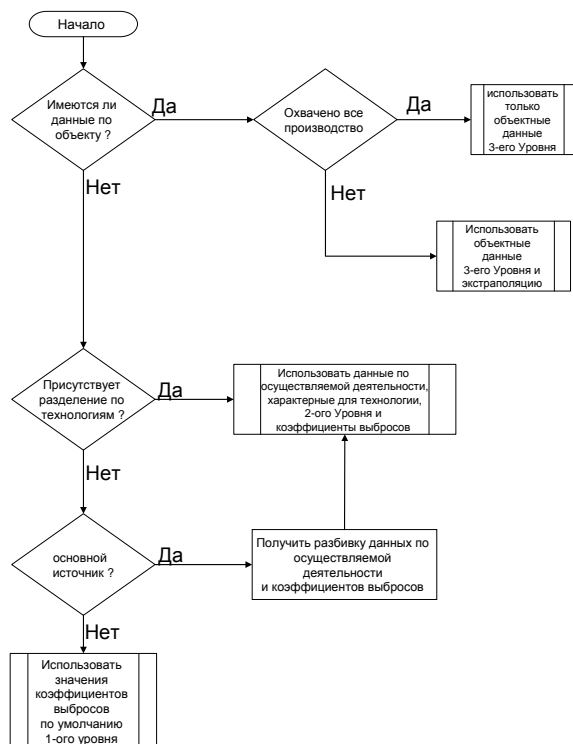


Рисунок 3.1 Дерево решения для категории источника 2.С.7.а Производство меди

## 3.2 Подход Уровня 1 по умолчанию

### 3.2.1 Алгоритм

При подходе Уровня 1 для определения технологических выбросов в результате производства меди используется общая формула:

$$E_{\text{загрязнитель}} = AR_{\text{производство}} \times EF_{\text{загрязнитель}} \quad (1)$$

где:

$E_{\text{загрязнитель}}$  = выбросы указанного загрязняющего вещества

$AR_{\text{производство}}$  = показатели деятельности при производстве меди

$EF_{\text{загрязнитель}}$  = коэффициент выбросов для данного загрязняющего вещества

Данная формула используется на государственном уровне с применением годовых государственных показателей производства меди. Данные по производству меди, подходящие для оценки выбросов с помощью более простого метода (Уровни 1 и 2), широко доступны и представлены в статистических ежегодниках ООН или в ежегодниках по государственной статистике.

Факторы выбросов уровня 1 предусматривают наличие средней или типовой технологии и осуществление мер по сокращению выбросов в стране и включают различные технологические subprocesses производства меди, начиная от подготовки рудного концентрата до стадии, следующей за огневым рафинированием, образованием анодной меди.

В тех случаях, когда принимаются во внимание специфические условия сокращения выбросов, метод уровня 1 не может использоваться. Должен применяться подход уровня 2 или 3.

### 3.2.2 Коэффициенты выбросов по умолчанию

Подход Уровня 1 требует коэффициенты выбросов для всех соответствующих загрязняющих веществ. Коэффициенты выбросов по умолчанию, предложенные для данной категории источника, представлены в Таблице 3.1. Эти данные были получены из различных справочных документов. Коэффициенты выбросов по общему количеству взвешенных частиц взяты из документа НИТ для производства цветных металлов (Европейская комиссия, 2001), в то время как ТЧ10 и ТЧ2,5 интерпретируются по схеме, используемой в исследовании Согласованной Европейской программе инвентаризации выбросов твердых частиц (СЕРМЕИР) (Visschedijk et al., 2004) для рассматриваемого предприятия. Прочие значения получены из проекта «Оценка готовности платить за снижение рисков, связанных с воздействием тяжелых металлов и анализ эффективности затрат на уменьшение количества тяжелых металлов в Европе» (Espreme) (Theloke et al., 2008) для предприятий с ограниченным управлением. Для оценки коэффициентов выбросов Уровня 1 принято, что около 75 % объема производства меди приходится на производство первичной меди, а 25 % - вторичной (Althaus, 2003).

