

Категория		Название
<b>НО:</b>	3.B	Обращение с навозом
	3.B.1.a, 3.B.1.b, 3.B.2, 3.B.3, 3.B.4.a, 3.B.4.d, 3.B.4.e, 3.B.4.f, 3.B.4.g.i, 3.B.4.g.ii, 3.B.4.g.iii, 3.B.4.g.iv, 3.B.4.h	
<b>ИНЗВ:</b>	100901	Молочный скот
	100902	Немолочный скот
	100905	Овцы
	100903, 100904	Свиньи (Свиньи в заключительной стадии откорма и Свиноматки)
	100914	Буйволы
	100910	Козы
	100906	Лошади
	100912	Мулы и ослы
	100907	Куры-несушки
	100908	Бройлеры
	100909	Индейки
	100909	Другая домашняя птица
	100911, 100913, 100915	Пушной зверь, Верблюды, Другие животные
	<b>МСОК:</b>	
<b>Версия</b>	Руководство 2019	

\*Согласно отчетности НО, отчеты о категориях «Пушные звери» и «Верблюды» следует включать в 3.B.4.h 'Другие животные'.

#### Основные авторы

Барбара Амон, Николас Хатчингс, Ульрих Деммген, Свен Соммер, Дж. Уэбб

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

Йенс Сидорф, Торстен Хинц, Клаас ван дер Хок, Стин Гильденкерн, Метте Хьорф Миккельсен, Крис Дор, Беатриз Санчес Хименез, Харальд Мензи, Мартин Дедина, Ганс-Дитре Гаенел, Клаус Рёзман, Карен Гронештайн, Шабтай Биттман, Фил Хоббс, Лени Леккеркерк, Джузеппи Боназзи, Сью Кулинг, Дэвид Коуэлл, Кэролин Крез, Брайен Пейн, Збигнев Климонт

# Оглавление

<b>1</b>	<b>Общие сведения .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Описание источников.....</b>	<b>4</b>
2.1	Описание процесса .....	5
2.2	Сообщаемые выбросы.....	6
2.3	Средства регулирования .....	8
2.4	Факторы, которые следует учитывать при подготовке инвентаризации .....	8
<b>3</b>	<b>Методы.....</b>	<b>11</b>
3.1	Выбор метода.....	11
3.2	Отчетность о выбросах.....	12
3.3	Подход Уровня 1 по умолчанию.....	14
3.4	Подход Уровня 2, базирующийся на технологиях.....	23
3.5	Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных.....	42
3.6	Техническая поддержка .....	43
<b>4</b>	<b>Качество данных .....</b>	<b>43</b>
4.1	Полнота .....	43
4.2	Предотвращение двойного учета с другими секторами.....	43
4.3	Проверка достоверности.....	43
4.4	Разработка согласованных временных рядов и пересчет .....	43
4.5	Оценка неопределенности .....	44
4.6	Обеспечение/контроль качества инвентаризации (ОК/КК).....	46
4.7	Координатная привязка .....	47
4.8	Отчетность и документация .....	48
<b>5</b>	<b>Глоссарий .....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>Список использованной литературы.....</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>Наведение справок .....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>Приложение 1.....</b>	<b>53</b>
A1.1	Общие сведения.....	53
A1.2	Описание источников.....	53
A1.3	Методы .....	62
A1.6	Моделирование выбросов Уровня 3 и использование данных об объекте .....	74

# 1 Общие сведения

Инвентаризация выбросов требуется для трех целей:

- предоставлять ежегодные обновления общих выбросов для оценки соблюдения согласованных обязательств;
- определить основные источники выбросов для формулирования подходов к наиболее эффективному сокращению выбросов;
- предоставлять данные для моделей дисперсии и воздействия выбросов.

Руководящие указания в этом Руководстве главным образом направлены на то, чтобы страны могли готовить ежегодные национальные кадастры для целей регулирования. Результаты, полученные с использованием описанных здесь способов, также могут быть пригодны для некоторых целей моделирования, например, производство кривых затрат на борьбу с загрязнением. Однако из-за отсутствия разделения как во временном, так и в географическом масштабах, а также потому, что предлагаемые методы лишь в ограниченной степени принимают во внимание воздействие погоды на выбросы, результаты могут не подходить для использования в других моделях. Этот ограниченный учет воздействия погоды является результатом, в основном, трудностей с получением достаточно подробных данных о деятельности, позволяющих точно оценивать воздействие температуры и осадков, например, на выбросы. По возможности составители инвентаризации должны разработать методы учета влияния более подробных данных о деятельности. В этом Руководстве содержатся методологии, использующие исходные данные, которые могут быть точно получены составителями кадастра выбросов.

Выбросы аммиака ( $\text{NH}_3$ ) ведут к подкислению и заболачиванию природных экосистем.  $\text{NH}_3$  также может приводить к образованию вторичных твердых частиц (ТЧ). Оксид азота (NO) и неметановые летучие органические соединения (НМЛОС) участвуют в образовании озона ( $\text{O}_3$ ), который вблизи поверхности Земли, может оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека и рост растений. Выбросы твердых частиц также оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека.

Источником выбросов  $\text{NH}_3$ , NO и НМЛОС являются выделения сельскохозяйственных животных, откладываемые внутри и вокруг строений и накапливаемые в виде навозной жижи, твердого навоза или подстилочного стойлового навоза. В данной главе твердый навоз и подстилочный навоз совместно рассматриваются как «твердый навоз». Источниками данных выбросов являются строения, где содержится домашний скот, открытые скотные дворы, хранилища навоза, выбросы после внесения навоза в землю и во время выпаса скота. Выбросы твердых частиц (ТЧ) в основном образуются в ходе кормления, а также от подстилок для скота, от кожи животных или перьев и скапливаются в районе строений, где содержится домашний скот. Также имеют место выбросы оксида азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), они учитываются здесь при необходимости точной оценки выбросов  $\text{NH}_3$  и NO, однако эти выбросы не рассматриваются в настоящем документе, так как  $\text{N}_2\text{O}$  является парниковым газом.

Выделения домашнего скота и навоз являются причиной более чем 80 % выбросов  $\text{NH}_3$  в европейском сельском хозяйстве. Тем не менее, среди стран имеются значительные различия в отношении выбросов по основным категориям животноводства: крупный рогатый скот, свиньи, домашняя птица и овцы. Данные различия от страны к стране объясняются различным соотношением каждого класса животноводства и соответствующим им объемам выделений и выбросов азота (N), различиями в сельскохозяйственной практике, такой как содержание скота и использование навоза, а также различиями в климатических условиях.

Выбросы NO преобразуются в NO<sub>2</sub> и указываются вместе с выбросами NO<sub>2</sub> как NO<sub>x</sub>. Выбросы NO от стойлового содержания домашнего скота, открытых скотных дворов и хранения навоза являются источником лишь *приблизительно* 0,1 % общих выбросов NO (Таблица 1.1). Существует значительная неопределённость относительно выбросов НМЛОС от данного источника. В Hobbs et al. (2004) подсчитано, что выбросы от животноводства могут составлять *приблизительно* 7 % от общих выбросов Великобритании и похожая пропорция в настоящее время используется Европейской программой по мониторингу и оценке выбросов (ЕМЕП) (Таблица 1.1).

Выбросы от свиарников и птичников составляют примерно 30 и 55 % соответственно от сельскохозяйственных выбросов ТЧ<sub>10</sub>, источником оставшейся части выбросов главным образом является пахотное земледелие. Выбросы от строений для содержания домашнего скота оцениваются в примерно 9 % от общего количества выбросов ТЧ<sub>10</sub>.

В данной главе даются указания по расчету выбросов от всех стадий обращения с навозом, включая выбросы от стойлового содержания домашнего скота, открытых скотных дворов и хранения навоза, совместно с выбросами в результате распределения навоза по полям и экскрета пасущихся в полях животных. Некоторые из этих источников сообщаются в Номенклатуре отчетности (НО) в 3D Растениеводство и сельскохозяйственные земли, но все методологии представлены в данной главе вместе, потому что методология Уровня 2, разработанная для расчета выбросов NH<sub>3</sub> от домашнего скота, рассматривает данный вид выбросов как часть ряда источников, обеспечивающих воздействие выбросов NH<sub>3</sub> и других азотсодержащих выбросов на одном этапе использования навоза на выбросы NH<sub>3</sub> из последующих источников для учета (см. Приложение 1, раздел А.1.2). Полное описание требований к отчетности можно найти в разделе 3.2.

В остальной части данной главы комментарий 'см. Приложение 1' указывает, что более подробная информация приводится в Приложении.

**Таблица 1-1 Вклад животноводства в выбросы газов**

	NH <sub>3</sub> (°)	NO <sub>x</sub>	НМЛОС	ТЧ <sub>2,5</sub>	ТЧ <sub>10</sub>	ОКВЧ
Всего, Гг год <sup>-1</sup>	3 810	8 166	6 933	1 220	1 808	3 440
Домашний скот, Гг год <sup>-1</sup>	2 327	7	495	34	164	354
Домашний скот, %	61.1	0.1	7.1	2.8	9.1	10.3

**Примечание:** Данные цифры - оценки 2013 года для ЕС-27.

- (а) Оценки выбросов NH<sub>3</sub> включают только выбросы только от строений, открытых скотных дворов и хранения навоза. Выбросы после внесения навоза в землю и во время выпаса скота сообщаются в НО 3D, Растениеводство и сельскохозяйственные земли.

Гг год<sup>-1</sup>: Гигаграммы в год, NO<sub>x</sub>, оксиды азота; ОКВЧ, общее количество взвешенных частиц.

Источник: <http://ceip.at>

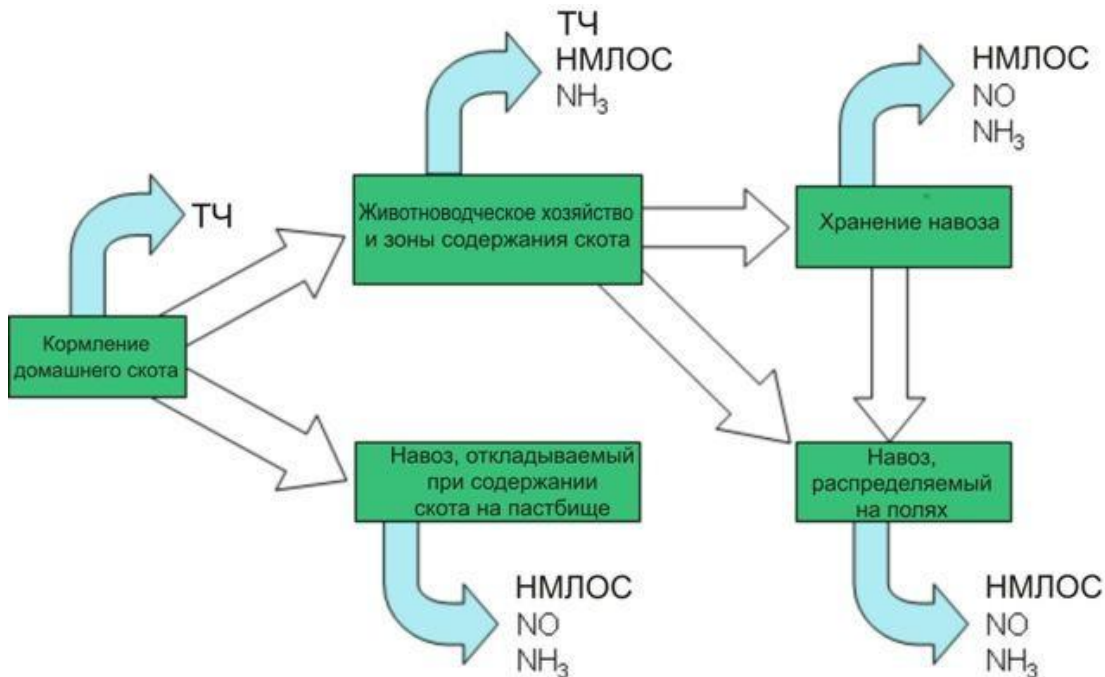
Данная глава разделена на два отдельных раздела. В первом разделе, основном тексте главы, представлено руководство по имеющимся методологиям для расчета выбросов Уровня 1 и 2. Во второй части представлена научная документация в основе методологий Уровня 1 и 2 и руководство по разработке методологии Уровня 3.

## 2 Описание источников

Выделяются пять основных источников выбросов, связанных с животноводством и обращением с навозом:

- кормление домашнего скота (ТЧ)
- навоз, образующийся в строениях для домашнего скота и на открытых скотных дворах (NH<sub>3</sub>, ТЧ, НМЛОС)
- хранение навоза (NH<sub>3</sub>, NO, НМЛОС)
- навоз, вносимый в почву на полях (NH<sub>3</sub>, NO, НМЛОС)
- экскреты, откладываемые при выпасе скота (NH<sub>3</sub>, NO, НМЛОС)
- 

## 2.1 Описание процесса



**Рисунок 2-1** Схема процесса для выбросов, возникающих в результате кормления домашнего скота, экскретов домашнего скота и обращения с навозом.

### 2.1.1 Аммиак

Испарение NH<sub>3</sub> происходит, когда NH<sub>3</sub> в растворе подвергается воздействию атмосферного воздуха. Степень выделения NH<sub>3</sub> зависит от химического состава раствора (включая концентрацию NH<sub>3</sub>), температуры раствора, площади поверхности, подверженной воздействию атмосферного воздуха, и сопротивления распространению NH<sub>3</sub> в атмосфере.

Источником выбросов NH<sub>3</sub> в результате обращения с навозом является азот, выделяемый домашним скотом.

NH<sub>3</sub> выделяется во всех случаях, когда экскрета или навоз находится под действием атмосферного воздуха; а именно в местах содержания домашнего скота, при хранении навоза, после внесения навоза в почву на полях и от выделений пасущихся животных (следует иметь в виду, что хотя выбросы NH<sub>3</sub> от внесения навоза и пасущихся животных рассчитываются в данном документе, отчетность по ним предоставляется согласно НО 3.D, Растениеводство и сельскохозяйственные почвы). Различия в сельскохозяйственных практиках, таких как содержание скота и обращение с навозом, и различия в климатических условиях оказывают значительное влияние на количество выбросов.

Более подробная информация о процессах, ведущих к выбросам  $\text{NH}_3$ , приводится в Приложении 1, Раздел А.1.2.1.

### **2.1.2 Оксид азота**

Оксид азота (NO) сначала образуется в результате нитрификации, а затем также в результате денитрификации в поверхностных слоях хранимого навоза или в навозе, аэрированном для уменьшения запаха или ускорения ферментации компоста. В настоящее время существует мало данных, описывающих выбросы NO в результате обращения с навозом). Выбросы оксида азота из почвы обычно рассматриваются как результат нитрификации. Ожидается повышенная нитрификация после внесения навоза и отложения выделений при выпасе скота. Выбросы NO от стойлового содержания домашнего скота и хранения навоза должны сообщаться в НО 3.В, а выбросы от внесения навоза в почву или от пастбищ в НО 3.Д.

### **2.1.3 Неметановые летучие органические соединения**

Значительные выбросы НМЛОС были измерены в результате животноводства. В дополнение к обращению с навозом, значительным источником являются хранилища силоса, и выбросы происходят во время кормления с силосом.

Источниками выбросов являются животноводческие постройки, скотные дворы, хранилища навоза, поля, на которые вносится навоз, и поля, используемые как пастбища для домашнего скота. Выбросы происходят от навоза, находящегося как в твердой форме, так и в виде навозной жижи. Лишь небольшое количество исследований, посвященных вопросу выбросов от животноводческих хозяйств, было проведено. Их результаты сильно разнятся, что приводит к большим неопределенностям при количественных оценках выбросов. Большинство исследований НМЛОС фокусировались на выбросах от строений для содержания скота и вопросах запаха.

### **2.1.4 Твердые частицы (ТЧ)**

Основным источником выбросов твердых частиц (ТЧ) являются постройки, где содержится домашний скот, хотя внешние скотные дворы также могут являться значительными источниками. Данные выбросы происходят главным образом в результате кормления, которое является причиной от 80 до 90 % от общего количества выбросов ТЧ от сельскохозяйственного сектора. Материалы подстилки для скота, например, солома или древесные опилки, также могут служить источником взвешенных в воздухе частиц. Птицеводческие и свиноводческие фермы являются основными источниками выбросов ТЧ. Выбросы от птичников также происходят из-за перьев и помета, тогда как выбросы от свинарников происходят из-за частиц кожи, фекалий и подстилки для скота. Деятельность животных также может привести к повторному попаданию в воздух ранее осевшей пыли в животноводческих постройках (вторичный унос). В Winkel et al. (2015) показано, что концентрации ТЧ внутри помещений для содержания свиней были значительно выше в дневное время и в особенности во время активности животных. Поэтому важно обеспечить, чтобы любые измерения выбросов проводились в течение достаточно длительного периода времени, чтобы убедиться, что они являются достаточно репрезентативными до того, как они будут расширены для определения ежегодной оценки выбросов.

## **2.2 Сообщаемые выбросы**

### **2.2.1 Аммиак**

Оценки выбросов  $\text{NH}_3$  в результате сельскохозяйственной деятельности показывают, что в Европе источником 60-90 % выбросов является животноводство (<http://webdab.emep.int>). Количество  $\text{NH}_3$ , выделяемого каждой категорией домашнего скота, отличается в зависимости от страны согласно

размеру данной категории. В большинстве стран молочный и другой рогатый скот являются основным источником выбросов  $\text{NH}_3$ . Например, во Франции молочные коровы являются источником 31 % общего количества выбросов в сельскохозяйственной сфере, тогда как другой рогатый скот является источником 24 % общего количества выбросов в сельском хозяйстве (СІТЕРА, 2015). В некоторых странах выбросы в результате свиноводства также могут быть значительными, например, в Дании, где свиноводство является источником примерно 40 % выбросов (Hutchings и др., 2001). Выбросы от категорий домашнего скота, помимо крупного рогатого скота, свиней и домашней птицы, в основном незначительные, хотя овцы могут быть значительным источником выбросов в некоторых странах.

Важно оценить относительный объем выбросов в результате различных этапов обращения с навозом. В большинстве стран источником большей части выбросов  $\text{NH}_3$  в результате животноводства являлись постройки, где содержится домашний скот, и внесение навоза в землю, каждый из этих источников обычно составляет 30–40 % выбросов  $\text{NH}_3$  в результате животноводства. Выбросы от хранения и наружного содержания домашнего скота по отдельности обычно составляют 10–20 % общего объема выбросов. Выбросы в результате выпаса скота обычно довольно малы, так как общий аммиачный азот (ОАА) в моче откладывается непосредственно на пастбище и быстро поглощается почвой. Часть выбросов от стойлового размещения скота и последующего внесения навоза в почву будет сокращаться по мере увеличения периода года, в который скот содержится на пастбище.

Широкомасштабное применение мер по устранению загрязнения окружающей среды хотя и сокращает выбросы  $\text{NH}_3$ , склонно к увеличению количественного отношения выбросов от стойлового размещения и выпаса скота, так как данные источники выбросов сложнее всего контролировать. Меры по устранению загрязнения окружающей среды при внесении навоза в почву на полях применяются максимально широко, так как они являются наиболее экономически эффективными. Меры по устранению загрязнения от стойлового размещения, наоборот, часто являются дорогостоящими и менее эффективными.

Для расчета выбросов  $\text{NH}_3$  необходимо иметь количественные данные по всем показателям, указанным в начале данного раздела. На практике результаты могут быть обобщены для получения 'средних' коэффициентов выбросов (КВ) по каждому месту содержания животных на каждом этапе выбросов для основных классов домашнего скота и типам обращения, или для расчета общих годовых КВ. Затем на основе данных по каждому классу животных в каждой стране определяется общий объем выбросов  $\text{NH}_3$ .

### **2.2.2 Оксид азота**

Существует очень мало данных по выбросам  $\text{NO}$  от навоза в результате содержания скота и хранения, которые могли бы использоваться для составления инвентаризации. Выбросы  $\text{NO-N}$  и  $\text{N}_2\text{O-N}$  рассчитываются для определения баланса массы азота для методологии Уровня 2, используемой для расчета выбросов  $\text{NH}_3$  и тем самым используются для оценки выбросов  $\text{NO}$  в результате содержания скота и хранения навоза.

### **2.2.3 Неметановые летучие органические соединения**

Перечень основных НМЛОС из основных источников выбросов и классификация летучих органических соединений (ЛОС) согласно степени их значимости были включены в протокол Конвенции о Трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (КТЗВБР) для рассмотрения сокращения выбросов ЛОС и их транснациональных потоков (UNEP, 1991). Протокол КТЗВБР распределяет НМЛОС на три группы, согласно их значимости в формировании случаев высокой концентрации озона, учитывая как глобальные объемы выбросов, так и способности ЛОС к реакции с гидроксильными радикалами.

Некоторые основные НМЛОС, выбросы которых происходят от стойлового содержания домашнего скота, перечислены в Приложении 1, раздел А1.2.2.

#### **2.2.4 Твердые частицы (ТЧ)**

Для подробного расчета выбросов ТЧ потребуются количественные данные по всем факторам, указанным в Приложении 1, разделе А1.2.2. На практике доступные данные позволяют использовать только средние КВ для каждой подкатегории домашнего скота.

Более подробная информация о выбросах приводится в Приложении 1, раздел А1.2.2.

### **2.3 Средства регулирования**

#### **2.3.1 Аммиак**

Описание мер по сокращению выбросов NH<sub>3</sub> от обращения с навозом можно найти онлайн ([https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE\\_EB.AIR\\_120\\_ENG.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf)[http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/N\\_6\\_21\\_Ammonia\\_Guidance\\_Document\\_Version\\_20\\_August\\_2011.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/N_6_21_Ammonia_Guidance_Document_Version_20_August_2011.pdf)) (Версия 7 Февраль 2014).

В Главе 3 объясняется как внедрение мер борьбы с загрязнением можно учитывать в национальных инвентаризациях, используя методологию Уровня 3. В Приложении 1, разделе А1.4, суммируются данные по осуществляемой деятельности, необходимые для учета мер борьбы с загрязнением окружающей среды.

#### **2.3.2 Оксид азота**

Использование ингибиторов нитрификации было предложено для сокращения выбросов N<sub>2</sub>O, поэтому их использование может принести дополнительную пользу при сокращении выбросов NO.

#### **2.3.3 НМЛОС**

Методики, уменьшающие выбросы NH<sub>3</sub> и запахов, также могут считаться эффективными для сокращения выбросов НМЛОС от навоза домашнего скота (Приложение 1, раздел А1.2.3). Возможные пути таких сокращений включают немедленное покрытие хранилищ силоса (ям) и минимизацию площади силоса, доступного для кормления животных.

#### **2.3.4 Твердые частицы (ТЧ)**

Были изучены методики по сокращению концентрации взвешенной пыли в животноводческих постройках. Они обобщены в Приложении 1, раздел А1.2.3.

### **2.4 Факторы, которые следует учитывать при подготовке инвентаризации**

#### **2.4.1 Аммиак**

При применении или разработке методик для оценки и отчета о выбросах, составители должны учитывать, что выбросы аммиака в результате животноводства зависят от многих факторов, включая:

- соотношение времени, проводимого животными внутри и вне помещения, например, на пастбище, скотном дворе или в стойлах, образ жизни животных;
- используются ли выделения домашнего скота в виде навозной жижи или твердого навоза;



- система содержания скота в помещении (особенно общая площадь на одно животное), хранится ли навоз внутри помещения.

Более того, нужно принимать во внимание количество навоза домашнего скота, используемого в качестве сырья для анаэробного дигерирования (АД), так как выбросы от сырья АД включаются в Главу 5.В.2.

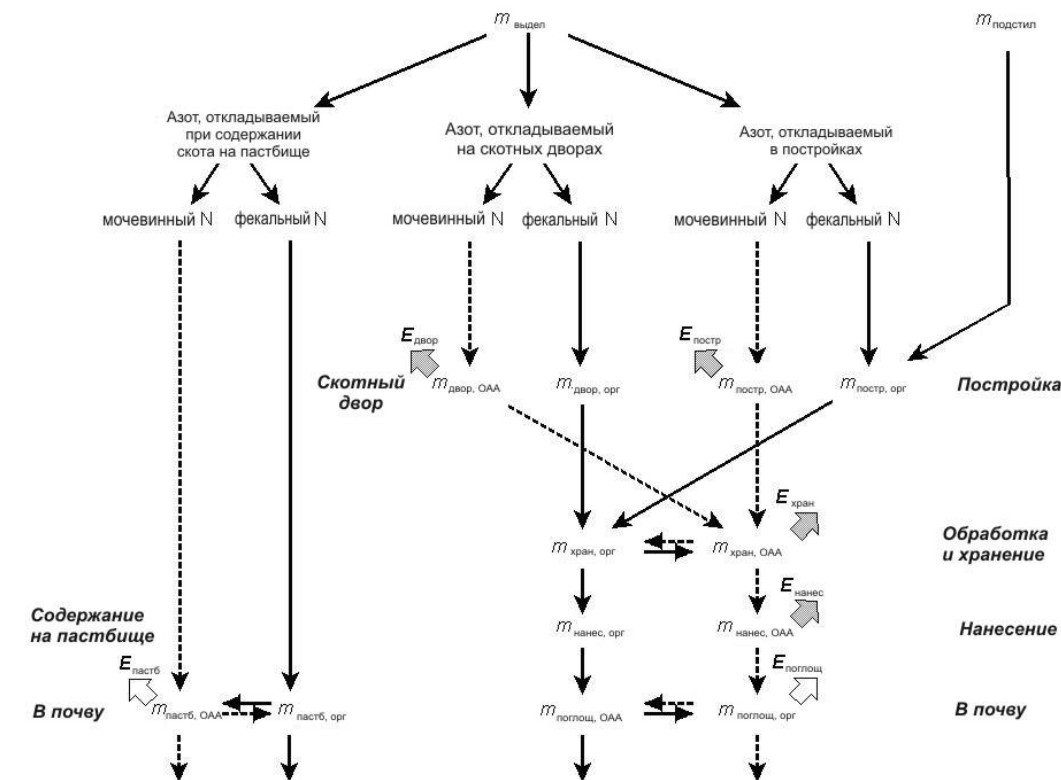
Выделение азота и последующие выбросы  $\text{NH}_3$  зависят от вида домашнего скота (например, крупный рогатый скот, свиньи). В рамках одного вида домашнего скота существуют большие различия среди животных, содержащихся для различных целей (например, молочный скот в сравнении с мясным скотом). Следовательно, необходимо по возможности разделять домашний скот согласно видам и типу продукции.

Выбросы аммиака из навоза домашнего скота во время содержания скота и хранения, и в результате внесения в почву зависят от:

- вида домашнего скота;
- материала подстилки;
- содержание ОАА в экскрете.

Другие факторы, которые следует учитывать при использовании методологии Уровня 3, перечислены в Приложении 1, раздел А1.4

- Пути выбросов соединений азота показаны на Рисунке 2.2

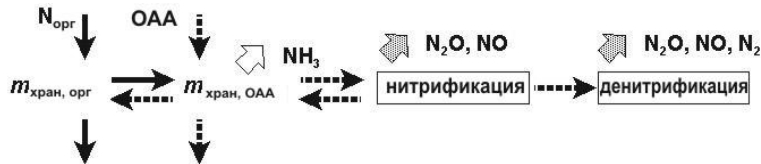


**Рисунок 2-2 Распределение азота (N) в системах обращения с навозом (Источник: Dämmgen and Hutchings, 2008).**

- Примечание:
- Узкие пунктирные стрелки относятся к ОАА; узкие сплошные стрелки относятся к органическому азоту,  $m$  – масса, из которой могут происходить выбросы. Горизонтальные стрелки обозначают процесс нейтрализации в системах с подстилкой для скота, происходящий в стойлах, и процесс

минерализации при хранении. Широкие закрашенные стрелки обозначают выбросы в результате обращения с навозом ( $E_{\text{нанес}}$  – выбросы  $\text{NH}_3$  во время и после внесения в почву;  $E_{\text{стойло}}$  – выбросы  $\text{NH}_3$  от построек, размещения в стойлах;  $E_{\text{хран}}$  – выбросы  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  и молекулярного азота ( $\text{N}_2$ ) из хранилищ;  $E_{\text{двор}}$  – выбросы  $\text{NH}_3$  на скотных дворах). Широкие незакрашенные стрелки обозначают выбросы из почв ( $E_{\text{пастб}}$  – выбросы  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  и  $\text{N}_2$  во время и после выпаса скота;  $E_{\text{поглощ}}$  – выбросы  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  и  $\text{N}_2$  из почвы в результате внесения навоза) В подразделе 3.4 данной главы приводится ключ к именам переменных.

- Как показано на Рисунке 2-3, возможен переход между двумя видами. Газообразные потери происходят только в случае фракций ОАА. Это означает, что для точной оценки выбросов  $\text{NH}_3$  необходимо проследить поведение двух фракций азота в отдельности.



**Рисунок 2-3 Процессы, ведущие к выбросу газообразных азотных соединений из навоза**

#### 2.4.2 Оксид азота

Оксид азота может вырабатываться при нитрификации и денитрификации, как показано на Рисунке 2-2.

#### 2.4.3 Неметановые летучие органические соединения

Было обнаружено более 500 летучих соединений от крупного рогатого скота, свиней и домашней птицы однако, только около 20 соединений было признано значительными в Hobbs et al. (2004) и Агентством по защите окружающей среды США (US EPA, 2012), отвечающими за 80-90 % общего количества выбросов. Эти соединения имеют очень различные физические и химические свойства. Различия в химической активности, растворимости в воде и степени, с которой они связываются с поверхностью, представляет значительные трудности для методик измерения, что опять может привести к высокой степени неопределенности и трудностям при интерпретации измеренных данных.

