

Категория	Название	
НО:	3.D 3.D.a.1, 3.D.a.2.a, 3.D.a.2.b, 3.D.a.2.c 3.D.a.3, 3.D.a.4, 3.D.b, 3.D.c, 3.D.d, 3.D.e	Растениеводство и сельскохозяйственные почвы Неорганические азотные удобрения (включая мочевины); Животноводческий навоз, вносимый в землю; Осадок сточных вод, вносимый в землю; Другие органические удобрения, вносимые в почву (включая компост); Моча и навоз, вносимые выпасом скота; Остатки сельскохозяйственных культур, вносимые в почву *; Косвенные выбросы от обрабатываемых почв; Сельскохозяйственная деятельность на уровне фермерских хозяйств, включая хранение, обработку и транспортировку сельскохозяйственных материалов; Хранение, обработка и транспортировка сыпучей сельскохозяйственной продукции вне фермерского хозяйства; Выращиваемые культуры
ИНЗВ:	Коды Номенклатуры отчетности (НО) не полностью совпадают с предыдущими кодами ИНЗВ. В данной главе приводятся рекомендации по расчету выбросов, ранее сообщаемых под следующими кодами ИНЗВ	
	100101 Многолетние культуры	
	100102 Пахотные культуры	
	100103 Рисовое поле	
	100104 Товарное огородничество	
	100105 Луг	
	100101 Вспашка под пар	
Версия	Руководство 2016	
История обновлений	Ноябрь 2016	Для информации о предыдущих обновлениях обращайтесь к журналу обновлений части, доступному на сайте Руководства.

\* Официальная номенклатура вводит в заблуждение, т.к. категория отчета включает не только остатки, активно вводимые в почву вне поля, например в целях контроля эрозии или мульчирования, но также остатки сельскохозяйственных культур, оставшихся на поверхности почвы после уборки урожая и возвращающиеся в почву в результате выветривания и культивации.

#### Основные авторы

Николас Хатчингс, Дж. Уэбб, Барбара Эймон

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

Ульрих Дэмнген, Торстен Хинц, Клаас Ван Дер Хок, Райнер Штейнбрехер, Крис Дор, Джереми Уилтшер, Беатрис Санчез Хименез, Ганс-Дитер Хаенел, Клаус Розман, Том Мизельбрук, Кентаро Хайяши, Аннетт Фрайбауер, Пьер Целльер, Клаус Буттербах-Баль, Марк Саттон, Уте Скиба, Кэролин Крезе, Брайан Пейн, Уилфред Винуортер, Джузеппе Бонацци, Ингрид Сведингер, Дэвид Симпсон, Стеен Гюльденкерне, Рикке Альбрехтсен и Метте Х. Миккельсен

# Оглавление

<b>1</b>	<b>Общие сведения .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Описание источников.....</b>	<b>5</b>
2.1	Описание процесса .....	6
2.2	Измеренные выбросы.....	8
2.3	Средства регулирования .....	10
<b>3</b>	<b>Методы.....</b>	<b>10</b>
3.1	Выбор метода.....	10
3.2	Расчет выбросов .....	11
3.3	Подход Уровня 1 по умолчанию.....	12
3.4	Подход и коэффициенты выбросов Уровня 2, базирующиеся на технологиях .....	15
3.5	Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных.....	22
<b>4</b>	<b>Качество данных .....</b>	<b>23</b>
4.1	Полнота .....	23
4.2	Предотвращение двойного учета с другими секторами.....	23
4.3	Проверка достоверности.....	23
4.4	Разработка согласованных временных рядов и пересчет .....	23
4.5	Оценка неопределенности .....	24
4.6	Обеспечение/контроль качества инвентаризации ОК/КК .....	25
4.7	Координатная привязка .....	25
4.8	Отчетность и документация .....	25
<b>5</b>	<b>Сокращения .....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Список использованной литературы.....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Наведение справок .....</b>	<b>27</b>
<b>Приложение 1 Аммиак .....</b>		<b>28</b>
A 1.1	Описание источников .....	28
<b>Приложение 2 Оксид азота .....</b>		<b>32</b>
A2.1	Общие сведения .....	32
A2.2	Описание источников .....	32
A2.3	Методы.....	33
A2.4	Качество данных.....	33
A2.5	Оценка неопределенности .....	33
A2.6	Координатная привязка и временное разделение .....	33
<b>Приложение 3 Неметановые летучие органические соединения .....</b>		<b>34</b>
A3.1	Описание источников .....	34
A3.2	Качество данных.....	36
A3.3	Оценка неопределенности .....	36
<b>Приложение 4 Твердые частицы .....</b>		<b>37</b>
A4.1	Методы.....	37
A4.2	Качество данных.....	39
<b>Приложение 5 Сводка обновлений .....</b>		<b>40</b>
<b>Список использованной в Приложениях литературы.....</b>		<b>40</b>

# 1 Общие сведения

Инвентаризация выбросов необходима по трем причинам:

- предоставить ежегодное обновление общего количества выбросов для оценки соблюдения согласованных обязательств;
- определить основные источники выбросов для выработки подходов по наиболее эффективному сокращению выбросов;
- предоставить данные для моделирования рассеивания качества воздуха и воздействия выбросов.

Рекомендации, содержащиеся в настоящем Руководстве, в первую очередь направлены на то, чтобы дать странам возможность подготавливать ежегодные национальные кадастры для целей регулирования. Результаты, полученные с использованием изложенных здесь методов, могут быть также пригодны для некоторых целей моделирования, например для построения кривых затрат по борьбе с загрязнением. Однако из-за отсутствия разделения, как во временном, так и в географическом масштабе, а также из-за того, что предлагаемые методы лишь в ограниченной степени учитывают воздействие погоды на выбросы, результаты могут оказаться непригодными для использования в других моделях. Такой ограниченный учет воздействия погодных условий обусловлен главным образом трудностями с получением достаточно подробных данных об осуществляемой деятельности, позволяющих точно оценить воздействие, например, температуры и осадков на выбросы. По возможности составителям инвентаризации следует разработать методы для учета влияния более подробных данных об осуществляемой деятельности. В настоящем руководстве содержатся методологии, в которых используются исходные данные, которые могут быть свободно получены составителями кадастров выбросов.

Выбросы аммиака ( $\text{NH}_3$ ) приводят к окислению и эвтрофикации естественных экосистем.  $\text{NH}_3$  также может участвовать в образовании вторичных твердых частиц (ТЧ). Оксид азота ( $\text{NO}$ ) и неметановые летучие органические соединения (НМЛОС) участвуют в образовании озона ( $\text{O}_3$ ), который у поверхности Земли может оказывать неблагоприятное влияние на здоровье человека и рост растений. Выбросы твердых частиц также могут оказывать неблагоприятное влияние на здоровье человека.

Данная глава описывает методы подсчета выбросов  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$ , НМЛОС и ТЧ от растениеводства и сельскохозяйственных почв. Выбросы  $\text{NH}_3$  от навоза домашнего скота, вводимого в почву, и испражнений пасущихся животных, рассчитываются в Главе 3.B. Использование навоза. Это объясняется тем, что методики, разработанные для расчета выбросов  $\text{NH}_3$  от животноводства, рассматривают данные выбросы как этап в последовательности событий, поэтому влияние любых факторов, вызывающих выбросы  $\text{NH}_3$  на одной стадии использования навоза, на последующие выбросы  $\text{NH}_3$  может приниматься во внимание (см. Приложение А1 Главы 3.B Использование навоза). Тем не менее, выбросы от внесения навоза в почву, а также от мочи и экскрементов пасущихся животных должны сообщаться в части 3.D. (3.D.a.2.a и 3.D.a.3 соответственно). Два вида выбросов рассчитываются отдельно в главе 3B. Выбросы от внесения в почву минеральных азотных (N) удобрений, осадка сточных вод и других органических отходов (включая дигестаты, произведенные анаэробным расщеплением) рассчитываются в этой главе.

О стойких органических загрязнителях следует сообщать в разделе 3.D.f «Использование пестицидов» или 3.l «Прочее сельское хозяйство»; т.к. пока еще не разработана надежная методология.

Выбросы (в основном  $\text{NH}_3$ ) также возникают из культивируемых культур и растительных остатков. Однако эти выбросы очень неопределенны, и в настоящее время невозможно предоставить надежные методологии для этих источников. Тем не менее, учитывая большие площади посевов, даже если выбросы на гектар составляют только примерно  $1\text{--}2 \text{ кг га}^{-1}$ , общие выбросы потенциально велики. Следовательно, составители кадастра должны знать о потенциальном воздействии этих выбросов и что дальнейшая работа может способствовать разработке надежных методов их расчета.

Растениеводство и сельскохозяйственные почвы составляют приблизительно 32% от общего объема выбросов  $\text{NH}_3$  в Европе (Таблица 1.1 ниже) и примерно 2,4% выбросов  $\text{NO}$  (Таблица 1.1), хотя их доля широко варьируется в государствах ЕС. Выбросы различных видов газообразного азота в растениеводстве и сельскохозяйственных почвах, как правило, тесно связаны с количеством применяемых азотных удобрений. Дальнейшая информация по  $\text{NO}$  представлена в Приложении 2 (A2.1).

Выбросы от растениеводства и сельскохозяйственных почв в настоящее время составляют только примерно 1 % от общего выброса НМЛОС (Таблица 1.1), и поэтому, для них по-прежнему не требуются отдельные методы расчета. Тем не менее, учитывая существующие в настоящее время неопределенности в части величины выбросов НМЛОС от сельскохозяйственных культур, в этой главе приводится некоторая информация с тем, чтобы обеспечить общие сведения и инструмент подсчета порядка величины этих выбросов, а также подчеркнуть текущие значения неопределенности.