Коэффициенты выбросов в документах Наилучших имеющихся технологий в основном указаны в диапазонах. Диапазон интерпретируется как 95 % доверительный интервал, тогда как среднее геометрическое значение данного диапазона выбирается в качестве значения для коэффициента выбросов.

Предполагается, что выбросы NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> и CO происходят в основном в результате процесса горения, и их описание приведено в главе 1.A.2.b. все другие выбросы обусловлены, главным образом, самим производственным процессом, и, поэтому описаны в настоящей главе.

Таблица 3.1 Коэффициенты выбросов Уровня 1 для категории источника 2.С.7.а Производство меди

Коэффициенты выбросов по умолчанию Уровня 1					
Категория источника НО	Код	Название			
	2.С.7.а	Производство меди			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
Не применяется	ГХЦГ				
Не оценено	NO <sub>x</sub> , CO, НМЛОС, SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , Se, Zn, Бензо(а)пирен, Бензо(б)флуорантен, Бензо(к)флуорантен, Индено(1,2,3-сд)пирен, ГХБ				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
ОКВЧ	400	г/мг меди	100	1000	European Commission (2001)
ТЧ10	320	г/мг меди	80	800	Visschedijk et al. (2004) прим. в ОКВЧ
ТЧ2,5	240	г/мг меди	60	600	Visschedijk et al. (2004) прим. в ОКВЧ
ЧУ	0.1	% of ТЧ2,5	0.05	0.2	US EPA (2011, file no.: 91158)
Pb	160	г/мг меди	100	280	Theloke et al. (2008)
Cd	11	г/мг меди	9	19	Theloke et al. (2008)
Hg	0,023	г/мг меди	0,016	0,039	Theloke et al. (2008)
As	39	г/мг меди	26	53	Theloke et al. (2008)
Cr	16	г/мг меди	11	22	Theloke et al. (2008)
Cu	70	г/мг меди	8	250	Европейская Комиссия (2001)
Ni	14	г/мг меди	8,7	22	Theloke et al. (2008)
ПХБ	0,9	г/мг меди	0,6	1,5	Примечание
ПХДД/Ф	5	мкг I-TEQ/мг меди	0,01	800	UNEP (2005)

Примечание: КВ для ПХБ можно пересмотреть на основе новой информации от ЮНЕП, которая должна быть готова к концу 2012 г.: Пакет инструментальных средств для идентификации и количественного анализа выбросов диоксинов и фуранов и других непреднамеренных выбросов СОЗ:

<http://chm.pops.int/Implementation/ToolKit/Meetings/7thExpertMeeting2012/tabid/2906/mctl/ViewDetails/EventModID/876/EventID/326/xmid/9376/Default.aspx>.

Коэффициент выбросов для ЧУ получен из US EPA, база данных SPECIATE версия 4.3 (US EPA, 2011).

### 3.2.3 Данные по осуществляемой деятельности

Данные касательно производства меди в печах для плавки первичного сырья, подходящие для оценки выбросов Уровня 1 или 2 широкодоступны и представлены в статистических ежегодниках ООН или в ежегодниках по государственной статистике.

## 3.3 Технологический подход Уровня 2

### 3.3.1 Алгоритм

Подход Уровня 2 соответствует подходу Уровня 1. Чтобы применить подход Уровня 2, необходимо выполнить разбивку информации по осуществляемой деятельности и коэффициентам выбросов в соответствии с различными методиками, которые могут использоваться в стране.