Выбросы НМЛОС происходят от силоса, навоза в строениях для домашнего скота, снаружи хранилищ навоза, при внесении навоза в почву и от пасущихся животных. Существует нехватка оценок выбросов, связанных с питанием силосом, наружными хранилищами навоза, использованием навоза и пасущимися животными. Большая часть исследований фокусируется на выбросах от стойлового размещения животных. Количественные оценки выбросов, представленные здесь, таким образом, основаны на предположительных пропорциях выбросов, которые происходят при стойловом размещении животных (подробное объяснение приводится в Приложении 1, раздел А1.2.2).

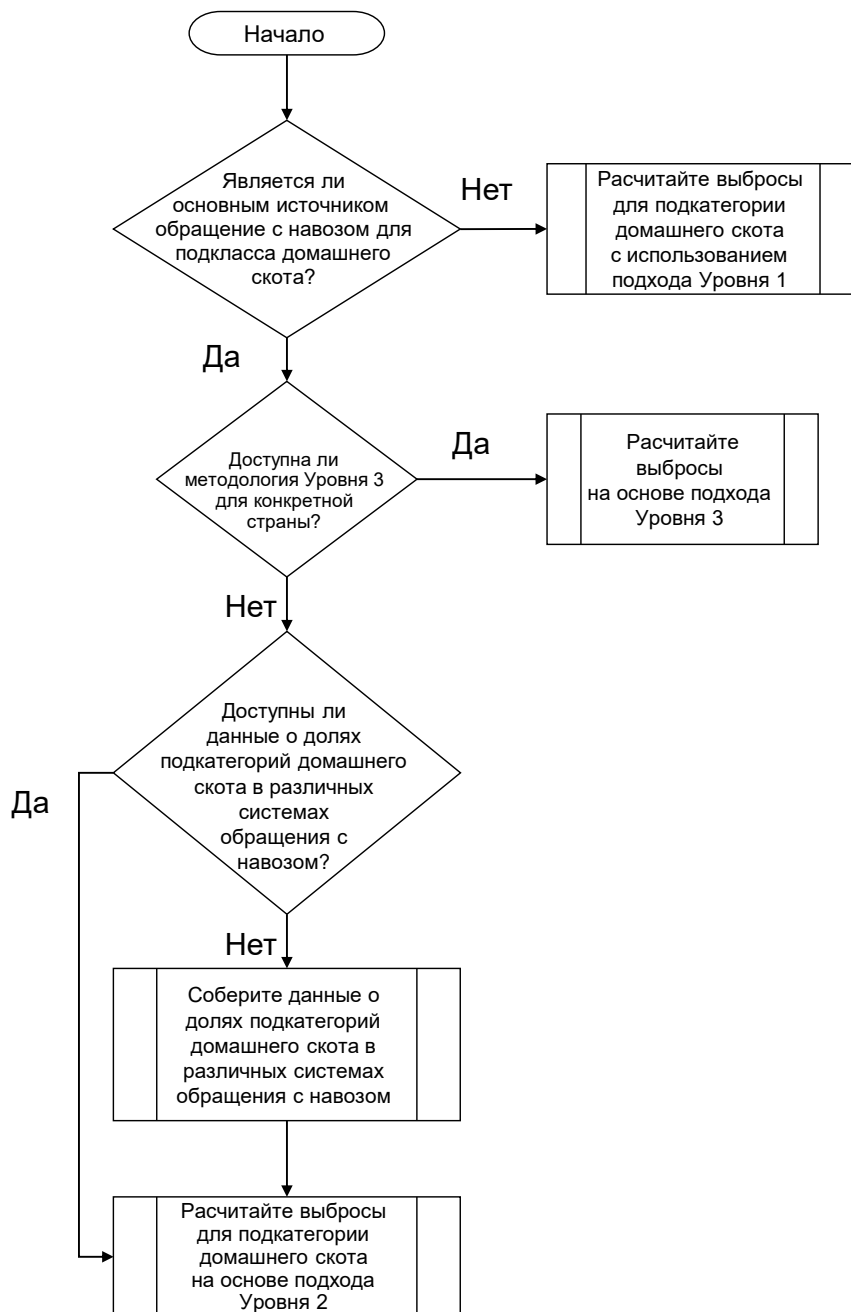
#### 2.4.4 Твердые частицы

Выбросы твердых частиц (ТЧ) происходят как от животных, содержащихся в помещении, так и от животных, находящихся на свободном выгуле. Ввиду нехватки данных о выбросах относительно животных, находящихся на свободном выгуле, определение коэффициентов выбросов (КВ) основано на данных о животных, содержащихся в помещении. Факторы, влияющие на выбросы ТЧ, перечислены в Приложении 1, раздел А 1.3.1. Необходимы дополнительные данные о частоте выбросов твердых частиц, чтобы лучше определять как средние темпы выбросов, так и изменчивость частоты выбросов из-за различных факторов окружающей среды и управления. Поэтому этот источник также является целью для перспективных верификационных исследований.

## 3 Методы

### 3.1 Выбор метода

Дерево решений на Рисунке 3.1 является руководством для выбора метода оценки выбросов. Начиная с верхнего левого края, оно приводит составителя инвентаризации к самому подходящему подходу.



**Рисунок 3-1** Дерево решений для категории источников 3.В Обращение с навозом

Общее руководство по определению основных категорий можно найти в Части А (главы общих руководящих указаний) данного Руководства, а именно в Главе 2 «Анализ ключевых категорий источников и выбор методологии» (ЕМЕР/ЕЕА, 2016). В большинстве стран, если не во всех, основные

категории домашнего скота являются основными источниками NH<sub>3</sub>, поэтому в соответствии с требованиями добросовестной практики следует рассчитывать выбросы, по крайней мере, на основе подхода Уровня 2 для этих основных категорий. Подход Уровня 1 может применяться для категорий домашнего скота, которые вносят лишь незначительный вклад в выбросы.

Подход описан ниже:

- при наличии подробной информации должного качества следует использовать ее;
- если категория источников является основным источником, в соответствии с требованиями добросовестной практики следует использовать Уровень 2 или метод лучше. Дерево принятия решений направляет составителя инвентаризации к методу Уровня 2, и необходимым входным данным относительно выделений азота и систем обращения с навозом, если недоступны КВ для конкретной страны, требуемые для оценки Уровня 3;
- рекомендуется использовать метод Уровня 3 в странах, где имеется достаточно данных для расчета КВ с учетом конкретной страны. Страны, разработавшие принцип массового расхода для расчета национальных выбросов NH<sub>3</sub>-N, должны использовать данный подход согласно подразделу 4.6 «Обеспечение/ контроль качества инвентаризации (ОК/КК)».

### 3.2 Отчетность о выбросах

Выбросы NH<sub>3</sub> на одном этапе обращения с навозом, например. Во время содержания скота в помещении, могут влиять на выбросы NH<sub>3</sub> на более поздних стадиях обращения с навозом, например при хранении навоза и внесении в землю. Чем больше NH<sub>3</sub> выбрасывается на ранних стадиях обращения с навозом, тем меньше остается для выбросов позже (Reidy et al., 2007, 2009). Обращение с навозом также влияет на выбросы NH<sub>3</sub> на пастбищах. Чем больше времени пасущийся скот находится в помещении, тем меньше доля их экскрементов, депонированных на пастбищах, и, следовательно, меньше выбросов от этих пастбищ. По этой причине выбросы на Уровне 2 рассчитываются последовательно с использованием подхода массового расхода (Reidy et al., 2007, 2009). КВ Уровня 1 по умолчанию получены из метода массового расхода Уровня 2.

Выбросы от навоза, внесенного в землю, и от экскрементов пасущихся животных, сообщаются отдельно от выбросов стойлового содержания домашнего скота, открытых скотных дворов и хранения навоза. Это позволяет сообщать о выбросах в существующую структуру отчетности НО (в рамках Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН)), которая, как правило, поддерживается в соответствии со структурой представления отчетности согласно общей форме предоставления докладов (ОФД) (в соответствии с Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций по изменению климата (РКИКООН)) для парниковых газов. На Рисунке 3.2 показано, какие выбросы должны рассчитываться и где они должны сообщаться. Полные требования к отчетности приведены в Таблице 3.1.

Таблица 3-1 Коды НО для расчета и отчетности о выбросах от обращения с навозом

Категория домашнего скота	Расчет	Отчет о выбросах NH <sub>3</sub> от		
		Содержания в помещении, хранилищ и скотных дворов	Внесения навоза	Лугов для выпаса
Молочный скот (молочные коровы, дающие надой)	3B1a	3B1a	3Da2a	3Da3
Немолочный скот (весь другой крупный рогатый скот)	3B1b	3B1b	3Da2a	3Da3
Овцы	3B2	3B2	3Da2a	3Da3
'Свиньи' — свиньи на последней стадии откорма	3B3	3B3	3Da2a	3Da3
'Свиньи' — свиноматки	3B3	3B3	3Da2a	3Da3
Буйволы	3B4a	3B4a	3Da2a	3Da3
Козы	3B4d	3B4d	3Da2a	3Da3
Лошади	3B4e	3B4e	3Da2a	3Da3
Мулы и ослы	3B4f	3B4f	3Da2a	3Da3
Курицы-несушки	3B4gi	3B4gi	3Da2a	3Da3
Бройлеры	3B4gii	3B4gii	3Da2a	3Da3
Индейки	3B4giii	3B4giii	3Da2a	3Da3
Другая домашняя птица	3B4giv	3B4giv	3Da2a	3Da3
Другие животные	3B4h	3B4h	3Da2a	3Da3

## Где рассчитываются выбросы



**Рисунок 3-2 Процедура отчетности от категории источника 3.В Обращение с навозом**

Это объяснение разделения расчета и отчетности по выбросам также имеет отношение к NO, поскольку эти выбросы также рассчитываются с использованием подхода массового расхода.

## 3.3 Подход Уровня 1 по умолчанию

### 3.3.1 Алгоритм

Цель **Шага 1** – определить соответствующие категории домашнего скота и получить годовое среднее количество животных в каждой категории (см. подраздел Данные по осуществляемой деятельности). Категоризация направлена на группировку видов домашнего скота, управляемых одинаковым образом (типичные примеры приведены в Таблице 3.1).

Цель **Шага 2** – определить для каждой категории крупного рогатого скота или свиней используется ли обычно навоз в жидком или твердом виде.

Цель **Шага 3** – найти КВ по умолчанию для каждой категории домашнего скота в подразделе 3.2.2 настоящей главы.

Цель **Шага 4** – рассчитать объем выбросов загрязняющих веществ ( $E_{\text{загрязн\_животн}}$ ) для каждой категории домашнего скота, учитывая соответствующую годовую среднюю численность каждой категории ( $AAP_{\text{животн}}$ ) и соответствующий коэффициент выбросов ( $KB_{\text{загрязн\_животн}}$ ):

$$E_{\text{загрязн\_животн}} = AAP_{\text{животн}} \cdot KB_{\text{загрязн\_животн}} \quad (1)$$

где

$AAP_{\text{животн}}$  = среднее количество животных в конкретной категории в течение года (более подробное объяснение приводится в IPCC, 2006, раздел 10.2).

#### **Аммиак**

Метод Уровня 1 включает умножение среднегодовой численности (AAP) каждого класса домашнего скота на КВ по умолчанию, выраженные в кг  $AAP^{-1} \text{ год}^{-1} \text{ NH}_3$ . Имеется один коэффициент выбросов стойлового размещения животных вместе с выбросами от открытых скотных дворов и хранилищ навоза, один КВ для выбросов во время выпаса жвачных животных и один КВ для выбросов после внесения навоза в почву для всех категорий домашнего скота. Это означает, что при использовании методологии Уровня 1 для какой-либо категории животных выбросы  $\text{NH}_3$  можно сообщать в НО 3.В для выбросов от стойлового размещения, открытых скотных дворов и хранилищ навоза, в то время как выбросы от выпаса и применения навоза следует сообщать по классам домашнего скота в НО 3.Д.а.3

#### **Оксид азота**

Выбросы  $\text{NO-N}$  и  $\text{N}_2\text{O-N}$  следует оценивать с использованием подхода массового расхода для расчета выбросов  $\text{NH}_3$ , чтобы точно рассчитать поток ОАА. Итог этих вычислений, как цитируется ниже, даёт КВ для  $\text{NO}$ . Коэффициенты выбросов Уровня 1 по умолчанию для  $\text{NO}$  были рассчитаны с использованием КВ  $\text{NO-N}$  Уровня 2 по умолчанию для хранения навоза, основываясь на данных по осуществляемой деятельности по умолчанию о выведении азота, доли ОАА в экскрете и , если это целесообразно, длительности времени выпаса. В соответствующих случаях отдельные КВ представлены для систем обращения с навозом на основе навозной жижи и подстилки. Составитель инвентаризации может выбрать КВ для преобладающей системы обращения с навозом для данной категории домашнего скота в соответствующей стране. Эти КВ были рассчитаны с основой на то, что весь навоз хранится перед применением на полях без быстрого внесения. По этим причинам, странам рекомендуется по возможности рассчитывать выбросы, используя, по крайней мере, подход Уровня 2

#### **НМЛОС**

Метод Уровня 1 включает умножение годовой средней численности (AAP) каждой категории домашнего скота на единый коэффициент выбросов, выраженный в кг НМЛОС  $AAP^{-1} \text{ год}^{-1}$ . Данный КВ представляет выбросы от помещений для скота. Это значит, что при использовании методологии Уровня 1 для категории домашнего скота , выбросы должны сообщаться только в НО 3.В, и никаких выбросов от выпаса не должно сообщаться для категории домашнего скота в НО 3Д.а.3.

Выбросы от домашнего скота на пастбище считаются очень низкими и оцениваются только как часть подхода Уровня 2.

#### **Твердые частицы**

Метод Уровня 1 включает умножение годовой средней численности (AAP) каждой категории домашнего скота на единый коэффициент выбросов, выраженный в кг ТЧ  $AAP^{-1} \text{ год}^{-1}$ . Данный КВ и имеющаяся методология представляет выбросы только от помещений для скота, ввиду отсутствия доступной информации о выбросах от других источников.

### **3.3.2 Коэффициенты выбросов Уровня 1 по умолчанию**

Коэффициенты выбросов по умолчанию перечислены в Таблице 3.2, и распределены по категориям согласно загрязняющему веществу, а затем согласно источнику. Пользователям, которым требуются те же КВ, распределенные по категориям согласно источнику, а затем согласно загрязняющему веществу, следует обратиться к Приложению А1.3.1.

#### **Аммиак**

КВ по умолчанию Уровня 1 для  $\text{NH}_3$  были рассчитаны с помощью КВ Уровня 2 по умолчанию для  $\text{NH}_3\text{-N}$  для каждого этапа обращения с навозом (см. раздел 3.4), и данных по осуществляемой деятельности по умолчанию о выделениях азота и об относительном содержании ОАА в выделениях и, если применимо, о длительности периода выпаса скота. В соответствующих случаях различные КВ предоставляются для систем использования навозной жижи или подстилочного навоза. Пользователь может выбирать КВ для преобладающей системы обращения с навозом для определенного класса домашнего скота в соответствующей стране. Данные КВ были рассчитаны с учетом того, что весь навоз хранится до применения на почве без быстрого внесения. По этим причинам странам рекомендуется по возможности рассчитывать выбросы, по крайней мере, с помощью подхода Уровня 2.



**Таблица 3-2 КВ по умолчанию Уровня 1 (КВ<sub>ННЗ</sub>) для расчета выбросов NH<sub>3</sub> в результате обращения с навозом. Количественные данные являются годовыми средними значениями выбросов в кг ААР<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub> как указано в подразделе 3.3.1**

Пересмотренные НО	Домашний скот	Тип навоза	Общие КВ <sub>ННЗ</sub> (кг год <sup>-1</sup> ААР <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> )	КВ <sub>ННЗ</sub> (кг год <sup>-1</sup> ААР <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> ) для выбросов от строений, хранилищ и скотных дворов	КВ <sub>ННЗ</sub> (кг год <sup>-1</sup> ААР <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> ) для выбросов после применения навоза	КВ <sub>ННЗ</sub> (кг год <sup>-1</sup> ААР <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> ) для выбросов от пастбищ
				'Обращение с навозом'	'Внесение навоза в почву' (3Da2)	'Экскреаты пасущегося домашнего скота (3.D.a.3)
3B1a	Молочный скот	Навозная жижа	<b>41,8</b>	22,0	15,4	4,4
3B1a	Молочный скот	Твердый	<b>26,4</b>	16,1	6,0	4,4
3B1b	Другой рогатый скот (весь другой крупный рогатый скот)	Навозная жижа	<b>15,0</b>	7,9	5,1	2,0
3B1b	Другой рогатый скот	Твердый	10,0	5,7	2,2	2,0
3B2	Овцы	Твердый	1,4	0,4	0,2	0,8
3B3	'Свиньи' — свиньи на последней стадии откорма	Навозная жижа	6,5	3,7	2,8	0,0
3B3	'Свиньи' — свиньи на последней стадии откорма	Твердый	5,6	4,2	1,4	0,0
3B3	'Свиньи' свиноматки	— Навозная жижа	17,7	12,5	5,2	0,0
3B3	'Свиньи' свиноматки	— Твердый	15,1	12,1	3,1	0,0
3B3	'Свиньи' свиноматки	— на открытом воздухе	9,3	0,0	0,0	9,3
3B4a	Буффало	Твердый	9,2	4,3	0,9	4,0
3B4d	Козы	Твердый	1,4	0,4	0,2	0,8
3B4e	Лошади	Твердый	15,8	7,0	2,7	6,1
3B4f	Мулы и ослы	Твердый	15,8	7,0	2,7	6,1
3B4gi	Курицы-несушки (курицы-несушки и родители)	Твердый	0,31	0,16	0,15	0,0
3B4gi	Курицы-несушки (курицы-несушки и родители)	Навозная жижа	0,48	0,32	0,15	0,0

3B4gii	Бройлеры (бройлеры и родители)	Подстилка	0,17	0,13	0,04	0,0
3B4giii	Индейки	Подстилка	0,90	0,56	0,34	0,0
3B4giv	Другие домашние птицы (утки)	Подстилка	0,65	0,45	0,20	0,0
3B4giv	Другие домашние птицы (гуси)	Подстилка	0,35	0,30	0,05	0,0
3B4h	Другой домашний скот (пушные звери)		0.03	0.02	0,01	0.0
3B4h	Другой домашний скот (верблюды)	Твердый	10.5			

**Источник:** IPCC, 2006; периоды выпаса по умолчанию для крупного рогатого скота были взяты из Таблицы 10А 4–8, Главы 10, 'Выбросы от домашнего скота и обращения с навозом', и данные по выделению азота по умолчанию для западной Европы были взяты из Таблицы 10.19, Главы 10 (эти данные также приводятся в Таблице 3.9, совместно с периодом нахождения в помещении, на котором основаны данные КВ). В случаях, когда общие выбросы не суммируются с суммой компонентов, это происходит из-за округления чисел.

«Овцы» здесь определяются как «зрелые овцы с ягнятами до отлучения». Чтобы рассчитать выбросы ягнят от отлучения до убоя или других овец, КВ, приведенные в Таблице 3.2, могут быть скорректированы в соответствии с отношением ежегодного выведения азота другими овцами к данному показателю зрелых овец. Обратите внимание, что оценки количества овец будут варьироваться в зависимости от времени сельскохозяйственной переписи. Если перепись проводится летом, то будут подсчитаны овцематки, бараны, другие овцы и ягнята на последней стадии откорма. Если перепись проводится зимой, будет мало, если таковые вообще имеются, ягнят на последней стадии откорма. Подкатегория 3В «свиноматки» включает поросят весом вплоть до 8 кг. Свины весом 8 кг и больше включаются в подкатегорию 3В «свины на последней стадии откорма». Подробная информация о том, как должны вычисляться данные об осуществляемой деятельности, приведена в подразделе по осуществляемой деятельности. Коэффициенты выбросов по умолчанию, представленные в Таблице 3.2, были рассчитаны с использованием подхода Уровня 2, описанного в подразделе 3.4, с использованием КВ по умолчанию для каждого вида выбросов, полученного при использовании подходов, описанных в Приложении А1.3.2. .

### **Оксид азота**

**Таблица 3-3 КВ Уровня 1 по умолчанию для NO(как NO<sub>2</sub>) от хранения навоза. Согласно Приложению I руководящих указаний по отчетности NO, выбросы NO следует сообщать как NO<sub>2</sub>, поэтому следующие ниже коэффициенты выбросов представлены как NO<sub>2</sub>**

НО	Домашний скот	Тип навоза	КВ <sub>NO</sub> (кг год <sup>-1</sup> ААР <sup>-1</sup> NO <sub>2</sub> )
3B1a	Молочный скот	Навозная жижа	0,010
3B1a	Молочный скот	Твердый	0,752
3B1b	Немолочный скот (весь другой крупный рогатый скот)	Навозная жижа	0,003
3B1b	Немолочный скот	Твердый	0,217
3B2	Овцы	Твердый	0,012
3B3	'Свиньи' — свиньи на последней стадии откорма*	Навозная жижа	0,002
3B3	'Свиньи' — свиньи на последней стадии откорма*	Твердый	0,017
3B3	'Свиньи' — свиноматки	Навозная жижа	0,005
3B3	'Свиньи' — свиноматки	Твердый	0,471
3B3	'Свиньи' — свиноматки	На открытом воздухе	0
3B4a	Буйволы	Твердый	0,083
3B4d	Козы	Твердый	0,012
3B4e	Лошади	Твердый	0,250
3B4f	Мулы и ослы	Твердый	0,250
3B4gi	Курицы-несушки (курицы-несушки и родители)	Твердый	0,014
3B4gi	Курицы-несушки (курицы-несушки и родители)	Навозная жижа	0,0001
3B4gii	Бройлеры (бройлеры и родители)	Подстилка	0,027
3B4giii	Индейки	Подстилка	0,027
3B4giv	Другие домашние птицы (утки)	Подстилка	0,022
3B4giv	Другие домашние птицы (гуси)	Подстилка	0,005
3B4h	Другие животные	Подстилка	0,001

**Источник:** IPCC, 2006; периоды выпаса по умолчанию для крупного рогатого скота были взяты из Таблицы 10А 4–8, Главы 10, 'Выбросы от домашнего скота и обращения с навозом', и данные по выделению азота по умолчанию для западной Европы были взяты из Таблицы 10.19, Главы 10 (эти данные также приводятся в Таблице 3.9, совместно с периодом нахождения в помещении, на котором основаны данные КВ).

\* Свиньи от 8 кг и до веса убоя  
ААР – годовая средняя численность

### **Неметановые летучие органические соединения**

Коэффициенты выбросов НМЛОС Уровня 1 по умолчанию в Таблице 3.4 основаны на результатах исследования (исследование Национального мониторинга выбросов в атмосферу (NAEM)) в США (US EPA, 2012). Это исследование NAEM включает измерения НМЛОС от 16 различных животноводческих производств, включая молочный скот, свиней, животных на последней стадии откорма, птицу, несущую яйца и бройлеров. Среднее значение измеренных выбросов преобразуется в сельскохозяйственные условия для Западной Европы с помощью значений по умолчанию Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) для потребления корма животными и выделения ЛВ (летучих

веществ) (US EPA, 2012, IPCC, 2006, Shaw et al. 2007). Коэффициенты выбросов для другого КРС, овец, коз, лошадей, мулов и ослов, кроликов, северных оленей, верблюдов и буйволов основаны на значениях для относительной скорости выделения ЛВ из Руководства МГЭИК 2006 г. Подробное объяснение можно найти в Приложении 1, разделе А1.2.3.

Силос является основным источником, поэтому, существует необходимость отличать потребление корма с и без силоса. Не было сделано различия между жидким и твердым навозом, т.к. ограниченные данные не позволяют сделать такого различия. Предполагаемая длительность размещения в помещениях указана в Таблице 3.9.

Если возможно, странам рекомендуется рассчитывать выбросы с помощью подхода Уровня 2.

**Таблица 3-4 КВ Уровня 1 по умолчанию для НМЛОС**

Код	Домашний скот	КВ, с кормлением силосом	КВ, без кормления силосом
		НМЛОС, кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>	
3В1а	Молочный скот	17.937	8.047
3В1b	Немолочный скот <sup>(а)</sup>	8.902	3.602
3В2	Овцы	0.279	0.169
3В3	'Свиньи' (свиньи на последней стадии откорма <sup>(б)</sup> )	-	0.551
3В3	'Свиньи (свиноматки)	-	1.704
3В4а	Буйволы	9.247	4.253
3В4d	Козы	0.624	0.542
3В4е	Лошади	7.781	4.275
3В4f	Мулы и ослы	3.018	1.470
3В4gi	Курицы-несушки (курицы-несушки и родители)	-	0.165
3В4gii	Бройлеры (бройлеры и родители)	-	0.108
3В4giii	Индейки <sup>3</sup>	-	0.489
3В4giv	Другая домашняя птица (утки, гуси) <sup>(с)</sup>	-	0.489
3В4h	Другие животные (пушные звери) <sup>(д)</sup>	-	1.941
3В4h	Другие животные (кролики)	-	0.059
3В4h	Другие животные (северные олени <sup>(е)</sup> )	-	0.045
3В4h	Другие животные (верблюды)	-	0.271

<sup>(а)</sup> Включает весь другой крупный рогатый скот

<sup>(б)</sup> Включает свиней от 8 кг до забоя.

<sup>(с)</sup> Основано на данных об индейках.

<sup>(д)</sup> «Пушной зверь» - любое животное, которое выращивается и забивается только ради его меха

<sup>(е)</sup> Предполагается 100 % выпас.

### **Твердые частицы**

Выбросы ТЧ происходят от животных в помещении и находящихся на свободном выгуле или пасущихся животных. Однако измерения выбросов фокусировались на животных в помещении, и общее отсутствие доступной информации в научной литературе означает, что нет отдельных КВ для находящихся на свободном выгуле или пасущихся животных. Процессы, приводящие к выбросам от домашней птицы, содержащейся в помещении, аналогичны процессам для домашней птицы на свободном выгуле. Поэтому, при расчетах выбросов ТЧ с использованием КВ Уровня 1 по умолчанию, эффективная практика заключается в использовании КВ для домашнего скота, содержащегося в помещении для расчета выбросов как для домашней птицы в помещении, так и на свободном выгуле. Для других типов домашнего скота, животные на выпасе не считаются подверженными тем же процессам выбросов ТЧ, как животные, содержащиеся в стойлах. Поэтому рекомендуется применять КВ Уровня 1 только для животных в стойлах. Знание множества различных параметров имеет большое значение для определения выбросов ТЧ, из которых решающими являются условия кормления, активность животных и материал подстилки. КВ ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2,5</sub> основан на самых последних исследованиях. Takai et al.(1998) и Winkel et al. (2015) и обзоры публикаций, представленные в данных работах, являются основными источниками КВ. Недавно проведенные исследования представляют значения КВ меньше, чем разработанные в Takai et al. (1998); поэтому, было обновлено около 50 % КВ. Это снижение может быть объяснено изменениями в практиках обращения с домашним скотом. В сноске к Таблице 3.5 приводится полный список рассмотренных исследований, а в Приложении 1 приводится детальное описание.

**Таблица 3-5 Расчеты КВ Уровня 1 по умолчанию для выбросов твердых частиц от животноводства (содержание в стойлах)**

Код	Домашний скот	КВ ОКВЧ	КВ ТЧ <sub>10</sub>	КВ ТЧ <sub>2,5</sub>
		(кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup> )	(кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup> )	(кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup> )
3B1a	Молочный скот	1.38 <sup>(a)</sup>	0.63 <sup>(a)</sup>	0.41 <sup>(a)</sup>
3B1b	Немолочный скот (весь остальной крупный рогатый скот, за исключением телят)	0.59 <sup>(a)</sup>	0.27 <sup>(a)</sup>	0.18 <sup>(a)</sup>
3B1b	Немолочный скот (телята)	0.34 <sup>(a)</sup>	0.16 <sup>(a)</sup>	0.10 <sup>(a)</sup>
3B2	Овцы	0.14 <sup>(b)</sup>	0.06 <sup>(b)</sup>	0.02 <sup>(b)</sup>
3B3	'Свиньи' (свиньи на последней стадии откорма)	1.05 <sup>(c)</sup>	0.14 <sup>(d)</sup>	0.006 <sup>(e)</sup>
3B3	'Свиньи' (отъемыши (отлученные от матки))	0.27 <sup>(c)</sup>	0.05 <sup>(f)</sup>	0.002 <sup>(c)</sup>
3B3	'Свиньи' (свиноматки)	0.62 <sup>(c)</sup>	0.17 <sup>(f)</sup>	0.01 <sup>(c)</sup>
3B4a	Буйволы	1.45 <sup>(a)</sup>	0.67 <sup>(a)</sup>	0.44 <sup>(a)</sup>
3B4d	Козы	0.14 <sup>(b)</sup>	0.06 <sup>(b)</sup>	0.02 <sup>(b)</sup>
3B4e	Лошади	0.48 <sup>(g)</sup>	0.22 <sup>(g)</sup>	0.14 <sup>(g)</sup>
3B4f	Мулы и ослы	0.34 <sup>(a)</sup>	0.16 <sup>(a)</sup>	0.10 <sup>(a)</sup>
3B4gi	Курицы-несушки (курицы-несушки и родители)	0.19 <sup>(c)</sup>	0.04 <sup>(h)</sup>	0.003 <sup>(i)</sup>
3B4gii	Бройлеры (бройлеры и родители)	0.04 <sup>(c)</sup>	0.02 <sup>(i)</sup>	0.002 <sup>(k)</sup>
3B4giii	Индейки	0.11 <sup>(l)</sup>	0.11 <sup>(m)</sup>	0.02 <sup>(c)</sup>
3B4giv	Другая домашняя птица (утки)	0.14 <sup>(a)</sup>	0.14 <sup>(a)</sup>	0.02 <sup>(a)</sup>
3B4giv	Другая домашняя птица(гуси)	0.24 <sup>(a)</sup>	0.24 <sup>(a)</sup>	0.03 <sup>(a)</sup>
3B4h	Другие животные (Пушные звери)	0.018 <sup>(b)</sup>	0.008 <sup>(b)</sup>	0.004 <sup>(b)</sup>

**Примечание:** КВ ТЧ<sub>2,5</sub> для свиней ('Свиньи'), представленные здесь, основываются на информации, имеющейся в научной литературе. Однако следует быть осторожными с этими КВ, так как соотношение между ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2,5</sub> значительно отличается от соотношения для категорий более крупного скота, предполагая значительно высокий уровень неопределённости с этими данными.