Выбросы твердых частиц сообщаются согласно их фракции от мелких (меньше  $2,5 \text{ мкм}$  ( $\text{TЧ}_{2,5}$ )) до крупных (общее количество взвешенных твердых частиц ( $\text{ОКВЧ}$ )). Выбросы от возделанной земли оцениваются приблизительно в  $<1\%$ , примерно 6% и примерно 20% соответственно для  $\text{TЧ}_{2,5}$ ,  $\text{TЧ}_{10}$  и  $\text{ОКВЧ}$  от выбросов в Европе.

Данная глава разделена два отдельных раздела. Первый раздел, основная часть главы, предлагает руководство по методологиям оценки выбросов Уровня 1 и Уровня 2. Второй раздел, приложения, предоставляет научную информацию для методологий Уровня 1 и Уровня 2 и руководство для разработки методологии Уровня 3.

Выбросы, возникающие при передвижении сельскохозяйственного транспорта по грунтовым дорогам, потребления топлива, а также выбросы от распространения пестицидов, сюда не включаются (смотри соответствующие главы 1.A для мобильного оборудования и 3.D.f для использования пестицидов) Пыльца и разносимые ветром частицы от культивируемых почв, не возникающие напрямую от полевых работ, относятся к естественным выбросам. Дальнейшая информация по  $\text{TЧ}$  приводится в Приложении A4

**Таблица 1-1 Вклад растениеводства и сельскохозяйственных земель в выбросы**

	$\text{NH}_3$ (a)	$\text{NO}_x$	НМЛОС	$\text{TЧ}_{2,5}$	$\text{TЧ}_{10}$	ОКВЧ
Общее, $\text{Гг год}^{-1}$	3 810	8 166	6 933	1 220	1 808	3 440
Растениеводство и сельскохозяйственные земли, $\text{Гг год}^{-1}$	1 236	199	89	13	92	667
Растениеводство и сельскохозяйственные земли, %	32.4	2.4	1.3	1.0	5.1	19.3

**Примечание:** Значения – оценки 2013 года для ЕС-27.

- (a) Оценки выбросов  $\text{NH}_3$  включают выбросы от внесения животного навоза в сельскохозяйственные земли и во время выпаса.
- (b)  $\text{Гг год}^{-1}$ : Гигаграмм в год

Источник: <http://ceip.at>

## 2 Описание источников

Источники, о которых следует сообщать в Главе 3D, описаны в Таблице 2.1. Выбросы от некоторых из этих источников, скорее всего, будут незначительными. Предоставляются методы, позволяющие составителям инвентаризации оценить размер и значимость этих выбросов

**Таблица 2-1 Коды для инвентаризации газообразных выбросов от почв и источники, которые они охватывают**

НО	Название	Определение источника и пояснение	Доступны ли коэффициенты выбросов?
3Da1	Неорганические азотные удобрения (включая мочевины)	Выбросы, возникающие во время и после внесения азотных удобрений в почву  Не выбросы, возникающие при обращении с азотными удобрениями после доставки на фермерское хозяйство, но до внесения в почву; эти выбросы следует включить в раздел Выбросы при обращении и хранении других сухих сыпучих веществ в 3.D.c	NH <sub>3</sub> — да, и пересмотрены Уровня 2.  НЕТ  ТЧ — нет
3Da2a	Навоз домашнего скота, вносимый в землю	Навоз домашнего скота, вносимый в землю. Руководство по расчету данных выбросов приводится в Главе 3B	NH <sub>3</sub> — да, рассчитываются в 3B НЕТ
3Da2b	Осадок сточных вод, вносимый в землю	Осадок сточных вод, вносимый в почву	NH <sub>3</sub>
3Da2c	Другие органические удобрения, вносимые в почву (включая компост)	Органические удобрения, отличные от навоза домашнего скота и осадка сточных вод, вносимые в почву (включая дигестат и компост)	NH <sub>3</sub> НЕТ
3Da3	Моча и экскременты от пасущегося скота	Моча и экскременты, вносимые в землю пасущимся домашним скотом во время выпаса. Руководство по расчету данных выбросов приводится в Части 3B	NH <sub>3</sub> — да, рассчитываются в 3B
3Da4	Остатки сельскохозяйственных культур, вносимые в почву	Все неразложившиеся <sup>(a)</sup> остатки сельскохозяйственных культур, которые возвращаются или вносятся в почву. В большинстве случаев, это остатки от культур, произрастающих на этом поле, которые остаются в почве. Однако в некоторых случаях остатки сельскохозяйственных культур могут вводиться в землю для контроля эрозии, в качестве мульчи или источника питательных веществ	Нет
3Db	Косвенные выбросы от возделывания почвы	Выбросы, вызванные осаждением азота, выделяемого из возделываемых почв	Нет
3Dc	Сельскохозяйственные операции на уровне фермерских хозяйств, включая хранение, обработку, и транспортировку сельскохозяйственных материалов	Данный источник включает не только выбросы от обработки и хранения сельскохозяйственной продукции на фермерских хозяйствах, таких как зерно, но также выбросы во время обработки и хранения веществ, произведенных в других местах, для использования на ферме, таких как удобрения и корма животных	Как сообщается, возделывание земли и сбор урожая в настоящее время составляют 80 % выбросов ТЧ в 3D <sup>(b)</sup>  Значения выбросов ТЧ не включают выбросы от удобрений, пестицидов или от пастбищ, например, заготовки сена

3Dd	Хранение, обработка и транспортировка сыпучей сельскохозяйственной продукции вне фермерских хозяйств	Хранение, обработка и транспортировка сыпучей сельскохозяйственной продукции вне фермерских хозяйств	Любые выбросы от данного источника должны сообщаться в этом разделе, так как о них больше нигде не сообщается. Однако не было разработано никакой методологии для этого
3De	Выращиваемые культуры	Выбросы аммиака от растений на корню или возделываемые культуры. Этот источник отличается от выбросов $\text{NH}_3$ от внесения удобрений в почву (о которых сообщается в 3Da1 и 3Da2a-c)	No

(<sup>a</sup>) Смотрите подраздел 2.1.1 для различения между разложившимися и неразложившимися остатками.

(<sup>b</sup>) Ввиду того, что выбросы ТЧ от животноводства происходят от зданий, они рассчитываются и сообщаются в разделе 3.B.

Существует четыре основных источника выбросов от растениеводства и сельскохозяйственных почв:

- применение удобрений, навоза животных и органических отходов ( $\text{NH}_3$ )
- микробная активность в почве (NO)
- процессы развития культуры ( $\text{NH}_3$  и НМЛОС)
- обработка почв и сбор урожая (ТЧ).

## 2.1 Описание процесса

### 2.1.1 Аммиак

Испарение  $\text{NH}_3$  происходит, когда  $\text{NH}_3$  в растворе попадает в атмосферу. Расстояние, на которое распространяется  $\text{NH}_3$ , зависит от химического состава раствора (включая концентрацию  $\text{NH}_3$ ), температуры раствора, площади поверхности, подверженной воздействию атмосферы, и устойчивости к переносу  $\text{NH}_3$  в атмосфере..

Хотя азотные удобрения, как правило, применяются в твердом виде, в почве или воздухе обычно присутствует достаточно влаги для растворения удобрения. Высокий показатель pH способствует испарению  $\text{NH}_3$  из многих азотных удобрений, таким образом, если почва кислая (значение pH менее 7), испарение будет незначительным. Когда почва, напротив, щелочная, возможное испарение будет выше. В целом, выбросы  $\text{NH}_3$  увеличиваются при увеличении температуры. Непосредственные выбросы  $\text{NH}_3$  происходят только от удобрений, содержащих N, таких как аммоний ( $\text{NH}_4^+$ ), или таких, как мочевины, которые быстро разлагаются до  $\text{NH}_4^+$ . Удобрения с содержанием N в качестве нитрата ( $\text{NO}_3$ ) не являются прямыми источниками  $\text{NH}_3$ , но могут увеличивать его выбросы через листву растений.

Выбросы  $\text{NH}_3$ , которые происходят в течение 7-10 дней после внесения азотных удобрений, включают в себя некоторые выбросы от растительного покрова сельскохозяйственных культур из-за увеличения концентрации азота в листьях сельскохозяйственных культур после добавления азотного удобрения. Выбросы из растительного покрова, в это время нельзя отличить от выбросов, которые происходят непосредственно из внесенного азотного удобрения, и они включаются в выбросы от азотных удобрений. После прекращения прямых выбросов  $\text{NH}_3$  после прекращения применения азотных удобрений может произойти чистая эмиссия  $\text{NH}_3$  или чистое осаждение в зависимости от многих факторов, в том числе азотного состояния растения; стадии роста культуры или растений; неблагоприятных условий, таких как засуха или болезнь; времени

суток; и концентрации окружающего  $\text{NH}_3$ . Позже в сезоне, во время наполнения зерна и старения, могут произойти выбросы  $\text{NH}_3$  от культур на корню. Выбросы  $\text{NH}_3$  из сельскохозяйственных культур являются сложным процессом, так как на него влияют как концентрация  $\text{NH}_3$  в воздухе, так и условия окружающей среды. Выбросы  $\text{NH}_3$  происходят, когда органические удобрения (навоз домашнего скота, осадок сточных вод и другие органические отходы) вводятся в землю. Что касается азотных удобрений, эти выбросы происходят из-за того, что доля азота присутствует в виде аммония в жидкой форме.