Подход Уровня 2 предполагает следующее:

Выполнить разбивку производства меди в стране, чтобы смоделировать различные продукты и типы технологических процессов, возникающих при производстве цинка в государстве, с помощью инвентаризации по следующим параметрам:

- Определение области производства, в которых используется каждый отдельный продукт и / или типы технологических процессов (так называемые «технологии» в указанной ниже формуле) по отдельности; и
- Использование коэффициентов выбросов, характерные для технологии, для каждого типа технологического процесса:

$$E_{\text{загрязнитель}} = \sum_{\text{технологии}} AR_{\text{производство, технология}} \times EF_{\text{технология, загрязнитель}} \quad (2)$$

где:

$AR_{\text{производство, технология}}$  = объем выпуска в пределах категории источника, при использовании специальной технологии

$EF_{\text{технология, загрязнитель}}$  = коэффициент выброса для данной технологии и по данному загрязняющему веществу

В стране, в которой используют только одну технологию, наблюдается 100 % коэффициент проницаемости. Алгоритм сокращается до следующей формулы:

$$E_{\text{загрязнитель}} = AR_{\text{производство}} \times EF_{\text{технология, загрязнитель}} \quad (3)$$

где:

$E_{\text{загрязнитель}}$  = выбросы определенного загрязняющего вещества

$AR_{\text{производство}}$  = показатели деятельности при производстве меди

$EF_{\text{загрязнитель}}$  = коэффициент выброса для данного загрязняющего вещества

Коэффициенты выбросов при данном подходе также относятся ко всем подпроцессам производства, от подачи сырья до отправки готовой меди заказчикам.

### 3.3.2 Коэффициенты выбросов, характерные для технологии

В данном подразделе представлены коэффициенты выбросов при производстве первичной и вторичной меди.

В отношении подхода Уровня 1 предполагается, что выбросы NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> и CO происходят в результате процесса сгорания, их описание приведено в главе 1.А.2.в. Все другие выбросы происходят, в основном, в результате самого технологического процесса, поэтому их описание приведено в настоящей главе. Коэффициенты выбросов, указанные в документах наилучших имеющихся технологий, как правило, указаны в диапазонах. Диапазон интерпретируется как 95 % доверительный интервал, тогда как среднее геометрическое значение данного диапазона выбирается в качестве значения для коэффициента выбросов в приведенных далее таблицах.

**Таблица 3.2 Коэффициенты выбросов Уровня 2 для категории источника 2.С.7.а Производство меди, производство первичной меди**

Коэффициенты выбросов Уровня 2					
	Код	Название			
Категория источника НО	2.С.7.а	Производство меди			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
ИНЗВ (если применимо)	040309а	Производство меди			
Технологии/Методики	Производство первичной меди				
Региональные условия					
Технологии снижения загрязнений					
Не применяется	ГХЦГ				
Не оценено	NO <sub>x</sub> , CO, НМЛОС, SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , Se, Zn, Бензо(а)пирен, Бензо(б)флуорантен, Бензо(к)флуорантен, Индено(1,2,3-сд)пирен, ГХБ				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
ОКВЧ	400	г/мг меди	160	1000	European Commission (2001)
ТЧ10	320	г/мг меди	130	800	Visschedijk et al. (2004) applied on TSP
ТЧ2,5	240	г/мг меди	100	600	Visschedijk et al. (2004) applied on TSP
ЧУ	0.1	% ТЧ2,5	0.05	0.2	US EPA (2011, file no.: 91158)
Pb	170	г/мг меди	120	290	Theloke et al. (2008)
Cd	15	г/мг меди	12	23	Theloke et al. (2008)
Hg	0,031	г/мг меди	0,021	0,052	Theloke et al. (2008)
As	51	г/мг меди	35	70	Theloke et al. (2008)
Cr	21	г/мг меди	15	29	Theloke et al. (2008)
Cu	90	г/мг меди	30	250	European Commission (2001)
Ni	19	г/мг меди	12	29	Theloke et al. (2008)
ПХДД/Ф	0,01	мкг I-TEQ/мг меди	0,003	0,03	UNEP (2005)

Коэффициент выбросов для ЧУ получены из US EPA, база данных SPECIATE, версия 4.3 (US EPA, 2011).