«Пушной зверь» - любое животное, которое выращивается и забивается только ради его меха

Источники:

- (a) Takai et al. (1998).
  - (b) Mosquera and Hol (2011); Mosquera et al. (2011).
  - (c) Winkel et al. (2015).
  - (d) Chardon and van der Hoek (2002); Schmidt et al. (2002) цитируется в Winkel et al. (2015); Jacobson et al. (2004); Koziel et al. (2004) цитируется в Winkel et al. (2015); Haeussermann et al. (2006, 2008); Costa et al. (2009); Van Ransbeeck et al. (2013); Winkel et al. (2015).
  - (e) Van Ransbeeck et al. (2013); Winkel et al. (2015).
  - (f) Haeussermann et al. (2008); Costa et al. (2009); Winkel et al. (2015).
  - (g) Seedorf and Hartung et al. (2001).
  - (h) Lim et al. (2003); Demmers et al. (2010); Costa et al. (2012) цитируется в Winkel et al. (2015); Valli et al. (2012); Hayes et al. (2013); Shepherd et al. (2015); Winkel et al. (2015); Haeussermann et al. (2008); Costa et al. (2009); Winkel et al. (2015).
  - (i) Lim et al. (2003); Demmers et al. (2010); Hayes et al. (2013); Shepherd et al. (2015); Fabbri et al. (2007); Dunlop et al. (2013); Winkel et al. (2015).
  - (j) Redwine et al. (2002); Lacey et al. (2003); Roumeliotis and Van Heyst (2007); Calvet et al. (2009); Demmers et al. (2010); Modini et al. (2010); Roumeliotis et al. (2010); Lin et al. (2012) цитируется в Winkel et al. (2015); Winkel et al. (2015).
  - (k) Roumeliotis and Van Heyst (2007); Demmers et al. (2010); Modini et al. (2010); Roumeliotis et al. (2010); Lin et al. (2012) цитируется в Winkel et al. (2015); Winkel et al. (2015).
  - (l) Предполагается такое же соотношение ОКВЧ к ТЧ<sub>10</sub> как и для 'Другой домашней птицы'.
  - (m) Schmidt et al. (2002) цитируется в Winkel et al. (2015); Li et al. (2008) цитируется в Winkel et al. (2015); Winkel et al. (2015).
  - (n) Lim et al. (2003); Fabbri et al. (2007); Demmers et al. (2010); Costa et al. (2012) цитируется в Winkel et al. (2015); Valli et al. (2012); Hayes et al. (2013); Shepherd et al. (2015); Dunlop et al. (2013); Winkel et al. (2015).
- ОКВЧ, общее количество взвешенных частиц.

### 3.3.3 Данные по осуществляемой деятельности

Для Уровня 1 необходимы данные о количестве животных по каждой из категорий, перечисленных в Таблице 3.1. Такие данные могут быть предоставлены на основании ежегодной государственной сельскохозяйственной переписи. В прочих случаях, может быть использована статистическая информация службы Евростат (<http://ec.europa.eu/eurostat>) или данные организации ООН по продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО), представленные в Статистическом Ежегоднике (например, ФАО, 2014). Определения понятий, использованных в объяснении того, как рассчитывать годовые выбросы, приведены в Таблице 3.6.

Как указывалось выше, годовая средняя численность (AAP) представляет среднее количество животных определённой категории, имеющих в среднем в течение года. Данное количество может быть получено несколькими способами. Если количество животных, насчитываемое в определённый день, не меняется в течение года, перепись имеющих в определённый день животных определит значение AAP. Однако если количество имеющих животных изменяется в течение года, например, из-за сезонных производственных циклов, более точным будет определять значение AAP на основании данных переписи количества стойл. В таком случае, необходимо учесть погрешность на период, когда стойло пустует. Может существовать несколько причин, по которым стойло может пустовать в определённые периоды года, но наиболее распространёнными являются сезонный характер производства или очистка строения для подготовки к следующей группе животных.

**Таблица 3-6 Определение терминов, используемых для пояснения способа расчетов объемов ежегодных выбросов**

Термины	Единицы измерения	Определение
Годовая средняя численность (ААР)	-	Количество животных определенной категории, имеющихся , в среднем, в течение года <i>r</i>
Стойла ( $n_{\text{стойла}}$ )	-	Средняя вместимость помещений для категории домашнего скота в стойлах, которые обычно заняты
Надои молоко	л год <sup>-1</sup>	Среднее количество (л) молока, производимого молочными коровами в течение года, для которого рассчитываются ежегодные выбросы
Период простоя ( $t_{\text{простой}}$ )	день	Средняя длительность периода в течение года, когда пустует стойло (в днях)
Период очистки ( $t_{\text{очистка}}$ )	день	Время между производственным циклом или циклами, когда пустует стойло, например для уборки (в днях)
Производственный цикл ( $n_{\text{цикл}}$ )	-	Среднее количество производственных циклов в год
Количество произведенных животных ( $n_{\text{произв}}$ )	год <sup>-1</sup>	Количество животных произведенных за год
Коэффициент смертности ( $x_{\text{нп}}$ )	-	Доля животных умерших и не проданных

Если значение ААР рассчитывается на основе количества стойлов ( $n_{\text{стойло}}$ ), вычисления производятся следующим образом

$$AAR = n_{\text{стойло}} \cdot x \cdot (1 - t_{\text{пуст}}/365) \quad (2)$$

Если продолжительность жизни животных или срок, в течение которого такие животные относятся к определенной категории, менее года, то обычно выполняется более одного производственного цикла в год. В такой ситуации,  $t_{\text{пуст}}$  вычисляется на основе количества производственных циклов или периодов ( $n_{\text{цикл}}$ ) в год и длительности периода в течение года, когда стойло пустует ( $t_{\text{очист}}$ ):

$$t_{\text{пуст}} = n_{\text{цикл}} \cdot x \cdot t_{\text{очист}} \quad (3)$$

Третьим способом расчета значения ААР является использование статистических данных, учитывающих количество произведенных за год животных:

$$AAR = n_{\text{произв}} / (n_{\text{цикл}} \cdot x \cdot (1 - x_{\text{нп}})) \quad (4)$$

где  $x_{\text{нп}}$  – коэффициент умерших и не проданных животных.

## 3.4 Подход Уровня 2, базирующийся на технологиях

### 3.4.1 Алгоритм для аммиака и оксида азота

В Уровне 2 применяется подход массового расхода, основанный на понятии расхода ОАА в рамках системы обращения с навозом, как показано в схеме на Рисунке 2.2. Следует отметить, что вычисления согласно подходу массового расхода должны выполняться на основе кг азота. Полученные результаты вычислений выбросов  $\text{NH}_3\text{-N}$  преобразуются в  $\text{NH}_3$ . При расчете выбросов  $\text{NH}_3$  согласно подходу массового расхода система на основе ОАА является более предпочтительной, чем система на основе общего объема азота, так как она используется МГЭИК для расчета выбросов  $\text{N}_2\text{O}$ . Это объясняется тем, что выбросы  $\text{NH}_3$  и других форм газообразного азота образуются на основе ОАА. Учет объема ОАА в навозе по мере его прохождения через систему обращения с навозом позволяет, таким образом, провести более точные вычисления выбросов газообразного азота. Также он обеспечивает отражение в

методологии последствий изменения рациона животных на выбросы газообразного азота, так как выделение общего объема азота и ОАА различно реагирует на подобные изменений. Такие вычисления % ОАА в навозе могут применяться для проверки точности вычислений массового расхода (например, Webb и Misselbrook, 2004).

Несмотря на явную сложность данного подхода, данная методология по своему существу не так сложна в применении; тем не менее, она требует обязательного наличия гораздо большего количества входных данных, чем методология Уровня 1. На каждом этапе представлены различные системы для учета фактических различий в системах управления и полученных в результате выбросов. В частности, на каждом этапе проводится разграничение между системами использования навозной жижи и твердого навоза.

Принятие согласованной модели расхода азота, основанной на соотношении передаваемых объемов ОАА, позволяет использовать различные варианты или способы для учета различий между реальными системами. Данный подход имеет несколько преимуществ по сравнению с методологией Уровня 1, которые приводятся ниже:

- данный метод обеспечивает согласованность данных об азотных соединениях, указанных в отчетности согласно данному руководству (например, в рамках КТЗВБР), и данных, представленных в отчетности согласно Руководству МГЭИК;
- данные о равновесии массы могут использоваться для проверки на ошибки (объем азота из выделений + азота, добавленного в материал подстилки, минус объем азота в выбросах и азота, поглощаемого почвой, должен равняться нулю);
- могут быть учтены последствия изменений на одном этапе обращения с навозом (вверх по потоку) на выбросы более поздних этапов обращения с навозом (вниз по потоку). Например, различия в выбросах при содержании скота в помещении, обуславливающие различные объемы ОАА при хранении и внесении в почву, приводят к различиям в потенциальном объеме выбросов  $\text{NH}_3$  при хранении и после введения в почву.

Наиболее значимое потенциальное преимущество появляется при дальнейшей разработке подхода массового расхода до методологии Уровня 3, позволяющей надлежащим образом учитывать внедрение технологий борьбы с загрязнением.

- Возможные меры по устранению загрязнения окружающей среды также могут быть использованы как альтернативные системы. Данный подход обеспечивает, что изменения расхода азота через различные источники, которые происходят в результате применения мер по устранению загрязнения окружающей среды, правильны. Это облегчает документальный учет влияния мер по устранению (сокращению) загрязнения, которые уже были внедрены или планируются в будущем. Таким образом, данный подход Уровня 2 можно считать этапом на пути к разработке методологии Уровня 3 (см. ниже раздел 3.5).

Значения по умолчанию приводятся для объемов выделений азота, доли ОАА и выбросов на каждом этапе обращения с навозом (Таблица 3.9). В соответствии с требованиями добросовестной практики, каждая страна должна использовать данные по осуществляемой деятельности, характерные для конкретной страны. В Таблице А1.10 объясняется способ расчета КВ по умолчанию для  $\text{NH}_3\text{-N}$ , который может быть полезен для вычисления КВ для конкретной страны для Уровня 3. КВ для конкретной страны могут способствовать более точным расчетам выбросов, так как они включают уникальное сочетание видов деятельности в рамках данной страны, или так как они предусматривают отличающийся способ расчета выбросов от определенного вида деятельности в рамках данной страны, или по двум данным причинам вместе. Объем потока азота по различным направлениям можно определить на основе данных конкретной страны о животноводческих хозяйствах и системах обращения с навозом, тогда как часть, испарившаяся в виде  $\text{NH}_3\text{-N}$  на каждом этапе в рамках системы, рассматривается как процентное



отношение, основанное, главным образом, на измеренных значениях и, при необходимости, экспертной оценке.

В методологиях Уровня 2 дается оценка минерализации азота и нейтрализации ОАА при обращении с навозом, а также расчет других потерь азота, таких как NO, для проведения более точных вычислений ОАА, доступного на каждом этапе обращения с навозом.

В рамках поэтапной процедуры описанной ниже предполагается, что навоз используется в виде жидкой или твердой массы. Навозная жижа состоит из выделений, пролитого животного корма и питьевой воды, некоторого количества подстилки и воды, применяемой при очистке или для помощи в обращении. Данный вид навоза соответствует категории жидкости/навозной жижи согласно МГЭИК (IPCC, 2006). Более подробная информация приводится в Таблице 3.13 (раздел 3.4.5), где описаны категории хранения, часто указываемые при инвентаризациях NH<sub>3</sub>, согласно классификации МГЭИК. Твердый навоз состоит из выделений, пролитого животного корма и питьевой воды и может также включать материал подстилки. Данный вид навоза соответствует категории твердого навоза согласно МГЭИК (IPCC, 2006). В случае если навоз разделяется на жидкую и твердую части, жидкость следует рассматривать как навозную жижу.

**Цель Шага 1** – определить подкатегории домашнего скота, являющиеся однородными относительно кормления, выделений и диапазона возраста/веса. Типовые категории животных представлены в Таблице 3.1. Должно быть получено соответствующее количество животных согласно указаниям подраздела 3.4.1 настоящей главы. К каждой из данных подкатегорий и общему количеству выбросов следует впоследствии применить этапы от Шага 2 до Шага 14 включительно.

**На шаге 2** вычисляется общий годовой объем выделений азота животными ( $N_{\text{выд}}$ ; кг ААР<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>). Во многих странах применяются подробные процедуры для вычисления объемов выделения азота для различных категорий домашнего скота. Если они недоступны, в качестве руководства следует использовать метод, описанный в главе 10 МГЭИК (IPCC, 2006) (уравнения 10.31, 10.32 и 10.33), где параметр  $N_{\text{выд}}$  является тождественным  $N_{\text{выд(Т)}}$ . Для удобства значения по умолчанию указаны в Таблице 3.9, эти значения получены из оценок выделений азота, используемых для расчета национальных выбросов NH<sub>3</sub> сетью EAGER (Европейской сетью исследователей по инвентаризации сельскохозяйственных газообразных выбросов).

**Целью Шага 3** является расчет объема ежегодно азота из экскрета, откладываемого в постройках, где содержится домашний скот, на незакрытых скотных дворах и во время выпаса. Данное значение основано на общем годовом объеме выделения азота ( $N_{\text{выд}}$ ) и доле выделений, откладываемых в данных местах ( $X_{\text{стойло}}$ ,  $X_{\text{двор}}$  и  $X_{\text{пастб}}$ , соответственно). Данные доли выделений зависят от продолжительности периода в году, который животные проводят в помещениях, на скотных дворах и на пастбище, а также от поведения животных. В этом документе коэффициенты выбросов для расчета выбросов от открытых скотных дворах предусмотрены только для категорий 3B1a, 3B1b и 3B2. Пропорции выделений азота на этих скотных дворах приняты равными: 3B1a 0,25; 3B1b, 0,10; 3B2, 0,02 годовой экскреции азота. В некоторых странах любой вид скота может содержаться на забетонированных площадях, которые имеют лишь частичную крышу или вообще не имеют крыши. Чтобы рассчитать выбросы на скотном дворе от домашнего скота, для которого в настоящее время отсутствуют КВ, составитель инвентаризации должен взять КВ и долю экскрементов, отложенных на твердом покрытии, из наиболее сходной категории, по которой имеются данные., Если более точная информация недоступна, значения  $X_{\text{стойла}}$ ,  $X_{\text{двор}}$  и  $X_{\text{пастб}}$  должны равняться доле периода в году, проведенного в соответствующем месте, и в сумме всегда должны равняться 1.0.

$$m_{\text{пастб}_N} = X_{\text{пастб}} \cdot X \cdot N_{\text{выд}} \quad (5)$$

$$m_{\text{двор}_N} = X_{\text{двор}} \cdot X \cdot N_{\text{выд}} \quad (6)$$

$$m_{\text{стойло}_N} = X_{\text{стойло}} \cdot X \cdot N_{\text{выд}} \quad (7)$$

**На Шаге 4** данные о доле азота, выделяемого в виде ОАА ( $X_{\text{ОАА}}$ ) используются для расчета количества ОАА, откладываемого при содержании скота на пастбище, на скотных дворах или в стойлах ( $m_{\text{пастб\_ОАА}}$ ,  $m_{\text{двор\_ОАА}}$  и  $m_{\text{стойло\_ОАА}}$ ).

$$m_{\text{пастб\_ОАА}} = X_{\text{ОАА}} \cdot X \cdot m_{\text{пастб}_N} \quad (8)$$

$$m_{\text{двор\_ОАА}} = X_{\text{ОАА}} \cdot X \cdot m_{\text{двор}_N} \quad (9)$$

$$m_{\text{стойло\_ОАА}} = X_{\text{ОАА}} \cdot X \cdot m_{\text{стойло}_N} \quad (10)$$

Если имеются подробные национальные процедуры по расчету объемов выделения азота, предоставляющие данные о доле азота, выделяемого в виде ОАА, необходимо использовать их. Если они недоступны, следует использовать значения по умолчанию, указанные в Таблице 3.9.

**Цель Шага 5** – рассчитать объем выделений ОАА и общий объем выделений азота, откладываемых в стойлах, используемых как навозная жижа ( $m_{\text{стойло\_жидк\_ОАА}}$ ) или как твердый навоз ( $m_{\text{стойло\_тверд\_ОАА}}$ ).

$$m_{\text{стойло\_жидк\_ОАА}} = X_{\text{жидк}} \cdot X \cdot m_{\text{стойло\_ОАА}} \quad (11)$$

$$m_{\text{стойло\_жидк}_N} = X_{\text{жидк}} \cdot X \cdot m_{\text{стойло}_N} \quad (12)$$

$$m_{\text{стойло\_тверд\_ОАА}} = (1 - X_{\text{жидк}}) \cdot X \cdot m_{\text{стойло\_ОАА}} \quad (13)$$

$$m_{\text{стойло\_тверд}_N} = (1 - X_{\text{жидк}}) \cdot X \cdot m_{\text{стойло}_N} \quad (14)$$

Где  $X_{\text{жидк}}$  является долей навоза, используемого в виде навозной жижи (оставшаяся часть является долей твердого навоза).

На **шаге 6** потери  $\text{NH}_3\text{-N}$  и  $E_{\text{стойло}}$  от стойлового содержания скота или скотных дворов рассчитываются путем умножения объема ОАА ( $m_{\text{стойло\_ОАА}}$ ) на коэффициент выбросов  $\text{KB}_{\text{стойло}}$  ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) для навозной жижи и стойлового навоза.

$$E_{\text{стойло\_жидк}} = m_{\text{стойло\_жидк\_ОАА}} \cdot X \cdot \text{KB}_{\text{стойло\_жидк}} \quad (15)$$

$$E_{\text{стойло\_тверд}} = m_{\text{стойло\_стойл\_ОАА}} \cdot X \cdot \text{KB}_{\text{стойло\_тверд}} \quad (16)$$

А также путем умножения объема ОАА ( $m_{\text{двор\_ОАА}}$ ) на коэффициент выбросов  $\text{KB}_{\text{двор}}$ :

$$E_{\text{двор}} = m_{\text{двор\_ОАА}} \cdot X \cdot \text{KB}_{\text{двор}} \quad (17)$$

Таким образом, будет вычислен объем выбросов в кг  $\text{NH}_3\text{-N}$ .

**Шаг 7** применим только к твердому навозу. Его цель учесть добавление азота в подстилке для животных ( $m_{\text{подстил}}$ ) в системы содержания скота в помещении на основе подстильного навоза, а также учесть последующую нейтрализацию ОАА в подстилке. Объем общего азота и ОАА в твердом навозе, который убирается из стойл и скотных дворов ( $m_{\text{выд-стойло\_тверд}_N}$  и  $m_{\text{выд-стойло\_тверд\_ОАА}}$ ), а затем передается на хранение или применяется непосредственно на полях, впоследствии рассчитывается, при этом следует не забыть вычесть объем выбросов  $\text{NH}_3\text{-N}$  от стойлового содержания скота.

Если подробные данные отсутствуют, информацию о количестве используемой соломы и добавленном объеме азота ( $m_{\text{подстил}_N}$ ) можно получить в электронной таблице примерных вычислений, представленной на сайте вместе в версией данного Руководства (см. Таблицу 3.7).

**Таблица 3-7 Значения по умолчанию по продолжительности периода содержания скота в помещении, годовому объему использования соломы в системах обращения с навозом на основе подстилки и объему азота, содержащегося в соломе**

Класс скота	домашнего скота	Период содержания скота в помещении, дней	Солома, кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>	( <sup>а</sup> )Азот, содержащийся в соломе, кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
Молочный (ЗВ1а)	скот	180	1 500	6.00
Немолочный (ЗВ1b)	скот	180	500	2.00
Свиньи заключительной стадии откорма (ЗВ3)	в	365	200	0.80
Свиноматки (ЗВ3)		365	600	2.40
Овцы и козы (ЗВ2 и ЗВ4d)		30	20	0.08
Лошади и т.д. (ЗВ4е и ЗВ4f)		180	500	2.00
Буйволы (ЗВ4а)		225	1500	6.00

(<sup>а</sup>) Основано на содержании азота в соломе в 4 г кг<sup>-1</sup>.

Количество соломы приводится для указанного периода содержания скота в помещении. Для более долгих или коротких периодов содержания скота в помещении количество соломы можно изменить относительно продолжительности периода содержания скота в помещении.

Следует также учесть долю ОАА, нейтрализуемого в органическом веществе ( $f_{\text{нейтр}}$ ) при обращении с навозом в твердом виде на основе подстилки, а подстилкой является солома, так как данная нейтрализация значительно сокращает потенциальный объем выбросов NH<sub>3</sub>-N при хранении и после внесения в почву (включая выбросы от навоза, распределяемого непосредственно из стойл).

$$m_{\text{выд-стойло\_тверд\_ОАА}} = m_{\text{стойло\_тверд\_ОАА}} - (E_{\text{стойло\_тверд}} + (m_{\text{подстил}} \times f_{\text{нейтр}})) \quad (18)$$

$$m_{\text{выд-стойло\_тверд\_N}} = m_{\text{стойло\_тверд\_N}} + m_{\text{подстил\_N}} - E_{\text{стойло\_тверд}} \quad (19)$$

где  $m_{\text{подстил}}$  - масса подстилки (кг свежего веса/год) и  $m_{\text{подстил\_N}}$  - масса азота в этой подстилке (= примерно  $m_{\text{подстил}} / 100$ )

Если данные для  $f_{\text{нейтр}}$  отсутствуют, рекомендуется использовать  $f_{\text{нейтр}} = 0,0067$  кг N / кг соломы (Webb and Misselbrook, 2004, основано на данных в Kirchmann и Witter, 1989). Значения по умолчанию для массы подстилки приведены в Таблице 3.7. Значения для домашней птицы не приводятся, так как навоз обычно хранится в сухом виде и иммобилизация маловероятна.

**Цель шага 8** - рассчитать объем выбросов общего азота и ОАА, помещенных на хранение перед внесением в почву на полях. Не все виды навоза помещаются на хранение перед внесением; некоторые из них вносятся на поля непосредственно из стойл. Некоторые виды навоза (в основном навозная жижа) будут использоваться в качестве сырья для анаэробного дигерирования в биогазовых установках (X биогаз жидк и X биогаз тверд). Выбросы от биогазовых установок рассчитываются и сообщаются в Главе 5.В.2. Поэтому, все виды навоза, используемые в биогазовых установках, должны быть вычтены до расчётов выбросов от хранения и внесения в почву. Следовательно, требуется знать соотношение навозной жижи и твердого навоза, хранящегося в фермерских хозяйствах ( $X_{\text{хран\_жидк}}$  и  $X_{\text{хран\_тверд}}$ ), а также X биогаз жидк и X биогаз тверд.

**Для навозной жижи:**

$$m_{\text{хран\_жидк\_ОАА}} = [(m_{\text{стойло\_жидк\_ОАА}} - E_{\text{стойло\_жидк}}) + (m_{\text{двор\_ОАА}} - E_{\text{двор}})] \cdot X_{\text{хран\_жидк}} \quad (20)$$

$$m_{\text{хран\_жидк\_N}} = [(m_{\text{стойло\_жидк\_N}} - E_{\text{стойло\_жидк}}) + (m_{\text{двор\_N}} - E_{\text{двор}})] \cdot X_{\text{хран\_жидк}} \quad (21)$$

$$m_{\text{биогаз\_жидк\_ОАА}} = [(m_{\text{стойло\_жидк\_ОАА}} - E_{\text{стойло\_жидк}}) + (m_{\text{двор\_ОАА}} - E_{\text{двор}})] \times X_{\text{биогаз\_жидк}} \quad (22)$$

$$m_{\text{биогаз\_жидк\_N}} = [(m_{\text{стойло\_жидк\_N}} - E_{\text{стойло\_жидк}}) + (m_{\text{двор\_N}} - E_{\text{двор}})] \times X_{\text{биогаз\_жидк}} \quad (23)$$

$$m_{\text{непосред\_распред\_жидк\_ОАА}} = [(m_{\text{стойло\_жидк\_ОАА}} - E_{\text{стойло\_жидк}}) + (m_{\text{двор\_ОАА}} - E_{\text{двор}})] \cdot X \cdot (1 - (X_{\text{хран\_жидк}} + X_{\text{биогаз\_жидк}})) \quad (24)$$

$$m_{\text{непосред\_распред\_жидк\_N}} = [(m_{\text{стойло\_жидк\_N}} - E_{\text{стойло\_жидк}}) + (m_{\text{двор\_N}} - E_{\text{двор}})] \cdot X \cdot (1 - (X_{\text{хран\_жидк}} + X_{\text{биогаз\_жидк}})) \quad (25)$$

Чтобы убедиться, что учитывается всё количество навозной жижи, и нет двойного учета, сумма доли  $X_{\text{хран\_}} + X_{\text{биогаз\_жидк}}$  и доли навозной жижи, непосредственно внесенной в почву без хранения или дигерирования, должна равняться 1.0.

**Для твердого навоза:**

$$m_{\text{хран\_тверд\_ОАА}} = m_{\text{выд-стойло\_тверд\_ОАА}} \cdot X_{\text{хран\_тверд}} \quad (26)$$

$$m_{\text{хран\_тверд\_N}} = m_{\text{выд-стойло\_тверд\_N}} \cdot X_{\text{хран\_тверд}} \quad (27)$$

$$m_{\text{биогаз\_тверд\_ОАА}} = m_{\text{выд-стойло\_тверд\_ОАА}} \times X_{\text{биогаз\_тверд}} \quad (28)$$

$$m_{\text{биогаз\_тверд\_N}} = m_{\text{выд-стойло\_тверд\_N}} \times X_{\text{биогаз\_тверд}} \quad (29)$$

$$m_{\text{непосред\_распред\_тверд\_ОАА}} = m_{\text{выд-стойло\_тверд\_ОАА}} \cdot X \cdot (1 - (X_{\text{хран\_тверд}} + X_{\text{биогаз\_тверд}})) \quad (30)$$

$$m_{\text{непосред\_распред\_тверд\_N}} = m_{\text{выд-стойло\_тверд\_N}} \cdot X \cdot (1 - (X_{\text{хран\_тверд}} + X_{\text{биогаз\_тверд}})) \quad (31)$$

Как и для навозной жижи, если нет двойного учета, сумма доли  $X_{\text{хран\_}} + X_{\text{биогаз\_тверд}}$  и доли твердого навоза, внесенного напрямую в почву без хранения или дигерирования, должна составлять 1.0.

Уравнения, приведенные в Шаге 8, подразумевают, что азот и ОАА, остающиеся на скотных дворах после выбросов  $\text{NH}_3$ , собираются и или помещаются в хранилище навозной жижи, вносятся напрямую в почву или используются в качестве сырья для анаэробного дигерирования (Уравнения 20-23). В некоторых странах, где погода обычно теплая и сухая, экскрета на скотных дворах может высохнуть до того, как двор очищается и отходы отправляются в хранилище твердого навоза. В таких случаях, Уравнения 20-27 должны быть скорректированы для помещения азота и ОАА, остающихся на скотном дворе после выбросов  $\text{NH}_3$  в хранилище твердого навоза.

Массы ОАА и общего азота ( $m_{\text{биогаз\_жидк\_ОАА}}$  и  $m_{\text{биогаз\_жидк\_N}}$ ) используются в методологии Уровня 2 для расчета выбросов  $\text{NH}_3$  от установок для анаэробного дигерирования (производство биогаза) в главе 5.В.2 .

**Шаг 9** применяется только для навозной жижи и предназначен для расчета объема ОАА, выбросы которого будут образовываться от хранилищ навозной жижи. В случае навозной жижи, доля органического азота минерализуется ( $f_{\text{мин}}$ ) в ОАА перед проведением расчетов газообразных выбросов.

Измененная масса  $m_{\text{хран\_жидк\_ОАА}}$ , на основе которой рассчитываются выбросы, вычисляется согласно Уравнению 28:

$$m_{\text{хран\_жидк\_ОАА}} = m_{\text{хран\_жидк\_ОАА}} + ((m_{\text{хран\_жидк\_N}} - m_{\text{хран\_жидк\_ОАА}}) \cdot X \cdot f_{\text{мин}}) \quad (32)$$

Если данные для  $f_{\text{мин}}$  отсутствуют, рекомендуется использовать значение  $f_{\text{мин}} = 0,1$  (Dämmgen et al., 2007)

На **Шаге 10** рассчитываются выбросы NH<sub>3</sub>-N, N<sub>2</sub>O-N, NO-N и N<sub>2</sub> (с помощью соответствующих коэффициентов выбросов KV<sub>хран</sub> и m<sub>хран\_ОАА</sub>).

**Для навозной жижи:**

$$E_{\text{хран\_жидк}} = E_{\text{хран\_жидк\_NH}_3} + E_{\text{хран\_жидк\_N}_2\text{O}} + E_{\text{хран\_жидк\_NO}} + E_{\text{хран\_жидк\_N}_2}$$

$$= m_{\text{хран\_жидк\_ОАА}} \cdot X (KV_{\text{хран\_жидк\_NH}_3} + KV_{\text{хран\_жидк\_N}_2\text{O}} + KV_{\text{хран\_жидк\_NO}} + KV_{\text{хран\_жидк\_N}_2}) \quad (33)$$

**Для выбросов твердого навоза:**

$$E_{\text{хран\_тверд}} = E_{\text{хран\_тверд\_NH}_3} + E_{\text{хран\_тверд\_N}_2\text{O}} + E_{\text{хран\_тверд\_NO}} + E_{\text{хран\_тверд\_N}_2} + E_{\text{хран\_тверд\_вымыв N}} = m_{\text{хран\_тверд\_ОАА}} \cdot X (KV_{\text{хран\_тверд\_NH}_3} + KV_{\text{хран\_тверд\_N}_2\text{O}} + KV_{\text{хран\_тверд\_NO}} + KV_{\text{хран\_тверд\_N}_2} + KV_{\text{хран\_вымыв N}}) \quad (34)$$

Для навозной жижи и подстилочного навоза значения по умолчанию коэффициентов выбросов (KV) указаны в Таблице 3.8 (N<sub>2</sub>O-N), Таблице 3.9 (NH<sub>3</sub>-N) и Таблице 3.10 (NO-N и N<sub>2</sub>-N). Уравнения 28 и 29 позволяют рассчитать KV Уровня 2 для NO-N.

