

Категория		Название
НО:	<b>2.A.7.d</b>	<b>Другие полезные ископаемые</b>
ИНЗВ:	<b>040613 040615</b>	<b>Стекольное производство (обезуглероживание), производство аккумуляторов</b>
МСОК:	<b>2610 2699</b>	<b>Производство стекла и изделий из стекла. Производство других неметаллических минеральных продуктов.</b>
Версия	<b>Руководство 2009</b>	

**Основные авторы**

Джероуэн Куэнен

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

Питер ван дер Мост, Отто Ренц, Сандрин Нунг, Карло Троцци, Тинус Пуллес и Вилфред Эплмэн.

## Оглавление

1	Общие сведения .....	3
2	Описание источников .....	3
2.1	Описание процесса .....	3
2.2	Методики .....	5
2.3	Выбросы .....	9
2.4	Средства регулирования .....	11
3	Методы .....	12
3.1	Выбор метода .....	12
3.2	Подход по умолчанию Уровня 1 .....	12
3.3	Технологический подход Уровня 2 .....	14
3.4	Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных .....	21
4	Качество данных .....	23
4.1	Полнота .....	23
4.2	Предотвращение двойного учета с другими секторами .....	23
4.3	Проверка .....	24
4.4	Разработка согласованных временных рядов и повторный расчет .....	24
4.5	Оценка неопределенности .....	24
4.6	Обеспечение/контроль качества инвентаризации (ОК/КК) .....	24
4.7	Координатная привязка .....	24
4.8	Отчетность и документация .....	25
5	Глоссарий .....	25
6	Список использованной литературы .....	25
7	Наведение справок .....	27

## 1 Общие сведения

В настоящей главе рассматриваются технологические выбросы, происходящие во время добычи полезных ископаемых, не описанных в других главах, касающихся горнодобывающей промышленности. На данный момент в этой главе рассматривается производство особых видов стекла (листовое стекло, тарное стекло, стекловата и другие виды стекол (включая специальное стекло)). Если другие виды деятельности должны быть включены в отчетность на условиях категории данного источника, рекомендуется, чтобы лицо, занимающееся составлением инвентаризации, разработало способы оценки выбросов данного вида.

В данной главе рассматриваются виды деятельности и соответствующие выбросы в стекольной промышленности. Тем не менее, рекомендуется, составить отчет по выбросам при сжигании в сфере стекольной промышленности у условиях главы 1.A.2.f.i, рассматривающей вопросы сжигания.

Основные выбросы при производстве стекла – диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), главным образом, возникающие в процессе карбонизации. Тем не менее, поскольку  $\text{CO}_2$  – парниковый газ, он не рассматривается в данном руководстве. Более подробные руководящие указания по выбросам  $\text{CO}_2$  при производстве стекла можно найти в руководстве МГЭИК (МГЭИК, 2006). Остальные выделяемые загрязняющие вещества включают загрязняющие микроорганизмы, тяжелые металлы и пыль. Коэффициенты выбросов указаны совместно для выбросов, образующиеся при горении, и технологических выбросов, поскольку их непросто разделить. Тем не менее, могут применяться большие отклонения, в зависимости от состава стекла, типа топлива и типа печи, а также следует обращать внимание при применении этих коэффициентов.

## 2 Описание источников

Данный раздел обеспечивает подробное представление процессов и методик в стекольной промышленности, выбросов загрязняющих веществ и средств регулирования, применяемых для сокращения этих выбросов. Для более детального представления см. изданный Справочник по наилучшим доступным технологиям (СНДТ) по производству стекла (Европейская Комиссия, 2001) или пересмотренный план СНДТ (Европейская Комиссия, 2008).

### 2.1 Описание процесса

При производстве стекла можно выделить разные виды продукции, например, листовое стекло, тарное стекло, особое стекло, стекловата, непрерывное стекловолокно, водомерное стекло и столовая посуда. Процесс плавки для разных групп изделий часто подобен.

Производство листового стекла, тарного стекла и стекловаты преобладает на крупных международных компаниях, тогда как производство бытового стекла (производство столов и декоративных изделий) в большинстве случаев имеет место на небольших и среднего размера предприятиях. В отличие от производства технического стекла, производство бытового стекла характеризуется большим разнообразием продукции и процессов, включая жесткое формование стекла (Eichhammer и др., 1994).

Процесс производства стекла состоит из следующих этапов (Schmalhorst and Ernas, 1995; Eichhammer и др., 1994):

- Выбор и контроль сырьевых материалов.
- Подготовка сырьевых материалов, изначально включающих операции взвешивания и смешивания. Иногда добавляется вода, чтобы предупредить выбросы пыли, иногда применяются сегрегация и сортировка для удаления загрязняющих компонентов из шихты или утилизируемых отходов стекла.

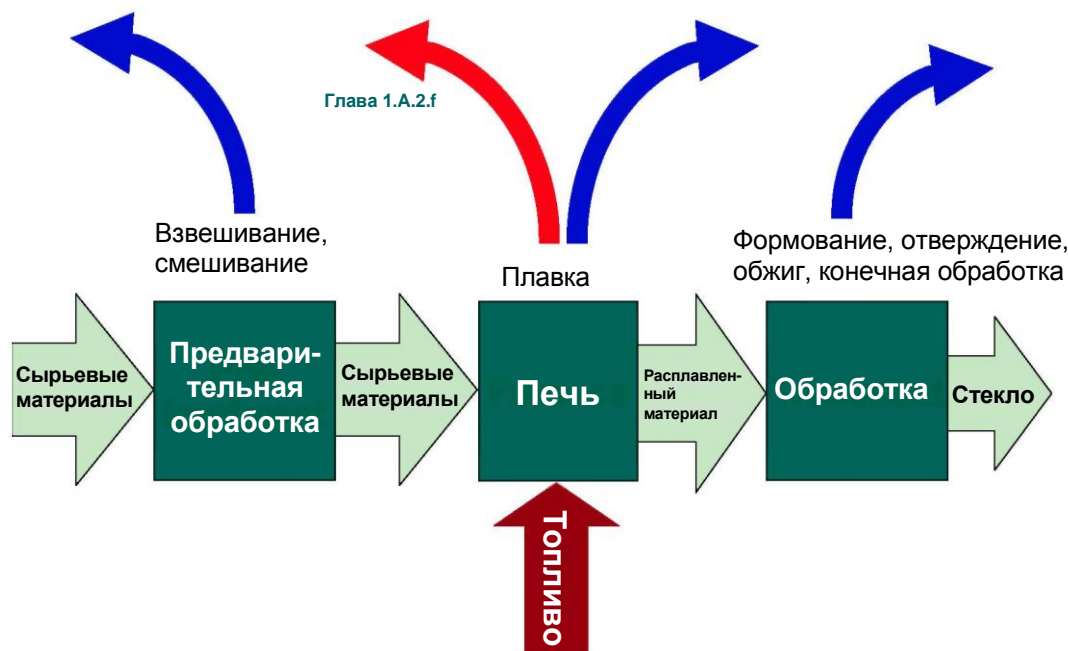
- Плавка: Сырьевые материалы подвергаются плавке в печи при высокой температуре.
- Формование: стекломассе придается форма, после чего она застывает (производство листового и тарного стекла); образуется волокно в виде непрерывного стекловолокна или превращается в стекловолокнистые маты (производство стекловаты) с помощью специальных процессов волокнообразования.
- Отверждение ваты: Стеклоткань со связующим покрытием затвердевает (производство стекловаты).
- Обжиг: внутренние термически индуцированные напряжения в стеклянных изделиях устраняются термической обработкой.
- Конечная и последующая обработка. Примеры конечной обработки включают следующее:
  - контроль качества и резку (производство листового стекла), нанесение покрытий (на входе и после выхода из леера) на тарные стекла плюс проверка стекла на наличие дефектов (включения, проверка размера и формы);
  - охлаждение стекловолокнистого мата, подкрепление, резка и уплотнение изоляции, а также контроль качества (производство стекловаты);
  - контроль качества, резка и для стекла, сформованного вручную, последующая декоративная обработка, такая как гравировка или полировка (специальное стекло);
 Последующая обработка может включать закалку стекла или нанесение покрытий на стеклянные поверхности для изменения оптических или термических свойств изоляции изделий из листового стекла, добавления функциональности стеклянным изделиям или увеличения сопротивления царапанию стеклянных поверхностей.

Производится богатый ассортимент стекол с разными химическими составами, следовательно, в стекольном производстве используется огромное количество разных сырьевых материалов (VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997). Основными сырьевыми материалами являются кремнистый песок, известь или известняк, доломит, утилизируемые отходы стекла и сода для производства известково-натриевого стекла, а также двуокись свинца, окись калия и цинка для производства специальных видов стекол (ЕЭК ООН, 1995). Стекловата – боросиликатное стекло, которое производится из песка, известняка, доломита, окиси бора или борнокислого натрия и других оксидов. Переработка таких химикатов, как ангидрид сурьмянистой кислоты, нитраты, сульфаты и красители, подобные окиси металлов (например, селен, кобальт, никель, хром, окиси железа) и сульфитам, также входят в состав специального стекла, например, ТВ-стекло, хрусталь и т.п., (VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997).

В настоящее время приблизительно 85 % стекла, производимого в Европе, выполняется из натрий-известково-кремнеземистых соединений, и преимущественно, включает листовое и тарное стекло. Оставшиеся 15 % стекла европейского производства включают стекловату, стекловолокно и специальное стекло, такое как стеклянная посуда, сформованная вручную, стекло для осветительных приборов (трубки, лампы), ТВ-экраны, ЖК листовые и оптические стекла. (Abraham и др., 1997).