Выбросы  $\text{NH}_3$  также могут выделяться из остатков сельскохозяйственных культур, поскольку они разлагаются и разрушаются. Деградация белков в остатках приводит к образованию  $\text{NH}_4^+$ . Разложившиеся остатки, такие как зерновая солома, не считаются источниками выбросов  $\text{NH}_3$ .

Трудность в оценке потока  $\text{NH}_3$  из культур на корню и остатков культур увеличивается за счет ограниченных измерений потока  $\text{NH}_3$ , особенно в полевых условиях за все времена года или года. Как следствие, до сих пор не удалось разработать надежную и полезную методику расчета этих выбросов.

#### 2.1.2 **Оксид азота**

В сельскохозяйственных почвах, в которых показатель pH вероятно выше 5,0, нитрификация считается главным источником выбросов NO. Нитрификация - это процесс, в котором микроорганизмы окисляют  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  до  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ . Определяющие факторы образования NO в растениеводстве и сельскохозяйственных почвах - это концентрация минерального азота, температура, концентрация углерода в почве и влажность почвы.

Повышенная нитрификация часто наблюдается после использования удобрений, содержащих  $\text{NH}_4^+$ , обработки почвы и внесения остатков культур. Такие виды деятельности как обработка почвы и внесение предположительно увеличивают выбросы NO в 4 раза на период от одной до трех недель.

Руководство Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) 2006 года (IPCC, 2006) учитывают косвенные выбросы  $\text{N}_2\text{O}$ , то есть те, которые являются результатом осаждения азота, выделяющегося в виде  $\text{NH}_3$  из азотных удобрений, органических отходов, азота из мочи и навоза, вносимых в почву пасущимся домашним скотом; азота в растительных остатках (на и внутри почвы), включая азотфиксирующие культуры и обновление кормов / пастбищ, возвращаемых в почву; и азотной минерализации, связанной с потерей органического вещества из почвы в результате изменения землепользования или управления минеральных почв. Поскольку NO образуется в качестве промежуточного продукта нитрификации и денитрификации, косвенные выбросы должны учитываться здесь. Однако до сих пор не удалось разработать методологию. Более подробную информацию можно найти в Приложении 2 (A2.2.1).

#### 2.1.3 **Неметановые органические летучие соединения (НМЛОС)**

Выбросы от культур могут привлекать опыляющих насекомых, уничтожать отходы или использоваться как средство избавления от избыточной энергии. Выбросы НМЛОС оказались трудно поддающимися количественной оценке в атмосферных пробах. Факторы, влияющие на выбросы НМЛОС, включают в себя температуру и интенсивность светового излучения, стадию роста растений, недостаток воды, загрязнение воздуха и старение. Более подробную информацию можно найти в Приложении 3 (A3.1.1).

2.1.4 **Твердые частицы (ТЧ)**

Основные источники выбросов ТЧ из почвы- обработка почв и сбор урожая, которые вместе составляют > 80 % от всех выбросов ТЧ<sub>10</sub> с обработанной земли (CEIP, 2015). Эти выбросы образуются в тех местах, где работают трактора и другие машины, и предположительно состоят из смеси органических остатков культур и почвенных минералов, а также органического вещества. Отмечены значительные осадения пыли вблизи источников и вымывание мелких частиц крупными. Полевые работы могут также привести к повторному появлению взвеси уже осевшей пыли (повторный захват). Выбросы ТЧ зависят от климатических условий, и в особенности от влажности поверхности почвы и растений.



**Рисунок 2-1** Схема процесса выбросов ТЧ от растениеводства и сельскохозяйственных почв

Выбросы ТЧ варьируются в зависимости от:

- типа сельскохозяйственной культуры;
- физических свойств частиц;
- происхождения частиц, т.е. из почвы, от растений или техники;
- метеорологических условий для почвы и /или сельхозпродукции до или во время осуществляемой деятельности (ветер, температура, количество осадков, влажность);
- тип осуществляемой деятельности;
- параметры техники (рабочая скорость, рабочая мощность, рабочая поверхность).

Процессы, результатом которых являются выбросы твердых частиц, - это в основном низкотемпературные механические виды деятельности, и выбросы, скорее всего не будут содержать значительную долю конденсируемых твердых частиц..

## 2.2 Измеренные выбросы

### 2.2.1 Аммиак

основываясь на опубликованных измерениях и исследованиях NH<sub>3</sub> в удобрениях, были сделаны выводы, что выбросы NH<sub>3</sub> из мочевины имеют наибольший разброс значений и колеблются в диапазоне от 6 до 47% от внесенного азота, они также очень зависят от таких факторов, как тип почвы, погодные условия и норма внесения удобрений. В противоположность этому, описанные выбросы от аммиачной селитры (нитрата аммония) (AN) (и, кальций-аммиачной селитры (CAN)) значительно меньше и никогда не превышают 4 % от используемого азота. Исследований в отношении других удобрений, таких как сульфат аммиака (AS) и двуаммониевый фосфат (DAP), меньше. Изменения в выбросах зависят от разницы в типе почвы и времени применения. Более



того, метод введения в почву (разбросный сев, смешивание, глубокая заделка в почву, и т.д.) будет влиять на выбросы  $\text{NH}_3$ . коэффициенты выбросов (КВ) по умолчанию основываются на методе рассеивания, но внесение удобрения в почву должно приниматься во внимание, если это способ используется.

Существует сравнительно мало исследований о выбросах от сельскохозяйственных культур и их отходов. Выбросы кажутся низкими ( $1-3 \text{ кг га}^{-1} \text{ год}^{-1}$ ), но, учитывая большие площади, занятые возделыванием сельскохозяйственных культур, выбросы, скорее всего, будут значительными на национальном уровне.

Применение на полях осадка сточных вод - источник выбросов  $\text{NH}_3$ , но выбросы очень неопределённые.

Информацию, связанную с навозом домашнего скота и органическими отходами, можно найти в Главах 3В и 5В.

Дальнейшая информация о  $\text{NH}_3$  приведена в Приложении 1 (A1.1.2)

#### 2.2.2 **Оксид азота**

Обзор глобальных данных по измерениям  $\text{NO}$  на 189 сельскохозяйственных полях, но предвзятый по отношению к промышленно развитым странам, показал, что выбросы  $\text{NO}$  тесно связаны с количеством применяемого азота. Разбросное внесение азотного удобрения приводит к большим выбросам  $\text{NO}$ , чем смешивание с азотным удобрением или применение его в качестве раствора. Почвы с содержанием органического углерода  $> 3\%$  показывают ощутимо большее количество выбросов  $\text{NO}$ , чем почвы с содержанием органического углерода  $< 3\%$ , хороший дренаж, грубый гранулометрический состав почвы и нейтральный pH способствуют увеличению выбросов  $\text{NO}$ . Удобрение и тип культуры, по-видимому, не оказывают столь значительного влияния на выбросы  $\text{NO}$ .

Дальнейшую информацию можно найти в Приложении 2 (A2.2.2).

Доля азота, выделяющегося в виде окиси азота из косвенных выбросов от применения азота на сельскохозяйственных почвах, считается равной прямым выбросам. Существует мало данных о косвенных выбросах  $\text{NO}$  от сельскохозяйственной земли.

#### 2.2.3 **Неметановые летучие органические соединения (НМЛОС)**

Hewitt and Street (1992) пришли к выводу, что были изучены только приблизительно 700 видов растений, главным образом из Северной Америки, в качестве источников выделения изопрена или монотерпена. Лишь немногие из них относились к сельскохозяйственным культурам, и количественные данные были доступны только для малого количества видов. Многие измерения были сделаны при температуре превышающей ту, что преобладает в Северной и Западной Европе. Тем не менее, основываясь на этих ограниченных данных, можно сделать предварительную оценку порядка значимости выбросов от растительных культур. Дальнейшую информацию о том, как разрабатывалась методология, представлена в Приложении 3 (A3.1.1).

#### 2.2.4 **Твердые частицы (ТЧ)**

Выбросы от растениеводства обусловлены обработкой почвы сбором урожая и уборкой, при этом обработка почвы является главным источником. Во влажном климате сушка сельскохозяйственных культур приводит к особенно большим выбросам, выделяя больше ТЧ, чем любой другой вид деятельности. Существует широкий спектр различных переменных, которые оказывают значительное влияние на выбросы от различных видов деятельности. В общем, наиболее важной переменной является влажность почвы и поверхности посевов, но выбросы

также очень сильно зависят от типа культур, типа почвы, метода возделывания и погодных условий в целом до и во время работы. Общие выбросы пыли от возделывания земель имеют большую массовую долю в крупной фракции по сравнению с другими источниками ТЧ или пыли. Как правило, это относится ко всем источникам взвешенной или механически генерируемой пыли или ТЧ, а не к источникам горения, а последнее имеет гораздо большую массовую долю в малых и сверхмалых фракциях ТЧ.

## 2.3 Средства регулирования

### 2.3.1 Аммиак

Выбросы  $\text{NH}_3$  от применения навоза и азотного удобрения могут быть сокращены при соблюдении Системы консультационных норм Европейской экономической Комиссии ООН в отношении сельскохозяйственной практики для уменьшения выбросов аммиака (<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2014/AIR/WGSR/eb.air.wg.5.2001.7.e.pdf>) и проекта *Руководящего документа по предотвращению и сокращению выбросов аммиака от сельскохозяйственных источников* (<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2014/AIR/WGSR/eb.air.wg.5.2001.7.e.pdf>) и связанных руководств, например, путем быстрого смешивания мочевины сразу после внесения. Однако большинство азотных удобрений применяется для выращивания зерновых культур или трав растущим культурам, для которых смешивание редко является практическим вариантом. Быстрое смешивание также является эффективным средством сокращения выбросов  $\text{NH}_3$  из осадка сточных вод и нежилых остатков культур.