**Таблица 3-8 KV по умолчанию Уровня 2 для непосредственных выбросов N<sub>2</sub>O-N в результате обращения с навозом . В Таблице 3.13 объясняется связь между типами хранения навоза, рассмотренными в данном документе, и типами хранения навоза, применяемыми МГЭИК В Таблице А1.7 показано как представленные ниже KV по умолчанию были получены.**

Система хранения	KV кг N <sub>2</sub> O-N (кг ОАА, помещаемого в хранилище) <sup>1</sup>
Навозная жижа от крупного рогатого скота без естественного осадка	0
Навозная жижа от крупного рогатого скота с естественным осадком	0.01
Навозная жижа от свиней без естественного осадка	0
Навозные кучи от крупного рогатого скота, в твердом виде	0.02
Навозные кучи от свиней, в твердом виде	0.01
Навозные кучи от овец и коз, в твердом виде	0.02
Навозные кучи от лошадей (мулов и ослов), в твердом виде	0.02
Навозные кучи от кур-несушек, в твердом виде	0.002
Навозные кучи от бройлеров, в твердом виде	0.002
Навозные кучи от индеек и уток, в твердом виде	0.002
Навозные кучи от гусей, в твердом виде	0.002
Навозные кучи от буйволов, в твердом виде	0.02

Расчет данных KV как доли ОАА приводится в Приложении 1, Таблице А1.7

На **шаге 11** рассчитывается объем выбросов общего азота и ОАА (m<sub>внесен\_N</sub> и m<sub>внесен\_ОАА</sub>), вносимых в почву на полях, при этом следует не забыть вычесть объем выбросов NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO и N<sub>2</sub> от хранения и прибавить дигестат, получившийся при анаэробном дигерировании навоза, который был возвращен из главы 5.В.2..

**Для навозной жижи и дигестата:**

$$m_{\text{внесен\_жидк\_ОАА}} = m_{\text{непосред\_внесен\_жидк\_ОАА}} + m_{\text{хран\_жидк\_ОАА}} + m_{\text{дигес\_ОАА}} - E_{\text{хран\_жидк}} \quad (35)$$

$$m_{\text{внесен\_жидк\_N}} = m_{\text{непосред\_внесен\_жидк\_N}} + m_{\text{хран\_жидк\_N}} + m_{\text{дигес\_N}} - E_{\text{хран\_жидк}} \quad (36)$$

$m_{\text{дигес\_OAA}}$  and  $m_{\text{дигес\_N}}$  рассчитываются в уравнениях 6 и 7 Главы 5.В.2. Обратите внимание, что дигестат будет жидким, и поэтому любой дигестат, образующийся из твердых удобрений, будет включен в уравнения 35 и 36 выше.

**Для твердого навоза:**

$$m_{\text{внесен\_тверд\_OAA}} = m_{\text{непосред\_внесен\_тверд\_OAA}} + m_{\text{хран\_тверд\_OAA}} - E_{\text{хран\_тверд\_OAA}} \quad (37)$$

$$m_{\text{внесен\_тверд\_N}} = m_{\text{непосред\_внесен\_тверд\_N}} + m_{\text{хран\_тверд\_N}} - E_{\text{хран\_жидк\_тверд\_N}} \quad (38)$$

На **шаге 12** рассчитывается объем выбросов  $\text{NH}_3\text{-N}$  во время и сразу после внесения в почву на полях, с помощью коэффициента выбросов  $\text{KB}_{\text{внесен}}$  (Таблица 3.9) совместно с  $m_{\text{внесен\_OAA}}$ .

**Для навозной жижи:**

$$E_{\text{внесен\_жидк}} = m_{\text{внесен\_жидк\_OAA}} \cdot \text{KB}_{\text{внесен\_жидк}} \quad (39)$$

**Для твердого навоза:**

$$E_{\text{внесен\_тверд}} = m_{\text{внесен\_тверд\_OAA}} \cdot \text{KB}_{\text{внесен\_тверд}} \quad (40)$$

На **шаге 13** рассчитывается чистый объем азота, поглощенного почвой из навоза ( $m_{\text{поглощ\_N}}$  и  $m_{\text{поглощ\_OAA}}$ ), после учета потерь  $\text{NH}_3\text{-N}$ .

**Для навозной жижи:**

$$m_{\text{поглощ\_жидк\_OAA}} = m_{\text{внесен\_жидк\_OAA}} - E_{\text{внесен\_жидк}} \quad (41)$$

$$m_{\text{поглощ\_жидк\_N}} = m_{\text{внесен\_жидк\_N}} - E_{\text{внесен\_жидк}} \quad (42)$$

**Для твердого навоза:**

$$m_{\text{поглощ\_тверд\_OAA}} = m_{\text{внесен\_тверд\_OAA}} - E_{\text{внесен\_тверд}} \quad (43)$$

$$m_{\text{поглощ\_тверд\_N}} = m_{\text{внесен\_тверд\_N}} - E_{\text{внесен\_тверд}} \quad (44)$$

Следует отметить, что общий объем азота, поглощенного почвой при содержании скота на пастбище ( $m_{\text{пастб\_N}}$ ), учитываемого до потерь  $\text{NH}_3\text{-N}$  (для использования при расчете последующих выбросов  $\text{NO}$  в Главе 3.D, «Растениеводство и сельскохозяйственные почвы»), был рассчитан в Уравнении 5.

На **шаге 14** рассчитывается объем выбросов  $\text{NH}_3\text{-N}$  в результате содержания скота на пастбище.

$$E_{\text{пастб}} = m_{\text{пастб\_OAA}} \cdot \text{KB}_{\text{пастб}} \quad (45)$$

Не делается разделения между выбросами от экскрета крупного рогатого скота и овец.

На **шаге 15** суммируются данные обо всех выбросах от системы обращения с навозом, сообщаемые в Главе 3В и они преобразовываются в массу соответствующего соединения:

$$EMMS_{\text{NH}_3} = (E_{\text{двор}} + E_{\text{стойло\_жидк}} + E_{\text{стойло\_тверд}} + E_{\text{хран\_NH}_3\text{\_жидк}} + E_{\text{хран\_NH}_3\text{\_тверд}}) \cdot \text{X} \cdot 17/14 \quad (46)$$

Согласно Приложению I Руководящих указаний по отчетности  $\text{NO}$ , выбросы  $\text{NO}$  следует сообщать как  $\text{NO}_2$

$$EMMS_{\text{NO}_2} = (E_{\text{хран\_NO\_жидк}} + E_{\text{хран\_NO\_тверд}}) \cdot \text{X} \cdot 46/14 \quad (47)$$

где  $EMMS_{\text{NH}_3}$  и  $EMMS_{\text{NO}_2}$  являются выбросами  $\text{NH}_3$  и  $\text{NO}_2$  соответственно (в кг) от системы обращения с навозом.

Выбросы NO от навоза, дигестата и экскрементов от выпаса скота рассчитываются в Главе 3.D, «Растениеводство и сельскохозяйственные почвы». Для расчета этих выбросов, азот, поступивший в почву с навозом, который следует указывать в Уравнении 1 Главы 3D, является суммой  $m_{\text{внесен\_жидкий\_N}}$ ,  $m_{\text{внесен\_тверд\_N}}$  and  $m_{\text{пастб\_N}}$ .

В качестве контроля качества должен быть рассчитан баланс азота, т. е. общий ввод азота (общее количество азота в выделениях животных плюс общая сумма в подстилке) должен соответствовать выходу азота (общее количество всех выбросов, ввод азота в почву и азот в навозах, используемых в качестве исходного сырья для анаэробного дигерирования). Однако для того, чтобы проверить расчеты баланса массы, необходимо также рассчитывать чистый выход азота во время выпаса, используя уравнение эквивалентное тому, которое используется для расчета чистого выхода после внесения навоза.

### 3.4.2 Алгоритм для неметановых летучих органических соединений

Выбросы НМЛОС происходят из шести источников:

1. хранилище силоса;
2. питатель, если силос используется для кормления;
3. помещения для скота;
4. внешние хранилища навоза;
5. использование навоза;
6. пасущиеся животные.

Выбросы от размещения в помещении включают выбросы от кормов, отличных от силоса. Ввиду того, что кормление силосом может быть значительным источником НМЛОС, особенно для молочного скота, используются две различные методологии: одна для «молочного скота плюс другой КРС» и другая для «остальных» категорий животных. Методология для молочного скота и другого КРС основана на потреблении корма. Методология для других животных основана на выделяемом летучих веществах.

В настоящее время в научной литературе описано несколько исследований, в которых даны оценки выбросов НМЛОС вместе для домашнего скота, хранения навоза и применения навоза. Следовательно, не доступны КВ для непосредственной и независимой оценки выбросов НМЛОС в результате хранения и применения навоза. Однако была обнаружена корреляция между выбросами  $\text{NH}_3$  и многими из НМЛОС, испускаемых стойлового содержания домашнего скота ( $r^2 \approx 0,5$ ) (Feilberg et al., 2010). Поэтому выбросы НМЛОС от хранения и применения навоза оцениваются как доля от выбросов от строений для скота. Предполагается, что эта доля будет равна тому, что и для выбросов  $\text{NH}_3$ . Эта методология может быть предвзятой, особенно для применения навоза, поскольку НМЛОС образуются в навозе во время хранения и выбрасываются в воздух после применения навоза. Это отличается от процесса для  $\text{NH}_3$ , поскольку в процессе хранения навоза относительно мало минерализации органического азота до  $\text{NH}_4^+$ . Отклонение может также возникать по мере того, как НМЛОС, рассчитанные с использованием этого подхода, не будут учитывать НМЛОС, испускаемые на биогазовых установках во время хранения сырья и дигестата.

#### Молочный скот и другой КРС:

$$E_{\text{НМЛОС}} = AAR_{\text{животное}} \times (E_{\text{НМЛОС, хранилище силоса}} + E_{\text{НМЛОС, питание силосом}} + E_{\text{НМЛОС, стойло}} + E_{\text{НМЛОС, хранилище}} + E_{\text{НМЛОС, внесен.}} + E_{\text{НМЛОС, пастб}}) \quad (48)$$

Где:

$$E_{\text{НМЛОС, хранилище силоса}} = \text{МДж}_\cdot \cdot X_{\text{стойло}} \cdot X_{\text{(КВНМЛОС, питание силосом)}} \cdot \text{Frac}_{\text{силос}} \cdot \text{Frac}_{\text{хранилище силоса}} \quad (49)$$

$$E_{\text{НМЛОС, питание силосом}} = \text{МДж}_\cdot \cdot X_{\text{стойло}} \cdot X_{\text{(КВНМЛОС, питание силосом)}} \cdot \text{Frac}_{\text{силос}} \quad (50)$$

$$E_{\text{НМЛОС, стойло}} = \text{МДж}_\cdot \cdot X_{\text{стойло}} \cdot X_{\text{(КВНМЛОС, стойло)}} \quad (51)$$

$$E_{\text{НМЛОС, хранилище навоза}} = E_{\text{НМЛОС, стойло}} \cdot X_{\text{(Е}_{\text{ННЗ, хранение}} / E_{\text{ННЗ, стойло}})} \quad (52)$$

$$E_{\text{НМЛОС, внесен}} = E_{\text{НМЛОС, стойло}} \cdot X_{\text{(Е}_{\text{ННЗ, внесен}} / E_{\text{ННЗ, стойло}})} \quad (53)$$

$$E_{\text{НМЛОС, пастб}} = \text{МДж}_\cdot \cdot X_{\text{(1-}X_{\text{стойло}})} \cdot X_{\text{КВНМЛОС пастб}} \quad (54)$$

Где:

МДж= валовое потребление корма, в мегаджоулях (МДж) в год .

Значения потребления корма в МДж должны относиться к конкретной стране (см. ежегодную отчетность по парниковым газам РККИК ООН, Таблица 4.А). Если используются данные от РККИК ООН, их необходимо умножить на 365, чтобы получить потребление в МДж в год. Если нет данных о потреблении корма в МДж по конкретной стране, необходимо использовать данные по умолчанию, приведенные в Руководстве МГЭИК 2006 года. Преобразование между потреблением сухого вещества и МДж можно сделать, умножив количество сухого вещества на 18,45 (IPCC 2006, уравнение 10.24). КВ приведены в Таблице 3.11.

Значение  $X_{\text{стойло}}$  = доля времени, которое животные проводят в стойлах в год. Если национальные данные не доступны, см. Таблицу 3.9 для значений времени нахождения домашнего скота в стойлах по умолчанию, из которых можно получить долю времени, проводимого в стойлах.

$\text{Frac}_{\text{силос}}$  - это часть корма в сухом веществе во время размещения в стойлах, которая является силосом, из максимально возможной доли силоса в составе корма. На практике максимальное количество силоса в сухом веществе составляет приблизительно 50 % от общего потребления сухого вещества. Если силосное питание преобладает,  $\text{Frac}_{\text{силос}}$  должно быть равно 1,0.

$\text{Frac}_{\text{хранилище силоса}}$  - это доля выбросов от хранения силоса по сравнению с выбросами от питателя в амбаре. На практике существует зависимость между размером хранилища силоса и количеством животных. В уравнении 51 предполагается, что эти выбросы являются частью выбросов от питателя, которые опять зависят от его размера и выбросов. Для европейских условий предлагается ориентировочное значение по умолчанию равное 0,25. Значение 0,25 - это среднее значение, основанное на Alanis et al. (2008), Chung et al. (2010) и поправки на температуру, чтобы учесть обычные европейские климатические условия (Alanis et al. , 2010).

$E_{\text{ННЗ, хранение}}$ ,  $E_{\text{ННЗ, стойло}}$  и  $E_{\text{ННЗ, использование}}$  - выбросы  $\text{NH}_3$

#### Все другие категории животных (кроме КРС):

$$E_{\text{НМЛОС, хранилище силоса}} = \text{ЛТВ}_\cdot \cdot X_{\text{стойло}} \cdot X_{\text{(КВНМЛОС, силосное питание)}} \cdot \text{Frac}_{\text{силос}} \cdot \text{Frac}_{\text{хранилище силоса}} \quad (55)$$

$$E_{\text{НМЛОС, силосное питание}} = \text{ЛТВ}_\cdot \cdot X_{\text{стойло}} \cdot X_{\text{(КВНМЛОС, силосное питание)}} \cdot \text{Frac}_{\text{силос}} \quad (56)$$

$$E_{\text{НМЛОС, стойло}} = \text{ЛТВ}_\cdot \cdot X_{\text{стойло}} \cdot X_{\text{(КВНМЛОС, стойло)}} \quad (57)$$

$$E_{\text{НМЛОС, хранение навоза}} = E_{\text{НМЛОС, стойло}} \cdot X_{\text{(Е}_{\text{ННЗ, хранение}} / E_{\text{ННЗ, стойло}})} \quad (58)$$

$$E_{\text{НМЛОС, внесен}} = E_{\text{НМЛОС, стойло}} \cdot X_{\text{(Е}_{\text{ННЗ, внесен}} / E_{\text{ННЗ, стойло}})} \quad (59)$$



$$\text{ЕнмЛОС, пастб} = \text{кг ЛТВ} \cdot \text{х (1-Хстойло)} \cdot \text{х КВнмЛОС, пастб} \quad (60)$$

Где:

кг ЛТВ – это выделяемое ЛТВ (летучее твердое вещество) в кг в год для категории животных, в кг в год.

Доля силоса в корме будет отличаться в зависимости от вида домашних животных, страны и года. Поэтому рекомендуется давать оценку доли используемого силоса из максимального вероятного количества силоса в корме.

Значения выделяемого ЛТВ в кг оекомендуется брать в соответствии с конкретной страной и соотносится с ежегодной отчетностью по парниковым газам в рамках РКИК ООН Таблица 3.В(а)51. Если используются данные от РКИК ООН, их необходимо умножить на 365, чтобы получить значение выделений ЛТВ в год, так как выбросы ЛТВ сообщаются в рамках РКИК ООН в качестве ежедневных выделений ЛТВ. Если нет данных о выделении ЛТВ по конкретной стране, рекомендуется использовать данные по умолчанию, приведенные в Руководстве МГЭИК 2006 года. КВ приведены в Таблице 3.11.

### 3.4.3 Алгоритм для твердых частиц

Ряд последних исследований показал, что среди программ измерения все еще существует значительная изменчивость в КВ. В частности, исследования, проведенные в период с 2006 по 2016 год, свидетельствуют о том, что результаты Такаи (1998), которые были использованы для получения КВ Уровня 2 в Руководстве ЕМЕП / ЕАОС по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ 2013 года (ЕМЕР/ЕЕА, 2013), завышены по сравнению с другими результатами и не могут представлять типичные современные уровни выбросов ТЧ.

Странам рекомендуется разрабатывать национальные КВ с учетом информации о параметрах, представленных в разделе 2.2.4. Из литературы видно, что, например, системы содержания скота в стойлах, используемые для сокращения выбросов NH<sub>3</sub>, могут существенно увеличить выбросы ТЧ. Сокращение выбросов ТЧ в результате использования очистки воздуха в помещениях для содержания домашних животных может быть учтено за счет сокращения КВ на долю, с которой выбросы ТЧ снижаются с помощью скрубберов. По причинам, указанным в разделе 2.1.4, выбросы ТЧ не должны зависеть от использования части навоза в анаэробном дигерировании.

В Приложении 1, раздел А1.3.1, представлены КВ, используемые для оценки КВ Уровня 1 для всех животных, кроме свиней и домашней птицы, дифференцированных по типу системы обращения с навозом (твердый или жидкий). Однако обзор научной литературы в целом не поддерживает включение методологии Уровня 2.

### 3.4.4 Коэффициенты выбросов Уровня 2

#### Аммиак

В Таблице 3.9 представлены КВ NH<sub>3</sub>-N по умолчанию и доли ОАА в выделяемом навозе.

**Таблица 3-9 КВ NH<sub>3</sub>-N по умолчанию Уровня 2 и сопутствующие параметры методологии Уровня 2 для расчета объемом выбросов NH<sub>3</sub>-N при обращении с навозом.**

Код	Домашний скот	Период содержания скота в стойле <sup>(а)</sup> , Дней\ год	N <sub>выд</sub> <sup>(b)</sup>	Доля ОАА	Тип навоза	КВ <sub>стойло</sub>	КВ <sub>двор</sub>	КВ <sub>хран</sub>	КВ <sub>внесен</sub>	КВ <sub>паст/вне шн</sub>
3В1а	Молочный скот	180	105	0.6	Навозная жижа	0.24	0.30 <sup>(с)</sup>	0.25	0.55	0.14
					Твердый	0.08	0.30 <sup>(с)</sup>	0.32	0.68	0.14

### 3.В Обращение с навозом

ЗВ1а	Молочный скот, привязное содержание в стойле	180	105	0.6	Навозная жижа	0.00	0.30 (e)	0.25	0.55	0.14
					Твердый	0.09	0.30 (e)	0.32	0.68	0.14
ЗВ1б	Немолочный скот (весь другой КРС)	180	41	0.6	Навозная жижа	0.24	0.53 (e)	0.25	0.55	0.14
					Твердый	0.08	0.53 (e)	0.32	0.68	0.14
ЗВ2	Овцы	30	15.5	0.5	Твердый	0.22	0.75 (e)	0.32	0.90	0.09
ЗВ3З	'Свиньи (свиньи на последней стадии откорма, 8-110 кг)	365	12.1	0.7	Навозная жижа	0.27	0.53 (e)	0.11	0.40	
					Твердый	0.23	0.53 (e)	0.29	0.45	
ЗВЗ	'Свиньи' (свиноматки и поросята до 8 кг)	365	34.5	0.7	Навозная жижа	0.35	Нет данных	0.11	0.29	
					Твердый	0.24	Нет данных	0.29	0.45	
					Вне помещения (d)	нет данных	Нет данных	NA	NA	0.31 (d)

3B4a	Буйволы (°)	140	82.0 (°)	0.5	Твердый	0.20	Нет данных	0.17	0.55	0.14
3B4d	Козы	30	15.5	0.5	Твердый	0.22	0.75 (b)	0.28	0.90	0.09
3B4e, 3B4f	Лошади (и мулы, ослы)	180	47.5	0.6	Твердый	0.22	Нет данных	0.35	0.90 (°)	0.35
3B4gi	Курицы-несушки (курицы-несушки и родители)	365	0.77	0.7	твердый, можно складировать	0.20	Нет данных	0.08	0.45	
3B4gi	Курицы-несушки (курицы-несушки и родители)	365	0.77	0.7	навозная жижа, можно перекачивать	0.41	Нет данных	0.14	0.69	
3B4gii	Бройлеры (бройлеры и родители)	365	0.36	0.7	Твердый	0.21	Нет данных	0.30	0.38	
3B4gii i	Индейки	365	1.64	0.7	Твердый	0.35	Нет данных	0.24	0.54	
3B4gi v	Другая домашняя птица (утки)	365	1.26	0.7	Твердый	0.24	Нет данных	0.24	0.54	
3B4gi v	Другая домашняя птица (гуси)	365	0.55 (f)	0.7	Твердый	0.57	Нет данных	0.16	0.45	
3B4h	Другие животные (пушные звери <sup>(g)</sup> )	365	4.60 (°)	0.6	Твердый	0.27	Нет данных	0.09	Нет данных	

Примечание: КВ даны как доля ОАА

Источники: КВ по умолчанию для всего крупного рогатого скота, всех свиней, куриц-несушек и куриц-бройлеров были получены из опубликованных значений, приведенных в Приложении 1. Значения КВ по умолчанию для овец, коз, лошадей, ослов и мулов, индеек, гусей и других животных из Европейской сети Исследователей кадастров газообразных сельскохозяйственных выбросов (EAGER) (<http://www.eager.ch/>) (Reidy et al., 2007; 2009, и цитируемые там ссылки)

(а) Период содержания в стойле- это количество дней, в течение которых домашний скот находится в помещении. Для некоторых видов домашнего скота, в основном молочных коров, дворы также будут использоваться в период выпаса скота, например когда коровы приходят на ферму подоиться. Период содержания в стойле используется для определения доли выделенного азота, который откладывается внутри помещений и, следовательно, используется для расчета выбросов во время стойлового содержания, а также последующих выбросов из хранилищ навоза и после внесения навоза в землю.

(b) Данные по умолчанию по выделению азота взяты из Таблицы 10.19, Главы 10, МГЭИК, 2006.

(c) Взято из EAGER

(d) Свиноматки и свиньи-отъемыши до 30-35 кг живого веса содержатся на открытом воздухе на полях с небольшими домиками для укрытия.

(e) Взято из NARSES (Webb and Misselbrook, 2004).

(f).из Rösemann et al. (2015).

(g) «Пушное животное» - это любое животное, которое выращивается и забивается исключительно из-за его меха.

Значения доли ОАА были приняты как средняя величина согласно сравнениям EAGER (Reidy et al., 2007, и экспертное мнение). Национальные КВ, на основе которых были получены значения, приводятся в Приложении 1, Таблица А1.8 .

**Таблица 3-10 Коэффициенты выбросов по умолчанию для потерь азота в газах, кроме аммиака**

кг N в NO или N <sub>2</sub> / кг ОАА	
КВ <sub>хран_жидкNO</sub>	0.0001
КВ <sub>хран_жидкN2</sub>	0.0030
КВ <sub>хран_твердNO</sub>	0.0100
КВ <sub>хран_твердN2</sub>	0.3000

**Источник:** Misselbrook et al., 2015

#### **Неметановые летучие органические соединения**

Коэффициенты выбросов НМЛОС Уровня 2 основаны на результатах измерений исследования NAEM (US EPA, 2012). Эти результаты были адаптированы, чтобы отражать сельскохозяйственные условия в Западной Европе (Детали можно найти в Приложении 1, разделы А1.2.1 и А1.2.2). Всем государствам рекомендуется использовать национальные данные, если они доступны.

Результаты исследования NAEM позволяют оценить выброс НМЛОС только от размещения в стойлах. Расчет выбросов от других источников, а именно хранилища силоса, силосного питания, хранения навоза и использования навоза, основан на долях выбросов от размещения в помещении (Alanis et al., 2008, 2010; Chung et al., 2010). Выбросы от пасущихся животных основаны на измерениях, проведенных Shaw et al. (2007).

Выбросы от размещения в помещении оцениваются как среднее от выбросов НМЛОС и выбросов неметанового углеводорода (NMHC). Измерения NMHC преобразуются в НМЛОС. Для бройлеров и животных на последней стадии откорма оценки выбросов преобразуются в значение на каждые 500 кг животного, т.к. измерения охватывают большой диапазон весов животных. Эти средние величины затем были адаптированы к уровням производства в Западной Европе, которые основаны на Руководстве МГЭИК 2006 года (IPCC, 2006), и других значениях по умолчанию в данном руководстве.

Исследование NAEM включает выбросы от питателя, ферментации в кишечнике и навозе, который хранится внутри помещений для домашнего скота. Эти измерения были разделены на выбросы от кормления силосом и кормления без силоса на основе данных в Alanis et al. (2008) и Chung et al. (2010).

Исследование NAEM включает разнообразные климатические условия. Измеренные данные очень варьируются, и не представляется возможным применение поправок на температуру для различных климатических условий в зоне ЕМЕП. Поэтому предложенные коэффициенты выбросов являются средними значениями коэффициентов выбросов без поправки на климатические условия за исключением выбросов от хранилищ силоса, где температурный поправочный коэффициент составляет от 20 °C до 10 °C (Alanis et al. 2010).

Таблица 3-11 КВ НМЛОС Уровня 2 по умолчанию для молочного скота и другого КРС<sup>(а)</sup>

<u>Код</u>	<u>Домашний скот</u>	КВ <sub>НМЛОС</sub> , силосное	КВ <sub>НМЛОС</sub> , стойло	КВ <sub>НМЛОС</sub> , пасущийся
		питание		скот
		Кг НМЛОС кг/ МДж потребление корма		
100901	Молочный скот	0,0002002	0,0000353	0,0000069
100902	Другой КРС <sup>b</sup>	0,0002002	0,0000353	0,0000069

<sup>a</sup> Данные из исследования НАЕМ (АООС США, 2012) преобразованы для европейских условий

<sup>b</sup> Включая молодняк, мясной скот и кормящих коров.

Таблица 3-2 КВ НМЛОС Уровня 2 по умолчанию для других категорий животных (кроме КРС) <sup>(а)</sup>

Код	Домашний скот	КВ <sub>НМЛОС, силосное</sub>	КВ <sub>НМЛОС, стойло</sub>	КВ <sub>НМЛОС, пастб</sub>
		питание		
3В2	Овцы	0.010760	0.001614	0.00002349
3В3	'Свиньи' (свиньи на последней стадии откорма <sup>(б)</sup> )		0.001703	
3В3	'Свиньи' (свиноматки и поросята до 8 кг)		0.007042	
3В4а	Буйволы <sup>(с)</sup>	0.010760	0.001614	0.00002349
3В4d	Козы <sup>(с)</sup>	0.010760	0.001614	0.00002349
3В4е	Лошади <sup>(с)</sup>	0.010760	0.001614	0.00002349
3В4f	Мулы и ослы <sup>(с)</sup>	0.010760	0.001614	0.00002349
3В4gi	Курицы-несушки (курицы-несушки и родители)		0.005684	
3В4gii	Бройлеры (бройлеры и родители)		0.009147	
3В4giii	Индейки <sup>4</sup>		0.005684	
3В4giv	Другая домашняя птица (утки, гуси) <sup>(д)</sup>		0.005684	
3В4h	Другие животные (пушные звери)		0.005684	
3В4h	Другие животные (кролики) <sup>(с)</sup>		0.001614	
3В4h	Другие животные (северные олени) <sup>(с)</sup>		0.001614	0.00002349

(а) Данные исследования NAEM (US EPA, 2012), преобразованные для европейских условий.

(б) Включает свиней от 8 кг до забоя.

(с) Основано на данных для овец.

(д) Основано на данных для куриц-несушек.

#### Твердые частицы

Выбросы ТЧ зависят, среди прочего, от факторов, описанных в Приложении 1, разделе А1.2.2. доступная литература не позволяет сделать расчет КВ, которые принимали бы во внимание влияние вышеупомянутых переменных.

#### 3.4.5 Данные по осуществляемой деятельности

##### Время, проведенное на скотных дворах

Включение в расчеты выбросов от домашнего скота на скотных дворах усложняет вычисления, так как в большинстве случаев домашний скот проводит на скотном дворе всего несколько часов в день, а остаток дня в стойлах, на пастбище или в обоих местах. Следовательно, длительность содержания скота в стойлах, выраженную в днях, потребуется сократить для учета общего времени, проводимого согласно оценкам на скотном дворе, так чтобы доли  $X_{\text{стойло}}$ ,  $X_{\text{двор}}$  и  $X_{\text{пастб}}$  равнялись 1.0. Например, если молочные коровы согласно оценке проводят 25 % времени на скотном дворе сбора до и после доения, то необходимо сократить периоды содержания в помещении и на пастбище на 25 %, чтобы точно рассчитать  $X_{\text{стойло}}$  и  $X_{\text{пастб}}$ . Данные о долях дня, которые поголовье скота проводит на открытых скотных дворах, могут быть недоступны. В отсутствие данных по конкретным странам можно использовать

значение в 25% ОАА, ежедневно откладываемые на скотных дворах молочными коровами, приведенными в Webb and Misselbrook (2004; см. Рисунок 1 в Webb and Misselbrook, 2004).