Утилизируемое стекло также широко используется в производстве стекла и обычно представляет 20-25 % от расплавленного листового стекла и до 90 % расплавленного тарного стекла. Фактически вся промышленность повторно использует стеклянный бой, образуемый при производстве. Плохое качество и загрязнение стеклянного боя, полученного из другого производства, фактически исключает его использование для тарной, продовольственной и бытовой посуды, но большую часть стороннего стеклянного боя (с обработкой) можно использовать при производстве тарного стекла и стекловаты (минераловатная изоляция) (Abraham и др., 1997).

В настоящее время большая часть сырьевого материала поставляется на производственные площадки в состоянии, уже готовом для использования; только куски битого стекла после утилизации подвергаются этапам обработки, таким как отсеивание и сортировка загрязнений и материалов, отличных от стекла. Различные материалы взвешиваются и интенсивно смешиваются, и перемешанная шихта поступает в плавильную печь.



**Рисунок 2.1** Технологическая схема 2.А.7.d Добыча других полезных ископаемых, применяемых для производства стекла

## 2.2 Методики

Для производства тарного стекла этапу плавки может предшествовать предварительный нагрев перемешанной шихты.

Процесс плавки - очень важный этап для достижения необходимого качества и количества стекла. Процесс плавки может происходить в печах различного типа разной конструкции (Eichhammer и др., 1994). В плавильных печах стекло плавится при температуре в диапазоне от 1 300 °С до 1 650 °С (температура пламени достигает более 2000 °С) и превращается в расплавленное стекло в результате последовательных химических реакций. Хотя существует много разных конструкций печей, как правило, печи - большие, мелкие и хорошо изолированные сосуды (ванные стекловаренные печи), нагреваемые в большинстве случаев при сжигании органического топлива, перечисленного выше. Во время работы сырьевые материалы подаются непрерывно поверх слоя стекломассы, где они медленно смешиваются и растворяются. Смешивание осуществляется путем естественной конвекции, газов, возникающих в результате химических реакций и во время некоторых операций при закачке воздуха на дно печи (Агентство по охране окружающей среды, 1995). При производстве стекла используются и непрерывно (> 95 % производства стекла), и порционно (< 5%) работающие плавильные печи. В крупных установках производства стекла производство листового и тарного стекла и, где процесс формования полностью автоматизирован, ваннные печи с футеровкой управляются в непрерывном режиме. Для производства небольшого количества стекла, особенно для стеклянной посуды, сформованной вручную, пакетный рабочий режим предпочтителен, т. к. капли стекломассы отбираются из тигельной печи вручную (Eichhammer и др., 1994; VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997).

Некоторые характеристики вышеупомянутых печей сведены в таблицу 2.1.

**Таблица 2.1** Некоторые характеристики печей, используемые при производстве стекла (VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997; Landesgewerbeanstalt Bayern, 1994)

Тип печей	Тип обжига	Источник энергии	Рабочий режим	Мощность [Mg/d]
Одна емкость или блок емкостей	Огневой или электрический подогрев	Газ, нефть, электричество	Порционный	0,1-35
Расходная емкость	Огневой или электрический подогрев	Газ, нефть, электричество	Порционный	0,1-3
Ванная печь	Огневой или электрический подогрев	Газ, нефть, электричество	Непрерывный	2-900

Чтобы обеспечить высокий КПД энергии и высокую температуру пламени предварительно нагревается воздух для горения. Используемые воздухоподогреватели рекуперативные или регенеративные (Nölle, 1997; Teller and Hsieh, 1992). В качестве топлива стеклоплавильные печи используют природный газ и/или нефть, поскольку использование каменного угля или лигнита приведет к вводу расплавленного шлака на стеклофазе, что соответственно приведет к более низкому качеству продукта, и заблокируют футеровочную решетку регенераторов или рекуператоров (Abraham и др., 1997). Для производства тарного стекла в Европе для печей используется природный газ и нефть. Бытовой газ или сжиженный газ (подобный пропану) применяется в некоторых отдельных случаях (VDI, 1998).

Печь, в основном используемая при производстве тарного стекла, - печь с поперечным направлением пламени с регенеративным предварительным нагревом, работающим в непрерывном режиме; существуют только незначительные исключения при производстве печатного стекла в ванной печи с подковообразным пламенем (Abraham и др., 1997). При производстве тарного стекла, в основном, применяются печи с регенеративным подогревом с выходными отверстиями горелок, расположенными на одном конце (регенеративные печи с торцевыми горелками) (Abraham и др., 1997).

Дополнительный электроподогрев (путем погружения/опускания электродов в расплав) часто применяется для увеличения производительности, и чтобы справиться с потребностью в максимальной нагрузке, также для нагрева более глубоких слоев стекломассы в стекловаренной печи, в случае производства цветного стекла. Непосредственно в стекломассу через электроды в виде электрической мощности поступает от 0 до 30 % общей необходимой мощности плавления (VDI, 1998). Некоторые печи имеют полностью электрический подогрев и используют электрические печи с холодным сводом.

**Таблица 2.2** Специфика энергопотребления для производства стекла (источник: Европейская Комиссия, 2008)

Тип стекла	Специфика энергопотребления [ГДж/Мг стекла]
Листовое стекло	5,5-8
Тарное стекло	5-15,8
Стекловата	9-20
Специальное стекло*	12-15

\*Поскольку это очень разноплановый сектор, общее количество энергопотребления определить трудно и значение может значительно отличаться от энергопотребления, указанного в данной таблице.

Тем не менее, более современные стеклоплавильные печи имеют более низкое энергопотребление (например, приблизительно 4 ГДж/Мг (VDI, 1998) при производстве тарного стекла).

### 2.2.1 Процесс производства стекловаты

В процессе «косвенной» плавки для производства стекловаты, расплавленное стекло поступает в фор-камеру, откуда оно отводится, делится на небольшие капли и формируется в шарики путем профилирования. Затем эти шарики высвобождаются в печах для терморелаксации волокна, охлаждаются и передаются на хранение или для дальнейшей обработки на другие заводы. В процессе «прямой» производства стекловолокна расплавленное стекло проходит из печи в перерабатывающую установку и фор-камеры, где расплав охлаждается до соответствующей вязкости для формовки волокна (Агентство по охране окружающей среды, 1995).

Во время формовки волокна в стекловолокнистый мат (в промышленности процесс известен как «формовка»), стекловолокно формируется из расплавленного стекла и химического вяжущего материала одновременно распыляемого на волокна по мере их образования. Хотя состав вяжущего материала меняется, в зависимости от типа продукта, стандартно вяжущий материал состоит из раствора фенолформальдегидной смолы, воды, мочевины, лигнина, кремневодорода и аммиака. Красители также можно добавлять в вяжущее вещество. В промышленности используется два метода для изготовления волокон. Во время ротационного процесса центробежная сила заставляет стекломассу проходить через небольшие отверстия в стенке быстро вращающегося цилиндра для создания волокон, которые разламываются на кусочки потоком воздуха. Ни один из двух методов не доминирует в настоящее время в промышленности. В процессе ослабления пламени расплавленное стекло вытекает самотеком из печи через многочисленные небольшие отверстия для образования волокон, которые затем вытягиваются (растягиваются в точке расслоения) при высокой скорости, горячем воздухе и/или высокотемпературном факеле (Агентство по охране окружающей среды, 1995).

### 2.2.2 Газомазутные стеклоплавильные печи с предварительным регенеративным подогревом воздуха

Общее свойство всех ванн печей – большая керамическая (высокоогнеупорные материалы) емкость, которая служит в качестве емкости для плавки. Большинство ванн печей приводятся в действие попеременным нагревом пламени на основании регенеративного принципа (VDI, 1998), а некоторые печи используют кислородный обогрев без предварительного подогрева или предварительный подогрев воздуха горения с помощью непрерывно работающих металлических газовых воздухонагревателей: рекуператоров.

Регенеративные подогреватели воздуха используют решетку кирпичной кладки для восстановления отходящего тепла из отработанного газа. Системы регенератора выполнены из двух камер, каждая из которых состоит из футеровочной решетки, стенок камеры; указанная футеровочная решетка представляет собой теплосохраняющий материал, который косвенно преобразует тепло из отходящего газа в воздух горения. На одной стадии циклического процесса отходящие газы поступают из печи в одну из этих камер, посредством чего нагревается решетка. Воздух горения поступает в печь через другую камеру, предварительно подогреваемую на предыдущей стадии. После этого на следующей стадии поток воздуха горения и поток отходящего газа меняются местами: воздух горения проходит через предварительно подогреваемую камеру и нагревается в ней, тогда как отходящий газ проходит через вторую камеру (охлаждается воздухом на предварительном этапе), повторно подогревая футеровочную решетку. Температура входящего воздуха достигает 1 150–1 350 °С, а отходящий газ покидает регенеративные камеры с температурой приблизительно 450–600 °С (VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997; Kircher, 1993).

Компоновка горелок и положение пламени устанавливают различие между ванной печью с поперечным направлением пламени и ванной печью с подковообразным пламенем. Из-за большого числа шеек горелки (горелка/отверстия для прохода выхлопного газа с теплопотерями) и меньшим временем нахождения пламени в камере горения удельный расход энергии, как правило, выше для печей с поперечным направлением пламени по сравнению с печами с подковообразным пламенем (VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997). Ваннечные печи среднего размера сконструированы в виде ваннечных печей с подковообразным пламенем, ваннечные печи большего размера – в виде ваннечных печей с поперечным направлением пламени. В небольших ваннечных печах применяются рекуператоры для предварительного нагрева воздуха горения. Все больше в печах используется кислород вместо предварительно нагреваемого

воздуха горения для сохранения (в некоторых случаях) энергии, чтобы снизить выбросы оксида азота ( $\text{NO}_x$ ), или улучшить качество стекла. Во всех конструкциях пламя проходит почти по зеркалу стекломассы и передает ей тепло, главным образом, путем излучения (VDI, 1998).