### 2.3.2 Окись азота (NO)

Для выбросов NO от удобренных культур не предложено никаких возможных мер регулирования, но тема обсуждается в Приложении A2(A2.2.3).

### 2.3.3 НМЛОС

Для выбросов НМЛОС с удобренных культур не предложено никаких возможных мер регулирования.

### 2.3.4 Твердые частицы (ТЧ)

Для выбросов ТЧ от процессов обработки почвы не предложено никаких возможных мер регулирования.

## 3 Методы

### 3.1 Выбор метода

Рисунок 3-1 предлагает схему решений для данной категории источника. Начиная от левого верхнего угла, пользователю указывается направление наиболее подходящего метода. Общее руководство по выявлению ключевых источников можно найти в общих руководящих главах Руководства ЕМЕП / ЕАОС по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ, а именно в Главе 2 «Анализ ключевых категорий источников и выбор методологии» (ЕМЕР/ЕЕА, 2016).

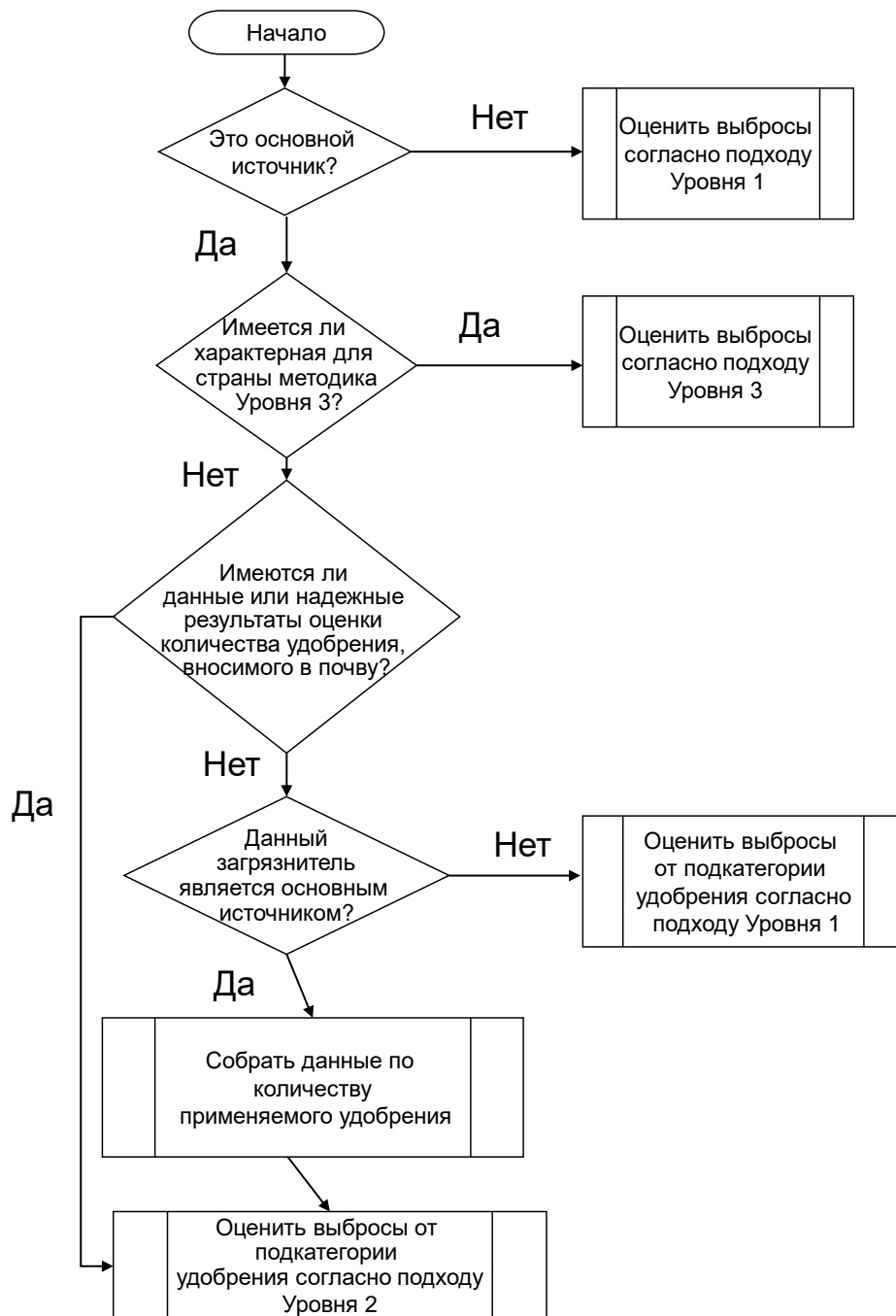


Рисунок 3-1 Дерево решений для категории источника 3.D Растениеводство и сельскохозяйственные почвы

## 3.2 Расчет выбросов

Выбросы NH<sub>3</sub>, в результате внесения в почву навоза, минеральных азотных удобрений и органических отходов, необходимо сообщать в 3D. Однако, как указано выше, выбросы NH<sub>3</sub> от внесения в землю навоза домашнего скота рассчитываются в Главе 3B, тогда как те, которые относятся к дигестату от анаэробного дигерирования, вычисляются в главе 5B. Это связано с тем, что выбросы NH<sub>3</sub> на одном этапе обращения с навозом, например, во время хранения в

закрытом помещении, влияют на выбросы NH<sub>3</sub> на более поздних стадиях обращения с навозом, например, при хранении навоза и внесении в почву. Следовательно, чем больше NH<sub>3</sub> выбрасывается на ранних стадиях обращения с навозом, тем меньше выбросов позже. По этой причине выбросы на Уровня 2 рассчитываются последовательно с использованием подхода массового потока. Уровни КВ по умолчанию Уровня 1 получены из метода массового потока Уровня 2.

Обращение с навозом также влияет на выбросы NH<sub>3</sub> на пастбищах. Чем больше времени скот находится в помещении, тем меньше доля их экскрементов, депонированных на пастбищах, и, следовательно, меньше выбросов от этих пастбищ.

Выбросы пастбищ и после внесения навоза скота в землю необходимо сообщать отдельно. Руководство и обе методики Уровня 1 и Уровня 2 для оценки выбросов и от навоза домашнего скота, вносимого в почву и от экскрементов, депонированных скотом во время выпаса скота, представлены в главе 3В.

В настоящее время нет доступных методологий для расчета выбросов от растущих культур и неразложившихся растительных остатков.

### 3.3 Подход Уровня 1 по умолчанию

#### 3.3.1 Алгоритм

В подходе Уровня 1 для расчета выбросов NH<sub>3</sub> и NO от растениеводства и сельскохозяйственных культур используется общая формула

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

где:

$E_{\text{загрязнитель}}$  = количество выделяемых загрязняющих веществ (кг ГОД<sup>-1</sup>),

$AR_{\text{Nприменено}}$  = количество азота, внесенного в удобрения или органических отходах (кг ГОД<sup>-1</sup>),

$EF_{\text{загрязнитель}}$  = коэффициент выбросов загрязняющих веществ (кг кг<sup>-1</sup>).

Данная формула применяется на государственном уровне, путем уравнивания  $AR_{\text{Nприменено}}$  с общегодовым национальным показателем внесения азота в виде удобрений или органических удобрений.

В подходе Уровня 1 для выбросов НМЛОС и ТЧ от растениеводства и сельскохозяйственных почв используется общая формула

$$E_{\text{загрязнитель}} = AR_{\text{площадь}} \times EF_{\text{загрязнитель}} \quad (2)$$

где:

$E_{\text{загрязнитель}}$  = количество выделяемых загрязняющих веществ (кг ГОД<sup>-1</sup>),

$AR_{\text{площадь}}$  = площадь, занимаемая культурой (га),

$EF_{\text{загрязнитель}}$  = КВ загрязняющих веществ (кг га<sup>-1</sup> ГОД<sup>-1</sup>).

Значение  $AR_{\text{площадь}}$  приравнивается к используемой площади сельскохозяйственных угодий, которая включает всю пахотную землю, постоянные пастбища и земли некультуренных пастбищ.