**Содержание скота в стойлах, хранение навоза и содержание скота на пастбище, обработка навоза и внесение навоза в почву**

Данные по осуществляемой деятельности следует получать на основании национальных статистических данных по сельскому хозяйству и отчетов по методам ведения сельского хозяйства. Особую важность представляют расчеты выделения азота, продолжительности периода содержания скота на пастбище для жвачных животных, и типах хранения.

В Таблице 3.13 описаны системы хранения навоза, указанные в данной главе, и проводится сравнение с определениями систем обращения с навозом, применяемыми МГЭИК.



**Таблица 3-12 Сравнение определений типов хранения навоза, используемых в данной главе и МГЭИК**

Термин	Определение	Эквивалент МГЭИК
Земляной отстойник	Хранилище с большим соотношением площади поверхности к глубине; обычно в виде малоглубинных ям, вырытых в почве	Жидкий навоз/навозная жижа. Навоз хранится в выделяемом виде или с минимальным добавлением воды в цистернах или земляных отстойниках за пределами строений для содержания домашнего скота, обычно на период менее года
Цистерны	Хранилище с небольшим соотношением площади поверхности к глубине; обычно в виде стальных или бетонных резервуаров/цилиндров	
Навозные кучи	Кучи твердого навоза	Хранилище твердого навоза. Хранилище для навоза, обычно на период в несколько месяцев, в виде свободных куч или штабелей. Навоз можно укладывать штабелями из-за наличия достаточного количества материала подстилки или потери влаги при испарении.
Внутренний жижесборник (яма для навозной жижи)	Смесь выделений и промывочной воды, хранящаяся внутри строений для содержания домашнего скота, обычно под стойловыми животными.	Яма для хранения под стойлами животных. Сбор и хранение навоза обычно с добавлением небольшого количества воды или без добавления воды, чаще всего под щелевым настилом в закрытом помещении для содержания животных, обычно на период менее года.
Внутренняя глубокая подстилка	Смесь выделений и подстилки, накапливаемых на полу в строениях для содержания домашнего скота	Глубокая подстилка для крупного рогатого скота и свиней. По мере накопления навоза подстилка непрерывно добавляется для поглощения влаги в течение производственного цикла и, возможно, на период от 6 до 12 месяцев. Данная система обращения с навозом также известна как система обращения с навозом с подстилкой, состоящей из нескольких слоев.
Корка (твердый поверхностный слой)	Натуральный или искусственный слой на поверхности навозной жижи, снижающий рассеивание газов в атмосферу.	Определения не дано
Покрытие	Плотная или гибкая конструкция, накрывающая навоз и непроницаемая для воды и газов.	Определения не дано
Ферментация компоста, пассивное компостирование в валках/рядах	Аэробное разложение навоза без принудительной вентиляции.	Ферментация компоста, неподвижная куча. Ферментация компоста в кучах с принудительным аэрированием, но без смешивания.

Ферментация компоста с принудительным аэрированием	Аэробное разложение навоза с принудительной вентиляцией	Ферментация компоста, внутри резервуара.  Ферментация компоста в кучах с принудительным аэрированием, но без смешивания.
Биогазовая обработка	Анаэробная ферментация навозной жижи и/или твердого навоза	Анаэробный биореактор.  Выделения животных с добавлением или без добавления соломы собираются и анаэробно ферментируются в больших герметизирующих резервуарах или закрытых земляных отстойниках. Биореакторы разработаны и используются для стабилизирующей обработки отходов путем микробиологического разложения сложных органических соединений до CO <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub> , которые отбираются и сжигаются или используются в качестве топлива.
Разделение навозной жижи	Разделение твердого и жидкого компонента навозной жижи	Определения не дано
Окисление	Добавление концентрированной кислоты для снижения уровня pH навоза	Определения не дано

Примечание: CH<sub>4</sub>, метан; CO<sub>2</sub>, диоксид углерода.

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

Какие-либо ограничения относительно формы Уровня 3 отсутствуют при условии, что он обеспечит расчеты, являющиеся более точным, чем на Уровне 2. При наличии данных можно производить расчеты выбросов для большего количества категорий домашнего скота, чем в рамках Уровня 2 (но см. подраздел 4.2). Модели массового расхода, разработанные страной, предоставляющей отчетность, могут использоваться вместо структуры, предлагаемой в данном документе. В методе Уровня 3 также может применяться процедура вычислений, представленная в Уровне 2, но с использованием КВ для конкретной страны или с учетом мер по снижению загрязнений окружающей среды. Влияние некоторых мер по снижению загрязнений окружающей среды можно соответственно описать с помощью коэффициента уменьшения, т.е. пропорционального сокращения выбросов без мер по устранению загрязнений, вместе с долей источников, в которых применяются данные меры снижения загрязнений (P<sub>снижен</sub>). Например, если выбросы NH<sub>3</sub> от содержания животных в стойлах были сокращены в результате использования частично сеточного настила вместо полностью сеточного настила, уравнение 15 ( см. раздел 3.4.1) можно изменить следующим образом:

$$E_{\text{стойло\_жидк}} = m_{\text{стойло\_жидк\_ОАА}} \cdot X_{\text{коэффициент\_уменьшения}} \cdot P_{\text{снижен}} \cdot X_{\text{КВ}_{\text{стойло\_жидк}}} \quad (61)$$

Однако составителям инвентаризации следует помнить, что применение мер по устранению загрязнения окружающей среды может потребовать изменения КВ для соединений помимо целевого загрязняющего вещества. Например, накрывание хранилища навозной жижи может также привести к изменению выбросов N<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>O, требуя внесения поправок в соответствующие им коэффициенты выбросов. Уравнения Уровня 2 потребуют дальнейших изменений, если применяются технологии борьбы с загрязнением, которые устраняют азот из системы обращения с навозом, например, если для очистки отработанного воздуха из строений для содержания животных, используются биофильтры, которые денитрифицируют поглощенный азот. Если азот устраняется с помощью очистки воздуха путём

растворения  $\text{NH}_3$ , и если этот азотный раствор добавляется в хранилище навозной жижи или непосредственно вносится в почву, следует принимать его во внимание как дополнительное количество азота на другом этапе.

Методы Уровня 3 должны быть надлежащим образом задокументированы, чтобы четко описывать процедуры оценки, и должны сопровождаться вспомогательной литературой.

### 3.6 Техническая поддержка

Рассчитанный пример использования данных шагов приводится в файле электронной таблицы, сопутствующем данной главе и размещенном на сайте Руководства ЕМЕП/ЕАОС 2019 года (<http://eea.europa.eu/emep-eea-guidebook>).

## 4 Качество данных

### 4.1 Полнота

В ходе полной инвентаризации необходимо рассчитать объем выбросов  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{TCH}$  и  $\text{HMLOC}$  от всех систем обращения с навозом для всех категорий домашнего скота. Чтобы сделать оценки Уровня 2 потерь выбросов  $\text{NH}_3$  всех видов азота от стойлового содержания домашнего скота, следует провести расчеты выбросов от открытых скотных дворов и хранилищ навоза. Следует провести перекрестную проверку данных о поголовье между основными механизмами предоставления отчетности (например, базами данных национальной системы сельскохозяйственной статистики и данными статистической службы Европейского Союза "Евростат"), чтобы убедиться в полноте и согласованности информации, используемой при инвентаризации. Ввиду широкой доступности информации базы данных ФАО относительно домашнего скота большинство стран смогут подготовить, по крайней мере, расчеты Уровня 1 по основным категориям домашнего скота. Для получения более подробной информации о полноте описания характеристик домашнего скота, см. МГЭИК, 2006 (раздел 10.2) (IPCC, 2006).

### 4.2 Предотвращение двойного учета с другими секторами

В соответствии с требованиями добросовестной практики, рекомендуется по возможности распределять данные выбросы между подкатегориями обращения с навозом в рамках категорий домашнего скота. Тем не менее, следует проявлять осторожность и не допускать двойного учета выбросов. Это может произойти, если отчетность предоставляется по выбросам от внешних скотных дворов без учета соответствующего сокращения объема выбросов от стойлового содержания животных или пастбищ.

### 4.3 Проверка достоверности

Необходимо включить документацию с подробным указанием, когда, где и кем были проверены данные инвентаризации по сельскому хозяйству.

Следует рассмотреть временные ряды сухого и мокрого осаждения или загрязнения окружающей среды, подтверждающие или противоречащие результатам инвентаризации.

### 4.4 Разработка согласованных временных рядов и пересчет

Общее руководство по разработке согласованных временных рядов приводится в Части А Главы 4 данного Руководства «Согласованность временных рядов».

Для разработки согласованных временных рядов вычисления выбросов для данной категории источников требуется, как минимум, совокупность внутренне согласованных временных рядов статистических данных о поголовье домашнего скота. Общие руководящие указания по разработке

согласованных временных рядов представлены в Части А (главы по общим руководящим указаниям) Главе 4 "Согласованность временных рядов" данного Руководства (ЕМЕР/ЕЕА, 2019). Согласно текущим руководящим указаниям МГЭИК (IPCC, 2006) другие два комплекта данных по осуществляемой деятельности, необходимые для данной категории источников, (т.е. данные об объемах выделения азота и применении систем обращения с навозом), а также коэффициенты выбросов при обращении с навозом являются постоянными для всего временного ряда. Тем не менее, при использовании подходов Уровня 2 и Уровня 3 для расчета выбросов  $\text{NH}_3$ , в которых выбросы рассчитываются как пропорция от выделяемого ОАА, необходимо проводить надежные расчеты выделения азота для каждого года во временном ряду, так как данные выделения азота, и/или пропорции ОАА, могут меняться со временем. Например, надои молока и живой привес могут увеличиваться с течением времени, фермеры могут изменить практики кормления домашнего скота, что повлияет на объемы выделения азота. Более того, категории животных согласно переписи могут измениться. Определенная система обращения с навозом может измениться из-за методов осуществления деятельности или новых технологий, гарантирующих применение пересмотренных КВ. Данные изменения методов осуществления деятельности могут быть вызваны внедрением явных мер по сокращению выбросов или изменением сельскохозяйственных практик без учета выбросов. Независимо от причины изменения, параметры и коэффициенты выбросов, применяемые для расчета выбросов, должны отражать изменения. В документации по инвентаризации должно подробно объясняться, как изменение методов ведения сельского хозяйства или внедрение мер по сокращению загрязнения повлияло на временные ряды данных по осуществляемой деятельности или коэффициенты выбросов. При составлении прогнозов следует учесть вероятные изменения в сельскохозяйственной деятельности, не только изменения количества домашнего скота, но также и изменения в сроках и методах внесения навоза в почву, обусловленные, например, необходимостью внедрения мероприятий по обращению с навозом в соответствии с Директивой по нитратам, Директивой по комплексному предотвращению и контролю загрязнения (КПКЗ) и Рамочной директивой по водной среде.

## 4.5 Оценка неопределенности

Общие указания по количественной оценке неопределенностей при расчете выбросов приводятся в главе 5 «Неопределенности» Руководства (ЕМЕР/ЕЕА, 2019). В следующих разделах приводятся результаты некоторых предыдущих исследований неопределенностей в оценках выбросов из сельскохозяйственных источников.

### 4.5.1 Неопределенность в коэффициентах выбросов

#### **Аммиак**

Неопределенности в отношении КВ  $\text{NH}_3$  значительно различаются. Исследование в Соединенном Королевстве (Webb и Misselbrook, 2004), в котором распределение было привязано к каждому из входящих данных модели (данные об осуществляемой деятельности или данные КВ) на основе распределения необработанных данных (или, если не существовало совсем или существовала только одна оценка, на основе оценок экспертов), выявило диапазон неопределенности от  $\pm 14\%$ , для КВ при внесении навозной жижи в почву, до  $\pm 136\%$ , для выпаса мясного скота. В общем, КВ для более крупных источников, как правило, основывались на большем числе измерений, чем у более мелких источников и, как следствие, были более точными. Исключением были КВ для зданий, в которых скот содержался на соломе, и КВ для выпаса для мясного скота и овец. Погрешности частичных КВ еще предстоит рассмотреть. Общая неопределенность для кадастров выбросов  $\text{NH}_3$  в Соединенном Королевстве, рассчитанная с использованием подхода Уровня 3, составляла  $\pm 21\%$  (Webb and Misselbrook, 2004), тогда как для Нидерландов, также рассчитанной с использованием подхода Уровня 3, было  $\pm 25\%$  (Wever et al., 2018, цит. По Bruggen et al., 2018).

#### **Оксид азота**

Хотя принципы бактериальных процессов, ведущих к выбросам NO, (нитрификация и денитрификация) довольно понятны, всё ещё сложно определить интенсивность нитрификации и денитрификации в навозе домашнего скота. Кроме того, наблюдаемые потоки NO демонстрируют значительные временные и пространственные вариации. Следовательно, существуют значительные погрешности, связанные с текущими расчетами выбросов для данной категории источников (от -50 % до +100 %). Точные и хорошо разработанные измерения выбросов от надлежаще охарактеризованных видов навоза и систем обращения с навозом могут помочь уменьшить данные неопределенности. Данные измерения должны учитывать температуру, влажность, аэрирование, содержание азота в навозе, количество углерода, преобразующегося в ходе обмена веществ, продолжительность хранения и другие аспекты обработки.

#### **Неметановые летучие органические соединения**

Включенные КВ представляют собой первичные оценки и как таковые являются только широкими показателями вероятного диапазона. Неопределенности, связанные с этими коэффициентами выбросов, очень высоки. Кроме того, учитывая большое количество различных соединений, большое разнообразие в химических и физических свойствах, большая разница в условиях, в которых они формируются, и применимости измеренных выбросов одного вида к другим видам приведут к большой неопределенности.

#### **Твердые частицы**

КВ являются только первичной оценкой и, как таковые, обеспечивают только широкий показатель неопределенности. Изменчивость, представленная в недавних исследованиях, предполагает особенно большую неопределенность для КВ, которые влияют на оценки выбросов. Дальнейшие неопределенности могут возникнуть в отношении категорий скота, отличных от домашней птицы, в отношении определения количества времени, проведенного в стойлах, и доли животных, к которым это относится.

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

Вероятно, большая неопределенность будет наблюдаться в расчетах данных по осуществляемой деятельности, хотя для таких данных трудно определить количественную оценку неопределенности. Webb и Misselbrook (2004) отметили, что восемь из десяти исходных данных, к которым были наиболее восприимчивы расчеты выбросов NH<sub>3</sub> в Великобритании, являлись данными по осуществляемой деятельности. Диапазон погрешности для объемов выделения азота по умолчанию, используемых МГЭИК для расчета выбросов N<sub>2</sub>O, приблизительно составил +50 % (источник: оценка экспертной группы МГЭИК). Тем не менее, для некоторых стран уровень погрешности будет меньше. Webb (2000) определил, что погрешности для расчетов выделения азота в Великобритании составят от ± 7 % для овец до ± 30 % для свиней. Данные о количестве животных, (частичные) КВ и распределение частотности, вероятно, будут искажены; комплекты данных часто являются неполными. Для данного издания Руководства не приводятся других заявлений о качестве, помимо указанных ранее. Тем не менее, от экспертов, составляющих отчеты о количестве животных, национальные экспертные оценки КВ и распределения частотности, настоятельно требуется, чтобы они документально подтверждали свои выводы, решения и расчеты для облегчения проверки соответствующих инвентаризаций.

Первым этапом при сборе данных о количестве домашнего скота должен являться обзор существующих национальных статистических данных, промышленных источников, изысканий и статистических данных ФАО. Неопределенность, связанная с поголовьем скота, будет значительно варьироваться в зависимости от источника, но должна находиться в пределах ±20 %. Часто национальные статистические данные о поголовье домашнего скота уже содержат сопутствующие расчеты неопределенности, в таком случае следует использовать их. Если опубликованные данные из этих

источников отсутствуют, следует провести встречи с ведущими промышленными и научными экспертами.

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

Руководство по проверке оценок выбросов, которая проводится лицами, составляющими инвентаризацию, приводится в Части А, Глава 6 «Управление инвентаризацией, ее усовершенствование и обеспечение/контроль ее качества» данного Руководства (ЕМЕР/ЕЕА, 2019).

В соответствии с требованиями добросовестной практики, необходимо убедиться, что информация о режиме питания, используемая при расчете выделения азота, соответствует информации, используемой при расчете потребления сухого вещества, как в разделе 10.2.2 Руководства МГЭИК 2006 года (IPCC, 2006).

##### ***Проверка данных по осуществляемой деятельности***

- Организация, занимающаяся составлением инвентаризации, должна проверить методы сбора данных относительно домашнего скота, в частности, убедиться, что данные о категориях домашнего скота были правильно собраны и обобщены с учетом продолжительности производственных циклов. Необходимо провести перекрестную проверку данных с данными предыдущих лет, чтобы убедиться, что данные являются обоснованными и согласуются с отчетными тенденциями. Организации, занимающиеся составлением инвентаризации, должны документально подтвердить методы сбора данных, указать возможные области ошибок и оценить репрезентативность данных.
- Следует регулярно проверять систему использования навоза, чтобы определить, были ли учтены изменения в промышленном животноводстве. Изменения типа системы использования навоза и технические модификации структуры и характеристик системы необходимо учитывать при моделировании системы для рассматриваемой группы рогатого скота.
- Национальная политика и нормы в отношении сельского хозяйства могут повлиять на параметры, используемые для расчета выбросов от навоза. Необходимо периодически анализировать, какое влияние они могут оказать. Например, методические указания по сокращению объемов стока навоза в водоемы могут привести к изменению практик ведения хозяйства и, таким образом, повлиять на распределение азота для определенных категорий домашнего скота. Необходимо поддерживать согласованность между инвентаризационными данными и происходящими изменениями в сельскохозяйственной практике.
- При использовании данных с конкретной страны по выделениям азота организация, занимающаяся составлением инвентаризации, должна сравнить эти значения со значениями по умолчанию МГЭИК. Значительные различия, источники данных и методы вычисления данных следует документально зафиксировать.
- Данные об объемах выделения азота, независимо от того, приведены ли значения по умолчанию или с учетом конкретной страны, должны согласовываться с данными о потреблении пищи, определенными согласно анализу питания животных.
- Данные по конкретной стране по потреблению корма в МДж и выделению летучего вещества, которые используются в расчетах выбросах НМЛОС, необходимо сравнить со значениями МГЭИК по умолчанию. Необходимо задокументировать значительные различия, источники данных и методы получения данных. Необходимо собрать данные по степени силосного питания, т.к. это основной фактор при оценке выбросов НМЛОС.

##### ***Оценка коэффициентов выбросов***

- Организация, занимающаяся составлением инвентаризации, должна оценить насколько предполагаемые КВ соответствуют альтернативным источникам национальных данных и данным других стран со схожими методами содержания домашнего скота. Значительные различия следует тщательно изучить.

- При использовании КВ с учетом конкретной страны организация, занимающаяся составлением инвентаризации, должна сравнить их с коэффициентами по умолчанию и указать различия. Разработку КВ с учетом конкретной страны необходимо объяснить и документально зафиксировать, а результаты должны быть оценены независимыми экспертами.
- Доступные данные измерений, даже если они представляют лишь малую выборку систем, следует по возможности проверять относительно предположений для расчетов выбросов  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$  и  $\text{HMLOC}$ . Показательные данные измерений могут дать представление о том, насколько точно текущие предположения прогнозируют выбросы  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{NO}$  от систем использования навоза в области инвентаризации, а также как некоторые коэффициенты (например, потребление пищи, структура системы, период удержания) влияют на объем выбросов. Так как во всем мире для таких систем доступно относительно небольшое количество данных измерений, любые новые результаты могут улучшить понимание данных выбросов и, возможно, их прогнозирование.

#### **Внешняя оценка**

Организация, занимающаяся составлением инвентаризации, должна привлекать экспертов по вопросам обращения с навозом и питания домашнего скота для проведения независимой экспертной оценки используемых методов и данных. Хотя данные эксперты могут быть не знакомы с газообразными выбросами, их знания основных исходных параметров для расчета выбросов могут помочь при общей проверке выбросов. Например, специалисты по питанию домашнего скота могут оценить объемы выработки азота и определить, соответствуют ли они исследованиям приемов кормления для определенных видов домашнего скота. Практикующие фермеры могут дать представление о фактических технологиях обращения с навозом, например, о сроках хранения или применении смешанных систем. По возможности, эти эксперты должны быть полностью независимыми от процесса инвентаризации в целях предоставления справедливой внешней оценки. Если используются КВ с учетом конкретной страны, доли потерь азота, объемы выделения азота или данные о применении систем обращения с навозом, необходимо тщательно задокументировать и предоставить отчетность о способах вычисления или справочных источниках для таких данных, наряду с результатами инвентаризации для соответствующей категории источников. В рамках контроля качества следует рассчитать азотный баланс, т.е. общий объем поступающего азота (общий объем азота в выделениях животных и общий объем в подстилке) должен соответствовать объему выводимого азота (общий объем всех выбросов и азота, поглощаемого почвой).

### **4.7 Координатная привязка**

#### **Аммиак**

ЕМЕП требует координатной привязки выбросов  $\text{NH}_3$  для расчета переноса  $\text{NH}_3$  и его продуктов реакции в воздухе. Учитывая возможное местное воздействие  $\text{NH}_3$  на экологию, вычисления выбросов  $\text{NH}_3$  обычно требуется максимально возможно разделять на составные части. Так как в Европе основной причиной выбросов  $\text{NH}_3$  являются животноводческие хозяйства, разделение обычно основано на данных переписи домашнего скота. Можно провести пространственное распределение выбросов от систем обращения с навозом, если известны данные о пространственном распределении поголовья домашнего скота.

В отношении моделирования атмосферного перемещения, преобразования и осаждения требуется очень высокое пространственное разрешение. Тем не менее, в рамках методики вычислений, описанной в данном руководстве, допускается разрешение по времени в месяцах и можно выделить месяцы содержания скота на пастбище и внесения навоза в почву от остального периода года.

#### **Оксид азота**

Пространственное распределение выбросов от систем обращения с навозом домашнего скота может быть возможно, если известно пространственное распределение численности домашнего скота.

Неметановые летучие органические соединения

Методология Уровня 1 предоставляет пространственно разделенные данные о выбросах НМЛОС в масштабе, для которого доступны соответствующие данные об осуществляемой деятельности и распределении частотности зданий для содержания домашнего скота, систем хранения и времени выпаса.

#### **Твердые частицы**

Пространственное распределение выбросов от систем обращения с навозом домашнего скота может быть возможно, если известно пространственное распределение численности домашнего скота.

### **4.8 Отчетность и документация**

Какая то специфика в отчетности и документации отсутствует.

## **5 Глоссарий**

AAP	Среднегодовая численность животных
AD	Анаэробное дигерирование
ОФД (CRF)	Общая форма предоставления отчетности
EAGER	Европейская сеть исследователей по инвентаризации сельскохозяйственных газообразных выбросов
KB	Коэффициент(ы) выбросов
FAO (FAO)	Организация ООН по продовольствию и сельскому хозяйству
FYM	Подстилочный навоз
GAINS	Взаимодействие парниковых газов и загрязнителей воздуха (Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies)
ИИАСА (IIASA)	Международный институт прикладных системных исследований
КРС	Крупный рогатый скот
ЛТВ (VS)	Летучее твердое вещество
МГЭИК (IPCC)	Межправительственная группа экспертов по изменению климата
LMMS	Система обращения с навозом домашнего скота
УГ (LU)	Условная единица поголовья скота (условная голова)
МДж (MJ)	Мегаджоули
НАЕМ	Национальный мониторинг выбросов в атмосферу
НО	Номенклатура отчетности
NMHC	Неметановые углеводороды
ROG	Химически активный органический газ



TMR	Смесь компонентов рациона (полнорационная смесь)
OAA (TAN)	Общий аммиачный азот
VFA	Летучие жирные кислоты

## 6 Список использованной литературы

Alanis, P., Sorenson, M., Beene, M., Krauter, C., Shamp, B. and Hason, A.S., 2008. 'Measurement of non-enteric emission fluxes of volatile fatty acids from a California dairy by solid phase micr-extraction with gas chromatography/mass spectrometry', *Atmospheric Environment*, (42) 6417–6424.

Alanis, P., Ashkan, S., Krauter, C. Campbell, S. and Hasson, A. S., 2010, 'Emissions of volatile fatty acids from feed at dairy facilities', *Atmospheric Environment*, (44) 5084–5092.

Bruggen, C. van, Bannink, A., Groenestein, C. M., Huijsmans, J. F. M., Lagerwerf, L. A., Luesink, H.H., van der Sluis, S. M., Velthof, G. L. and Vonk, J., 2018, 'Emissions into the atmosphere from agricultural activities in 2016. Calculations using the NEMA model', Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu). WOT-technical report, (119) 124 pp.

Calvet, S., van den Weghe, H., Kosch, R. and Estellés, F., 2009, 'The influence of the lighting program on broiler activity and dust production', *Poultry Science*, (88) 2504–2511.

Chardon, W. J., and van der Hoek, K. W., 2002, *Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw [Calculation method for emission of fine dust from agriculture]*, Alterra/RIVM, Wageningen, the Netherlands.

Chung, M. Y., Beene, M., Ashkan, S., Krauter, C. and Hasson, A. S., 2010, 'Evaluation of non-enteric sources of non-methane volatile organic compounds (NMVOC) emissions from dairies', *Atmospheric Environment*, (44) 786–794.

Citepa, 2015, *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France métropolitaine, format CEE-NU*, Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique, CITEPA, édition mars 2015, (<http://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-25248-secten-ges.pdf>) accessed 30 September 2016.

Costa, A. and Guarino, M., 2009, 'Definition of yearly emission factor of dust and greenhouse gases through continuous measurements in swine husbandry', *Atmospheric Environment*, (43) 1548–1556.

Dämmgen, U. and Hutchings, N. J., 2008, 'Emissions of gaseous nitrogen species from manure management — A new approach', *Environmental Pollution*, (154) 488–497.

Dämmgen, U., Lüttich, M., Haenel, H-D., Döhler, H., Eurich-Menden, B. and Osterburg, B., 2007, 'Calculations of emissions from German agriculture — National Emission Inventory Report (NIR) 2008 for 2006' ([http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/application/zip/deu\\_2008\\_nir\\_13may.zip](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/deu_2008_nir_13may.zip)), accessed 30 September 2016.

Demmers, T. G. M., Saponja, A., Thomas, R., Phillips, G. J., McDonald, A. G., Stagg, S., Bowry, A. and Nemitz, E., 2010, 'Dust and ammonia emissions from UK poultry houses', in: *XVII-th World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR)*, Québec City, Canada.

Dunlop, M., Ristovski, Z. D., Gallagher, E., Parcsi, G., Modini, R. L., Agranovski, V. and Stuetz, R. M., 2013, 'Odour, dust and non-methane volatile organic-compound emissions from tunnel-ventilated layer-chicken sheds: a case study of two farms', *Animal Production Science*, (53) 1309–1318.

EMEP/EEA, 2013, *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — Technical guidance to prepare national emission inventories*, EEA Technical Report No 12/2013, European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>), accessed 30 September 2016.

EMEP/EEA, 2016, *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — Technical guidance to prepare national emission inventories*, EEA Technical Report No 12/2013, European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/emep-eea-guidebook>), accessed 30 September 2016.

EMEP/EEA, 2019, *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — Technical guidance to prepare national emission inventories*, European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/emep-eea-guidebook>), accessed 30 September 2019.

Eurostat, (<http://ec.europa.eu/eurostat>), European Commission DG Eurostat, accessed 30 September 2016.

Fabbri, C., Valli, L., Guarino, M., Costa, A. and Mazzotta, V., 2007, 'Ammonia, methane, nitrous oxide and particulate matter emissions from two different buildings for laying hens', *Biosystems Engineering*, (97) 441–455.

FAO, 2014, *FAO Statistical Yearbook 2014*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (<http://www.fao.org/3/a-i3590e.pdf>) accessed 30 September 2016.

Feilberg, A., Liu, D., Adamsen, A. P., Hansen, M. J. and Jonassen, K. E., 2010, 'Odorant Emissions from Intensive Pig Production Measured by Online Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometry', *Environmental Science & Technology*, (44) 5894–5900.

Haeussermann, A., Hartung, E., Gallmann, E., and Jungbluth, T., 2006, 'Influence of season, ventilation strategy, and slurry removal on methane emissions from pig houses', *Agriculture Ecosystems and Environment*, (112) 115–121.

Haeussermann, A., Costa, A., Aerts, J. M., Hartung, E., Jungbluth, T., Guarino, M. and Berckmans, D., 2008, 'Development of a dynamic model to predict PM10 emissions from swine houses', *Journal of Environmental Quality*, (37) 557–564.

Hayes, M. D., Xin, H., Li, H., Shepherd, T. A., Zhao, Y. and Stinn, J. P., 2013, 'Ammonia, greenhouse gas, and particulate matter emissions of aviary layer houses in the Midwestern U.S.', *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, (56) 1921–1932.

Hobbs, P. J., Webb, J., Mottram, T. T., Grant, B. and Misselbrook, T. M., 2004, 'Emissions of volatile organic compounds originating from UK livestock agriculture', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (84) 1414–1420.

Hutchings, N. J., Sommer, S. G., Andersen, J. M. and Asman, W. A. H., 2001, 'A detailed ammonia emission inventory for Denmark', *Atmospheric Environment*, (35) 1959–1968.

IPCC, 2006, 'Emissions from livestock and manure management', in: *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories — Volume 4: Agriculture, forestry and other land use*, Intergovernmental Panel on Climate Change ([http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_10\\_Ch10\\_Livestock.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf)).

Jacobson, L. D., Hetchler, B. P. and Johnson, V. J., 2004, 'Particulate emissions from pig, poultry, and dairy facilities located in Minnesota', in: *Proceedings of the AgEng 2004 'Engineering the Future' conference*, September 2004, Leuven, Belgium, 12–16.