Печи с поперечным направлением пламени обеспечивают лучший контроль температурных профилей камеры плавления и состояния окисления, и, следовательно, преобладают в печах с большей производительностью и «качественным стеклом». Печи с поперечным пламенем используются исключительно в печах для варки флоат-стекла и в крупногабаритных печах для варки тарного стекла, тогда как для зеркала стекломассы площадью до  $140 \text{ м}^2$  устанавливаются печи в виде печей с подковообразным пламенем, поскольку они показывают более простую компоновку, низкую стоимость и более высокую производительность по сравнению с печами с поперечным направлением пламени (VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997). В печах с меньшей производительностью (обычно меньше 150–200 тонн стекломассы в день) часто используются рекуператоры для подогрева полостей с воздухом или применяют газообразный кислород.

### **2.2.3 Газомазутные стеклоплавильные печи с предварительным рекуперативным подогревом воздуха**

Другая конфигурация ванной печи - ванная стекловаренная печь с рекуперативным подогревом. Рекуперативные подогреватели воздуха чаще всего используют стальной теплообменник, восстанавливающий тепло из отходящего газа путем обмена с воздухом горения; температура предварительного подогрева может достигать до  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  (VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997), но, как правило, она составляет приблизительно  $600\text{--}750 \text{ }^\circ\text{C}$ . В настоящем документе горячий отработанный газ и холодный воздух горения проходят через два параллельных, но отдельных канала, и теплообмен осуществляется через сепарационную стенку. Не в пример печам с регенеративным подогревом, горение не прерывается и отходящий газ непрерывно рекуперирован через теплообменник. Чтобы достичь оптимального использования энергии, трубопроводы дымового газа от рекуператоров иногда подключаются к котлам-утилизаторам для образования пара или горячей воды (Kircher, 1993). Более низкая достигаемая температура пламени (по сравнению с той, которую получают в регенеративных системах) ограничивает их применение в производстве более качественного стекла (например, флоат-стекло) или в особо специфичном производстве (большая часть тарного стекла). Печи с рекуперативным подогревом, как правило, имеют конфигурацию с поперечным направлением пламени, и с меньшим энергопотреблением, в отличие от регенеративных печей (Abraham *и др.*, 1997).

### **2.2.4 Тигельные печи**

Применение тигельных печей ограничивается производством специального стекла, выполненным вручную, с переменным режимом работы при температуре плавления до  $1460 \text{ }^\circ\text{C}$ . Одна печь обычно состоит из нескольких тигелей, обеспечивающих одновременную плавку нескольких видов стекла. Печи с регенеративным и рекуперативным подогревом пламени, а также печи с электроподогревом, также применяются для указанных целей. Бытовой газ, природный газ, сжиженный газ и легкая нефть, а также электричество, применяются в качестве тепловой энергии. Удельное энергопотребление (относительно производства стекла) тигельных печей сравнительно выше в среднем составляет  $30 \text{ ГДж/Мг}$  произведенного стекла (Jockel and Hartje, 1991).

### **2.2.5 Электрические печи**

В электрических печах стекло плавится при пропускании переменного тока через расплав. Электрические печи бывают, либо с горячим, либо с холодным сводом. Раньше для дополнительного подогрева использовали газ, но позднее использовали только электрический ток (Агентство по охране окружающей среды, 1995). Электрический подогрев применяется, либо для дополнительного подогрева (электрический наддув), либо почти исключительно без сжигания органического топлива в мало- и среднегабаритных печах для производства специального стекла, такого как для осветительных приборов, стекловолокна и хрусталя (Nölle, 1997; Teller and Hsieh, 1992).



## 2.3 Выбросы

### 2.3.1 Выбросы в результате сжигания (рассматриваются в главе 1.А.2.f.i)

Загрязняющие вещества, выбрасываемые в процессе производства стекла, - окислы серы ( $SO_x$ ), оксид азота ( $NO_x$ ), в очень редких случаях монооксид углерода (CO), диоксид углерода ( $CO_2$ ) или закись азота ( $N_2O$ ). Также в процессе плавки происходят выбросы тяжелых металлов. Также в результате обработки сырьевых материалов могут происходить выбросы твердых частиц. Иногда тяжелые металлы могут присутствовать в твердых частицах. В соответствии с CORINAIR90 основные соответствующие загрязнители представляют собой  $SO_2$ ,  $NO_x$  и  $CO_2$ .

Отработанные газы, выбрасываемые из стеклоплавильных печей, включают, главным образом, газы сжигания, полученные из топлива и газов, возникающих в результате плавки шихты или паров, выбрасываемых в результате плавки, которые, в свою очередь, зависят от химических реакций, происходящих в печи. Пропорция газов в шихте, выделяющихся только из огневых печей, составляет 3–5 % общего объема газа (VDI, 1998).

#### 2.3.1.1 Окислы серы

Количество  $SO_2$ , выбрасываемое во время производства стекла, главным образом, определяется содержанием серы в топливе, содержание серы в шихте и способностью произведенным стеклом поглощать серу (VDI, 1998; Gitzhofer, 1993).

Сера, добавленная в шихту, частично связывается в стекле в виде  $SO_3$  или сульфида в восстановленных расплавленных стеклах. Стекло содержит до 0,4 весовых процентов  $SO_3$  (VDI, 1998). Содержание  $SO_3$  в топливных газах составляет 5-10 % содержания  $SO_2$ . Количество  $SO_3$  зависит от избыточного воздуха.

Содержание  $SO_2$  в отходящих газах также определяется рабочими условиями ванной стекловаренной печи. В ваннных печах, приводимых в действие попеременным нагревом пламени на основании регенеративного принципа, наблюдается увеличение содержания  $SO_2$  в отходящих газах. Это весьма вероятно из-за ускоренного распада сульфата при временно ухудшенных условиях сжигания, снижения способности расплавленного стекла поглощать серу при увеличении температуры в верхней зоне печи, а также из-за испарения уже сконденсированных аллотропных модификаций серы в подогревателе воздуха (Gitzhofer, 1993). Содержание кислорода в камере сгорания печи также воздействует на содержание  $SO_2$  в отходящем газе: если количество избыточного воздуха уменьшается, чтобы свести к минимуму подаваемое топливо и подавить образование  $NO_x$ , может наблюдаться увеличение содержания  $SO_2$  в отходящем газе. Это имеет место в связи с тем, что способность расплавленного стекла поглощать серу падает с уменьшением содержания кислорода в верхней зоне печи (Gitzhofer, 1993), распаду сульфата в газовой атмосфере, содержащей восстановленные соединения, как углеводороды и CO.

Поскольку природный и бытовой газы содержат лишь незначительное количество серы, наблюдается гораздо меньшее содержание  $SO_2$  в отходящих газах ваннных стекловаренных печах, работающих на газовом топливе, по сравнению с мазутными ваннными стекловаренными печами.

#### 2.3.1.2 Окислы азота

Соответствующий этап технологических выбросов  $NO_x$  в рамках производства стекла – этап плавки. Выбросы  $NO_x$  из стеклоплавильных печей – оксиды азота (NO – приблизительно 90 % из-за почти стехиометрического действия печей, остаток  $NO_x$  в топливных газах – диоксид азота ( $NO_2$ )). Концентрация оксида азота в отработанном газе стеклоплавильной печи, как правило, меньше предела определения (Quirk, 1997).

Существует четыре основных механизма образования  $\text{NO}_x$ . Три из них – механизм, связанный со сжиганием, и учитывает тепло, топливо и быстрое образование  $\text{NO}_x$ . Четвертый механизм (образование  $\text{NO}_x$  «шихты») – это результат использования нитратов в сырьевых материалах для определенных видов стекол. (Quirk, 1997) в стеклоплавильной печи диапазон плавки стекла обычно варьируется от 1 350 °С до 1 600 °С (VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997), что ведет к созданию температуры выше 2 000 °С (Abraham и др., 1997). Это объясняет присутствие высокой концентрации  $\text{NO}_x$  почти исключительно из-за теплового воздействия на  $\text{NO}_x$  (в соответствии с механизмом Зельдовича). Некоторые параметры влияют на механизм теплового воздействия на  $\text{NO}_x$ : температура пламени, тип топлива (работа печи на газообразном топливе дает самые максимальные температуры пламени, чем на мазутном топливе), содержание кислорода в зоне реакции в пламени, время пребывания газа сгорания в высокотемпературных зонах пламени. Эти параметры напрямую связаны с рабочими параметрами, например, тип горелки, положение горелки, настройки горелки и конструкция стеклоплавильной печи, количество избыточного воздуха, смесь топлива и воздуха горения, скорость воздуха и т.п. (Kircher, 1993; Flamme, 1993; Flamme and Haep, 1994). Быстрое образование  $\text{NO}_x$  относительно небольшое и при сжигании природного газа  $\text{NO}_x$  топлива в основном равно нулю (Quirk, 1997).