### 3.3.2 Коэффициенты выбросов по умолчанию

**Таблица 3-1 Коэффициенты выбросов Уровня 1 для категории источника 3.D растениеводство и сельскохозяйственные почвы**

Коэффициенты выбросов по умолчанию Уровня 1						
Категория источника НО	Код	Название				
Категория источника НО	3.D	Неорганические азотные удобрения, осадок сточных вод и сельскохозяйственная деятельность на уровне фермерского хозяйства, включая хранение, обработку и транспортировку сельскохозяйственной продукции				
Топливо	не применимо					
Не применяется						
Не оценено						
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылка	Код НО
			Нижний	Верхний		
NH <sub>3</sub> из азотного удобрения	0.05	кг NH <sub>3</sub> кг <sup>-1</sup> внесенного азота в удобрения	Не поддается расчету	Не поддается расчету	См. Приложение 1 1.2.2	3Da1
NH <sub>3</sub> из навоза скота применённого или внесенного в землю	См. Таблицу 3.2 в Главе 3B					3Da2a, 3Da3
NH <sub>3</sub> из осадка сточных вод	0.0066	кг NH <sub>3</sub> душу населения <sup>-1</sup>	Не поддается расчету	Не поддается расчету	См. Приложение 1 (A1.1)	3Da2b
Выбросы NH <sub>3</sub> от других органических отходов	0.08	кг NH <sub>3</sub> кг <sup>-1</sup> внесенного азота в отходах	Не поддается расчету	Не поддается расчету	Метод для применения удобрения	3Da2c
NO из азота, применённого в удобрении, навозе, экскрементах	0.04 <sup>(a)</sup>	кг внесенного азота в удобрении и навозе	0.005	0.104	Stehfest and Bouwman (2006)	3Da1 (удобрение), 3Da2a (навоз), 3Da3 (экскременты)
NO из осадка сточных вод	0.002	кг NO <sub>2</sub> душу населения <sup>-1</sup>	Не поддается расчету	Не поддается расчету	См. Приложение 2 (A2.3)	3Da2b
Выбросы NO от других органических отходов	0.04	кг внесенного азота из отходов	0.005	0.104	Stehfest and Bouwman (2006)	3Da2c
НМЛОС	0.86	кг га <sup>-1</sup>	0.22	3.44	König et al. (1995), Lamb et al. (1993)	3De
ТЧ <sub>10</sub> от сельскохозяйственной деятельности	1.56	кг га <sup>-1</sup>	0.78	7.8	van der Hoek and Hinz (2007)	3Dc
ТЧ <sub>2.5</sub> от сельскохозяйственной деятельности	0.06	кг га <sup>-1</sup>	0.03	0.3	van der Hoek and Hinz (2007)	3Dc
ОКВЧ	1.56	кг га <sup>-1</sup>	0.78	7.8	van der Hoek and Hinz (2007)	3Dc

(a) выбросы NO сообщаются в виде s NO<sub>2</sub>.

NA - не применимо; NC - не поддается расчету.

### **Аммиак**

Коэффициенты выбросов NH<sub>3</sub> Уровня 1 по умолчанию от удобрения были выведены как среднее для коэффициентов выбросов по умолчанию для отдельных азотных удобрений с учетом их использования согласно отчету Международной ассоциации производителей удобрения (IFA) для Европы в 2014 году ([www.fertilizer.org](http://www.fertilizer.org)). более подробную информацию по ключевым уравнениям и предположениям, которые стоят за этими значениями по умолчанию можно найти в Приложении 1 (A1.1.2).

Выбросы от навоза домашнего скота, вносимого в землю или депонированные во время выпаса должны рассчитываться согласно методу, описанному в разделе 3.3. Главы 3В.

Выбросы от осадка сточных вод (3.D.a.2.b) рассчитывается умножением выбросов на душу населения в Таблице 3.1 на численность населения соответствующей территории. Взнос дигестата, произведённого в результате анаэробного дигерирования органических отходов (включая навоз) в выбросы азота от применения других органических отходов (3.D.a.2.c) должен быть получен из Главы 5.В.2 (Биологическая обработка отходов – анаэробное дигерирование на биогазовых установках).

### **Оксид азота**

Коэффициенты выбросов NO были рассчитаны из данных по Европе в Таблице 6 в Stehfest and Bouwman (2006), как средневзвешенное коэффициентов выбросов для возделываемых земель и пастбищ. В Stehfest and Bouwman (2006) не дано информации о разнице в выбросах NO от использования минеральных удобрений или навоза домашних животных.

Выбросы от навоза домашнего скота, внесенного в землю, (3.D.a.2.a) должны рассчитываться умножением среднегодовой популяции каждого вида домашних животных на соответствующие значения NO<sub>x</sub> в Таблице 3.7 Главы 3.В. Методология Уровня 1 не делает различия между выбросами от навоза, вводимого в землю (3.D.a.2.a) выбросами экскретов пасущихся животных (3.D.a.3). для каждой категории домашнего скота, выбросы должны сообщаться в 3.D.a.2.a, если животные находятся преимущественно в помещениях/стойлах большую часть года, и в 3.D.a.3, если они в основном находятся на выпасе.

Выбросы от осадка сточных вод (3.D.a.2.b) рассчитываются умножением выбросами на душу населения в Таблице 3.1 на количество человек на интересующей территории.

Взнос дигестатов, получившихся в результате анаэробного дигерирования органических отходов (включая навоз), в выбросы азота, применяемого в других органических отходах (3.D.a.2.c), должен быть получен в Главе 5.В.2 (Биологическая обработка отходов – анаэробное дигерирование на биогазовых установках).

### **Неметановые летучие органические соединения**

Коэффициенты выбросов Уровня 1 для НМЛОС представлены в Таблице 3.1 они были определены путем объединения детальных данных, представленных в König et al. (1995) и Lamb et al. (1993). Некоторое количество предположений пришлось включить в методологию объединения.

Основные данные и метод для определения коэффициентов выбросов Уровня 1 представлены и объяснены в описании методологии Уровня 2 (раздел 3.4).

### **Твердые частицы**

Коэффициенты выбросов Уровня 1 для ТЧ не включают выбросы от удобрения, пестицидов или от сенокосных угодий, например заготовки сена. Эти выбросы в основном от уборки урожая комбайнами и возделывания земли. Детальная информация о выбросах ТЧ от сельскохозяйственных земель включена в Приложение 4. Коэффициенты выбросов Уровня 1 основаны на работе van der Hoek and Hinz (2007), но представляют собой упрощенные и обобщенные детальные данные, для единого значения выбросов ТЧ на гектар.

#### **3.3.3 Данные по осуществляемой деятельности**

Используемую площадь сельскохозяйственных угодий для большинства Европейских стран можно получить из Евростата. Требуется информация о ежегодном национальном потреблении азотного удобрения. Данные по ежегодному потреблению удобрения могут быть получены из официальной статистики по странам, часто представляемой в виде продаж удобрения и/или отечественного производства и импорта. Также необходимо учитывать количество и типы осадков сточных вод, вводимых в землю. Для подсчета выбросов NO, необходимы данные по добавлениям азоту в навозе и испражнениях. Методы оценки выбросов NO от использования навоза и испражнений во время выпаса скота приводятся в Главе 3.В Использование навоза.

## **3.4 Подход и коэффициенты выбросов Уровня 2, базирующиеся на технологиях**

### **3.4.1 Алгоритм**

#### **Аммиак**

##### *Выбросы аммиака из почвы*

Выбросы NH<sub>3</sub> от удобрений и выбросы от листвы в недели непосредственно после внесения удобрения рассматриваются здесь как выбросы как единый общий термин, поскольку невозможно отдельно определить эти два источника экспериментально. Данные выбросы оцениваются как пропорциональные потери от использования азота в удобрениях в каждой из основных категорий удобрений. Выбросы от неудобряемых культур считают равными нулю.

Методология была разработана на основе результатов мета-анализа испытаний, в которых выбросы NH<sub>3</sub> измерялись после применения 31 вида различных азотных удобрений. Детали данного анализа и разработки методологии для оценки выбросов Уровня 2 приведены в Приложении 1 (A1.1.2).

**3.D.a.1** выбросы после применения азотного удобрения рассчитываются как описано ниже.

#### Шаг 1

Определите количественную площадь сельскохозяйственных и садоводческих земель, находящихся в климатических зонах «Холодная», «Умеренная» и «Теплая», как определено в таблице 10.4 главы 10 («Выбросы от домашнего скота и использования навоза») МГЭИК, 2006.

#### Шаг 2

Определите количество областей в пределах каждой климатической зоны, в которой уровень pH почвы выше или ниже 7,0. Для расчета выбросов после применения азотных удобрений площадь с почвами <pH 7,0 будет обозначаться как «нормальный» pH, а площадь с почвами с >pH 7,0 будет

обозначаться как «высокий» рН. Каждая комбинация климатической зоны и рН почвы упоминается здесь как «регион выбросов».

Шаг 3

Определите количество каждого типа удобрения, приведённого в Таблице 3.4, вносимого в сельскохозяйственные и садоводческие почвы.

Шаг 4

Определите количество каждого типа удобрения, вносимого в каждом регионе выбросов. Если эти данные недоступны или не могут быть рассчитаны экспертами в сельском хозяйстве, определите количество следующим образом:

$$m_{fert_{i,j}} = m_{fert_i} * \text{площадь}_j / \sum_{j=1}^J \text{площадь}_j \quad (3)$$

где

$m_{fert_{i,j}}$  - это масса (в кг) удобрения типа  $i$  в регионе  $j$ ,

$m_{fert_i}$  - это масса национального потребления удобрения типа  $i$  (кг год<sup>-1</sup>, N),

$\text{площадь}_j$  - площадь региона  $j$  (в га ) и

$J$  - общее количество регионов выбросов в стране.

Шаг 5

Рассчитайте выбросы при помощи следующего уравнения:

$$E_{fert_{NH_3-N}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (m_{fert_{i,j}} \cdot EF_{i,j} ) \quad (4)$$

где

$E_{fert_{NH_3-N}}$  - поток выбросов (в кг год<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N); и

$EF_{i,j}$  - коэффициенты выбросов для удобрения  $i$  в регионе  $j$  (в кг NH<sub>3</sub> (кг N)<sup>-1</sup>).