**Таблица 3.3 Коэффициенты выбросов Уровня 2 для категории источника 2.С.7.а Производство меди, производство вторичной меди**

Коэффициенты выбросов Уровня 2					
Категория источника ИО	Код	Название			
Категория источника ИО	2.С.7.а	Производство меди			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
ИНЗВ (если применимо)	040309а	Производство меди			
Технологии/Методики	Производство вторичной меди				
Региональные условия					
Технологии снижения загрязнений					
Не применяется	Альдрин, Хлордан, Хлордекон, Диэлдрин, Эндрин, Гептахлор, гептабром-бифенил, Мирекс, Токсафен, ГХЦГ, ДДТ, пентахлорофенил, хлорированный парафин с короткой цепью				
Не оценено	NOx, CO, НМЛОС, SOx, NH3, Hg, Cr, Se, Zn, Бензо(а)пирен, Бензо(б)флуорантен, Бензо(к)флуорантен, Индено(1,2,3-сд)пирен, Всего 4 ПАУ, ГХБ				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
ОКВЧ	320	г/мг меди	100	1000	European Commission (2001)
ТЧ10	260	г/мг меди	80	800	Visschedijk et al. (2004) applied on TSP
ТЧ2,5	190	г/мг меди	60	600	Visschedijk et al. (2004) applied on TSP
ЧУ	0,1	% of ТЧ2,5	0,05	0,2	US EPA (2011, file no.: 91158)
Pb	110	г/мг меди	57	230	Theloke et al. (2008)
Cd	2,3	г/мг меди	1,1	4,6	Theloke et al. (2008)
As	1,4	г/мг меди	0,57	2,1	Theloke et al. (2008)
Cu	28	г/мг меди	8	100	European Commission (2001)
Ni	0,13	г/мг меди	0,057	0,17	Theloke et al. (2008)
ПХБ	3,7	г/мг меди	2,4	6	Примечание
ПХДД/Ф	50	мкг I-TEQ/мг меди	0,03	800	UNEP (2005)

Примечание: КВ для ПХБ можно пересмотреть на основе новой информации от ЮНЕП, которая должна быть готова к концу 2012 г.: *Пакет инструментальных средств для идентификации и количественного анализа выбросов диоксинов и фуранов и других непреднамеренных выбросов CO3*:  
<http://chm.pops.int/Implementation/Toolkit/Meetings/7thExpertMeeting2012/tabid/2906/mctl/ViewDetails/EventModID/876/EventID/326/xmid/9376/Default.aspx>.

Коэффициент выбросов для ЧУ получены из US EPA, база данных SPECIATE, версия 4.3 (US EPA, 2011). Предполагается, что КВ ЧУ для производства вторичной меди такой же, как и для производства первичного продукта.

### 3.3.3 Устранение загрязнений окружающей среды

Существует ряд дополнительных технологий, целью которых является сокращение выбросов в атмосферу определенных загрязняющих веществ. Суммарный выброс можно рассчитать, заменив коэффициент выбросов, характерный для технологии, на сниженный коэффициент выбросов, согласно формуле:

$$EF_{\text{технология, уменьшенная}} = (1 - \eta_{\text{уменьшение загрязнений}}) \times EF_{\text{технология, неуменьшенная}} \quad (4)$$

где:

$EF_{\text{технология, уменьш.}}$	=	коэффициент выброса после снижения выбросов
$\eta_{\text{устранение загрязнений}}$	=	эффективность снижения выбросов
$EF_{\text{технология, неуменьш.}}$	=	коэффициент выбросов перед снижением выбросов

В Таблице 3.4 представлены значения эффективности снижения по умолчанию выбросов твердых частиц и тяжелых металлов. Значения эффективности при выбросе твердых частиц (ТЧ) вычисляются по коэффициентам выбросов SERMEIP для твердых частиц (Visschedijk, 2004г.). Это относится к более старому заводу с ограниченным регулированием источников неорганизованных выбросов. Значения

для обычного завода совпадают с коэффициентами выбросов Уровня 1 по умолчанию при производстве меди. В таблице также указаны значения эффективности снижения выбросов тяжелых металлов по умолчанию. Они связаны с коэффициентами выбросов Уровня 1, при этом учитывается ситуация снижения выбросов (далее не указывается).