Выброс соединений азота во время нагрева сырьевых материалов с содержанием нитратов и при переработке химических веществ также способствуют выбросам  $\text{NO}_x$ . На количество оксидов азота, возникающих в сырье, будет воздействовать концентрация и состав нитратов в сырье (Her Majesty's Inspectorate of Pollution, 1992). Например, определенные тонированные стекла в секторе листового стекла требуют использовать нитраты, которые создают дополнительные выбросы  $\text{NO}_x$ , почти такие же высокие, как и неконтролируемые, в результате операций с прозрачным листовым стеклом: типичные выбросы могут составлять 2 500 мг/Нм<sup>3</sup> для прозрачного стекла и 4 000 мг/Нм<sup>3</sup> для тонированного стекла (UNECE, 1998). Должно быть известно, что такое тонированное стекло может производиться только периодически. В специальной стекольной промышленности плавка сильно окисленного стекла или использование очищающих веществ, таких как окись сурьмы или оксид церия, требует добавления нитратов в шихту. Это увеличивает выбросы  $\text{NO}_x$  этих печей.

При использовании ванн стекловаренных печей, работающих на газе, достигаемая температура пламени выше по сравнению с печами, работающими на мазуте. Как следствие, ванны, работающие на мазуте, выделяют меньше  $\text{NO}_x$ , чем ванны, работающие на газе. Более того, поскольку характеристики пламени ванн печей с подковообразным пламенем отличаются от стеклоплавильных печей с поперечным направлением пламени, последние часто показывают более низкие выбросы  $\text{NO}_x$ . Рекуперативные печи дают более низкие выбросы  $\text{NO}_x$  (если выражено в мг/Нм<sup>3</sup>, а не в кг/т) в отличие от регенеративных печей, благодаря их более низкой температуре предварительного нагрева (Kircher, 1993), но из-за повышенного потребления энергии рекуперативных печей (они имеют меньшее энергопотребление) особые выбросы  $\text{NO}_x$  (на тонну стекломассы) могут быть почти такими же, как для регенеративных печей.

### **2.3.2 Выбросы, связанные с производством**

Самый важный источник атмосферных выбросов – печь с горячим сводом. Тяжелые металлы из сырьевых металлов или топлива частично испаряются в печи с горячим сводом. Тяжелые металлы, в зависимости от типа стекла и сырьевых материалов, которые выделяются в воздух, могут представлять собой мышьяк (только в некоторых случаях), свинец и селен.

Если мазутный или нефтяной кокс используется в процессе сжигания, также могут присутствовать никель и ванадий. В некоторых мировых отраслях в процессе плавки в качестве флюса часто используется флюорит. Если утилизируемое стекло, поступающее из этих стран, применяется в шихте, может происходить выброс небольшого количества флюорита.

Основные материалы для производства стекла – кремний и оксиды щелочных металлов или щелочно-земельные металлы. Оксиды щелочных металлов образуются в данном процессе в результате отделения карбонатов. Коэффициенты выбросов  $\text{CO}_2$ , указанные в соответствии с Leendertse (1998), вычислены из количества добавленных карбонатов, главным образом,

в процессе производства разных видов стекла, с учетом того, что все оксиды металлов происходят из карбонатов и, что не добавляется никаких утилизируемых отходов стекла. Если, тем не менее, используются оксиды, гидрокарбонаты, сульфаты или соответствующее количество утилизируемых отходов стекла, необходимо выполнить корректировку этих коэффициентов.

### 2.3.3 Тепловая нагрузка

Реальное энергопотребление, проверенное на практике в различных секторах, сильно варьируется приблизительно от 3,5 до более 40 ГДж/т. Данная цифра сильно зависит от конструкции печи, типа стеклянного изделия, скорости тяги, количества утилизируемых отходов стекла, объема и метода работы. Тем не менее, большая часть стекла производится в крупногабаритных печах и потребность в энергии для плавки, как правило, ниже 8 ГДж/т. Более подробную информацию по энергопотреблению для процесса производства стекла можно найти в проекте пересмотренного документа BREF для стекольной промышленности (Европейская Комиссия, 2008). Большая часть энергии на стекольных заводах используется для процесса плавки, хотя при производстве стекловолокна или стекловаты процессы формования и отверждения/сушки также требуют значительного количества энергии.

## 2.4 Средства регулирования

Мероприятия для снижения выбросов в стекольной промышленности включают первичные и вторичные меры снижения выбросов, которые, главным образом, нацелены на снижение выбросов  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$ . Они включают:

- уменьшение количества избыточного воздуха;
- сниженный предварительный нагрев воздуха;
- зональное горение;
- рециркуляция дымовых газов;
- повторное сжигание/процесс 3R;
- стеклоплавильные печи с низкими выбросами  $\text{NO}_x$
- кислороднотопливное горение
- электроплавка;
- избирательное некаталитическое восстановление (SNCR);
- избирательное каталитическое восстановление (SCR).

Более подробное описание технологий регулирования, которые могут применяться в стекольной промышленности, можно найти в документе BREF для стекольной промышленности (Европейская Комиссия, 2001) или пересмотренный проект документа BREF (Европейская Комиссия, 2008).

Меры для снижения выбросов в воздух в результате процесса сжигания могут также быть результатом снижения выбросов тяжелых металлов и пыли. Выбросы пыли в результате обработки сырьевых материалов могут быть снижены с помощью тканевых фильтров или разных усовершенствованных методов обработки. Выбросы диоксида углерода в результате процесса карбонизации можно снизить путем добавления большего количества утилизируемого стекла или с помощью основных некарбонатных материалов и с помощью мер энергосбережения полезных ископаемых.

## 3 Методы

### 3.1 Выбор метода

На рисунке 3.1 представлена процедура выбора методов оценки технологических выбросов в результате деятельности стекольной промышленности. Используются следующие основные процедуры:

- Если имеется подробная информация: используйте ее.
- Если категория источников является ключевой категорией, применяется Уровень 2 или лучший метод, кроме того собираются подробные входные данные. Дерево решений направляет пользователя в таких случаях к методу Уровня 2, так как предполагается, что легче получить необходимые входные данные для данного подхода, чем собрать данные уровня объекта для оценки Уровня 3
- Альтернативный вариант для метода Уровня 3 (детальное моделирование процесса) не включен в дерево решений. Однако подробное моделирование всегда выполняется на уровне объекта, при этом результаты моделирования можно увидеть в виде данных объекта дерева решений.

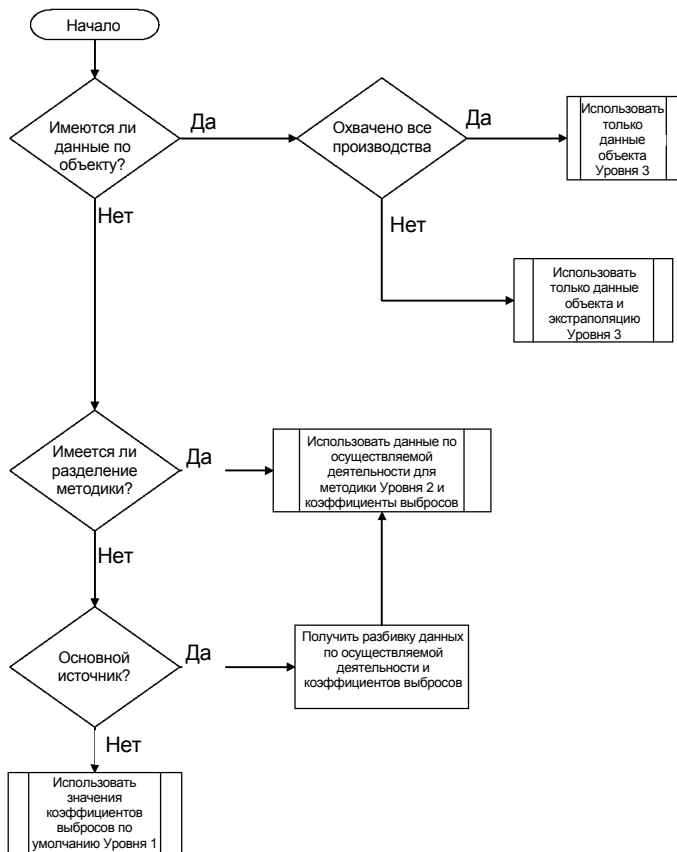


Рисунок 3.1 Дерево решений для категории источника 2.A.7.d, Другие полезные ископаемые

## 3.2 Подход по умолчанию Уровня 1

### 3.2.1 Алгоритм

В подходе Уровня 1 для выбросов стекольной промышленности используется общее уравнение:

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

Где:

$E_{\text{загрязнитель}}$  = выброс указанного загрязнителя

$AR_{\text{производство}}$  = интенсивность деятельности при производстве стекла

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

Данная формула применяется на национальном уровне, используя годовое национальное общее производство стекла. Информация по производству стекла, по которой можно оценить выбросы по более простой методике оценки (Уровень 1 и 2), имеется в Статистическом ежегоднике ООН или национальных статистических данных.

Коэффициенты выбросов Уровня 1 допускают среднюю или типовую технологию и внедрение борьбы с загрязнениями в стране и объединяют все вспомогательные процессы в производстве стекла от ввода сырья до окончательной отгрузки с объекта.

В случае, когда следует учитывать особые возможности борьбы с загрязнениями, метод Уровня 1 не применяется, а используются методы Уровня 2 и 3.

### 3.2.2 Коэффициенты выбросов по умолчанию

В таблице 3.1 указаны коэффициенты зафиксированных выбросов по умолчанию для производства стекла (в т.ч. выбросы в результате плавки и неплавки). Коэффициенты выбросов – результат анализа коэффициентов выбросов в результате производства листового, тарного стекла, т.к. эти два сектора вместе составляют 80 % стеклольной промышленности Европы (Европейская комиссия, 2008). Использовалось среднее распределение двух третей тарного стекла и одной трети листового стекла.