Шаг 6

Рассчитайте массу выбрасываемого NH<sub>3</sub> ( $E_{fert_{NH_3}}$ ; кг год<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>):

$$E_{fert_{NH_3}} = (17/14) \times E_{fert_{NH_3-N}} \quad (5)$$

**Таблица 3-2 Коэффициенты выбросов для выбросов NH<sub>3</sub> из удобрений (в г NH<sub>3</sub> (кг примененного N)<sup>-1</sup>)**

	Климат					
	Холодный		Умеренный		Теплый	
	нормальный рН <sup>(а)</sup>	высокий рН <sup>(б)</sup>	нормальный рН <sup>(а)</sup>	высокий рН <sup>(б)</sup>	нормальный рН <sup>(а)</sup>	высокий рН <sup>(б)</sup>
Безводный аммиак (АН)	19	35	20	36	25	46
Аммиачная селитра (АН)	15	32	16	33	20	41
Фосфат аммония (АР) <sup>(с)</sup>	50	91	51	94	64	117
Сульфат аммония (АС)	90	165	92	170	115	212
Кальций- аммиачная селитра (САН)	8	17	8	17	10	21
Смеси азота и калия (NK mixtures) <sup>(д)</sup>	15	32	22	33	20	41



### 3.D Растениеводство и сельскохозяйственные почвы

Смеси азота, фосфора, калия (NPK mixtures) <sup>(d)</sup>	50	91	67	94	64	117
Смеси азота и фосфора (NP mixtures) <sup>(d)</sup>	50	91	67	94	64	117
Растворы азота <sup>(e)</sup>	98	95	100	97	126	122
Другие однокомпонентные азотные удобрения <sup>(f)</sup>	10	19	14	20	13	25
Мочевина <sup>(g)</sup>	155	164	159	168	198	210

<sup>(a)</sup> 'Нормальный' pH - это pH 7.0 или ниже.

<sup>(b)</sup> 'Высокий' pH - это pH более 7.0 (обычно известковые почвы).

<sup>(c)</sup> AP - это сумма монофосфата аммония (MAP) и диаммоний фосфата (DAP).

<sup>(d)</sup> Смеси азота и калия (NK mixtures) - эквиваленты AN, смесям NPK и NP, в которых 50 % MAP плюс 50 % DAP.

<sup>(e)</sup> Растворы азоты эквивалентны мочеvine AN.

<sup>(f)</sup> Другие однокомпонентные азотные удобрения и эквивалент нитрату кальция.

<sup>(g)</sup> Мочевина - это органическое соединение с химической формулой CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>.

Для **3.D.a.2.b**, Выбросы от осадка сточных вод, вводимых в почву ( $E_{\text{sludge\_NH}_3}$ ; кг год<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>), не предлагается метода Уровня 2. Следует использовать оценку Уровня 1.

Для **3.D.a.2.c**, Выбросы от других органических удобрений ( $E_{\text{Other\_NH}_3}$ ; кг год<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>), следует использовать методологию Уровня 1. Взнос дигестата в количество внесенного азота следует получить из Главы 5.B.2 (Биологическая обработка отходов – анаэробное дигерирование в биогазовых установках), **3.D.a.2.a** (навоз животных, вводимый в почву) и **3.D.a.3** (Мочевина и экскременты пасущихся животных).

Дальнейшую информацию можно найти в Главе 3В.

#### Оксид азота

Методология Уровня 2 для оксида азота отсутствует; используйте методологию Уровня 1.

Если методология Уровня 2 использовалась для расчета выбросов NH<sub>3</sub> от обращения с навозом (Глава 3В, раздел 3.3.1):

1. при расчете выбросов, относящихся к 3.D.a.2.a, внесенный азот должен быть рассчитан как сумма  $m_{\text{applic\_slurry\_N}}$  и  $m_{\text{applic\_solid\_N}}$  (Шаг 11);
2. при расчете выбросов, относящихся к 3.D.a.3, внесенный азот должен быть приравнен к  $m_{\text{graz\_N}}$  (Шаг 3).

В других случаях, смотрите методологию Уровня 1 данной главы.

#### НМЛОС

Метод определения КВ Уровня 2 представлен ниже. Этот же метод используется для разработки КВ Уровня 1, представленные в Таблице 3.3, но требуется несколько предположений и использование дополнительных данных. Они также представлены в следующей ниже информации, поэтому методология может использоваться со значениями по умолчанию и допущениями, если недоступны данные по конкретной стране (урожайность, содержание сухого вещества, площади посевов по типу культур).

КВ для НМЛОС основаны на результатах König et al. (1995) и Lamb et al. (1993). Ввиду большой разницы выбросов от пшеницы и ржи, были взяты среднее значение КВ НМЛОС, рассчитанные König et al. (1995) и Lamb et al. (1993). КВ НМЛОС для рапса и пастбищ рассчитаны, основываясь на König et al. (1995).

Распределение по урожайности и по типам культур основывается на данных сельскохозяйственной статистики Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО). Дополнительную информацию можно найти в Приложении 3..

**Таблица 3-3 Оценка коэффициентов выбросов (КВ) НМЛОС Уровня 1 в кг га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>**

	НМЛОС, кг СВ <sup>-1</sup> га <sup>-1</sup> *	Доля года, когда происходит выбросы	НМЛОС, кг СВ <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>	Среднее значение сухого вещества в культуре, кг СВ га <sup>-1</sup>	НМЛОС, кг га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>	Распределение культур	Приведенные КВ, кг НМЛОС га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
Пшеница	$2.60 \times 10^{-8}$	0.3	$6.82 \times 10^{-5}$	4700	0.32	0.35	0.11
Рожь	$1.41 \times 10^{-7}$	0.3	$3.70 \times 10^{-4}$	2800	1.03	0.05	0.05
Рапс	$2.02 \times 10^{-7}$	0.3	$5.30 \times 10^{-4}$	2500	1.34	0.10	0.13
Трава (15 °С)	$1.03 \times 10^{-8}$	0.5	$4.51 \times 10^{-5}$	9000	0.41	0.25	0.10
Трава (25 °С)	$4.67 \times 10^{-8}$	0.5	$2.05 \times 10^{-4}$	9000	1.85	0.25	0.46
<b>КВ НМЛОС Уровня 1 (сумма приведенных КВ)</b>							<b>0.86</b>

\*СВ: сухое вещество

Источник: König et al. (1995), Lamb et al. (1993), FAO (2012).

Данные, представленные в Таблице 3.4, используются для получения этих значений, они позволяют использовать данные конкретной страны, если они доступны, для определения более точных КВ.

**Таблица 3-4 Выбросы НМЛОС от сельскохозяйственных культур, в кг НМЛОС кг<sup>-1</sup> га<sup>-1</sup>**

СХ культура	Изопрен	Терпены	кг НМЛОС кг СВ <sup>-1</sup> га <sup>-1</sup>				Эфиры и другие s	Общее количество выбросов НМЛОС, кг СВ <sup>-1</sup> га <sup>-1</sup>
			Спирты	Альдегиды	Кетоны			
Пшеница (a)	-	-	$8.00 \times 10^{-10}$	$2.80 \times 10^{-9}$	$2.20 \times 10^{-9}$	$5.10 \times 10^{-9}$	$1.09 \times 10^{-8}$	
Пшеница (b)	$2.05 \times 10^{-8}$	$8.20 \times 10^{-9}$	-	-	-	$1.23 \times 10^{-8}$	$4.10 \times 10^{-8}$	
Рожь (a)	-	$7.74 \times 10^{-8}$	$1.69 \times 10^{-7}$	$1.92 \times 10^{-8}$	-	-	$2.66 \times 10^{-7}$	
Рожь (b)	$3.20 \times 10^{-9}$	$8.00 \times 10^{-9}$	-	-	-	$4.80 \times 10^{-9}$	$1.60 \times 10^{-8}$	
Рапс (a)	-	$7.46 \times 10^{-8}$	$5.20 \times 10^{-8}$	$1.10 \times 10^{-8}$	-	$6.40 \times 10^{-8}$	$2.02 \times 10^{-7}$	
Трава (15 °С) (a)	$2.00 \times 10^{-10}$	$6.20 \times 10^{-9}$	$8.00 \times 10^{-10}$	$1.30 \times 10^{-9}$	-	$1.80 \times 10^{-9}$	$1.03 \times 10^{-8}$	
Трава (25 °С) (a)	$1.00 \times 10^{-9}$	$8.70 \times 10^{-9}$	$1.00 \times 10^{-8}$	$5.90 \times 10^{-9}$	$6.20 \times 10^{-9}$	$1.49 \times 10^{-8}$	$4.67 \times 10^{-8}$	

(a) König et al. (1995).

(b) Lamb et al. (1993).

**Твердые частицы**

Выбросы ТЧ должны быть подсчитаны умножением обрабатываемой площади, занимаемой каждой культурой, на коэффициент выбросов и на количество раз выполнения операций, приводящих к выбросам.

$$E_{PM} = \sum_{i=1}^I \sum_{n=0}^{N_{i,k}} EF_{PM\_i\_k} \cdot A_i \cdot n \quad (6)$$

где

$E_{PM}$	выброс ТЧ <sub>10</sub> или ТЧ <sub>2,5</sub> от культуры I в кг год <sup>-1</sup> ,
I	количество выросших культур,
$A_i$	ежегодно засеваемая площадь культуры I в га,
$N_{i,k}$	количество раз операция k проводилась для культуры i, в год <sup>-1</sup> ,
$EF_{ТЧ\_i\_k}$	коэффициент выбросов операции k на культуре I, в кг га <sup>-1</sup> .