**Таблица 3.4 Эффективность устранения загрязнений ( $\eta_{\text{устранение загрязнений}}$ ) для категории источника 2.С.7.а Производство меди**

Эффективность устранения загрязнений Уровня 2					
	Код	Название			
Категория источника НО	2.С.7.а	Производство меди			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ	не применяется			
ИНЗВ (если применимо)	040309а	Производство меди			
Технология устранения загрязнений	Загрязнитель	Эфф-ть	95% доверит.интервал		Ссылки
		Значение по умолчанию	Нижний	Верхний	
Современная установка (ВАТ): тканевые фильтры для большинства источников выбросов	частица > 10 $\mu\text{м}$	95%	85%	98%	Visschedijk (2004)
	10 $\mu\text{м}$ > частица > 2.5 $\mu\text{м}$	84%	53%	95%	Visschedijk (2004)
	2.5 $\mu\text{м}$ > частица	60%	0%	87%	Visschedijk (2004)
Стандартная установка: ESP и пылесадочные камеры, современные методы регулирования неорганизованных выбросов	частица > 10 $\mu\text{м}$	88%	64%	96%	Visschedijk (2004)
	10 $\mu\text{м}$ > частица > 2.5 $\mu\text{м}$	68%	4%	89%	Visschedijk (2004)
	2.5 $\mu\text{м}$ > частица	28%	0%	76%	Visschedijk (2004)
Уменьшение загрязнений на месте	As	97%	91%	99%	Расyna (2002)
	Cd	99%	96%	100%	Расyna (2002)
	Cr	90%	70%	97%	Расyna (2002)
	Cu	94%	81%	98%	Расyna (2002)
	Hg	0%	0%	67%	Расyna (2002)
	Ni	97%	90%	99%	Расyna (2002)
	Pb	95%	85%	98%	Расyna (2002)
	Se	85%	55%	95%	Расyna (2002)
	Zn	80%	40%	93%	Расyna (2002)

### 3.3.4 Данные по осуществляемой деятельности

Данные по производству меди, подходящие для оценки выбросов с помощью более простых методов оценки (Уровней 1 и 2) широко представлены в статистических ежегодниках ООН или в ежегодниках по государственной статистике.

Для подхода Уровня 2 необходимо выполнить разбивку этих данных в соответствии с применяемой технологией. Стандартными источниками получения этих данных могут быть организации промышленной отрасли внутри страны или опросные листы, предоставленные отдельным предприятиям по производству меди.

## 3.4 Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных

### 3.4.1 Алгоритм

Существует два различных метода оценки выбросов, которые выходят за пределы технологического подхода, описанного ранее:

- Детальное моделирование процесса производства меди;
- Отчеты о выбросах на уровне объекта.

### 3.4.1.1 Детальное моделирование процесса производства

При оценке выбросов Уровня 3 с использованием данных о технологическом процессе выполняются отдельные оценки на последовательных стадиях процесса производства меди:

- обжиг/сушка
- плавка
- преобразование
- огневое рафинирование

### 3.4.1.2 Данные на уровне объекта

Если представлены данные о выбросах на уровне объекта удовлетворительного качества (см. Главу касательно обеспечения/контроля качества в Части А Руководства), целесообразно использовать эти данные. Для этого предусмотрено две возможности:

- отчеты об объектах охватывают все производство меди в стране;
- отчеты о выбросах на объектном уровне не доступны для всех предприятий страны, производящих медь.