Особое внимание следует обращать не на регистрацию тех же выбросов в соответствии с главой 1.A.2.f.i и настоящей категорией источника. Предполагается, что коэффициенты выбросов для основных загрязнителей воздуха, такие как  $NO_x$  и  $SO_x$ , образуются, как правило, в результате сжигания и, следовательно, ссылка на них дана в главе 1.A.2.f.i. Все прочие выбросы в результате производства стекла представлены в настоящей главе с помощью подхода Уровня 1, чтобы избежать возможного риска двойного учета между этой главой и главой сжигания 1.A.2.f.i.

Тем не менее, в реальности, в результате данного процесса происходит выброс  $SO_x$ . При производстве стекла, как правило, обычно выбросы  $SO_x$  находятся в диапазоне 0,4 – 2 кг/т стекла (Beerrens, 2008).

Выбросы флюорина и хлорина также возникают в результате производства стекла. Тем не менее, поскольку они не являются требованиями к отчетности, они не рассматриваются в Руководстве.

Выбросы свинца часто зависят от количества используемого внешнего утилизируемого стекла и качества стеклобоя (Beerrens, 2008).

**Таблица 3.1 Коэффициенты выбросов Уровня 1 для категории источников 2.А.7.d Прочие полезные ископаемые**

Коэффициенты выбросов по умолчанию Уровня 1					
Код	Название				
Категория источника НО	2.А.7.d	Прочие полезные ископаемые (пожалуйста, укажите источники, включенные/исключенные в приложениях)			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
Не применяется	NOx, CO, NMVOC, SOx, NH3, Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex, Toxaphene, HCH, DDT, PCB, PCP, SCCP				
Не оценено	PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs, HCB				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
TSP	300	г/Мг стекла	100	600	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла
PM10	270	г/Мг стекла	90	540	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
PM2.5	240	г/Мг стекла	80	480	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
Pb	1.7	г/Мг стекла	0.1	15	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла
Cd	0.13	г/Мг стекла	0.01	0.28	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла
Hg	0.003	г/Мг стекла	0.0003	0.039	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла
As	0.19	г/Мг стекла	0.01	1.1	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла
Cr	0.23	г/Мг стекла	0.01	2.3	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла
Cu	0.007	г/Мг стекла	0.001	0.011	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла
Ni	0.49	г/Мг стекла	0.02	1	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла
Se	0.8	г/Мг стекла	0.02	8.9	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла
Zn	0.37	г/Мг стекла	0.13	0.56	Среднее значение между значениями листового и тарного стекла

Примечание: Выбросы свинца, главным образом, определяются по количеству используемых утилизируемых отходов стекла (Beerkens, 2008)

### 3.2.3 Данные по осуществляемой деятельности

Информация по производству стекла, подходящая для оценки выбросов с помощью (более простой) методологии Уровня 1, широко доступна в Статистическом ежегоднике ООН или в национальных статистических данных.

Дополнительные руководящие указания представлены в Методических указаниях IPPC 2006г. по проведению национальной инвентаризации, том 3 по промышленным процессам и использованию продукта (IPPU), глава 2.4.1.3, «Выбор статистических данных об осуществляемой деятельности».

## 3.3 Технологический подход Уровня 2

### 3.3.1 Алгоритм

Подход Уровня 2 аналогичен Уровню 1. Для использования подхода по Уровню 2, должно быть разделение как по данным по осуществляемой деятельности, так и по коэффициентам выбросов в соответствии с разными типами производства стекла (здесь упоминается как «методики»), которые могут происходить в стране.

Подход по Уровню 2 заключается в следующем:

Разделение производства стекла в стране с целью моделирования разных продуктов и типов процессов, происходящих в национальной стекольной промышленности по списку:

- определить производство, используя каждый отдельный тип стекла (называемые вместе «методики» в формуле далее) отдельно;
- применения коэффициентов выброса в зависимости от используемой технологии для каждого типа процесса:

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

где:

$AR_{\text{производство, технология}}$  = производительность в рамках категории источника, с использованием характерной технологии

$EF_{\text{технология, загрязнитель}}$  = коэффициент выбросов для данной технологии и загрязнителя

В стране, в которой используется только одна технология, коэффициент проницаемости будет 100 % и алгоритм в формуле (3) снижается до:

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

где:

$E_{\text{загрязнитель}}$  = выброс указанного загрязнителя

$AR_{\text{производство}}$  = интенсивность деятельности при производстве стекла

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

Коэффициенты выбросов в данном подходе включают в себя все вспомогательные процессы в промышленности от ввода сырья до отгрузки произведенного стекла заказчиком.

### 3.3.2 Коэффициенты технологических выбросов

Данный подраздел представляет характерные для технологии коэффициенты выбросов, необходимые для применения подходов Уровня 2 для обработки выбросов в результате производства стекла. Документ BREF для данной промышленности можно найти на сайте: <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm> – см. раздел 4.3.1.

Коэффициенты выбросов в документах BREF, главным образом, указаны в диапазонах. Диапазон рассматривается как 95 % доверительного интервала, тогда как среднее геометрическое данного диапазона выбирается, как значение коэффициента выброса, указанного ниже в таблице.

#### 3.3.2.1 Производство листового стекла

В таблице 3.2 указаны коэффициенты выбросов для производства листового стекла. Коэффициенты выбросов тяжелых металлов основаны на средних значениях измерений с объектов производства стекла Европы (Rivet, 2008). Также  $SO_x$  выбрасывается в результате данного процесса, но выбросы  $SO_x$  в результате деятельности стекольной промышленности фиксируются в главе 1.A.2.f.i, чтобы избежать риска двойного учета выбросов, насколько это возможно. Коэффициенты выбросов для суммарных выбросов твердых частиц (TSP) берут из проекта пересмотренного документа BREF для стекольной промышленности (Европейская Комиссия, 2008). Выбросы  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  рассчитываются из коэффициента выброса TSP с помощью Скоординированной европейской программы по инвентаризации выбросов твердых частиц (SERMEIP) (Visschedijk и др., 2004).

**Таблица 3.2 Коэффициенты выбросов Уровня 2 для категории источника 2.A.7.d Прочие полезные ископаемые, производство стекла, листовое стекло**

Коэффициенты выбросов Уровня 2					
	Код	Название			
Категория источника НО	2.A.7.d	Прочие полезные ископаемые (пожалуйста, укажите источники, включенные/исключенные в/из примечания)			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
ИНЗВ (если применимо)	030314	Листовое стекло			
Технологии/методики	Производство листового стекла				
Региональные условия					
Технологии снижения загрязнений	Уменьшить выбросы печи (первичный/вторичный методы)				
Не применяется	NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex, Toxaphene, HCH, DDT, PCB, PCP, SCCP				
Не оценено	PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 ПАХ, HCB				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
TSP	130	г/Мг стекла	20	800	Европейская Комиссия (2008)
PM10	120	г/Мг стекла	18	720	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
PM2.5	100	г/Мг стекла	16	640	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
Pb	0.4	г/Мг стекла	0.23	0.68	Rivet (личное общение, 2008)
Cd	0.068	г/Мг стекла	0.01	0.25	Rivet (личное общение, 2008)
Hg	0.003	г/Мг стекла	0.001	0.039	Rivet (личное общение, 2008)
As	0.08	г/Мг стекла	0.01	0.18	Rivet (личное общение, 2008)
Cr	0.08	г/Мг стекла	0.01	0.13	Rivet (личное общение, 2008)
Cu	0.007	г/Мг стекла	0.001	0.011	Rivet (личное общение, 2008)
Ni	0.74	г/Мг стекла	0.54	0.97	Rivet (личное общение, 2008)
Se	0.15	г/Мг стекла	0.02	0.4	Rivet (личное общение, 2008)
Zn	0.37	г/Мг стекла	0.13	0.56	Rivet (личное общение, 2008)

Обратите внимание, что хлористо-водородная кислота (HCl) и фторводород (HF) также выбрасываются с заводов по производству стекла, но они не рассматриваются в настоящем Руководстве. В случае использования мазутных печей, может выделяться ванадий, а также выбросы никеля могут быть выше.

Повторим, что выбросы NO<sub>x</sub> и SO<sub>x</sub> происходят в результате сжигания, и рекомендуется указать эти выбросы в главе 1.A.2.f.i. Пожалуйста, обратите внимание на соответствующие коэффициенты выбросов в результате сжигания, указанные в данной главе.

### 3.3.2.2 Производство тарного стекла

Для производства тарного стекла коэффициенты выбросов по умолчанию даны в таблице 3.3. Коэффициенты выбросов, главным образом, берут из пересмотренного документа BREF для стекольной промышленности (Европейская Комиссия, 2008), тогда как фракции PM10 и PM2.5 рассчитываются с помощью анализа твердых частиц CEPMEIP (Visschedijk и др., 2004).