- Kirchmann, H. and Witter, E., 1989, 'Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition', *Plant and Soil*, (115) 35–41.
- Lacey, R. E., Redwine, J. S. and Parnell Jr, C. B., 2003, 'Particulate matter and ammonia emission factors for tunnel-ventilated broiler production houses in the southern U.S.', *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, (460) 1203–1214.
- Lim, T. T., Heber, A. J., Ni, J.-Q., Gallien, J. Z. and Xin, H., 2003, 'Air quality measurements at a laying hen house: Particulate matter concentrations and emissions', in: Keener, H. (ed.), *Air Pollution from Agricultural Operations III, Proceedings of the 12–15 October 2003 Conference*, ASAE, St. Joseph, MI, 249–256.
- Misselbrook, T. H., Gilhespy, S. L., Cardenas, L. M., Williams, J. and Dragosits, U., 2015, *Ammonia Emissions from UK Agriculture — 2014*, Inventory Submission Report November 2015, DEFRA Contract SCF0102, Department for Environment, Food & Rural Affairs, p. 38.
- Modini, R. L., Agranovski, V., Meyer, N. K., Gallagher, E., Dunlop, M. and Ristovski, Z. D., 2010. 'Dust emissions from a tunnel-ventilated broiler poultry shed with fresh and partially reused litter', *Animal Production Science*, (50) 552–556.
- Mosquera, J. and Hol, J. M. G., 2011, 'Emissiefactoren methaan, lachgas en PM2.5 voor stalsystemen, inclusief toelichting', *Wageningen UR Livestock Research*, (496).
- Mosquera, J., Hol, J. M. G., Winkel, A., Huis in 't Veld, J. W. H., Dousma, F., Ogink, N. W. M. and Groenestein C. M., 2011, 'Fijnstofemissie uit stallen: nertsen', *Wageningen UR Livestock Research*, (340).
- Redwine, J. S., Lacey, R. E., Mukhtar, S. and Carey, J. B., 2002, 'Concentration and emissions of ammonia and particulate matter in tunnel-ventilated broiler houses under summer conditions in Texas', *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, (45) 1101–1109.
- Reidy, B., Dämmgen, U., Döhler, H., Eurich-Menden, B., Evert, F. K. van, Hutchings, N. J., Luesink, H. H., Menzi, H., Misselbrook, T. H., Monteny, G.-J. and Webb, J., 2007, 'Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: Liquid manure systems', *Atmospheric Environment*, (42) 3452–3464.
- Reidy, B., Webb, J., Monteny, G.-J., Misselbrook, T. H., Menzi, H., Luesink, H. H., Hutchings, N. J., Eurich-Menden, B., Döhler, H. and Dämmgen, U., 2009, 'Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: litter-based manure systems', *Atmospheric Environment*, (43) 1632–1640.
- Rösemann C, Haenel H-D, Dämmgen U, Freibauer A, Wulf S, Eurich-Menden B, Döhler H, Schreiner C, Bauer B, Osterburg B, 2015, Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2013 : report on methods and data (RMD) submission 2015. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen Inst, 372 p, Thünen Rep 27.
- Roumeliotis, T. S. and Van Heyst, B.J., 2007, 'Size fractionated particulate matter emissions from a broiler house in Southern Ontario, Canada', *Science of the Total Environment*, (383) 174–182.
- Roumeliotis, T. S., Dixon, B. J. and Van Heyst, B. J., 2010, 'Characterization of gaseous pollutant and particulate matter emission rates from a commercial broiler operation part II: Correlated emission rates', *Atmospheric Environment*, (44) 3778–3786.
- Seedorf, J. and Hartung, J., 2001, 'A proposal for calculating the dustlike particle emissions from livestock buildings', *Deutsch Tierärztliche Wochenschrift*, (108) 307–310.
- Shaw, S., Mitloehner, F. M., Jackson, W., Depeters, E. J., Fadel, J. G., Robinson, P. H. Holtzinger, R. and Goldstein, A. H., 2007, 'Volatile Organic Compound Emissions from Dairy Cows and Their Waste as Measured by Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometry', *Environmental Science & Technology*, (41) 1310–1316

- Shepherd, T. A., Zhao, Y., Li, H., Stinn, J. P., Hayes, M. D. and Xin, H., 2015, 'Environmental assessment of three egg production systems — Part II. Ammonia, greenhouse gas, and particulate matter emissions', *Poultry Science*, (94) 534–543.
- Takai, H., Pedersen, S., Johnsen, J. O., Metz, J. H. M., Groot Koerkamp, P. W. G., Uenk, G. H., Phillips, V. R., Holden, M. R., Sneath, R. W., Short, J. L., White, R. P., Hartung, J., Seedorf, J., Schröder, M., Linkert, K. H. and Wathes, C. M., 1998, 'Concentrations and Emissions of Airborne Dust in Livestock Buildings in Northern Europe', *Journal of Agricultural Engineering Research*, (70) 59–77.
- UNECE, 1991, 'Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution concerning the control of emissions of volatile organic compounds or their transboundary fluxes', United Nations Economic Commission for Europe ([http://www.unece.org/env/lrtap/vola\\_h1.html](http://www.unece.org/env/lrtap/vola_h1.html)).
- US EPA, 2012, 'National Air Emissions Monitoring Study, United States Environmental Protection Agency (<https://www.epa.gov/afos-air/national-air-emissions-monitoring-study>), accessed 30 September 2016.
- Valli, L., Moscatelli, G. and Labartino, N., 2012, 'Ammonia and particulate matter emissions from an alternative housing system for laying hens', in: *Emissions of gas and dust from livestock (EmiLi 2012)*, Saint-Malo, France, 103–106.
- Van Ransbeeck, N., Van Langenhove, H. and Demeyer, P., 2013, 'Indoor concentrations and emissions factors of particulate matter, ammonia and greenhouse gases for pig fattening facilities', *Biosystems Engineering*, (116) 518–528.
- Webb, J., 2000, 'Estimating the potential for ammonia emissions from livestock excreta and manures', *Environmental Pollution*, (111) 395–406.
- Webb, J. and Misselbrook, T. H., 2004, 'A mass-flow model of ammonia emissions from UK livestock production', *Atmospheric Environment*, (38) 2163–2176.
- Winkel, A., Mosquera, J., Groot Koerkamp, P. W. G., Ogink, N. W. M. and Aarnink, A. J. A., 2015, 'Emissions of particulate matter from animal houses in the Netherlands', *Atmospheric Environment*, (111) 202–212.

## 7 Наведение справок

Все вопросы по данной главе следует направлять соответствующему руководителю (руководителям) экспертной группы по сельскому хозяйству и окружающей среде, 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/)).

## 8 Приложение 1

### A1.1 Общие сведения

#### A1.1.1 Аммиак

С 1980 года произошли значительные сокращения выбросов диоксида серы (SO<sub>2</sub>) и оксидов азота (NO<sub>x</sub>) в результате выработки электроэнергии, влияния промышленности и транспортных средств. Следовательно, ожидается, что в течение следующего десятилетия выбросы NH<sub>3</sub> станут причиной более четверти всех процессов подкисления и половины всех процессов эвтрофикации выбросов атмосферных загрязнений в Европе. Причиной примерно 90 % общего объема выбросов NH<sub>3</sub> в Европе является сельское хозяйство, оставшаяся часть выбросов поступает от промышленных источников, домашнего хозяйства, домашних животных и природных экосистем.

#### A1.1.2 Оксид азота и молекулярный азот

Процессы денитрификации и нитрификации, в ходе которых выделяется N<sub>2</sub>O, также приводят к выделению NO и N<sub>2</sub>. Тогда как NO является соединением, указываемым в отчетности как загрязнитель воздуха, расчеты выбросов N<sub>2</sub> требуются только для удовлетворения потребностей при вычислении баланса массы. Попытки определить объем выбросов NO в результате хранения навоза показали, что данные выбросы составляют порядка половины выбросов N<sub>2</sub>O от почв, удобряемых минеральными удобрениями или навозом (Haenel et al., 2016).

#### A1.1.3 Неметановые летучие органические соединения

Выбросы НМЛОС от животноводства происходят из корма, особенно силоса, расщепление корма в рубце (первый отдел желудка жвачных животных) и разложение частично переваренных и непереваренных жиров, углеводов и белков в рубце и навозе (Elliott-Martin et al., 1997; Amon et al., 2007; Alanis et al., 2008, 2010; Ngwabie et al., 2008; Feilberg et al., 2010; Parker et al., 2010; Trabue et al., 2010; Rumsey et al., 2012; Ni et al. 2012). Следовательно, все, что влияет на скорость кормления и обращения с навозом, такое как количество добавленной мукиновой кислоты в силос, управление силосными кучами и кормлением скота, обращение с навозом при стойловом содержании скота и во время хранения, солома, добавленная к навозу и продолжительность хранения, и методы, используемые для применения навоза, будут влиять на выбросы НМЛОС.

НМЛОС из корма высвобождаются с открытой поверхности в хранилище силоса или питателя (Alanis et al., 2008, 2010; Chung et al., 2010), а НМЛОС, образованные в рубце животных, высвобождаются через выдох или через флатус (Elliott-Martin et al., 1997). НМЛОС, образующиеся в навозе, могут выделяться внутри зданий для содержания скота или с поверхности складов навоза (Trabue et al., 2010; Parker et al., 2010). Эти выбросы зависят от температуры и скорости ветра над поверхностью. НМЛОС, высвобождаемые после применения навоза и во время выпаса, вероятно, были сформированы до нанесения / выделения, внутри животного или в системе обращения с навозом.

### A1.2 Описание источников

#### A1.2.1 Описание процесса

##### **Аммиак**

Испарительный перенос аммиака является главным образом физико-химическим процессом, который обусловлен равновесием (описанным в законе Генри) между газообразной фазой (газ) NH<sub>3</sub> и NH<sub>3</sub> в

растворе (вод) (уравнение A1).  $\text{NH}_3$  в растворе, в свою очередь, поддерживается равновесием  $\text{NH}_4^+ - \text{NH}_3$  (уравнение A2):



Высокий уровень pH (т.е. низкое содержание ионом водорода ( $\text{H}^+$ ) в растворе) благоприятствует правой части уравнения A2, вызывая повышенную концентрацию  $\text{NH}_3$  в растворе и, следовательно, также и в газообразной фазе. Таким образом, если система буферизируется при значениях pH менее приблизительно 7 (в воде), преобладающей формой аммиачного азота ( $\text{NH}_x$ ) будет являться  $\text{NH}_4^+$  и возможности для испарительного переноса будут незначительными. Наоборот, если система буферизируется при более высоких значениях pH, преобладающей формой  $\text{NH}_x$  будет  $\text{NH}_3$  и возможностей для испарительного переноса будет больше, хотя другие химические равновесия могут их увеличить или уменьшить.

Как правило, более половины азота, выводимого млекопитающим домашним скотом, выделяется с мочой, а от 65 до 85% азота из мочи находится в форме мочевины и других легко минерализованных соединений (информацию о жвачных животных см. Jarvis et al. , 1989, для свиней, см. Aarnink et al., 1997). Мочевина быстро гидролизуется ферментативной уреазой в карбонат аммония ( $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ), а ионы аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) являются основным источником  $\text{NH}_3$ . Аммиачный азот ( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ) и соединения, которые легко разрушаются до  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ , включая мочевую кислоту, называются ОАА. Напротив, большинство азота в фекалиях млекопитающего домашнего скота не разлагается (Van Faassen and Van Dijk, 1987); только небольшой процент этого азота находится в форме мочевины или  $\text{NH}_4^+$  (Ettalla and Kreula, 1979), поэтому выбросы  $\text{NH}_3$  достаточно малы (Petersen et al., 1998) для оценки в стойлах, чтобы основываться на азоте из мочи, хотя ОАА может быть минерализован из азота из фекалий во время хранения навоза. Домашняя птица производит только фекалии, основной составляющей которых является мочевая кислота, и это вместе с другими лабильными соединениями может разлагаться до  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  после гидролиза в мочевины (Groot Koerkamp, 1994).

Уреаза широко распространена в почве и фекалиях и, следовательно, гидролиз мочевины обычно завершается в течение нескольких дней (Whitehead, 1990). Моча также содержит другие азотные соединения, такие как аллантаин, которые могут разлагаться с выделением  $\text{NH}_3$  (Whitehead и др., 1989).

В навозе  $\text{NH}_4^+$  обычно встречается в растворе или слабо связан с сухим веществом, где он содержится в равновесии с растворенным  $\text{NH}_3$ . Так как с помощью обычных аналитических методов невозможно разграничить содержание  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NH}_3$  в навозе, принято указывать сочетание ( $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ ) как общий аммиачный азот (ОАА). Опубликованные исследования подтвердили связь между выбросами  $\text{NH}_3$  и ОАА (для КРС: Kellems et al. (1979), Paul et al. (1998), James et al. (1999), Smits et al. (1995); для свиней Latimier and Dourmad (1993), Kay and Lee (1997), Cahn et al. (1998)).

#### **Неметановые летучие органические соединения**

Отмечалась некоторая неопределенность относительно того, какие НМЛОС выделяются от различных типов навоза, а какие из других источников, таких как дыхание животных. Тем не менее, в целом менее 20 летучих соединений были измерены в значительном объеме от навоза, но при различных концентрациях или соотношениях в воздушной прослойке в зависимости от источника навоза: свиней, крупного рогатого скота или домашней птицы (Trabue et al. 2010; Ni et al., 2012; US EPA, 2012). На НМЛОС, собранные в воздушной прослойке навоза, могли повлиять свойства используемого адсорбента и средства десорбции в выбранной системе отбора/обнаружения. Zahn и др. (1997) также признают, что некоторые неполярные углеводороды выделяются от отстойников навозной жижи свиней. Их комплексное исследование показало, что поток НМЛОС систем хранения с глубоким резервуаром или навозоприемником превышали в от 500 до 5 700 раз выбросы от источников биологического

происхождения. И Parker et al. (2010), и Zahn et al. (1997) признают, что НМЛОС, определённые и в небольших лабораторных исследованиях или в условиях, более характерных для коммерческих фермерских хозяйств, не всегда представляют соединения, образующиеся на поле, или их скорость выбросов. Кроме того, было обнаружено несколько ЛОС, происходящих от дыхания жвачных животных (Elliott-Martin et al., 1997; Hobbs et al., 2004; Spinhirne et al., 2003, 2004; Cai et al., 2006a). Однако кишечные выбросы НМЛОС не являются большим источником, т.к. это рассматривается как дисфункция рубца (Moss et al. 2000). КРС может выделять некоторое количество НМЛОС, например, ацетона, если животные болеет, например, кетозом. Выбросы летучих жирных кислот (VFA), вид НМЛОС, не связанный с белком и фенолов представляются довольно постоянными в хранилищах навоза (Patni et al., 1995). Было определено более 200 НМЛОС, получаемых при деятельности по кормлению животных. Как и другие соединения, выбросы НМЛОС зависят от температуры и интенсивности вентиляции внутри помещений для содержания животных (Parker et al., 2010, 2012).

Хотя были выделены более 500 летучих соединений, выделяемых домашним скотом, свиньями и домашней птицей (Ni et al., 2012), существует значительная неопределенность относительно органических веществ-предшественников в каждом типе навоза, на основе которых образуются НМЛОС. Выбросы включают спирты, альдегиды, кислоты, сульфиды и фенолы, а также, в случае жидкого свиного навоза, индолы. Некоторые из основных соединений перечислены в Таблице А1.1. Недавно было установлено, что диметилсульфид (ДМС) выделяется при дыхании жвачных животных. В таблице А1.2 представлено процентное распределение наиболее обычных НМЛОС, обнаруженных в исследовании НАЕМ, которое включает измерения НМЛОС от 16 различных животноводческих производственных единиц (US EPA, 2012).

Таблица А1-1 Источники и процессы образования НМЛОС

НМЛОС	Вещество-предшественник или процесс	
	аминокислоты <sup>(a)</sup>	процесс
Метанол	не применимо	Деметилирование пектина
Этанол	не применимо	Ферментация
Ацетальдегид	не применимо	Ферментация
Уксусная кислота	не применимо	Ферментация
Ацетон	не применимо	Жировой обмен
Триметиламин	Все	Метилирование органического азота
2-метилпропановая кислота	Валин	
3-метилбутановая кислота	Изолейцин	
2-метилбутановая кислота	Лейцин	
Метантиол	Метионин	
Диметилсульфид	Цистеин	
4-метилфенол	Тирозин	
4-этилфенол	Тирозин	
Индол	Триптофан	
3-метилиндол	Триптофан	

Примечания:

«Не применимо» - показывает, что нет аминокислот в качестве источника

(a) Источник: из Mackie et al. (1998).



**Таблица А1-2 Процентное распределение различных НМЛОС от зданий для размещения различных видов животных (по оценке АООС США, (US EPA, 2012) )**

Домашняя птица	%	КРС	%	Свиньи	%
2,3-бутанедион	9.9	2,3-бутанедион	0.3	2,3-бутанедион	4.3
Диметилдисульфид	5.1	Диметилдисульфид	0.5	Диметилдисульфид	1.0
Ацетальдегид	4.0	Ацетальдегид	6.7	Ацетальдегид	8.8
2-бутанон	5.8	2-бутанон	2.4	2-бутанон	10.2
Изопропанол	23.0	Изопропанол	7.0	Изопропанол	19.3
Пентан	3.6	Пентан	3.4	Пентан	4.6
Диметилдисульфид	2.8	Диметилдисульфид	1.3	Диметилдисульфид	3.7
Уксусная кислота	7.3	Уксусная кислота	2.9	Уксусная кислота	7.8
Гексаналь	2.3	Гексаналь	0.2	Гексаналь	2.3
Этилацетат	0.4	Этилацетат	18.7	Этилацетат	2.1
Гексан	4.9	Гексан	0.3	Гексан	1.2
Пропановая кислота	1.7	Пропановая кислота	1.0	Пропановая кислота	7.1
Пентаналь	1.8	Пентаналь	0.2	Пентаналь	2.5
Фенол	1.8	Фенол	1.0	Фенол	3.6
1-бутанол	0.9	1-бутанол	0.6	1-бутанол	1.9
2-пентатон	0.9	2-пентатон	0.1	2-пентатон	0.9
4-крезол	1.2	4-крезол	1.2	4-крезол	6.0
Бутановая кислота	<0.0	Бутановая кислота	<0.0	Бутановая кислота	1.6
Гептаналь	1.0	Гептаналь	0.2	Гептаналь	1.7
Бутаналь	1.1	Бутаналь	0.1	Бутаналь	1.8
Октаналь	0.8	Октаналь	0.2	Октаналь	1.5
Метилциклопентан	2.0	Метилциклопентан	0.1	Метилциклопентан	0.3
Nonatal	0.7	Nonatal	0.5	Nonatal	1.7
Толуол	2.0	Толуол	1.0	Толуол	0.4
н-пропанол	1.4	н-пропанол	41.3	н-пропанол	2.3
2-бутанол	0.5	2-бутанол	1.3	2-бутанол	0.5
4-этил-фенол	0.1	4-этил-фенол	<0.0	4-этил-фенол	0.3
1-пентанол	0.1	1-пентанол	<0.0	1-пентанол	<0.0
Диметилтрисульфид	0.2	Диметилтрисульфид	<0.0	Диметилтрисульфид	0.2
2-метакриловая кислота МЭ	10.8	2-метакриловая кислота МЭ	<0.0	2-метакриловая кислота МЭ	<0.0
2-метакриловая кислота	<0.0	2- метакриловая кислота	0.2	2- метакриловая кислота	<0.0
2-метил-капроновая кислота	<0.0	2-метил-капроновая кислота	0.1	2-метил-капроновая кислота	<0.0
Пропил пропеновый эфир	<0.0	Пропил пропеновый эфир	0.2	Пропил пропеновый эфир	<0.0
Индол	1.5	Индол	0.1	Индол	<0.0
Бензальдегид	0.3	Бензальдегид	0.1	Бензальдегид	<0.0

О-ксилол	0.3	О-ксилол	<0.0	О-ксилол	<0.0
Деканаль	<0.0	Деканаль	0.2	Деканаль	<0.0
п-пропилацетат	<0.0	п-пропилацетат	4.8	п-пропилацетат	<0.0
Бензол	<0.0	Бензол	0.3	Бензол	0.2
Ментанол	<0.0	Ментанол	1.7	Ментанол	<0.0
Диметилсульфон	<0.0	Диметилсульфон	<0.0	Диметилсульфон	0.2
Этанол	<0.0	Этанол	0.1	Этанол	<0.0
D -лимонен	<0.0	D -лимонен	0.1	D -лимонен	<0.0
Сумма	100	Сумма	100	Сумма	100

### **Твердые частицы**

Можно ожидать, что системы размещения скота с подстилкой (твердым навозом) имеют более высокие выбросы пыли, чем системы стойлового размещения домашнего скота без подстилки (навозная жижа), поскольку материал подстилки, такой как солома, состоит из сыпучего материала, который легко попадает в воздух при перемещении (Hinz et al. 2000). Takai et al. (1998) обнаружили более высокие концентрации ингаляционной пыли в английских системах стойлового содержания молочных коров с подстилкой, чем в немецких домах со стойлами для молочных коров с системами на основе навозной жижи. Расчетные коэффициенты выбросов для ТЧ также различались. Однако выбросы ТЧ также оказались на 50% меньше в системах с глубокой подстилкой, потому что пыль была включена в подстилку и удерживалась там влагой. Активность животных не приводит к значительному суспендированию материала, если подстилка влажная (CIGR Working Group, 1995).

Выбросы ТЧ происходят как из скота, содержащегося в помещении, так и на свободном выгуле. Однако отсутствие доступных измерений выбросов для скота на свободном выгуле означает, что разработка КВ фокусировалась на домашнем скоте, содержащемся в помещении.

#### **A1.2.2 Сообщаемые выбросы**

##### **Аммиак**

Выбросы  $\text{NH}_3$  от крупного рогатого скота на пастбищах сильно различаются, и большая часть выбросов происходит от участков почвы с мочой (Laubach et al. 2012, 2013, Nichols et al. 2018).

Увеличение количества азота в удобрениях на пастбищах будет способствовать увеличению концентрации белка в траве. Следовательно, потребление азота будет увеличиваться, тем самым увеличивая выведение азота. Большая часть этого увеличения приходится на мочу (Jarvis et al. 1989; Bussink 1992). Баланс между потреблением азота и потреблением белка пастбищным скотом снижает выведение азота и выбросы  $\text{NH}_3$  (Voglmeier et al. 2018).

Выбросы  $\text{NH}_3$  увеличиваются с увеличением влажности почвы (Bussink 1992). На выбросы влияют температура воздуха, скорость ветра, глобальная радиация и осадки (Voglmeier et al. 2018; Bell et al. 2017).

Улетучивание аммиака у свиноматок на пастбищах было связано с количеством корма, даваемым свиноматкам, попадающей солнечной радиацией и температурой воздуха во время периодов измерений и дождем за 1-2 дня до измерений (Sommer et al. 2001). Влияющие параметры аналогичны параметрам, указанным для крупного рогатого скота на пастбищах, и связаны с большим количеством азота в моче из-за повышенного содержания белка в кормах, а также с погодными параметрами, увеличивающими потенциал выбросов  $\text{NH}_3$ .

**Таблица А1.3 Коэффициенты выбросов амиака, выбросы от выпаса скота. Выбросы в % от общего числа выделенного азота**

Тип навоза	Количество исследований	Средневзвешенное значение	Стандартное отклонение
Молочный скот	8	9	6.9

Не было выявлено рецензируемых публикаций по NH<sub>3</sub>, возникающему на пастбищах, на которых пасется мясной скот. Таким образом, КВ, полученные для молочного скота, использовались также для мясного скота.

#### **Неметановые летучие органические соединения**

всеобъемлющий перечень более 130 летучих соединений, выявленных в животноводческих постройках, где содержится крупный рогатый скот, свиньи и домашняя птица, был составлен O'Neill и Phillips (1992) в ходе обзора существующей литературы. Более поздние обобщение данных, проведенное Schiffman et al. (2001), а также Blunden et al. (2005), выявило более 200 ЛОС в воздухе от построек, где содержатся свиньи, подтверждая большинство предыдущих исследований по составляющим выбросов. В Ni et al. (2012) обнаружено более 500 соединений. Наиболее часто в данных исследованиях, которые в значительной мере были направлены на свиноводческие хозяйства, упоминались такие соединения, как *p*-крезол, летучие жирные кислоты и фенол. Концентрация данных соединений в атмосфере демонстрирует значительные вариации, например, концентрация *p*-крезола варьируется от  $4,6 \times 10^{-6}$  до  $0,04 \text{ мг м}^{-3}$  и концентрация фенола от  $2,5 \times 10^{-6}$  до  $0,001 \text{ мг м}^{-3}$ . Спирты этанол и метанол недавно были указаны в отчетности как преобладающие выбросы от строений для содержания молочного скота и овчарен (US EPA, Ngwabie et al., 2005) и значительно превысили концентрации летучих жирных кислот и *p*-крезола. Также известно, что ЛОС поглощаются взвешенными в воздухе твердыми частицами (Bottcher, 2001; Oehrl et al., 2001; Razote et al., 2004, Cai et al. 2006b), являясь дополнительным источником выбросов и неприятного запаха.

Серьезная попытка определить количество выбросов НМЛОС от стойлового размещения домашнего скота и хранилищ навоза была предпринята в исследовании NAEM, описывающем 16 мест в США с хозяйствами для молочного скота, свиноматками и свиньями на заключительной стадии откорма, а также фермами с курами-несушками и бройлерами (US EPA, 2012). Измерения выполнялись в течение двух последовательных лет с 2007 по 2009 г. Измерения НМЛОС выполнялись с помощью отбора в емкость совместно с масс-спектроскопией и NMHC (неметановые углеводороды).

Рассчитанные коэффициенты выбросов НМЛОС основаны на среднем значении выбросов, измеренных в исследовании NAEM для молочного скота, свиноматок, куриц-несушек и бройлеров. В случае измерения НМЛОС и NMHC использовалось среднее от двух значений. NMHC преобразовывались в НМЛОС с помощью умножения на весовую долю наиболее общих НМЛОС по сравнению с NMHC. Выбросы из исследования NAEM преобразовывались для европейских стандартов с помощью преобразования данных потребления корма в МДж и выделения ЛТВ, которые соответствуют данным в Руководстве МГЭИК 2006 г. (IPCC, 2006). Измерения в исследовании NAEM показывают, что выбросы зависят от температуры и интенсивности вентиляции. Однако из-за большой разницы измеренного выброса, данные не являются достаточно надежными для внедрения коэффициента выбросов, зависящего от климата, для зоны ЕМЕП.

Среди КРС были измерены выбросы только от стойлового размещения молочного скота. Эти выбросы включают выбросы от силосного питания в амбаре, ферментации в кишечнике, выделения газов из кишечника и навоза, который хранится внутри помещения. Преобразование для другого КРС было выполнено в соответствии с относительным потреблением энергии (в МДж). Для всего другого

домашнего скота преобразования основаны на разнице в выделяемых ЛТВ, чтобы учитывать разницу в производительности.

Измеренные выбросы от помещений для молочного скота в исследовании NAEM включают выбросы от силоса, который является основным источником. Основными выбросами от силоса являются этанол и жирные кислоты (VFA). Неясно, какая часть получается от силоса. Согласно Alanis et al. (2008) на молочной ферме в Калифорнии полнорационная смесь (силосное питание) отвечает за приблизительно 68% оценённых выбросов VFA. Согласно Chung et al. (2010) 93-98 % выбросов, которые способствовали образованию озона, от 6 молочных ферм идет от кормления. В распределении коэффициентов выбросов для выбросов от силоса на питателе и выбросов от других источников в амбаре (кишечных, другого кормового продукта и хранилища навоза внутри здания) используются значения 85 % от силоса и 15 % от других источников. Этот коэффициент будет влиять на оценку выбросов от хозяйств, в которых силос не используется для корма. В исследовании NAEM пропанол отвечает за не более чем 50 % выбросов в помещениях для КРС, домашней птицы и свиней (Таблица 1.2). В Chung et al. (2010) обнаружены только выбросы спирта от корма (этанол и пропанол) и никаких выбросов от проходов для промывки, подстилки, открытых хранилищ или отстойников. Это поднимает вопрос появления высоких значений пропанолов в измерениях в исследовании NAEM, т.к. для домашней птицы и свиней силос обычно не используется в качестве корма.

Методология для хранилищ силоса основана на измеренном распределении между хранилищами силоса и зданиями (Alanis et al. 2008, Chung et al. (2010)) вместе с поправкой на температуру, обычную для европейских климатических условий (Alanis et al., 2010; El-Mashad et al., 2010; Hafner et al., 2010). Выбросы измерялись в более теплых условиях (20°C), чем средние условия в Европе. Поэтому поправочный коэффициент с 20°C до 10°C был разработан, равный 25 % выбросов от силоса на питателе.

Измерения НМЛОС в исследовании NAEM от отстойников трудно перевести на хранилища для навоза в жижесборниках. Поэтому часть выбросов НМЛОС между помещениями и хранилищем основана на такой же доле, как и для выбросов аммиака. Среди прочих это соотношение задокументировано в Hobbs et al. (2004), Amon et al. (2007) и Feilberg et al. (2010). Такая же методология используется для расчета выбросов НМЛОС от использования навоза путём использования доли выбросов NH<sub>3</sub> от использования по сравнению с выбросами от строений. Однако следует упомянуть о том, что если используются национальные данные по NH<sub>3</sub>, это не обязательно снизит оценку выбросов, так как низкая интенсивность выбросов NH<sub>3</sub>, основанная на низком содержании азота в корме, не сократит исходное сухое вещество в корме и выделяемые летучие вещества, которые являются основным источником НМЛОС. Для коэффициентов выбросов Уровня 1 используется распределение в Таблице 3.9. Настоятельно рекомендуется использовать национальные количественные оценки выбросов аммиака. В Rumsey et al. (2012) отмечено, что при обобщении выбросов от свиней в Северной Каролине, США, содержание в помещении отвечает за 68.8-100 % от общих выбросов. Такая высокая доля может быть поставлена под сомнение в европейских условиях, т.к. использование больших аэрируемых отстойников не является распространенной практикой в Европе.