Если данные объектного уровня охватывают все производство меди в стране, рекомендуется сравнить предполагаемые коэффициенты выбросов (зарегистрированные значения выбросов, поделенные на объем государственного производства меди) со значениями коэффициента выбросов по умолчанию или коэффициентами выбросов, характерными для технологии. Если предполагаемые коэффициенты выбросов превышают доверительный интервал 95 % для значений, указанных ниже, рекомендуется пояснить причины этого в отчете об инвентаризации

Если общий ежегодный объем производства меди в стране не включен в общие объектные отчеты, рекомендуется выполнить оценку отсутствующей части общих выбросов в стране по категории источника, используя экстраполирование по следующей формуле:

$$E_{\text{Итого, загрязнитель}} = \sum_{\text{Объекты}} E_{\text{Объект, загрязнитель}} + (\text{Национальное производство}) \times EF \quad (5)$$

где:

$E_{\text{Итого, загрязнитель}}$	=	общий выброс загрязняющего вещества для всех объектов в категории источника
$E_{\text{Объект, загрязнитель}}$	=	выброс загрязняющего вещества, указанный на объекте
$\text{Производство}_{\text{Итого}}$	=	объем выпуска в категории источника
$\text{Производство}_{\text{Объект}}$	=	объем выпуска на объекте
$EF_{\text{загрязнитель}}$	=	коэффициент выбросов для загрязняющего вещества

В зависимости от конкретной обстановки в государстве и объема отчетов на уровне объекта по сравнению с общими объемами производством меди в государстве, рекомендуется выбрать коэффициент выбросов ( $EF$ ) в данной формуле с учетом следующих возможностей, в порядке уменьшения предпочтения:

- коэффициенты выбросов, характерных для технологии, с учетом знаний о типах технологий, используемых на тех объектах, где отчеты о выбросах на объектном уровне не доступны;
- предполагаемый коэффициент выбросов, полученный из предоставленных отчетов о выбросах:

$$EF = \frac{\sum_{\text{Объекты}} E_{\text{Объект, загрязнитель}}}{\sum_{\text{Объекты}} \text{Производство}_{\text{Объект}}} \quad (6)$$

- коэффициент выбросов Уровня 1 по умолчанию; выбирать данный вариант только в том случае, если отчеты о выбросах на объектном уровне охватывают более 90 % всего государственного производства меди.

### 3.4.2 Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных

Медеплавильные заводы являются основными промышленными объектами. Данные о выбросах отдельных заводов можно получить из Журналов учета выбросов загрязняющих веществ и их перемещений или по другой схеме предоставления отчетов по выбросам. Когда качество этих данных гарантировано разработанной системой обеспечения и контроля качества, и отчеты о выбросах проверены по схеме независимой проверки, рекомендуется использовать эти данные. Если требуется экстраполирование для того, чтобы охватить все производство меди в стране, можно использовать как предполагаемые коэффициенты выбросов на объектах, составляющих отчеты, так и указанные ранее коэффициенты выбросов.

Общепринятых моделей выбросов при производстве меди не существует. Такие модели могут быть разработаны и использованы при национальной инвентаризации. В этом случае рекомендуется сравнить результаты моделирования с оценкой Уровня 1 или 2 для определения надежности модели. Если модель демонстрирует предполагаемые коэффициенты выбросов, превышающие доверительный интервал 95 %, указанный ранее в таблицах, рекомендуется пояснить причины этого в документации и желательно – в отчетности по инвентаризации.

### 3.4.3 Данные по осуществляемой деятельности

Поскольку в Журналах учета выбросов загрязняющих веществ и их перемещений не сообщаются данные по деятельности, иногда тяжело найти такие данные, которые имеют отношение к публикуемым выбросам на уровне объекта. Возможный источник деятельности на уровне объекта может представлять собой реестры систем коммерческих обменов, торговли разрешениями на выбросы.

Во многих странах органы национальной статистики осуществляют сбор производственных данных на уровне объекта, но в большинстве случаев эти данные конфиденциальны. Тем не менее, в некоторых странах органы национальной статистики являются частью национальных систем инвентаризации выбросов. Экстраполяция, при необходимости, может выполняться в органах статистики с обеспечением конфиденциальности производственных данных.



## 4 Качество данных

### 4.1 Полнота

Следует проявлять осторожность при включении всех выбросов от горения или технологических процессов. Следует проверять, действительно ли выбросы, регистрируемые как «включенные в какой-либо другой источник» (ДИ) в данной категории источников 2.С.7.а включены в выбросы, регистрируемые при горении в главе 1.А.2.б.