**Таблица 3.3 Коэффициенты выбросов Уровня 2 для категории источника 2.A.7.d Прочие полезные ископаемые, производство стекла, тарное стекло**

Коэффициенты выбросов Уровня 2					
Категория источника НО	Код	Название			
Категория источника НО	2.A.7.d	Прочие полезные ископаемые (пожалуйста, укажите источники, включенные/исключенные в приложениях)			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
ИНЗВ (если применимо)	030315	Тарное стекло			
Технологии/методики	Производство тарного стекла				
Региональные условия					
Технологии снижения загрязнений	Первичные меры без вторичного способа предотвращения загрязнения окружающей среды				
Не применяется	NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex, Toxaphene, HCH, DDT, PCB, PCP, SCCP				
Не оценено	Hg, Cu, Zn, PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs, HCB				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
TSP	280	г/Мг стекла	100	580	Европейская Комиссия (2008)
PM10	250	г/Мг стекла	90	520	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
PM2.5	220	г/Мг стекла	80	460	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
Pb	2.9	г/Мг стекла	0.1	15	Европейская Комиссия (2008)
Cd	0.12	г/Мг стекла	0.07	0.28	Европейская Комиссия (2008)
As	0.29	г/Мг стекла	0.01	1.1	Европейская Комиссия (2008)
Cr	0.37	г/Мг стекла	0.02	2.3	Европейская Комиссия (2008)
Ni	0.24	г/Мг стекла	0.02	1	Европейская Комиссия (2008)
Se	1.5	г/Мг стекла	0.075	8.9	Европейская Комиссия (2008)

Что касается раздела по тарному стеклу, необходимо обратить внимание, что также выделяются HCl и HF, но поскольку нет необходимости выполнять национальную инвентаризацию, в данный документ они не включены. Рекомендуется зафиксировать выбросы SO<sub>x</sub> и NO<sub>x</sub> в категории источника 1.A.2.f.i.

### 3.3.2.3 Производство стекловолокна

Соответствующие коэффициенты выбросов для использования в производстве стекловолокна указаны ниже в таблице 3.4. Имеются только коэффициенты выбросов для твердых частиц; коэффициенты выбросов для отдельных тяжелых металлов не доступны. Коэффициенты выбросов для суммарных выбросов твердых частиц (TSP) берут из пересмотренного документа BREF для стекольной промышленности (Европейская Комиссия, 2008). Коэффициенты выбросов для PM10 и PM2.5 анализируются с помощью распределения размера частиц SERMEIP (Visschedijk и др., 2004).

Выбросы твердых частиц из печей производства стекловолокна могут показать высокий разброс значений, в зависимости от точного определения твердых веществ, т.к. пары из печей производства стекловолокна могут конденсировать частицы пыли в наибольшем диапазоне температуры. Следовательно, коэффициенты выбросов, указанные ниже в таблице, должны использоваться с особой внимательностью.

Тем не менее, в документе BREF нет информации по выбросам группы металлов. Коэффициенты выбросов для этих групп могут быть полезны для проверки.

**Таблица 3.4 Коэффициенты выбросов Уровня 2 для категории источника 2.А.7.d Прочие полезные ископаемые, производство стекла, стекловолокно**

Коэффициенты выбросов Уровня 2					
Категория источника НО	Код	Название			
	2.А.7.d	Прочие полезные ископаемые (пожалуйста, укажите источники, включенные/исключенные в приложениях)			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
ИНЗВ (если применимо)	030317	Прочее стекло			
Технологии/методики	непрерывное элементарное стекловолокно				
Региональные условия					
Технологии снижения загрязнений	Первичные способы снижения загрязнений, никакого вторичного способа				
Не применяется	NOx, CO, NMVOC, SOx, NH3, Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex, Toxaphene, HCH, DDT, PCB, PCP, SCCP				
Не оценено	Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs, HCB				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
TSP	100	г/Мг стекла	30	350	Европейская Комиссия (2008)
PM10	90	г/Мг стекла	27	315	Visschedijk и другие (2004), применяемый для TSP
PM2.5	70	г/Мг стекла	21	280	Visschedijk и другие (2004), применяемый для TSP

### 3.3.2.4 Производство стекловаты

Соответствующие коэффициенты выбросов для использования в производстве стекловаты указаны ниже в таблице 3.5. Для производства стекла их берут из пересмотренного документа BREF (Европейская комиссия, 2008) Рекомендуется обращать внимание не на двойной учет этих выбросов с выбросами, зафиксированными в соответствии с источником категории 1.А.2.f.i (Сжигание в обрабатывающей промышленности).

Продукция стекловаты обычно содержит часть вяжущего вещества на основе фенольной смолы. Вяжущий раствор наносится на волокна в зоне формования, они поперечно связываются и сушатся в вулканизационной печи. Отходящий газ зоны формования будет содержать твердые частицы, фенол, формальдегид и аммиак. Твердые частицы включают и органические, и неорганические материалы, часто с частицами очень маленького размера. Более низкий уровень ЛОС и аминов можно также определить, если они включены в систему связующего. Из-за характера процесса поток газа имеет очень высокий объем и высокое содержание влаги. Выбросы из печи будут содержать летучие материалы связующего, продукты распада связующего, водяные пары и продукты сгорания из горелок печей. После выхода из печи продукт охлаждается путем пропускания большого количества воздуха. По всей видимости, этот газ содержит волокна стекловаты и низкие уровни органического материала. Конечная обработка продукта включает резку, транспортировку и упаковку, которые могут привести к образованию выбросов пыли (Европейская Комиссия, 2001).

Важный фактор, имеющий основное воздействие на выбросы в результате формования, отверждения и охлаждения, - результат связующего вещества, наносимого на продукт, т.к. продукты с более высоким содержанием связующего приводят, как правило, к более высоким уровням выбросов. Выбросы, получаемые из связующего, зависят в основном от массы связующих веществ, нанесенных в указанное время и, следовательно, более высокого содержания связующего, и в меньшей степени, продукты с высокой плотностью могут способствовать увеличению выбросов (Европейская Комиссия, 2001).

Выбросы в результате плавки и после обработки плавки сведены в таблице 3.5.

**Таблица 3.5 Коэффициенты выбросов Уровня 2 для категории источника 2.А.7.d Прочие полезные ископаемые, производство стекла, стекловата**

Коэффициенты выбросов Уровня 2					
Код	Название				
Категория источника НО	2.А.7.d	Прочие полезные ископаемые (пожалуйста, укажите источники, включенные/исключенные в приложениях)			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
ИНЗВ (если применимо)	030316	Стековата (за исключением связующего вещества)			
Технологии/методики	Производство стекловаты				
Региональные условия					
Технологии снижения загрязнений					
Не применяется	NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>x</sub> , Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex, Toxaphene, HCH, DDT, PCB, PCP, SCCP				
Не оценено	Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs, HCB				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
НМЛОС	500	г/Мг стекла	100	2800	Европейская Комиссия (2008)
NH <sub>3</sub>	1400	г/Мг стекла	300	6500	Европейская Комиссия (2008)
TSP	670	г/Мг стекла	80	5600	Европейская Комиссия (2008)
PM10	590	г/Мг стекла	70	5000	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
PM2.5	520	г/Мг стекла	60	4500	Visschedijk (2004), применяемый для TSP

### 3.3.2.5 Производство остального стекла

К настоящему подразделу относится производство прочего стекла. В данном разделе представлены таблицы коэффициентов выбросов Уровня 2 для типов стекла, которые не рассматривались выше. Данный раздел включает таблицы коэффициентов выбросов для свинцового хрустала и водомерного стекла. В таблицу 3.6 включены только коэффициенты выбросов для твердых частиц и Pb в результате производства свинцового хрустала. Коэффициенты выбросов основаны на информации, полученной из пересмотренного документа BREF для стекольной промышленности (Европейская Комиссия, 2008), дополнительная информация была получена от экспертов промышленности (Beerkens, 2008).

**Таблица 3.6 Коэффициенты выбросов Уровня 2 для категории источника 2.А.7.d Прочие полезные ископаемые, производство стекла, прочие виды стекла, свинцовый хрусталь**

Коэффициенты выбросов Уровня 2					
Код	Название				
Категория источника НО	2.А.7.d	Прочие полезные ископаемые (пожалуйста, укажите источники, включенные/исключенные в приложениях)			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
ИНЗВ (если применимо)	030317	Прочее стекло			
Технологии/методики	Свинцовое стекло				
Региональные условия					
Технологии снижения загрязнений	В работе используются фильтры				
Не применяется	NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex, Toxaphene, HCH, DDT, PCB, PCP, SCCP				
Не оценено	Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs, HCB				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
TSP	10	г/Мг стекла	5	30	Beerkens (2008)
PM10	9	г/Мг стекла	5	27	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
PM2.5	8	г/Мг стекла	4	24	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
Pb	10	г/Мг стекла	5	30	Beerkens (2008)

Для свинцового хрустала коэффициенты выбросов могут сильно отличаться, в зависимости от типа фильтров, которые используются в работе. Почти все заводы, входящие в состав ЕС используют в работе фильтры, которые снижают выбросы РМ до значений ниже 20-30 г/т стекла, иногда даже меньше 10 г/т. Большая часть включает свинец. Тем не менее, если в работе не используется фильтр, выбросы твердых частиц, а также свинца могут достигать больше 1 кг/т (Beerkens, 2008).