Предполагается, что выбросы НМЛОС от пасущихся животных низкие, т.к. отсутствует или ограничено силосное кормление и нет хранения навоза. Однако небольшие количества выбросов будут производиться из-за ферментации в кишечнике и выделения газов из кишечника. Оценка выбросов от пасущихся животных основана на Shaw et al. (2007), где измерен выброс активного органического газа от дойного и не дойного молочного скота за два последовательных дня в камере для выбросов. На основе состава корма предполагается, что кормление производилось без силоса, однако с люцерной. Предполагается, что люцерна попадала из сена. Предполагается, что оценка активного органического газа эквивалентна НМЛОС.

Для лошадей источником информации являются значения, полученные Seedorf и Hartung (2001).

### ***A1.2.3 Средства регулирования***

#### ***Аммиак***

При оценке национальных выбросов NH<sub>3</sub> необходимо принимать во внимание принятие методов сокращения выбросов NH<sub>3</sub>. Это проще всего сделать с использованием подхода Уровня 3, в котором КВ для соответствующей стадии обращения с навозом может быть уменьшена на долю выбросов NH<sub>3</sub>, достигаемых с помощью технологии борьбы с загрязнением. Среднее сокращение выбросов NH<sub>3</sub>, которое может быть достигнуто с помощью признанных методов борьбы с загрязнением, можно найти в ЕЭК ООН (UNECE, 2007).

Также потребуется информация о доле поголовья домашнего скота, содержащегося в зданиях с уменьшенными выбросами, о доле навоза, хранящегося под крышкой, и о количестве навоза, вносимого с использованием методов сокращения выбросов.

#### ***Оксид азота***

Meijide et al. (2007) сообщают о сокращении выбросов NO на примерно 80 % при добавлении ингибитора нитрификации дициандиамида (DCD) в навозную жижу свиней перед внесением в почву, хотя выбросы без мер по сокращению загрязнения составляли лишь 0.07 % применяемого азота.

#### ***Неметановые летучие органические соединения***

Другие примеры методов борьбы с загрязнением включают в себя предоставление только небольшого количества корма на питатель; использование высококачественного сырья с высокой перевариваемостью, что уменьшает количество субстрата для образования НМЛОС; и немедленное удаление мочи и навоза из стойл для крупного рогатого скота, быстрое удаление навозной жижи свиней, сушка навоза на пометоуборочной ленте в птичниках для кур-несушек и ограниченное перемешивание навоза в хранилищах. Системы, уже описанные для сокращения выбросов NH<sub>3</sub> из хранилищ, таких как естественная и искусственная плавающая корка и плавающие маты, дают некоторое снижение запаха из-за сокращения выбросов НМЛОС (Mannebeck, 1986; Zahn et al., 2001; Vicudo et al., 2004; Blanes-Vidal et al., 2009).

#### ***Твердые частицы***

Были исследованы методы снижения концентрации аэрозольной пыли в помещениях для домашнего скота. Меры, такие как влажное кормление, включая жировые добавки при кормлении, орошение маслом и / или водой, являются некоторыми примерами технологий, которые предотвращают чрезмерное образование пыли внутри здания.

Также доступны технологии в конце производственного цикла для значительного сокращения выбросов ТЧ, в частности фильтров, циклонов, электростатических фильтров, мокрых скрубберов и систем очистки воздуха биологических отходов. Несмотря на то, что многие из них в настоящее время считаются слишком дорогими, технически ненадежными или недостаточно удобными для использования, чтобы иметь широкое применение в сельском хозяйстве, воздушные скрубберы считаются ЕЭК ООН вариантами сокращения выбросов категории 1 (UNECE, 2007).

Защитные полосы (посадка, например, деревьев и кустарников в виде экранов вокруг здания для удаления переносимых по воздуху ТЧ) также может в определенной степени уменьшить рассеивание ТЧ, выделяемых из зданий.

Когда станут доступны соответствующие методы борьбы с загрязнением, будет разработана методология, позволяющая рассчитывать соответствующие выбросы ТЧ.

### А1.3 Методы

#### А1.3.1 Подход Уровня 1

##### Твердые частицы

Для разработки КВ, выраженных в ААР, необходимы коэффициенты трансформации для перевода условной единицы поголовья скота (условная голова) в среднегодовую численность животных (ААР). Кроме того, концентрации вдыхаемой пыли, способной проникать в верхние, средние и нижние отделы дыхательных путей, необходимо преобразовать в соответствующие концентрации твердых частиц. Тем не менее, следует осторожно применять полученные 'поправочные коэффициенты', так как репрезентативность данных коэффициентов пока недостаточно понятна. Как следствие, методология Уровня 1 считается очень неопределенной. .

**Таблица А1-4 Измеренные выбросы пыли (все данные кроме лошадей: Takai et al., 1998; лошади: Seedorf and Hartung, 2001)**

Код	Категория домашнего скота	Тип содержания	Выбросы	
			ID, мг LU <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	RD, мг LU <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
3В1а	Молочный скот	Навозная жижа	172.5	28.5
		Твердый навоз	89.3	28.0
3В1а3В1 b	Немолочный скот, (весь другой КРС кроме телят)	Навозная жижа	113.0	13.7
		Твердый навоз	85.5	16.0
3В1а3В1 b	Немолочный скот (телята)	Навозная жижа	127.5	19.5
		Твердый навоз	132.0	27.3
3В4е	Лошади	Твердый навоз	448.5	47.5
		Твердый навоз (*)	55.0	нет данных

Примечание:

(\*) древесная стружка.

h, голова животного (единица поголовья скота); ID, вдыхаемая пыль, проникающая в верхние отделы дыхательных путей; LU, условная единица поголовья скота; п.а., нет данных; RD, вдыхаемая пыль, проникающая в средние и нижние отделы дыхательных путей.

Источники: Takai et al., 1998 (все данные кроме лошадей); Seedorf and Hartung, 2001 (данные по лошадям).

Для получения информации о среднем объеме выбросов на одну голову животного (единица поголовья скота), средние значения этих данных необходимо разделить на средний вес животных в соответствующей категории. Условная единица поголовья скота (LU) в данном случае определяется как единица, используемая для сравнения или обобщения количества различных видов или категорий, и эквивалентна 500 кг живого веса. Используемые массы приводятся в Таблице А1.4. данные значения также использовались для перевода на КВ на животное в других исследованиях.

**Таблица А1-5 Традиционные условные единицы поголовья скота и вес домашнего скота, на которых основаны расчеты выделений азота в Таблице 3.9**

Код	Тип домашнего скота	Вес животного, используемый для расчета $N_{\text{выд}}$ (кг)
3В1а	Молочный скот	600
3В1b	Немолочный скот (весь другой КРС)	340
3В1b	Немолочный скот (телята)	150
3В2	Овцы	50
3В3	'Свиньи' (свиньи на последней стадии откорма)*	65
3В3	'Свиньи' (поросята до 8 кг)	20
3В3	'Свиньи' (свиноматки)	225
3В4а	Буйволы	700
3В4d	Козы	50
3В4е	Лошади	500
3В4f	Мулы и ослы	350
3В4g <sub>i</sub>	Курицы-несушки	2.2
3В4g <sub>ii</sub>	Бройлеры	1.0
3В4g <sub>iii</sub>	Индейки	6.8
3В4g <sub>iv</sub>	Другая домашняя птица (утки)	2.0
3В4g <sub>v</sub>	Другая домашняя птица (гуси)	3.5
3В4h	Другие животные (пушные звери)	Не применимо

\* от 8 кг и до забоя

Если КВ ТЧ не доступны напрямую, количество вдыхаемой пыли, проникающей в верхние, средние и нижние отделы дыхательных путей, необходимо преобразовать в количество ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2.5</sub>. Коэффициенты преобразования для крупного рогатого скота были вычислены на основе контрольного долгосрочного исследования твердых частиц в течение 24 часов, проведенного в стойлах для молочных коров и телят, содержащихся на щелевом настиле и сплошном настиле с соломой. Было проведено однодневное исследование с помощью оптического счетчика частиц, регистрирующего массовые концентрации общего объема пыли, ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2.5</sub>. Результаты данного исследования использовались при расчете коэффициента преобразования для ТЧ<sub>10</sub> (Seedorf and Hartung, 2001), тогда как коэффициент преобразования для ТЧ<sub>2.5</sub> был определен позже (Seedorf and Hartung, личн. общ.). Для лошадей коэффициент преобразования принимался равный коэффициенту для крупного рогатого скота. В целом фактические количественные соотношения между фракциями пыли предстоит определить в будущем. Тем не менее, для самых первичных оценок, некоторые из данных коэффициентов преобразования представлены в Таблице А1.5.

**Таблица А1-6 Коэффициенты преобразования для перевода вдыхаемой пыли, способной проникать в верхние отделы дыхательных путей (ID) в ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2,5</sub>**

Код	Тип домашнего скота	Коэффициент преобразования для ТЧ <sub>10</sub> , кг ТЧ <sub>10</sub> кг (ID) <sup>-1</sup>	Коэффициент преобразования для ТЧ <sub>2,5</sub> , кг ТЧ <sub>2,5</sub> кг (ID) <sup>-1</sup>
3В1а	Молочный скот	0.46 <sup>(а)</sup>	0.30 <sup>(б)</sup>
3В1b	Другой КРС	0.46 <sup>(а)</sup>	0.30 <sup>(б)</sup>
3В4е	Лошади <sup>(с)</sup>	0.46 <sup>(а)</sup>	0.30 <sup>(б)</sup>

Примечание:

<sup>(а)</sup> для лошадей принят тот же коэффициент преобразования, что и для крупного рогатого скота (Seedorf and Hartung, 2001).

<sup>(б)</sup>Seedorf (личное общение).

<sup>(с)</sup> Коэффициент преобразования для ТЧ<sub>2,5</sub> относится к вдыхаемой пыли, проникающей в средние и нижние отделы дыхательных путей, а не только в верхние отделы дыхательных путей.

ID, вдыхаемая пыль, способная проникнуть в верхние отделы дыхательных путей.

Полученные КВ, выраженные в весе животного в кг<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>, перечислены в Таблице А1.6.



**Таблица А1-7 КВ для вдыхаемой пыли, проникающей в верхние отделы дыхательных путей, вдыхаемой пыли, проникающей в средние и нижние отделы дыхательных путей, ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2,5</sub>**

Код	Категория домашнего скота	Тип размера	Вес животного, кг животное <sup>-1</sup>	Фактор преобразования, условная единица поголовья скота животное <sup>-1</sup>	КВ			
					ID, кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>	RD, кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>	ТЧ <sub>10</sub> , кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>	ТЧ <sub>2,5</sub> , кг ААР <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
3В1а	Молочный скот	Навозная жижа	600	1.2	1.81	0.30	0.83	0.54
		Твердый навоз	600	1.2	0.94	0.29	0.43	0.28
3В1b	Мясной скот	Навозная жижа	350	0.7	0.69	0.08	0.32	0.21
		Твердый навоз	350	0.7	0.52	0.10	0.24	0.16
3В1b	Телята	Навозная жижа	150	0.3	0.34	0.05	0.15	0.10
		Твердый навоз	150	0.3	0.35	0.07	0.16	0.10
3В2	Овцы	Твердый навоз			0.14		0.056	0.017
3В4а	Буйволы	Навозная жижа	700	1.4	2.12	0.35	0.97	0.63
		Твердый навоз	700	1.4	1.10	0.34	0.50	0.33
3В4d	Козы	Твердый навоз			0.139		0.056	0.017
3В4е	Лошади	Твердый навоз <sup>(е)</sup>	500	1.0	0.48		0.22	0.14
3В4f	Мулы и ослы	Твердый навоз	350	0.7	0.34		0.16	0.10
3В4giv	Утки	Твердый навоз	2	0.004	0.14	0.018	0.14	0.018
3В4giv	Гуси	Твердый навоз	3.5	0.007	0.24	0.032	0.24	0.032
3В4h	Пушные звери	Твердый навоз					0.0081	0.0042

Примечание:

(е) Древесная стружка.

ID, вдыхаемая пыль, проникающая в верхние отделы дыхательных путей; п.а. нет данных; RD, вдыхаемая пыль, проникающая в средние и нижние отделы дыхательных путей.

Для КРС КВ Уровня 1 основаны на распределении на твердый и жидкий систем обращения с навозом домашнего скота (LMMS). Распределение твердых и жидких LMMS в ЕС-27 для молочного скота составляет 49/51, а для немолочного скота 59/41 в соответствии с отчетами ЕС в 2011 г. в РКК ООН в 2001 году. Основываясь на этих данных, распределение твердых жидких LMMS принимается 50/50 для молочного скота и 60/40 для другого КРС

КВ, приведенные в Таблице А1.8, в основном, аналогичного порядка, что и те, которые использовались в модели Взаимодействия парниковых газов и загрязнителей воздуха (GAINS) для операций с домашним скотом, доступной по адресу <http://www.iiasa.ac.at/>. Однако для крупного рогатого скота существует явное несоответствие между значениями, представленными в Таблице 3.5 и КВ GAINS. Это может быть

вызвано использованием различных методов измерения. Необходима дальнейшая работа для понимания наблюдаемых различий, и КВ, представленные здесь и в модели GAINS, должны, поэтому, использоваться с осторожностью.

### **A1.3.2 Подход Уровня 2 , зависящий от технологии**

#### **Аммиак**

В Таблицах с A1.8 по A1.11 представлены КВ , использованные в национальных инвентаризациях группой EAGER. КВ Уровня 2, применяемые в данной главе, были рассчитаны как средние значения этих национальных КВ. Ссылки на национальные модели указаны в сносках к каждой таблице.

Коэффициенты выбросов, применяемые в рамках подхода массового расхода Уровня 2 для расчета выбросов N<sub>2</sub>O-N при хранении навоза, основаны на КВ по умолчанию согласно МГЭИК и представлены в Таблице A1.8. Коэффициенты выбросов согласно МГЭИК представлены как доля общего азота в выделениях. Для преобразования из КВ согласно МГЭИК в КВ как доли ОАА в навозе, переданном на хранение, КВ согласно МГЭИК делятся на долю ОАА в азоте из навоза, переданном на хранение, таким образом связь между КВ МГЭИК по умолчанию и КВ, используемыми в методологии данного Руководства, не очевидна сразу.

**Таблица A1-8 Получение КВ Уровня 2 по умолчанию для прямых выбросов N<sub>2</sub>O от обращения с навозом. В Таблице A1.8 Приложения объясняется как типы хранения навоза, описанные здесь, соотносятся с типами хранения навоза, используемыми МГЭИК**

Система хранения	КВ МГЭИК по умолчанию, кг N <sub>2</sub> O-N (кг N <sub>выд</sub> ) <sup>-1</sup>	Доля ОАА в навозе на хранении (°)	КВ, кг N <sub>2</sub> O-N (кг ОАА поступающих на хранение) <sup>-1</sup>
Навозная жижа КРС без естественной корки	0	0.50	0
Навозная жижа КРС с естественной коркой	0.005	0.50	0.01
Навозная жижа свиней без естественной корки	0	0.65	0
Навозные кучи КРС, твердый навоз	0.005	0.25	0.02
Навозные кучи свиней, твердый навоз	0.005	0.40	0.01
Навозные кучи овец и коз, твердый навоз	0.005	0.30	0.02
Навозные кучи лошадей, мулов и ослов, твердый навоз	0.005	0.25	0.02
Навозные кучи куриц-несушек, твердый навоз	0.001	0.55	0.002
Навозные кучи бройлеров, твердый навоз	0.001	0.65	0.002
Навозные кучи индеек и уток, твердый навоз	0.001	0.60	0.002
Навозные кучи гусей, твердый навоз	0.001	0.60	0.002
Навозные кучи буйволов, твердый навоз	0.005	0.25	0.02

Примечание: (°) Основано на результатах работы Европейской сети исследователей инвентаризаций газообразных выбросов (EAGER) (<http://www.eager.ch/>).

#### **Выбросы аммиака от стойлового размещения домашнего скота**

В Европе существует широкий диапазон категорий животноводческих помещений, и на выбросы NH<sub>3</sub> от животноводческих помещений в значительной степени влияют конструкция пола, удаление навоза, очистка и т.д. В методологии выбросов NH<sub>3</sub> Уровня 2 схема расчета упрощена, поскольку данные о производственных системах часто малочисленны, и мало известно об обращении с навозом. Поэтому было принято решение предоставить КВ только для основных категорий животноводческих систем и систем обращения с навозом. Таким образом, каждая из этих категорий охватывает широкий спектр КВ, которые будут различаться в зависимости от страны и должны влиять на рассчитываемые национальные кадастры выбросов.

Конструкция пола может повлиять на выбросы NH<sub>3</sub>. На выбросы из свинарников для откорма влияет соотношение решетчатого пола к площади бетонного пола (Sommer et al. 2006) и площадь проемов пола (Philippe et al. 2016). Выбросы связаны с характером экскрементов, на который влияет расположение кормушек и поилок, а также поведение свиней в зависимости от возраста и температуры (Aarnink et al. 2006). Таким образом, использование КВ для очень небольшого числа категорий, например конструкции животноводческих помещений и систем обращения с навозом охватывают широкий спектр КВ, которые должны быть связаны с конструкцией загона и пола.

Обращение с навозом может также повлиять на выбросы от сходных по конструкции животноводческих помещений, т.е. в выбросах от помещений с твердым полом со скрабберами увеличиваются выбросы NH<sub>3</sub> по сравнению с выбросами от помещений с решетчатого пола, а в помещениях с твердым полом и системой промывки выбросы могут снижаться (Baldini, et al., 2016). Кроме того, исследование Baldini et al. (2016) показали, что выбросы различаются в зависимости от кормового прохода и стойла.

В исследованиях выбросов NH<sub>3</sub> от животноводческих помещений результаты представлены как измеренные выбросы от помещения в единицу времени, выбросы на одно животное, выбросы на условную единицу домашнего скота (УГ), процентное содержание ОАА или общего азота в экскрементах. Определение животных и УГ может варьироваться в зависимости от страны (агентства), УГ может быть определена как производство домашнего скота, эквивалентное 500 кг живого веса (Philippe et al. 2011a), или как 100 кг азота на выходе из хранилища навоза. (Kai et al. 2008). Измерение N и ОАА в выделениях также затруднено из-за неоднородности навоза и правильного времени отбора проб. На точность вычислений выделений азота и ОАА влияет доступная модель, информация о потреблении корма, породе и т.д. Gilhespy et al. (2009) рассчитали выбросы от крупного рогатого скота, содержащихся в стойлах с подстилками, как процент выделенного ОАА, и отметили, что диапазон выбросов составляет 5,4-20%, поскольку модель выделения не учитывала размер животных и вариации в добавленном корме, поэтому при содержании крупной породы они недооценивали выделение ОАА. Использование стандартных данных по экскреции может быть проблематичным, потому что выделение азота сильно различается в зависимости от страны (Hou et al., 2016), из-за различий в потреблении корма и составе рациона, что значительно влияет на состав навоза и выбросы NH<sub>3</sub> (Dourmad et al. 1999; Edouard et al. , 2016).

В большинстве публикаций выбросы выражаются в граммах NH<sub>3</sub> на животное в день или на УГ в день и могут сильно различаться из-за различий в конструкции помещений, управлении и практике кормления. Публикации часто не предоставляют достаточно информации для оценки азота или ОАА в экскрементах. Поэтому даже если влияние кормления можно в некоторой степени уменьшить, оценивая выбросы в процентах от ОАА или общего азота, тогда эта оценка, к сожалению, может быть не очень точной. Вариации из-за различий в конструкции стойла и амбаров могут в будущем быть уменьшены за счет разработки моделей, которые включают выбросы в зависимости от конструкции поверхностей и управлением ими.

Определение газообразных КВ от животноводческих помещений требует длительных измерений с использованием высокоточных и надежных инструментов. Выбросы следует измерять в разные сезоны, чтобы отслеживать их сезонность и суточные колебания (Rzenik and Mielcarek 2016). Только измерения,

проведенные в течение нескольких сезонов в разных системах размещения животных, позволяют рассчитать надежные КВ, охватывающие средние годовые выбросы, которые следует использовать для оценки выбросов от других помещений.

### **Метод вычислений**

КВ для категории определялся с использованием оценок выбросов из рецензируемых журналов. В дополнительном материале приведены данные о выбросах в различных единицах, как указано в работах; выбросы NH<sub>3</sub> в процентах от выделенного ОАА или общего азота, г азота на животное в день, г азота на животное в час, г азота на УГ в год и т.д. Было решено давать выбросы в виде процентов от выделенного ОАА в год. Следовательно, было необходимо преобразовать данные в этот формат. Если приведены данные:

1. в% от выделенного ОАА данные используются без изменений.
2. Выбросы от домашней птицы, выраженные в % от общего количества выделенного азота, могут быть преобразованы в ОАА путем расчета доли экскрементов, которая является ОАА, или в короткое время преобразуется в ОАА (т.е. мочеваая кислота)
3. Что касается количества голов скота, то для определения экскреции азота используется национальное значение выделения азота на голову
4. Что касается УГ, то количество животных рассчитывается на основе годового среднего веса животного в этом классе домашнего скота, а экскреция оценивается с использованием национальных данных по экскреции.

Данные экскреции из Velthof et al. (2015) были использованы для расчета количества выделяемого общего азота на голову домашнего скота, там где в публикации не было представлено данных по экскреции для категории домашнего скота. Основанием для использования этих данных было то, что они сообщают об экскреции, рассчитанной с помощью модели NIR из руководящих принципов МГЭИК, эта модель рассчитывает выведение азота как разницу в потреблении и удержании азота в домашнем скоте и продуктах животноводства. Для расчета выделения ОАА используется отношение ОАА к общему выделенному азоту, указанное в Руководстве по инвентаризации выбросов загрязнителей воздуха ЕМЕП / ЕАОС (2016 г.).

Если выбросы даны на УГ, а средний вес животных в категории домашнего скота не указан, поэтому количество животных на УГ не может быть рассчитано, тогда используется определение Евростата количества животных на УГ (Приложение 2).

Если выбросы указаны в теплотворных единицах (НРУ), то предполагается, что одна НРУ равна выработке тепла животными 1000 Вт при температуре окружающей среды 20 ° С; Для молочной коровы массой 600 кг, производящей около 30-35 л молока, это будет ок. 1,45 НРУ на УГ.

### **Системы подстилки для крупного рогатого скота**

Данные показывают более высокие выбросы NH<sub>3</sub>-N от молочного скота на глубоком подстилке, чем мясного скота, что правдоподобно, поскольку молочный скот крупнее мясного, требует больше корма и, следовательно, выделяет больше азота. Во-вторых, данные показывают, что системы глубокой подстилки выделяют больше NH<sub>3</sub>- N, чем из привязных стойл, что также вероятно, потому что площадь поверхности выбросов в привязных стойлах меньше (Webb et al. 2012).

### **Навоз домашней птицы**

Птичий помет отличается от другого навоза домашнего скота, потому что ОАА в птичьем помете происходит главным образом от разложившейся мочеваой кислоты в помете. Гидролиз мочеваой кислоты происходит медленно и зависит от условий хранения, поэтому концентрация ОАА часто более изменчива, чем для других видов навоза (Kroodsma et al., 1988). Конструкция птичников и обращение с навозом влияют на преобразование мочеваой кислоты и, таким образом, в значительной степени на

выбросы NH<sub>3</sub> (Groot Koerkamp, 1994). Увеличение выделений от бройлеров приводит к значительному увеличению выбросов с течением времени, поэтому выбросы от бройлеров, забитых через 30 дней, намного ниже, чем если бы они были забиты более чем через 30 дней (Pereira 2017).

**Таблица А1.9 Коэффициенты выбросов аммиака для помещений для размещения домашнего скота как % выделяемого ОАА**

Тип навоза	Количество исследований	Средневзвешенное значение	Стандартное отклонение
Навозная жижа, весь КРС	14	24	14.7
Молочный скот на привязи	5	9	6.9
Твердый навоз, весь КРС	9	8	5.7
Жидкий навоз свиноматок и подстилок	5	35	9.1
Твердый навоз свиноматок и подстилки	5	24	10.4
Навозная жижа свиней на последней стадии откорма	19	27	12.1
Твердый навоз свиней на последней стадии откорма	12	23	14.7
Навоз куриц-несушек	7	20	12.9
Навоз куриц-бройлеров	7	21	10.0

**Таблица А1.10 Примеры КВ , выведенных в национальных инвентаризациях, для отдельных этапов обращения с навозом, выраженные в процентах от ОАА [ а) Стойловое размещение]**

Категория домашнего скота	Тип размещения	Дания	Германия	Нидерланды	Швейцария	Великобритания
3В2 Овцы	Твердый навоз	25.0	22.0	11.0		21.6
3В4а Буйволы	Твердый навоз		19.7 (а)			
3В4d Козы	Твердый навоз	25.0	22.0	11.0		21.6
3В4е Лошади	Твердый навоз	25.0	22.0			
3В4f Мулы и ослы	Твердый навоз	25.0	22.0 (б)			
3В4giii Индейки	Подстилка	35.7	52.9	32.1		19.2
3В4giv Утки	Подстилка	35.7	11.4	32.1		17.5
3В4giv Гуси	Подстилка	35.7	57.0			
3В4h Пушные звери	Нет данных	30.0	27.0			

(а) В немецкой инвентаризации, буйволы включены в категорию 'Другой КРС'.

(б) В немецкой инвентаризации, мулы и ослы включены в категорию 'Лошади'.

### Выбросы аммиака во время хранения навоза

Перенос  $\text{NH}_3$  из навоза на хранении в атмосферу не так сложен, как перенос  $\text{NH}_3$  из помещений для скота. Высвобождение  $\text{NH}_3$  из хранящегося жидкого навоза или навозной жижи в основном имеет физическую или химическую природу, поскольку анаэробная микробная трансформация происходит относительно медленно. При хранении образуется небольшое количество ОАА, а концентрация органических кислот относительно постоянна. Напротив, выбросы  $\text{NH}_3$  из хранимого твердого навоза связаны с микробной активностью в навозе, на которую влияет поток воздуха, проходящий через навозную кучу.

#### *Жидкий навоз*

Выбросы аммиака больше от хранимой навозной жижи свиней, чем от навозной жижи КРС из-за большей концентрации ОАА. Кроме того, выбросы, как правило, в два раза больше от навозной жижи, которая была ферментирована на биогазовой установке, чем от необработанной жижи, потому что ферментированная навозная жижа имеет более высокий рН и содержание ОАА. Выбросы аммиака из жидкого навоза в открытых резервуарах, силосах и лагунах варьируются от 0.78 до 2.33 кг  $\text{NH}_3\text{-N}$  м<sup>-2</sup> в год.

#### *Твердый навоз*

Только что созданная куча действует как источник  $\text{NH}_3$  в течение нескольких недель, пока содержание влаги не упадет в достаточной степени, чтобы остановить разложение, или пока весь летучий азот не будет выделен в виде  $\text{NH}_3$  или окисленного азота, или не будет преобразован в органический азот. После первых дней с высокими выбросами из навозных куч с доступным ОАА, выбросы становятся относительно невелики, и переворачивание куч после более, чем одного месяца хранения не увеличивает темпы выбросов (Ariaga et al. 2017).

В хранилищах твердого навоза с небольшим количеством соломы или с высоким содержанием воды (> 50-60%) скорость диффузии  $\text{O}_2$  низкая, а компостирование практически отсутствует (Webb et al., 2012; Bernal et al. 2017). Таким образом, выбросы  $\text{NH}_3$  происходят исключительно с внешней поверхности кучи. Таким образом, выбросы  $\text{NH}_3$  сокращаются за счет уплотнения навозных куч и недопущения добавления навоза на поверхность после создания кучи (Webb et al. 2012). Добавление свежего навоза на поверхность штабеля создает новую внешнюю поверхность, с которой могут происходить выбросы. Каждая новая добавка навоза создает новый импульс выбросов  $\text{NH}_3$ .

Напротив, если происходит самонагревание (компостирование), теплый воздух проходит через кучу, и вероятность выбросов  $\text{NH}_3$  высока. Разложение органических веществ приводит к быстрой минерализации органического азота и увеличению рН из-за пониженной концентрации органических кислот, что вместе с высокими температурами приводит к высоким концентрациям  $\text{NH}_3$  (водн.) и быстрым и значительным выбросам.

Были зарегистрированы потери 25-30% общего азота в хранящемся свином навозе и глубокой подстилке крупного рогатого скота, хотя потери также были измерены только в размере 1-10%. Меньшие потери могут быть связаны с хранением подстильного навоза крупного рогатого скота с небольшим количеством соломы и высокой плотностью, которые не разлагаются в аэробных условиях. Следовательно, выбросы  $\text{NH}_3$  от подстильного навоза крупного рогатого скота обычно меньше, чем от куч подстильного навоза свиней, которые часто будут аэробными и начнут аэробно разлагаться. Кроме того, потери могут быть уменьшены за счет вымывания ОАА дождевой водой (Webb et al., 2012).

#### *Расчет коэффициентов выбросов*

В большинстве публикаций годовые выбросы  $\text{NH}_3$  от жидкого навоза даются как г  $\text{NH}_3$  м<sup>-2</sup> в год. Это значимая единица, поскольку выбросы от хранимого навоза связаны с площадью поверхности в дополнение к эффекту поверхностной концентрации ОАА, поверхностного рН, погоды и т. Д.

Представленные здесь коэффициенты выбросов относятся к глубине хранения 3 м и среднему значению концентрации ОАА в исследованиях, из которых были сопоставлены данные.

На выбросы твердого навоза домашнего скота и птицы сильно влияет преобразование азота между органической и неорганической фракциями. Это отражается в том, что КВ, относящиеся к ОАА, в рассмотренных исследованиях могут варьироваться от несколько х% до более 200%. Этот большой разброс связан с отношением углерода к азоту (С: N) и способностью органического навоза разлагаться в навозе. При расчете выбросов NH<sub>3</sub> из твердого навоза КВ связан с ОАА в навозе в начале периода хранения, что не является идеальным решением, поскольку преобразование между органическим азотом и ОАА зависит от ряда факторов – отношения углерода к азоту (С: N), устойчивости органического вещества, содержания кислорода - пористости, размера кучи, покрытия, переворачивания и т. Д. (Bernal et al. 2017). В будущем КВ должны быть связаны с наиболее важными параметрами преобразования органического азота в ОАА.