### 4.2 Предотвращение двойного учета с другими секторами

Предпринять все меры предосторожности, чтобы избежать двойного счета выбросов в результате технологического процесса и горения. Рекомендуется убедиться в том, что выбросы, рассмотренные в главе 2.С.7.а не включены в выбросы, зарегистрированные как выбросы в результате сгорания, указанные в главе 1.А.2.б.

### 4.3 Проверка достоверности

#### 4.3.1 Коэффициенты выбросов, полученные при использовании наилучших имеющихся технологий

В данном разделе указаны концентрации, характерные объектов с наилучшими имеющимися технологиями. Подробная информация изложена в документе BREF о цветной металлургии (Европейская комиссия, 2001).

**Таблица 4.1 Коэффициенты выбросов, связанные с наилучшими имеющимися технологиями, для категории источника 2.С.7.а Производство меди, первичное огневое рафинирование и плавление**

Коэффициенты выбросов, связанные с наилучшими имеющимися технологиями				
Категория источника НО	Код	Название		
	2.С.7.а	Производство меди		
Топливо	НЕТ ДАННЫХ	не применяется		
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит.интервал	
			Нижний	Верхний
Пыль	1 - 5	мг/Nm <sup>3</sup>		
SO <sub>2</sub>	<50-200	мг/Nm <sup>3</sup>		
NO <sub>x</sub> (горелки с низким NO <sub>x</sub> )	<100	мг/Nm <sup>3</sup>		
NO <sub>x</sub> (кислороднотопливная горелка)	<100-300	мг/Nm <sup>3</sup>		
ТОС (в виде С) (дожигатель)	<5-15	мг/Nm <sup>3</sup>		
ТОС (в виде С) (оптимизированное горение)	<5-50	мг/Nm <sup>3</sup>		
Диоксины	<0.1-0.5	мкг ТЕQ/Nm <sup>3</sup>		

### 4.4 Разработка согласуемых временных рядов и пересчет

Какая-то специфика отсутствует.

### 4.5 Оценка неопределенности

Какая-то специфика отсутствует.

#### 4.5.1 Неопределенность в коэффициентах выбросов

Какая-то специфика отсутствует.

#### **4.5.2 Неопределенности в данных по осуществляемой деятельности**

Какая-то специфика отсутствует.

#### **4.6 Обеспечение/контроль качества инвентаризации ОК/КК**

Какая-то специфика отсутствует.

#### **4.7 Координатная привязка**

Оценки выбросов государственного значения могут быть разделены на основе статистики производства, населения или занятости.

#### **4.8 Отчетность и документация**

Какая-то специфика отсутствует.

## 5 Глоссарий

AR <sub>производство, технология</sub>	Объем выпуска в рамках категории источника при использовании специальной технологии
AR <sub>производство, технология</sub>	Объем выпуска в рамках категории источника при использовании специальной технологии
AR <sub>производство</sub>	Темп производства меди
Процесс контактного горения	Процесс, в котором горячие дымовые газы при горении напрямую закачиваются в реактор, где, согласно химическим и физическим законам, происходит преобразование сырья в продукцию. Например: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Первичное железо и сталь</li> <li>• Цемент</li> <li>• ...</li> </ul>
E <sub>объект, загрязнитель</sub>	Выброс загрязняющего вещества, зарегистрированный объектом
E <sub>загрязнитель</sub>	Выброс указанного загрязняющего вещества
E <sub>итого, загрязнитель</sub>	Суммарный выброс загрязняющего вещества для всех объектов в рамках категории источника
EF <sub>страна, загрязнитель</sub>	Коэффициент выбросов, характерный для страны
EF <sub>загрязнитель</sub>	Коэффициент выбросов загрязняющего вещества
EF <sub>технология, уменьш.</sub>	Коэффициент выбросов после снижения загрязнения окружающей среды
EF <sub>технология, загрязнитель</sub>	Коэффициент выбросов данного загрязняющего вещества и данной технологии
EF <sub>технология, неуменьш.</sub>	Коэффициент выбросов перед снижением загрязнения окружающей среды
ESP	Электростатический пылеуловитель: оборудование для устранения загрязнения среды в результате пылевых выбросов
FF	Тканевые фильтры: оборудование для устранения загрязнения среды в результате пылевых выбросов
Просачивание технология	Часть производства, в которой используется особая технология
Производство <sub>объект</sub>	Объем выпуска на объекте
Производство <sub>итого</sub>	Объем выпуска в категории источника
$\eta$ <sub>уменьшение загрязнений</sub>	Значение эффективности снижения выбросов