**Таблица 3.7 Коэффициенты выбросов Уровня 2 для категории источника 2.А.7.d Прочие полезные ископаемые, производство стекла, прочие виды стекла, водомерное стекло**

Коэффициенты выбросов Уровня 2					
Код	Название				
Категория источника НО	2.А.7.d	Прочие полезные ископаемые (пожалуйста, укажите источники, включенные/исключенные в приложениях)			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
ИНЗВ (если применимо)	030317	Прочее стекло			
Технологии/методики	Водомерное стекло				
Региональные условия					
Технологии снижения загрязнений					
Не применяется	NOx, CO, NMVOC, SOx, NH3, Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex, Toxaphene, HCH, DDT, PCB, PCP, SCCP				
Не оценено	Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs, HCB				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Lower	Upper	
TSP	200	г/Мг стекла	70	600	Европейская Комиссия (2008)
PM10	180	г/Мг стекла	60	540	Visschedijk (2004), применяемый для TSP
PM2.5	160	г/Мг стекла	50	480	Visschedijk (2004), применяемый для TSP

### 3.3.3 Устранение загрязнений окружающей среды

Существует ряд технологий дополнительной очистки, целью которых является снижение выбросов конкретных загрязнителей. Получающиеся выбросы можно рассчитать заменой характерного для технологии коэффициента выброса уменьшенным коэффициентом выброса, как представлено в формуле:

$$EF_{\text{технология, уменьш.}} = (1 - \eta_{\text{устранение загрязнений}}) \times EF_{\text{технология, неуменьш.}} \quad (4)$$

Где:

- $EF_{\text{технология, уменьш.}}$  = коэффициент выбросов после внедрения мер по борьбе с загрязнением окружающей среды
- $\eta_{\text{устранение загрязн.}}$  = эффективность устранения загрязнений окружающей среды
- $EF_{\text{технология, неконтр. выбр.}}$  = коэффициент выбросов до внедрения мер по борьбе с загрязнением окружающей среды

В настоящем подразделе представлены значения результативности устранения загрязнений окружающей среды по умолчанию для ряда процессов устранения загрязнения окружающей среды, применимых в данном секторе. Значения результативности устранения загрязнений окружающей среды должны применяться с осторожностью, поскольку они представляют среднюю результативность по сектору без учета различных видов стекла.

#### 3.3.3.1 Листовое стекло, выдувное или тянутое стекло, тарное стекло

Данный подраздел предоставляет результативность устранения загрязнений окружающей среды для листового стекла, выдувного или тянутого стекла и тарного стекла. Результативность предоставляется для твердых частиц и относится к старому, неконтролируемому заводу.

**Таблица 3.8** Результативность устранения загрязнения окружающей среды ( $\eta_{\text{устранение загрязнения}}$ ) для категории источника 2.A.7.d, Другие полезные ископаемые, производство стекла

Эффективность устранения загрязнений Уровня 2					
	Код	Название			
Категория источника НО	2.A.7.d	Другие полезные ископаемые			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ	не применимо			
ИНЗВ (если применимо)	030314 030315	Листовое стекло, тарное стекло			
Технологии/методики	Листовое стекло, выдувное или тянутое стекло, тарное стекло				
Технологии снижения загрязнений	Загрязнитель	Эффективность	95% доверит. интервал		Ссылки
		Значение по умолчанию	Нижний	Верхний	
Контроль газовых или мазутных, ограниченных выбросов	Частица > 10 $\mu\text{м}$	75%	25%	92%	Visschedijk и другие (2004)
	10 $\mu\text{м}$ > частица > 2,5 $\mu\text{м}$	75%	25%	92%	Visschedijk и другие (2004)
	2,5 $\mu\text{м}$ > частицы	75%	25%	92%	Visschedijk и другие (2004)
Электрический подогрев, электростатический пылеуловитель, скруббер или тканевый фильтр	Частица > 10 $\mu\text{м}$	99%	96%	100%	Visschedijk и другие (2004)
	10 $\mu\text{м}$ > частица > 2,5 $\mu\text{м}$	99%	96%	100%	Visschedijk и другие (2004)
	2,5 $\mu\text{м}$ > частицы	99%	96%	100%	Visschedijk и другие (2004)

### 3.3.3.2 Стекловолокно

Данный подраздел предоставляет результативность устранения загрязнений окружающей среды для стекловолокна. Результативность предоставляется для твердых частиц и относится к старому, неконтролируемому заводу.

**Таблица 3.9** Результативность устранения загрязнения окружающей среды ( $\eta_{\text{устранение загрязнения}}$ ) для категории источника 2.A.7.d, Другие полезные ископаемые, производство стекла

Эффективность устранения загрязнений Уровня 2					
	Код	Название			
Категория источника НО	2.A.7.d	Другие полезные ископаемые			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ	не применимо			
ИНЗВ (если применимо)	030317	Прочее стекло			
Технологии/методики	Стекловолокно				
Технологии снижения загрязнений	Загрязнитель	Эффективность	95% доверит. интервал		Ссылки
		Значение по умолчанию	Нижний	Верхний	
Контроль газовых или мазутных, ограниченных выбросов	Частица > 10 $\mu\text{м}$	50%	0%	83%	Visschedijk и другие (2004)
	10 $\mu\text{м}$ > частица > 2,5 $\mu\text{м}$	50%	0%	83%	Visschedijk и другие (2004)
	2,5 $\mu\text{м}$ > частицы	50%	0%	83%	Visschedijk и другие (2004)
Электрический подогрев, электростатический пылеуловитель, скруббер или тканевый фильтр	Частица > 10 $\mu\text{м}$	75%	25%	92%	Visschedijk и другие (2004)
	10 $\mu\text{м}$ > частица > 2,5 $\mu\text{м}$	75%	25%	92%	Visschedijk и другие (2004)
	2,5 $\mu\text{м}$ > частицы	75%	25%	92%	Visschedijk и другие (2004)

### 3.3.4 Данные по осуществляемой деятельности

Информация по производству стекла, подходящая для оценки выбросов с помощью Уровня 1 или Уровня 2 широко доступна в Статистическом ежегоднике ООН или в национальных статистических данных.

Дополнительные руководящие указания представлены в Методических указаниях IPPC 2006г. по проведению национальной инвентаризации, том 3 по промышленным процессам и использованию продукта (IPPU), глава 2.4.1.3, «Выбор статистических данных об осуществляемой деятельности».

## 3.4 Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных

### 3.4.1 Алгоритм

Существует два разных способа использования методов оценки выбросов, которые выходят за пределы описанного выше подхода для конкретной технологии:

- Подробное моделирование процессов в стекольной промышленности;
- Отчеты по выбросам на уровне объекта.

### 3.4.1.1 Подробное моделирование процесса

Анализ выбросов Уровня 3 посредством данных о процессе создают отдельные оценки последовательных ступеней процессов производства стекла.

### 3.4.1.2 Данные объектного уровня

Если имеются данные объектного уровня соответствующего качества (см. главу 6 по Управлению инвентаризацией в части А Руководства), их необходимо использовать. Существует две возможности:

- Отчетность по объекту охватывает все стекольное производство в стране;
- Отчетность выбросов объектного уровня недоступна для всех стекольных заводов в стране.

Если данные объектного уровня охватывают все производство стекла в стране, следует сравнить применяемые коэффициенты выбросов (зафиксированные выбросы, разделенные национальным производством) со значениями по умолчанию коэффициентов выбросов или коэффициентов выбросов, характерных для технологий. Если подразумеваемые коэффициенты выбросов находятся вне 95 % доверительного интервала для значений, указанных в таблицах коэффициентов выбросов Уровня 1 и Уровня 2 заданных, то рекомендуется объяснить причины этого в отчете по составлению регистра выбросов.

Если общий годовой объем стекольного производства в стране не включен в состав всех отчетов по объектам, необходимо оценить недостающую часть общих национальных выбросов от категории источника, посредством экстраполяции:

$$E_{\text{итого, загрязнитель}} = \sum_{\text{установки}} E_{\text{установка, загрязнитель}} \left( \frac{\text{Национальное производство}}{\sum_{\text{установки}} \text{Производство}_{\text{установка}}} \right) \times EF \quad (5)$$

Где:

$E_{\text{итого, загрязнитель}}$	=	Общие выбросы загрязняющих веществ для всех установок в пределах категории источника
$E_{\text{установка, загрязнитель}}$	=	выбросы загрязняющих веществ в соответствии с отчетом по установкам
Производство <sub>итого</sub>	=	производительность в рамках категории источника
Производство <sub>установка</sub>	=	Производительность в рамках установки
$EF_{\text{загрязнитель}}$	=	коэффициент выброса загрязняющих веществ

В зависимости от определенных национальных обстоятельств и охвата отчетов объектного уровня по сравнению с общим национальным производством стекла, коэффициент выброса ( $EF$ ) в данной формуле необходимо выбрать из следующих возможных вариантов в порядке убывания предпочтения:

- коэффициенты технологических выбросов, основанные на знании типов технологий реализованных на заводах, на которых отчеты по выбросам на уровне завода отсутствуют;
- коэффициент подразумеваемых выбросов, который получен из имеющихся отчетов по выбросам:

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

- коэффициент выбросов уровня 1 по умолчанию. данный вариант следует выбирать только в том случае, если отчеты по выбросам уровня завода охватывают более 90 % общенационального производства.

### 3.4.2 *Уровень 3: моделирование выбросов и использование объектных данных*

Многие объекты стекольной промышленности являются основными промышленными объектами, при этом данные по выбросам для отдельных установок могут быть получены из Реестра выбросов и переносов загрязнителей (РВПЗ) или другой схемы отчетности по выбросам. Когда количество таких данных гарантировано системой обеспечения/контроля качества (QA/QC), разработанной надлежащим образом, а отчеты по выбросам проверены независимой схемой проверки, эти данные следует использовать. Если для охвата всего производства стекла в стране требуется экстраполяция, могут использоваться, либо применимые коэффициенты выбросов для объектов, вносимых в отчет, либо коэффициенты выбросов, указанные выше.