Данные измерений выбросов с использованием небольших динамических камер в лаборатории не были включены в оценку КВ, несмотря на то, что они дают полезную информацию о выбросах, связанных с обработками (Perazzolo et al. 2015; Owusu-Twum et al. 2017). Эти данные использовались для оценки эффекта обработки.

КВ для выбросов при хранении были получены из значений, опубликованных в рецензируемой литературе. Выбросы из хранилищ навозной жижи даны в процентах от ОАА. Если общие выбросы превышают 100% ОАА, данные в расчетах не учитывались. Средние выбросы, выраженные в% от ОАА, поступающего в хранилище, были взвешены по количеству хранилищ в каждом исследовании. В Таблице А1.11 приводится количество исследований, представленных для каждого типа навоза, вместе со средневзвешенным значением и стандартным отклонением среднего значения.

**Таблица А1.11 Коэффициенты выбросов аммиака для хранимого навоза в % от ОАА, попадающего в хранилище**

Тип навоза	Количество исследований	Средневзвешенное значение	Стандартное отклонение
Навозная жижа всего КРС	5	25	11.2
Твердый навоз молочного скота	8	7	5.4
Твердый навоз мясного скота	8	38	35.5
Твердый навоз всего КРС	16	28	32.8
Навозная жижа свиней	4	11	6.9
Твердый навоз свиней	63	63	64.3
Навоз куриц-несушек	3	5	4.5
Навоз куриц-бройлеров	6	27	25.1

Из-за отсутствия каких-либо исследований выбросов из хранимой навозной жижи мясного скота и существенного сходства между жидким навозом, производимым молочными и мясными животными, КВ для хранимой навозной жижи используется для всего навоза крупного рогатого скота.

Несмотря на то, что средства для выбросов от твердого навоза молочного скота и мясного скота сильно различались, мы посчитали, что твердый навоз, производимый молочными и мясными животными, по

существо одинаков, и, следовательно, для твердого навоза крупного рогатого скота были получены единые КВ.

**Таблица А1.12 Примеры КВ, полученных из КВ в национальных инвентаризациях, для отдельных этапов обращения с навозом, выраженные в процентах от ОАА [в Хранение]**

Категория домашнего скота	Тип размещения	Дания	Германия	Нидерланды	Швейцария	Великобритания
3В2 Овцы	Твердый навоз	10.0	60.0	5.0		34.8
3В4а Буйволы	Твердый навоз		16.7			40.0
3В4d Козы	Твердый навоз	10.0	60.0	5.0		34.8
3В4е Лошади	Твердый навоз	10.0	60.0			11.8
3В4f Мулы и ослы	Твердый навоз	10.0	60.0			11.8
3В4giii Индейки	Подстилка	25.0	6.5	45.0		17.8
3В4giv Утки	Подстилка	25.0	6.5	45.0		17.8
3В4giv Гуси	Подстилка	25.0	6.5			
3В4h Пушные звери	Нет данных	8.5				

**Таблица А1.16 Коэффициенты выбросов аммиака для твердого навоза, вносимого в почву**

Тип навоза	Количество исследований	Средневзвешенное значение	Стандартное отклонение
Твердый навоз молочного скота	11	63	21.2
Твердый навоз мясного скота	12	66	23.3
Твердый навоз всего КРС	23	65	20.8
Твердый навоз свиней	13	36	26.1
Навоз куриц-несушек	13	41	23.2
Навоз куриц-бройлеров	8	37	22.8

Было проведено достаточное количество исследований, сообщающих о выбросах NH<sub>3</sub> после внесения в почву твердого навоза как молочного, так и мясного скота. Однако, ввиду существенного сходства между жидким навозом, производимым молочными и мясными животными, данные по выбросам твердого навоза от молочного и мясного скота были объединены, чтобы получить единый КВ для всего твердого навоза КРС.



**Таблица А1.17 Примеры КВ, полученных из национальных инвентаризаций, для отдельных этапов обращения с навозом, выраженные в процентах от ОАА [с) Внесение в почву]**

Категория домашнего скота	Тип размещения	Дания	Германия	Нидерланды	Швейцария	Великобритания
3В2 Овцы	Твердый навоз	90.0		100.0		81.0
3В4а Буйволы	Твердый навоз		55.0			
3В4d Козы	Твердый навоз	90.0		100.0		81.0
3В4е Лошади	Твердый навоз	90.0				
3В4f Мулы и ослы	Твердый навоз	90.0				
3В4giii Индейки	Подстилка		90.0	55.0		63.0
3В4giv Утки	Подстилка		90.0	55.0		63.0
3В4giv Гуси	Подстилка		90.0			
3В4h Пушные звери	Нет данных					

### **A1.6 Моделирование выбросов Уровня 3 и использование данных об объекте**

Другие факторы, помимо перечисленных в разделе 2.2.1, которые влияют на выбросы  $\text{NH}_3$  и которые могут быть приняты во внимание при использовании методологии Уровня 3, перечислены ниже:

- количество корма и содержание азота в потребляемом корме;
- эффективность перехода азота в корме в азот в мясе, молоке и яйцах и, следовательно, количество азота, выводимого с экскрементами;
- климатические условия в здании (например, температура и влажность) и система вентиляции;
- система хранения навоза вне здания, то есть открытый или закрытый резервуар для навозной жижи, насыпная или штабелированная куча твердого навоза;
- любая обработка навоза, такая как аэрация, разделение или компостирование.

Способ обращения с навозом сильно влияет на выбросы  $\text{NH}_3$ , поскольку процессы, которые влияют на выброс соединений азота, различаются для твердого, жидкого (навозная жижа) и подстилочного видов навоза. Добавление подстилки с большим отношением углерода к азоту к экскретам скота будет способствовать иммобилизации ОАА в органическом азоте и, следовательно, уменьшению выбросов  $\text{NH}_3$ . Характер подстилочного навоза значительно варьируется; если он открытый и пористый, может произойти нитрификация, тогда как если навоз станет компактным, может произойти денитрификация. Оба процесса означают, что азот может выделяться как  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{N}_2$ . Поэтому необходимо указать тип произведенного навоза и учитывать варианты в обращении с навозом.

Выбросы  $\text{NH}_3$  от навоза домашнего скота во время размещения в помещениях и хранения и в результате применения на полях также зависят от:

- температуры и интенсивности вентиляции внутри зданий;
- размера загрязненной поверхности;
- контакта навоза с окружающим воздухом (или покрытием на складе навоза);
- свойств навоза, включая вязкость, содержание ОАА, содержание углерода и рН;
- свойств почвы, такие как рН, катионообменная способность, содержание кальция, содержание воды, буферная емкость и пористость;
- метеорологических условий, включая осадки, солнечную радиацию, температуру, влажность и скорость ветра;
- методов и скорости применения навоза домашнего скота, в том числе для пахотных земель, времени между внесением и включением и метода включения;
- высоты и плотности любых сельскохозяйственных культур.

#### ***Твердые частицы***

Массовые потоки испускаемых частиц регулируются следующими параметрами (примеры в скобках), что вызывает неопределенность с точки зрения прогнозируемых выбросов (Seedorf and Hartung, 2001):

- проектирование и эксплуатация зданий:
  - вентиляция (принудительная или естественная вентиляция);
  - климат (температура и относительная влажность);
  - тип пола (частично или полностью щелевой);
  - геометрия и положение входов и выходов (повторное увлечение осажденных частиц, вызванное движением над поверхностями внутри здания);

- подстилка для домашнего скота:
  - тип материала (солома или древесная стружка);
  - физические свойства материала;
  - количество и качество (например, солома, измельченная солома, древесная стружка, опилки, торф, песок, использование обеспыленных материалов для подстилки, смеси из разных материалов, влажность подстилки, добавление агентов для устранения влаги, используемая масса материала для подстилки на каждое животное);
- обращение с домашним скотом :
  - активность животных (виды, суточный биоритм, молодые или взрослые животные, клеточные или вольерные системы);
  - время нахождения в помещении (весь год или сезонное размещение в помещении);
  - системы кормления (сухой или влажный корм, автоматически или в ручную, условия хранения корма);
  - системы навоза (жидкий или твердый, уборка или хранение, сушка навоза на конвейерной ленте).
  - Вид домашнего скота, содержащегося в помещении (домашняя птица или млекопитающие).

### Обзор обновлений

**Таблица А1-18 Обзор обновлений методологий расчета и КВ в ходе пересмотра данной главы в 2019 году**

Тип выбросов	Уровень 1		Уровень 2	
	Методология	КВ	Методология	КВ
NH <sub>3</sub>	Не обновлялось	Обновлено для представления КВ Уровня 1 на основе новых КВ Уровня 2	Обновлено, чтобы учитывать виды навоза, используемые при производстве биогаза	Обновлены
NO	Не обновлялось	Не обновлялось	Не применимо	Не применимо
НМЛОС	Обновлено	Не обновлялось	Обновлено	Обновлено
ТЧ	Обновлено	Не обновлялось	Не применимо	Не применимо

NA, не применимо.

### Список литературы, использованной в Приложении

Aarnink, A. J. A., Cahn, T. T. and Mroz, Z., 1997, 'Reduction of ammonia volatilization by housing and feeding in fattening piggeries', in: Voermans, J. A. M. and Monteny, G. J. (eds), *Ammonia and odour emission from animal production facilities*, Vinkeloord, the Netherlands 283–291.

Aarnink, A. J. A., Schrama, J. W., Heetkamp, M. J. W., Stefanowska, J. and Huynh, T. T. T., 2006, 'Temperature and body weight affect fouling of pig pens', *Journal of Livestock Science*, (84) 2224–2231.

- Amon, B., Kryvoruchko, V., Fröhlich, M., Amon, T., Pöllinger, A., Mösenbacher, I. and Hausleiter, A., 2007, 'Ammonia and greenhouse gas emissions from a straw flow system for fattening pigs: Housing and manure storage', *Livestock Science*, (112) 199–207.
- Arriaga H., Viguria M., Lopez D. M. and Merino P., 2017, 'Ammonia and greenhouse gases losses from mechanically turned cattle manure windrows: A regional composting network', *Journal of Environmental Management*, (203) 557-563.
- Asteraki, E. J., Matthews, R. A. and Pain, B. F., 1997, 'Ammonia emissions from beef cattle bedded on straw', in: Voermans, J. A. M. and Monteny, G. J., (eds.), *Ammonia and odour control from animal production facilities*, Nederlandse Vereniging Techniek Landbouw, Rosmalen, the Netherlands, 343–347.
- Baldini, C., Borgonovo, F., Gardoni, D. and Guarino, M., 2016, 'Comparison among NH<sub>3</sub> and GHGs emissive patterns from different housing solutions of dairy farms', *Atmospheric Environment*, (141) 60-66.
- Bell, M., Flechard, C., Fauvel, Y., Häni, C., Sintermann, J., Jocher, M., Menzi, H., Hensen, A. and Neftel, A., 2017, 'Ammonia emissions from a grazed field estimated by miniDOAS measurements and inverse dispersion modelling', *Atmospheric Measurement Technology*, (10) 1875–1892.
- Bernal, P. M., Sommer, S. G., Chadwick, D., Qing, C., Guoxue, L. and Michel, F. C., 2017, 'Current Approaches and Future Trends in Compost Quality Criteria for Agronomic, Environmental, and Human Health Benefits', in: Sparks, D. L., (ed), *Advances in Agronomy*, (144) Burlington, Academic Press, 143-233.
- Bicudo, J. R., Clanton, C. J., Schmidt, D. R., Powers, W., Jacobson, L. D. and Tengman, C. L., 2004, 'Geotextile covers to reduce odour and gas emissions from swine manure storage ponds', *Applied Engineering in Agriculture*, (20) 65–75.
- Blanes-Vidal, V., Hansen, M. N. and Sousa, P., 2009, 'Reduction of odor and odorant emissions from slurry stores by means of straw covers', *Journal of Environmental Quality*, (38) 1518–1527.
- Blunden, J., Aneja, V. P. and Lonneman, W. A., 2005, 'Characterization of non-methane volatile organic compounds at swine facilities in eastern North Carolina', *Atmospheric Environment*, (39) 6707–6718.
- Bottcher, R., 2001, 'An environmental nuisance: Odor concentrated and transported by dust', *Chemical Sensors*, (263) 327–331.
- Bussink, D. W., 1992, 'Ammonia volatilization from grassland receiving nitrogen fertilizer and rotationally grazed by dairy cattle'. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, (33) 257-265.
- Cahn, T. T., Aarnink, A. J. A., Schulte, J. B., Sutton, A., Langhout, D. J. and Verstegen, M. W. A., 1998, 'Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing finishing pigs', *Livestock Production Science*, (56) 181–191.
- Cai, L., Koziel, J. A., Davis, J., Lo, Y-C. and Xin, H., 2006a, 'Characterization of volatile organic compounds and odors by in-vivo sampling of beef cattle rumen gas, by solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry', *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, (386) 1791–1802.
- Cai, L., Koziel, J. A., Davis, J., Lo, Y-C. and Hoff, S. J., 2006b, 'Characterization of volatile organic compounds and odorants associated with swine barn particulate matter using solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry', *Journal of Chromatography A*, (1102) 60–72.
- Chambers, B., Smith, K., and van der Weerden, T., 1997, 'NH<sub>3</sub> emissions following the land spreading of solid manures', in: Jarvis, S. and Pain, B., (eds.), *Gaseous Nitrogen Emissions from Grasslands*, CAB International, Wallingford, 275-280.

- CIGR Working Group, 1995, 'Aerial environment in animal housing — Concentration in and emission from farm buildings', 3rd Report, CIGR Working Group No 13: Climatization and Environmental Control in Animal Housing ([www-med-physik.vu-wien.ac.at/bm/cigr/reports/rep3\\_sum.htm](http://www-med-physik.vu-wien.ac.at/bm/cigr/reports/rep3_sum.htm)).
- Dourmad, J. Y., Guingand, N., Latimier, P. and Seve, B., 1999, 'Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: France', *Livestock Production Science*, (58) 199–211.
- Edouard, N., Hassouna, M., Robin, P., et al., 2016, 'Low degradable protein supply to increase nitrogen efficiency in lactating dairy cows and reduce environmental impacts at barn level', *Livestock*, (10) 212-220.
- Elliott-Martin, R. J., Mottram, T. T., Gardner, J. W., Hobbs, P. J. and Bartlett, P. N., 1997, 'Preliminary investigation of breath sampling as a monitor of health in dairy cattle', *Journal of Agricultural Engineering Research*, (67) 267–275.
- El-Mashad, H. M., Zhang, R., Rumsey, T., Hafner, S., Montes, F., Rotz, C. A., Arteaga, V., Zhao, Y. and Mitloehner, F.M., 2010, 'A mass transfer model of ethanol emission from thin layers of corn silage', *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, (536) 1903–1909.
- Ettalla, T. and Kreula, M., 1979, 'Studies on the nitrogen compounds of the faeces of dairy cows fed urea as the sole or partial source of nitrogen', in: Kreula, M. (ed.), *Report on metabolism and milk production of cows on protein-free feed, with urea and ammonium salts as the sole source of nitrogen, and an urea-rich, low protein feed*, Biochemical Research Institute, Helsinki, 309–321.
- Faassen van, H. G. and Van Dijk, H., 1987, 'Manure as a source of nitrogen and phosphorus in soils'. In: Van Der Meer, H. G., Unwin, R. J., Van Dijk, T. A. and Ennik, G. C. (eds), *Animal manure on grassland and fodder crops. Fertilizer or waste? Developments in plant and soil science*.
- Gilhespy, S. L., Webb, J., Chadwick, D. R., Misselbrook, T. H., Kay, R., Camp, V., Retter, A. L. and Bason, A., 2009, 'Will additional straw bedding in buildings housing cattle and pigs reduce ammonia emissions?', *Biosystem Engineering*, (102) 180-189.
- Groenwold, J. G., Oudendag, D., Luesink, H. H., Cotteleer, G. and Vrolijk, H., 2002, 'Het Mest- en Ammoniakmodel'. LEI, Den Haag, Rapport 8.2.2003 (in Dutch).
- Groot Koerkamp, P. W. G., 1994, 'Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling', *Journal of Agricultural Engineering Research*, (59) 73–87.
- Haenel, H.-D., Rösemann, C., Dämmgen, U., Freibauer, A., Döring, U., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Döhler, H., Schreiner, C. and Osterburg, B., 2016, Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2014. Report on methods and data (RMD) Submission 2016. Braunschweig : Johann Heinrich von Thünen Inst, 408 p, Thünen Rep 39.
- Hafner, S. D., Montes, F., Rotz, C. A. and Mitloehner, F., 2010, Ethanol emission from loose corn silage and exposed silage particles. *Atmospheric Environment*, (44) 4172–4180.
- Hansen, M. N., Birkmose, T., Mortensen, B. and Skaaning, K., 2004, Miljøeffekter af bioforgasning og separering af gylle. Grøn viden, Markbrug nr. 296, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. Pp 6.
- Hinz, T., Sonnenberg, H., Linke, S., Schilf, J. and Hartung, J., 2000, 'Staubminderung durch Befeuchten des Strohs beim Einstreuen eines Rinderstalles', *Landtechnik*, (55) 298–299.
- Hou, Y., Bai, Z., Lesschen, J. P., Staritsky, I. G., Sikirica, N., Ma, L., Velthof, G. L., Oenema, O., 2016, 'Feed use and nitrogen excretion of livestock in EU-27', *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 218, 232-244.

- James, T., Meyer, D., Esparza, E., Depeters, E. J. and Perez-Monti H., 1999, 'Effects of dietary nitrogen manipulation on ammonia volatilization from manure from Holstein heifers', *Journal of Dairy Science*, (82) 2430–2439.
- Jarvis, S. C., Hatch, D. J., Roberts, D. H., 1989, 'The effects of grassland management on nitrogen losses from grazed swards through ammonia volatilization; the relationship to excretal N returns from cattle', *Journal of Agricultural Science*, (112) 205–216.
- Kai, P., Pedersen, P., Jensen, J. E., Hansen, M. N. and Sommer, S. G., 2008. 'A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions', *European Journal of Agronomy*, (28) 148–154.
- Kay, R. M. and Lee, P. A., 1997, 'Ammonia emissions from pig buildings and characteristics of slurry produced by pigs offered low crude protein diets'. In: Voermans, J. A. M. and Monteny, G. J. (eds), *Ammonia and odour emission from animal production facilities*. Vinkeloord, the Netherlands, 253–259.
- Karlsson, S. and Salomon, E., 2002, 'Deep litter manure to spring cereals – Manure properties and NH<sub>3</sub> emissions'. Poster presented at the 10th International Conference of the FAO European System of Cooperative Research Networks in Agriculture (ESCORENA) – Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture Network (RAMIRAN), Strbske Pleso, High Tatras, Slovak Republic, May 14-18 2002. Report (paper) in Conference Proceedings.
- Kellems, R. O., Miner, J. R. and Church, D. C., 1979, 'Effect of ration, waste composition and length of storage on the volatilization of ammonia, hydrogen sulphide and odor from cattle waste', *Journal of Animal Science*, (48) 436–445.
- Kroodsma, W., Scholtens, R. and Huis in 't Veld, J. W. H., 1988, 'Ammonia emission from poultry housing systems, in: Nielsen, V. C., Voorburg, J. H. and L'Hermite, P. (eds), *Volatile Emissions from Livestock Farming and Sewage Operations*, Elsevier Applied Science, London and New York, 152–161.
- Latimier, P. and Dourmad, J., 1993, 'Effect of three protein feeding strategies for growing-finishing pigs on growth performance and nitrogen output in the slurry and in the air'. 6 In: Verstegen, M. W. A., Den Harlog, L. A., van Kempen, J. G. M. and Metz, J. H. M. (eds), *Nitrogen flow in pig production and environmental consequences*. EAAP publication No 69, Pudox, Wageningen, the Netherlands, 242–24.
- Laubach, J., Taghizadeh-Toosi, A., Gibbs, S. J., Sherlock, R. R., Kelliher, F. M. and Grover S. P. P., 2013, 'Ammonia emissions from cattle urine and dung excreted on pasture', *Biogeosciences*, (10) 327–338.
- Laubach, J., Taghizadeh-Toosi, A., Sherlock, R. R. and Kelliher, F. M., 2012, 'Measuring and modelling ammonia emissions from a regular pattern of cattle urine patches', *Agriculture and Forest Meteorology*, (156) 1-17.
- Mackie, R. I., Stroot, P. G. and Varel, V. H., 1998, 'Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste', *Journal of Animal Science*, (76) 1331–1342.
- Mannebeck, H., 1986, 'Covering manure storing tanks to control odour', in: *Odour prevention and control of organic sludge and livestock farming*, Elsevier, London, 188–193.
- Mejjide, A., Díez, J. A., Sánchez-Martín, L., López-Fernández, S. and Vallejo, A., 2007, 'Nitrogen oxide emissions from an irrigated maize crop amended with treated pig slurries and composts in a Mediterranean climate', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (121) 383–394.
- Montes, F., Hafner, S. D., Rotz, C. A., and Mitloehner, F. M., 2010, 'Temperature and air velocity effects on ethanol emission from corn silage with the characteristics of an exposed silo face', *Atmospheric Environment*, (44) 1987–1995.
- Moss, A. R., Jouany, J-P. and Newbold, J., 2000, 'Methane production by ruminants: its contribution to global warming', *Annals de Zootechnie*, (49) 231–253.

- Ngwabie, N. M., Custer, T. G., Schade, G. W., Linke, S. and Hinz, T., 2005, 'Mixing ratio measurements and flux estimates of volatile organic compounds (VOC) from a cowshed with conventional manure treatment indicate significant emissions to the atmosphere', *Geophysical Research Abstracts*, (7) 01175.
- Ngwabie, N. M., Schade, G. W., Custer, T. G., Linke, S. and Hinz, T., 2008, 'Abundances and Flux Estimates of Volatile Organic Compounds from a Dairy Cowshed in Germany'. *Journal of Environmental Quality*, (37) 565–573.
- Ni, J.-Q., Robarge, W. P., Xiao, C., and Heber, A. J., 2012, 'Volatile organic compounds at swine facilities: A critical review', *Chemosphere*, (89) 769–788.
- Nichols, K. L., Del Grosso S. J., Derner, J. D., Follett, R. F., Archibeque, S. L., Delgado, J. A. and Paustian, K. H., 2018, 'Nitrous Oxide and Ammonia Emissions from Cattle Excreta on Shortgrass Steppe', *Journal of Environmental Quality*, (47) 419-426.
- Oehrl, L. L., Keener, K. M., Bottcher, R. W., Munilla, R. D. and Connelly, K. M., 2001, 'Characterization of odor components from swine housing dust using gas chromatography', *Applied Engineering Agriculture*, (175) 659–661.
- O'Neill, D. H. and Phillips, V. R., 1992, 'A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3, Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them', *Journal of Agricultural Engineering Research*, (53) 23–50.
- Owusu-Twum, M. Y., Polastre, A., Subedi, R., Santos, S. S., Ferreira, L. M. M., Coutinho, J. and Trindade, H., 2017, 'Gaseous emissions and modification of slurry composition during storage and after field application: Effect of slurry additives and mechanical separation', *Journal of Environmental Management*, (200) 416-422.
- Parker, D. B., Caraway, E.A., Rhoades, M. B., Cole, N. A., Todd, R. W. and Casey, K.D., 2010, 'Effect of wind tunnel air velocity on VOC flux from standard solutions and CAFM Manure/Wastewater', *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, (53) 831–845.
- Parker, D. B., Gilley, J., Woodbury, B., Kim, K-H., Galvin, G., Bartelt-Hunt, S. L., Li, X. and Snow, D. D., 2012, 'Odorous VOC emission following land application of swine manure slurry', *Atmospheric Environment*, (66) 91–100.
- Patni, N. K. and Jui, P. Y., 1985, 'Volatile fatty acids in stored dairy-cattle slurry', *Agricultural Wastes*, (13) 159–178.
- Paul, J. W., Dinn, N. E., Kannagara, T. and Fisher L. J., 1998, 'Protein content in dairy cattle diets affects ammonia losses and fertilizer nitrogen value', *Journal of Environmental Quality*, (27) 528–534.
- Perazzolo, F., Mattachini, G., Tambone, F., Misselbrook, T. and Provolo, G., 2015, 'Effect of mechanical separation on emissions during storage of two anaerobically codigested animal slurries', *Agriculture, Ecosystems & Environment*, (207) 1-9.
- Petersen, S. O., Sommer, S. G., Aaes O. and Sørgaard, K., 1998, 'Ammonia losses from urine and dung of grazing cattle: Effect of N intake', *Atmospheric Environment*, (32) 295–300.
- Philippe, F.-X., Cabaraux, J.F. and Nicks, B. 2011, 'Ammonia emissions from pig houses: Influencing factors and mitigation techniques', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (141) 245–260.
- Philippe, F.-X., Laitat, M., Wavreille J. and Nicks B. 2016, 'Floor slat openings impact ammonia and greenhouse gas emissions associated with group-housed gestating sows', *Livestock*, (10) 2027-2033.
- Razote, E. B., Maghirang, R. G., Seitz, L. M. and Jeon, I. J., 2004, 'Characterization of volatile organic compounds on airborne dust in a swine finishing barn', *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, (474) 1231–1238.
- Regione Emilia-Romagna, 2007, 'Tecniche innovative per la misura e Migliori Tecniche Disponibili (MTD) per la riduzione delle emissioni nell'allevamento', [Innovative techniques for measurements and Best Available

- Techniques (BAT) for the reduction of the emissions in the livestock farms, Final technical report], Rendicontazione tecnica finale, a cura di C.R.P.A., Internal report.
- Rumsey, I. C., Aneja, V. P. and Lonneman, W. A., 2012, 'Characterizing non-methane volatile organic compounds emissions from a swine concentrated animal feeding operation'. *Atmospheric Environment*, (47) 348–357.
- Rzeźnik W. and Mielcarek P., 2016, 'Greenhouse Gases and Ammonia Emission Factors from Livestock Buildings for Pigs and Dairy Cows', *Polish Journal of Environmental Studies*, (25) 1813-1821.
- Sagoo, E., Williams, J. R., Chambers, B. J., Boyles, L. O., Matthews, R. and Chadwick, D. R., 2007, 'Integrated management practices to minimise losses and maximise the crop nitrogen value of broiler litter'. *Biosystems Engineering*, (97), 512-519.
- Schiffman, S., Bennett, J. and Raymer, J., 2001, 'Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina', *Agriculture and Forest Meteorology*, (1083) 213–240.
- Smits, M. C. J., Valk, H., Elzing, A. and Keen, A., 1995, 'Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle', *Livestock Production Science*, (44) 147–156.
- Sommer, S. G., Søgaard, H. T., Møller, H. B. and Morsing, S., 2001, 'Ammonia volatilization from sows on grassland' *Atmospheric Environment*, (35) 2023-2032.
- Sommer, S. G., Zhang, G. Q., Bannink, A., Chadwick, D., Hutchings, N. J., Misselbrook, T., Menzi, H., Ni, Ji-Qin, Oenema, O., Webb, J. and Monteny, G.-J. 2006, 'Algorithms determining ammonia emission from livestock houses and manure stores', *Advances in Agronomy* (89) 261 - 335.
- Spinhirne, J. P., Koziel, J. A. and Chirase, N. K., 2003, 'A device for non-invasive on-site sampling of cattle breath with solid-phase microextraction', *Biosystems Engineering*, (84) 239–246.
- Spinhirne, J. P., Koziel, J. A. and Chirase, N. K., 2004, 'Sampling and analysis of volatile organic compounds in bovine breath by solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry', *Journal of Chromatography A*, (1025) 63–69.
- Trabue, S., Scoggin, K., Li, H., Burns, R., Xin, H. and Hatfield, J., 2010, 'Speciation of volatile organic compounds from a poultry production', *Atmospheric Environment*, (44) 3538–3546.
- UNECE, 2007, 'Control techniques for preventing and abating emissions of ammonia. Executive Body for the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. Working Group on Strategies', United Nations Economic Commission for Europe  
(<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2007/eb/wg5/WGSR40/ece.eb.air.wg.5.2007.13.e.pdf>), accessed 30 September 2016.
- Velthof, G. L., Hou, Y. and Oenema, O., 2015, 'Nitrogen excretion factors of livestock in the European Union: a review', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (95) 3004-3014.
- Voglmeier, K., Jocher, M., Häni, C. and Ammann, C., 2018, 'Ammonia emission measurements of an intensively grazed pasture', *Biogeosciences*, (15) 4593-4608.
- Webb, J., Thorman, R. E., Fernanda-Aller, M. and Jackson, D. R., 2014, 'Emission factors for ammonia and nitrous oxide emissions following immediate manure incorporation on two contrasting soil types', *Atmospheric Environment*, (82) 280-287.
- Whitehead, D. C., Lockyer, D. R. and Raistrick, N., 1989, 'Volatilization of ammonia from urea applied to soil: influence of hippuric acid and other constituents of livestock urine', *Soil Biology and Biochemistry*, (21) 803–808.



Whitehead, D. C., 1990, 'Atmospheric ammonia in relation to grassland agriculture and livestock production', *Soil Use and Management*, (6) 63–65.

Zahn, J. A., Hatfield, J. L., Do, Y. S., DiSpirito, A. A., Laird, D. A. and Pfeiffer, R. L., 1997, 'Characterization of volatile organic emissions and wastes from a swine production facility', *Journal of Environmental Quality*, (26) 1687–1696.

Zahn, J. A., Tung, A. E., Roberts, B. A. and Hatfield, J. L., 2001, 'Abatement of ammonia and hydrogen sulphide emissions from a swine lagoon using a polymer biocover', *Journal of the Air and Waste Management Association*, (51) 562–573.