## 6 Список цитированной литературы

- Althaus, H.-J., 2003. Life Cycle Inventories of Metals. Ecoinvent database. Available at: [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch). [Accessed 10 July 2009]
- Barbour A.K., Castle J.F. and Woods S.E. 1978. Production of non-ferrous metals. In: Industrial Air Pollution Handbook. Parker, A. (ed.), Mc Graw-Hill Book Comp. Ltd., London.
- European Commission, 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques (BREF) in the Non-Ferrous Metal Industries.
- European Commission, 2009. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Non-Ferrous Metals Industries. Draft July 2009.
- Kakareka, 2008. Personal communication. Institute for problems of use of natural resources and ecology, Belarusian National Academy of Sciences, Minsk.
- Nriagu, J.O. and Pacyna, J.M., 1988. 'Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals'. *Nature*, 333, 134–139.
- Pacyna, J.M., 1987. 'Methods for air pollution abatement'. In: Pickett, E.E. (ed.), *Atmospheric Pollution*. Hemisphere Publ. Corp., Washington DC.
- Pacyna J.M., 1989. 'Technological parameters affecting atmospheric emissions of trace elements from major anthropogenic sources'. In Pacyna, J.M. and Ottar, B. (eds), *Control and Fate of Atmospheric Trace Metals*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Pacyna, J., Van der Most, P., Hobson, M., Wieser, M., Müller, B., Duval, L., Spezzano, P., Lotz, T., Kakareka, S., 2002. Combustion and Industry Expert Panel workshop. European Joint Research Centre (JRC), Ispra.
- Theloke, J., Kummer, U., Nitter, S., Gefthler, T. and Friedrich, R., 2008. Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention. Report for Umweltbundesamt, April 2008.
- UN ECE, 1994. State-of-the-art report on heavy metals emissions. UN Economic Commission for Europe, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, Task Force on Heavy Metals Emissions, Prague, Czech Republic.
- UNEP, 2005. PCDD/PCDF Toolkit 2005. United Nations Environmental Programme, Nairobi.
- US EPA, 1993. Locating and estimating air emission from sources of mercury and mercury compounds. US Environmental Protection Agency, EPA-454/R-93-023, Research Triangle Park, NC.
- US EPA, 1995. AP-42 CD-ROM. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- US EPA, 2011. SPECIATE database version 4.3, U.S. Environmental Protection Agency's (EPA). Available at: <http://cfpub.epa.gov/si/speciate/>.
- Visschedijk, A.J.H., Pacyna, J., Pulles, T., Zandveld, P. and Denier van der Gon, H., 2004. 'Coordinated European Particulate Matter Emission Inventory Program (CEPMEIP)', In: Dilara, P. et al. (eds.), *Proceedings of the PM emission inventories scientific workshop*, Lago Maggiore, Italy, 18 October 2004. EUR 21302 EN, JRC, pp 163–174.

## 7 Наведение справок

Все вопросы по данной главе следует направлять соответствующему руководителю (руководителям) экспертной группы по транспорту, работающей в рамках Целевой группы по инвентаризации и прогнозу выбросов. О том, как связаться с сопредседателями ЦГИПВ вы можете узнать на официальном сайте ЦГИПВ в Интернете ([www.tfeip-secretariat.org/](http://www.tfeip-secretariat.org/)).