В данном руководстве не представлены модели выбросов для стекольной промышленности. Тем не менее, такая модель может быть разработана и использоваться в национальной инвентаризации. Если это происходит, следует сравнить результаты модели с коэффициентами выбросов Уровня 1 и Уровня 2 для анализа надежности модели. Если модель предлагает коэффициенты выбросов за пределами 95 % доверительной области, указанной в таблице выше, рекомендуется включить данные экстраполяции в документацию и, желательно, отразить в Информационном Отчете об Инвентаризации.

### 3.4.3 *Данные по осуществляемой деятельности*

Поскольку в РВПЗ обычно не содержатся данные по осуществляемой деятельности, такие данные в отношении выбросов объектного уровня, указанных в отчете, иногда сложно найти. Возможным источником деятельности объектного уровня могут быть реестры торговли разрешениями на выбросы.

Во многих странах национальные бюро статистики собирают данные по производству на уровне объекта, но во многих случаях в конфиденциальном порядке. Однако в некоторых странах национальные бюро статистики являются частью национальной системы инвентаризации выбросов, и при необходимости в бюро статистики может быть выполнена экстраполяция, что гарантирует конфиденциальность данных о производстве.

## 4 **Качество данных**

### 4.1 **Полнота**

Если сделана попытка разбить выбросы производства стекла на выбросы при сжигании и выбросы не при сжигании, необходимо проявлять внимательность и учесть все выбросы.

Необходимо проверить, что выбросы  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$ , которые не приписаны к данной категории источника, включены в выбросы, приписанные к категории источника 1.A.2.f.i.

### 4.2 **Предотвращение двойного учета с другими секторами**

Особенно следует избегать двойного учета выбросов, зарегистрированных во время выбросов при сжигании и обработке. Предполагается, что выбросы  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$  возникают, главным образом, в результате сжигания; следовательно, рекомендуется их регистрировать в данной категории источника 1.A.2.f.i.

## 4.3 Проверка

### 4.3.1 Коэффициенты выбросов при использовании наилучших из имеющихся технологий

Пересмотренный документ BREF для стекольной промышленности (Европейская Комиссия, 2008) обеспечивает достижимые уровни выбросов (AEL), связанные с использованием наилучших доступных технологий (НДТ) для разных видов произведенного стекла. См. данный документ для получения дополнительной информации и данных по концентрации выбросов при использовании НДТ.

## 4.4 Разработка согласованных временных рядов и повторный расчет

Конкретных вопросов для Уровня 1 и 2 нет

Для Уровня 3, на котором используются объектные данные, может поучиться так, что разный выбор данных объектного уровня указан в разных годах. Это может привести к несогласованности временных рядов. Более того, обычно доступны только данные РВПЗ для конкретных годов. Распределение последних зафиксированных данных в E-PRTR/EPER с данными за прошлые годы может использоваться для получения согласуемых временных рядов. Распределение можно использовать как для данных по осуществляемой деятельности, так и для коэффициентов выброса, характерных для страны.

Неожиданные несоответствия во временном ряду могут произойти, когда конкретные заводы по производству стекла вводятся в действие или закрыты в конкретный год. Если такое происходит, следует дать четкие указания в архиве инвентаризации.

## 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)

Выбросы в результате производства стекла, рассматриваемые в данной главе, включают в себя только выбросы загрязняющих веществ, возникших, главным образом, по причинам, отличным от сжигания топлива. Выбросы загрязняющих веществ, которые могут происходить, в основном, в результате сжигания топлива, должны быть зафиксированы под категорией источника 1.A.2.f.i в разделе промышленного сжигания. Необходимо проверить, являются ли данные по производству, использованные в настоящей главе, относящимися к использованию соответствующего топлива, как указано в разделе промышленного сжигания (глава 1.A.2.f.i). Удельное энергопотребление процесса производства стекла значительно изменяется в зависимости от конструкции печи, объема и метода работы. Реальная потребность в энергии варьируется в диапазоне от 3,5 до 40 ГДж/Мг произведенного стекла. Тем не менее, большая часть стекла производится в крупногабаритных печах и потребность в энергии для плавки, как правило, ниже 8 ГДж/Мг.

## 4.7 Координатная привязка

Какая-то специфика отсутствует.



## 4.8 Отчетность и документация

Особое внимание следует обратить не на двойной учет выбросов, а на их регистрацию и в данной категории источника и в источниках сжигания в отраслях обрабатывающей промышленности (глава 1.A.2.f.i).

## 5 Глоссарий

AR <sub>производство, технология</sub>	производительность в рамках категории источника, с использованием характерной технологии
AR <sub>производство, технология</sub>	производительность в рамках категории источника, с использованием характерной технологии
AR <sub>производство</sub>	интенсивность деятельности при производстве стекла
E <sub>установка, загрязнитель</sub>	выбросы загрязняющих веществ в соответствии с отчетом по установкам
E <sub>загрязнитель</sub>	выброс указанного загрязнителя
E <sub>итого, загрязнитель</sub>	Общие выбросы загрязняющих веществ для всех установок в пределах категории источника
EF <sub>страна, загрязнитель</sub>	коэффициент выбросов для конкретной страны
EF <sub>загрязнитель</sub>	коэффициент выброса загрязняющих веществ
EF <sub>технология, уменьш.</sub>	коэффициент выбросов после внедрения мер по борьбе с загрязнением окружающей среды
EF <sub>технология, загрязнитель</sub>	коэффициент выбросов для данной технологии и загрязнителя
EF <sub>технология, неконтр. выбр.</sub>	коэффициент выбросов до внедрения мер по борьбе с загрязнением окружающей среды
Проникновение <sub>технология</sub>	доля производства, использующая конкретную технологию
Производство <sub>установка</sub>	Производительность в рамках установки
Производство <sub>всего</sub>	производительность в рамках категории источника
η <sub>устранил. загрязн.</sub>	эффективность устранения загрязнений окружающей среды

## 6 Список использованной литературы

Abraham, D., Quirk, R., de Reydellet, A., Scalet, B.M. and Tackels, G., 1997. *Personal communication*. July 1997.

Beerkens, R.G.C., 2008. *Personal communication*.

Eichhammer, W., Bradke, H., Flanagan, J., Laue, H.J. and Bahm, W., 1994. *Energy efficient techniques in domestic glass production*. Report to European Commission Directorate-General for Energy – DG XVII, Contract No. XVII/7001/90-8, June 1994.

EPA, 1995. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42) CD-ROM*. United States Environment Protection Agency.

European Commission, 2001. *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Technologies (BREF) in the Glass Manufacturing Industry*. European Commission, December 2001.

European Commission, 2008. *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Revised*

reference Document on Best Available Technologies (BREF) in the Glass Manufacturing Industry, draft. European Commission, February 2008.

Flamme, M., 1993. 'Feuerungstechnische NOx-minderungsverfahren'. In: *HVG-Fortbildungskurs 1993, Minderung der Staub- und Schadgas-emissionen bei Glasschmelzöfen*, Fachhochschule Nürnberg.

Flamme, M. and Haep, J., 1994. 'Möglichkeiten zur Minderung der NOx-bildung im Bereich der Glasindustrie'. In: *Gaswärme International*, 43,9.

Gitzhofer, K.-H., 1993. 'Emissionen und Stand der Abgasreinigung'. In: *HVG-Fortbildungskurs 1993, Minderung der Staub- und Schadgas-Emissionen bei Glasschmelzöfen*.

Her Majesty's Inspectorate of Pollution, 1992. *Glass Manufacture and Production Glass Frit and Enamel Frit, Environmental Protection Act 1990, Process Guidance Note IPR 3/5*. London, 1992.

IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

Jockel, W. and Hartje, J., 1991. *Datenerhebung über die Emissionen Umwelt-gefährdenden Schwermetalle*. Forschungsbericht 91-1-4 02 588, TÜV Rheinland e.V., Köln.

Kircher, U., 1993. 'NOx-Emissionen und Stand der Minderungstechnik'. In: *HVG-Fortbildungskurs 1993, Minderung der Staub- und Schadgas-Emissionen bei Glasschmelzöfen*. Fachhochschule Nürnberg.

Landesgewerbeamt Bayern, 1994. *Beurteilung von Anlagen zur Herstellung von Glas nach der 12. BImSchV*, Nürnberg.

Leendertse, A., 1998. *Personal communication about the carbonization process*.

Nölle, G., 1978. *Technik der Glasherstellung*. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.

Quirk, R., 1997. 'Review of controls of NOx: Glass opportunities – The challenge of the environment'. In: *Glass Technology*, Volume 38, No. 4, August 1997.

Rivet, F., 2008. *Personal communication*.

Schmalhorst, E. and Ernas, T., 1995. 'First practical experiences with an SCR DeNOx facility in a container glassworks'. In: *Glastechnische Berichte Glass Sci. Technol.*, 68, 5.

Teller, A.J. and Hsieh, J.Y., 1992. 'Glass manufacturing'. In: Buonicore, A.J. and Davis, T.W. (eds.), *Air pollution engineering manual*. New York.

UNECE, 1995. *State-of-the-art report – second edition*. Task Force on Heavy Metal Emissions, Prague.

UNECE, 1998. *Task Force on Assessment of Abatement Options / Techniques for Nitrogen Oxides from Stationary Sources, Draft Background Document*. French-German Institute of Environmental Research, Karlsruhe, April 1998.

VDI, 1998. *Emissionsminderung Glasshütten / Emission control glass manufacture*. VDI 2578, Düsseldorf.

VDI Kommission Reinhaltung der Luft, 1997. 'Emissionsminderung Glashütten, VDI Richtlinie 2578, 7. Vorentwurf'. In: *VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Volume 1*. Düsseldorf, April 1997.

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) 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/)).