Значения коэффициента выбросов по умолчанию приведены в таблицах с 3-5 по 3-8. Однако необходима информация по конкретной стране о количестве раз, каждая из операций выполнялась для каждого вида с/х культуры в течение года. Следует уделить особое внимание с/х регионам, в которых собирается больше одного урожая в год.

Важно отметить, что выбросы ТЧ, рассчитанные здесь, предназначены для отражения количества выбросов, происходящих в непосредственной близости от места проведения полевых работ. Значительная часть этих выбросов, как правило, осаждаются на небольшом расстоянии от места образования.

Следующие таблицы представляют коэффициенты выбросов (КВ) ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2,5</sub> для: различных операций с сельскохозяйственными культурами (Источник: Van der Hoek and Hinz, 2007). КВ для сухих климатических условий (Средиземноморский климат) и влажных климатических условий (все другие типы климата) представлены в отдельных таблицах. КВ ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2,5</sub> представляют выбросы фильтруемых ТЧ.

**Таблица 3-5 КВ Уровня 2 для операций с с/х культурами, в кг га<sup>-1</sup> ТЧ<sub>10</sub>, влажные климатические условия**

С/Х культура	Обработка почвы		Сбор урожая	Очистка	Сушка
	1	1	2	3	4
Пшеница	1	0.25	0.49	0.19	0.56
Рожь	2	0.25	0.37	0.16	0.37
Ячмень	3	0.25	0.41	0.16	0.43
Овес	4	0.25	0.62	0.25	0.66
Другие пахотные	5	0.25	NC	NC	NC
Трава	6	0.25	0.25	0	0

Примечание: трава включает только заготовку сена.

NC - Не поддается расчету

**Таблица 3-6КВ Уровня 2 для операций с с/х культурами, в кг га-1 ТЧ10, сухие климатические условия С/Х культура**

		Обработка почвы	Сбор урожая	Очистка	Сушка
	I	1	2	3	4
Пшеница	1	2.25	2.45	0.19	0
Рожь	2	2.25	1.85	0.16	0
Ячмень	3	2.25	2.05	0.16	0
Овес	4	2.25	3.10	0.25	0
Другие пахотные	5	2.25	NC	NC	NC
Трава	6	2.25	1.25	0	0

Примечание: трава включает только заготовку сена.

NC - Не поддается расчету

Таблица 3-7 КВ Уровня 2 для операций с с/х культурами, в кг га<sup>-1</sup> ТЧ2,5, влажные климатические условия С/Х культура

		Обработка почвы	Сбор урожая	Очистка	Сушка
	I	1	2	3	4
Пшеница	1	0.015	0.02	0.009	0.168
Рожь	2	0.015	0.015	0.008	0.111
Ячмень	3	0.015	0.016	0.008	0.129
Овес	4	0.015	0.025	0.0125	0.198
Другие пахотные	5	0.015	NC	NC	NC
Трава	6	0.015	0.01	0	0

Примечание: трава включает только заготовку сена.

NC - Не поддается расчету

Таблица 3-8 КВ Уровня 2 для операций с с/х культурами, в кг га<sup>-1</sup> ТЧ2,5, сухие климатические условия С/Х культура

		Обработка почвы	Сбор урожая	Очистка	Сушка
	I	1	2	3	4
Пшеница	1	0.12	0.098	0.0095	0
Рожь	2	0.12	0.074	0.008	0
Ячмень	3	0.12	0.082	0.008	0
Овес	4	0.12	0.125	0.0125	0
Другие пахотные	5	0.12	NC	NC	NC
Трава	6	0.12	0.05	0	0

Примечание: трава включает только заготовку сена.

NC - Не поддается расчету

#### 3.4.2 Данные по осуществляемой деятельности

Необходима информация о ежегодном национальном потреблении разных типов азотных удобрений, представленная в Приложении 1, Таблице А 1.1. Данные по ежегодному потреблению удобрений можно получить из официальной национальной статистики, часто представляемой в виде продаж удобрения и/или отечественного производства и импорта. Использование удобрения также необходимо разбить по типам удобрения. Кроме того, если сульфат аммония (AS) или двуаммониевый фосфат (DAP) являются значительными источниками, тогда необходима информация о количестве этих удобрений, вносимых в почву. Необходимо отметить, что большинство источников информации (включая ФАО) могут ограничиваться данными о сельскохозяйственном использовании азота, хотя также возможно применение на лесных массивах, в поселениях или других землях. Этот не учитываемый азот, как правило, занимает небольшую часть от общего количества выбросов. Тем не менее, странам рекомендуется по возможности найти эту дополнительную информацию.

В случае, когда требуются подробная инвентаризация выбросов от удобренных культур с территориальным делением (см. раздел 4.7 ниже), можно использовать информацию о территориальном размещении различных типов культур и среднем расходе азотного удобрения на каждый тип культуры. В отсутствии данных по использованию различных удобрений для разных типов культур средний расход азотного удобрения может соотноситься со средним коэффициентом выбросов NH<sub>3</sub> для оцениваемой страны: общий выброс NH<sub>3</sub>/общее потребление азотного удобрения.

Источники данных по осуществляемой деятельности, необходимых для расчета выбросов от навоза домашнего скота, представлены в Главе 3В.

Для « Других органических отходов» руководство, связанное с данными по осуществляемой деятельности, доступно для дигестатов от анаэробного дигерирования в Главе 5.B.2 и для бытового компоста в Главе 5.B.1

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

#### 3.5.1 Алгоритм

Методы Уровня 3 - это такие методы, которыми обеспечивают получение более точной оценки выбросов, чем при использовании методов Уровня 2. Они могут включать использование альтернативных коэффициентов выбросов, основанных на местных измерениях, использование более подробных данных по осуществляемой деятельности и коэффициентов выбросов или использование моделей на основании процессов. составителям инвентаризации рекомендуется использовать методы Уровня 3, когда есть такая возможность. Если предпринимаются меры для уменьшения выбросов, такие как упомянутые выше в разделе 2.4, то для учета воздействия на выбросы нужно использовать методы Уровня 3. Например, непосредственное внесение минерального удобрения могло бы уменьшить непосредственные выбросы, таким образом, потребуется откорректировать коэффициент выбросов для выбранного типа удобрения. С другой стороны, уменьшение использования азотного удобрения путем балансирования применения удобрений в зависимости от требований каждой культуры напротив не потребует использования подхода Уровня 3, так как влияние будет отражаться в изменениях данных по деятельности.

Для оценки выбросов  $\text{NH}_3$  методами Уровня 3 модели на основе процессов полезны тем, что в соответствующих формах они могут соотносить переменные почвы и окружающей среды, влияющие на выбросы  $\text{NH}_3$ , с размерами этих выбросов. Эти соотношения могут быть использованы с тем, чтобы прогнозировать выбросы в целых странах или областях, для которых невозможно использовать экспериментальные измерения. Модели следует использовать только после их подтверждения представительными экспериментальными измерениями.

Пример простой модели на основе процесса для оценки выбросов  $\text{NH}_3$  от применения удобрения к сельскохозяйственной земле представлен в Misselbrook et al. (2004). Это было включено в состав модели Великобритании Системы оценки стратегии национального сокращения выбросов аммиака (UK NARSES) и использовано для учета выбросов  $\text{NH}_3$  в Великобритании. Важные переменные, включенные в данную модель, - это тип азотного удобрения, pH почвы, тип использования земли, норма внесения удобрения, осадки и температура. Каждый тип удобрения связан с максимальным потенциальным выбросом ( $EF_{\max}$ ), который определяется функциями, относящимися к другим переменным (pH почвы, использование земли и т.д.), что дает коэффициент выбросов в следующей последовательности:

$$EF = EF_{\max} \cdot X \cdot RF_{\text{pH почвы}} \cdot X \cdot RF_{\text{использование земли}} \cdot X \cdot RF_{\text{норма}} \cdot X \cdot RF_{\text{осадки}} \cdot X \cdot RF_{\text{температура}} \quad (7)$$

где

RF - коэффициент уменьшения, выраженный через пропорцию, связанную с переменной.

#### 3.5.2 Данные по осуществляемой деятельности

Обычно потребуются данные о типе применяемого азотного удобрения, pH почвы, использования земли, нормы внесения удобрения, осадков и температуры. Данные по осуществляемой деятельности для ввода в модель могут быть получены из баз данных

конкретных стран, торговых ассоциаций (предпочтительно) или, в отсутствие таких данных, они могут быть найдены в различных международных базах данных: базе данных Международного исследовательского института продовольственной политики (МИИПП) и Международный Информационно-справочный центр по почвам (ИСРИК) в г. Вагенингене, Нидерланды ([www.isric.org](http://www.isric.org)); ЕВРОСТАТ (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>); или база данных CAPRI (<http://www.capri-model.org/>).

## **4 Качество данных**

### **4.1 Полнота**

Должны быть включены все азотсодержащие удобрения и все засеянные культурами земли. Выбросы после внесения навоза, рассчитанные в Главе 3В, тоже должны быть включены вместе с выбросами, происходящими во время выпаса домашнего скота и внесения осадка сточных вод.

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

При расчетах необходимо проявить особенное внимание, чтобы избежать возможного двойного учета выбросов от удобрений/листвы с лугов для выпаса. В случае наличия данных только о разделении общей площади лугов, потребуется выполнить оценку части, приходящейся на пастбища. Помимо этого также следует учитывать временное совпадение выбросов от пастбищ и выбросов от применения азотных удобрений и навоза домашнего скота .

### **4.3 Проверка достоверности**

Не существует прямых методов определения общей инвентаризационной оценки выбросов  $\text{NH}_3$  с пахотных земель, для их подтверждения необходимо проведение лабораторных и полевых микрометеорологических исследований выбросов в условиях примеров ситуаций. Многие исследования в большей степени сосредоточены на лабораторных измерениях, поэтому необходимо проводить длительные полевые измерения с использованием микрометеорологических методов для оценки потоков  $\text{NH}_3$ , в зависимости от типов культур в разных климатических условиях.

Выбросы  $\text{NO}$ ,  $\text{NMЛОС}$  и  $\text{ТЧ}$  могут быть подтверждены только полевыми исследованиями выбросов в условиях примеров ситуаций.

### **4.4 Разработка согласованных временных рядов и пересчет**

Общее руководство о разработке согласованных временных рядов приводится в Главе 4 Руководства ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ «Согласованность временных рядов» (ЕМЕР/ЕЕА, 2016).

В идеале в течение всех временных рядов используется один и тот же метод. Тем не менее, подробная информация и разделение оценок выбросов от данной категории источника со временем может улучшаться. В случае отсутствия некоторых данных за предыдущие года может возникнуть необходимость их получения из других источников или наборов данных.. Не ожидается межгодовых изменений коэффициентов выбросов, если не предпринимаются действия мероприятия по снижению. Данные коэффициенты могут быть изменены только при надлежащем обосновании и при наличии соответствующей документации. Если благодаря последующим исследованиям получают обновленные данные по умолчанию для любой из этих переменных, инвентаризационные организации должны выполнить перерасчет своих данных по выбросам за предыдущие годы. Важно то, что используемые методы отражают результаты мероприятий,

проводимых для снижения выбросов, и то, что эти методы и результаты тщательно задокументированы. В случае введения таких мер, которые оказывают непосредственное влияние на данные по осуществляемой деятельности (например, возросшая эффективность использования удобрения приводит к уменьшению потребления удобрения), влияние данных мер на выбросы будет очевидно при условии, что данные по осуществляемой деятельности аккуратно задокументированы. В случаях, когда проводимые меры косвенно влияют на данные по осуществляемой деятельности или коэффициенты выбросов (например, изменение времени применения азотного удобрения), вводные инвентаризационные данные должны отражать это влияние. Текст по инвентаризации должен всесторонне обосновать влияние проведенных мероприятий на исходные данные.

## **4.5 Оценка неопределенности**

Общее руководство по количественной оценке неопределенностей в оценке выбросов приводится в Главе 5 Руководства «Неопределенности» (ЕМЕР/ЕЕА, 2016). В следующих ниже разделах, обсуждаются результаты некоторых предыдущих исследований неопределенностей в оценках выбросах от сельскохозяйственных источников.

### **4.5.1 Аммиак**

Главная неопределенность лежит в обобщении коэффициента выбросов, а не площадей обрабатываемых культур под обработку, что для большинства стран, возможно, обеспечивает точность до  $\pm 10\%$ . Стандартное отклонение измерений  $\text{NH}_3$  от минерального удобрения находится на том же уровне, как и среднее значение измеренного выброса в процентах. Точность оценки общих выбросов, возможно, не выше  $\pm 50\%$ .

### **4.5.2 Оксид азота**

Относительный доверительный интервал 95% для оценки выбросов  $\text{NO}$  может быть рассмотрен в диапазоне от  $-80\%$  до  $+406\%$ , как предлагается в Stehfest and Bouwman (2006), таким образом, общая неопределенность может считаться коэффициентом пять. (См. также Приложение 3 А 3.3.2).

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

Для НМЛОС неопределенность в потенциальных выбросах от видов растений насчитывает около половины от общей неопределенности в виде коэффициента четыре, например, для ежегодной инвентаризации выбросов в Великобритании (Stewart et al., 2003). См. также Приложение 3.

### **4.5.4 Твердые частицы**

Для первых оценок выбросов ТЧ нельзя привести неопределенность, но она, возможно, будет находиться в диапазоне одного порядка значений в зависимости от больших колебаний коэффициентов выбросов и данных по осуществляемой деятельности.

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

Применение азотного удобрения может быть оценено с точностью до  $\pm 10\%$ ; другие факторы, такие как возврат азота в виде навоза, могут быть оценены с точностью до  $\pm 25\%$ . Что касается национальных данных по площади культур, предполагается неопределенность  $< 5\%$  с нормальным распределением.



## 4.6 Обеспечение/контроль качества инвентаризации ОК/КК

Руководство по проверкам оценок выбросов, которое следует использовать лицами, ответственными за подготовку инвентаризации, представлены в Главе 6 глав общих руководящих указаний «Управление инвентаризацией, ее усовершенствование и обеспечение/контроль ее качества» (ЕМЕР/ЕЕА, 2016).

## 4.7 Координатная привязка

Выбросы от применения азотного удобрения могут быть разбиты как по территории, так и по времени, посредством использования данных переписи по распространению различных культур, статистических данных по применению, совместно со средними значениями введения азота в удобрении и информацией о климатических условиях, как описано в Приложении 1 (A1.1.2.)

Выбросы НМЛОС от различных сельскохозяйственных культур (Таблица 3.4) позволяют провести территориальное разделение сельскохозяйственных выбросов НМЛОС. Выбросы НМЛОС также, скорее всего, различаются в зависимости от стадии роста культуры, типа почвы, обработки и погодных условий. Некоторое временное разделение может быть возможно в случае, если сезонные изменения в выбросах от несельскохозяйственных культур можно принять подходящими для удобряемых культур.

Удельная урожайность - один из факторов, который может влиять на выбросы ТЧ во время сбора урожая. Более важными являются климатические условия и состав почвы, в особенности в районах произрастания зерновых. Это важно потому, что в зависимости от свойств почвы и климата, а также требований конечного потребителя в растениеводстве существуют значительные региональные различия.

## 4.8 Отчетность и документация

Общее руководство по отчетности и документации представлено в главе общих руководящих указаний «Управление инвентаризацией, ее усовершенствование и обеспечение/контроль ее качества» (Глава 6) Руководства.

Основная дополнительная документация, необходимая для применения оценок в данной главе, - это подробные данные по национальному потреблению азотного удобрения и районов основных культур. Приблизительные временные характеристики обработки почвы, включая внесение остатков культур, также будут полезными. При выполнении оценки с разбивкой необходима подробная информация по нормам внесения азота на культуры и территориальная разбивка распределения культур.

Использование температуры и данных, зависящих от рН почвы, предполагает знание и документальное подтверждение весенней температуры воздуха по регионам и значения рН почвы.

## 5 Сокращения

AN	Нитрат аммония (аммиачная селитра)
AP	Фосфат аммония
AS	Сульфат аммония
CAN	Кальций-аммиачная селитра
CEC	Катионообменная способность почвы
DAP	Диаммоний фосфат
KB	Коэффициент выбросов
ФАО	Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
IFA	Международная ассоциация производителей удобрений
МИИПП	Международный исследовательский институт продовольственной политики
МГЭИК	Межправительственная группа экспертов по изменению климата
ИСРИК	Международный информационно-справочный центр по почвам
NMHC	Неметановый углеводород
OVOC	Окисленное летучее органическое соединение
RAINS	Моделирование и информация регионального загрязнения воздуха <b>Regional Air Pollution and Simulation</b>
REML	<b>Остаточная максимальная вероятность Residual maximum likelihood</b>
УАА	Используемая площадь сельскохозяйственных угодий

## 6 Список использованной литературы

CEIP, 2015, 'Officially reported emission data', the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution Centre on Emission Inventories and Projections ([http://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/webdab\\_emepdatabase/reported\\_emissiondata/](http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata/)), last accessed September 2016.

EMEP/EEA, 2016, 'EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 — Technical guidance to prepare national emission inventories', EEA Technical Report No 21/2016, European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/emep-eea-guidebook>), accessed 30 September 2016.

FAO, 2012, 'Food And Agriculture Organization Of The United Nations Statistics Division', Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://faostat3.fao.org/home/E>) accessed September 2016

Hewitt, C. N. and Street, R. A., 1992, 'A qualitative assessment of the emission of non-methane hydrocarbons from the biosphere to the atmosphere in the U.K: Present knowledge and uncertainties', *Atmospheric Environment*, (26) 3069–3077.

IPCC, 2006, *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/vol4.html>).

König, G., Brunda, M., Puxbaum, H., Hewitt, C. N., Duckham, S. C. and Rudolph, J., 1995, 'Relative contribution of oxygenated hydrocarbons to the total biogenic VOC emissions of selected mid-European agricultural and natural plant species', *Atmospheric Environment*, (29) 861–874.

Lamb, B., Gay, D. and Westberg, H., 1993, A biogenic hydrocarbon emission inventory for the U.S.A. using a simple forest canopy model, *Atmospheric Environment*, (27) 1673–1690.

Misselbrook, T. H., Sutton, M. A. and Scholefield, D, 2004, 'A simple process-based model for estimating ammonia emissions from agricultural land after fertilizer applications', *Soil Use and Management*, (20) 365–372.

Stehfest, E. and Bouwman, L., 2006, 'N<sub>2</sub>O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modelling of global annual emissions', *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, (74) 1385–1314.

Stewart, E. H., Hewitt, C. N., Bunce, R. G. H., Steinbrecher, R., Smiatek, G. and Schoenemeyer, T., 2003, 'A highly spatially and temporally resolved inventory for biogenic isoprene and monoterpene emissions — Model description and application to Great Britain', *Journal of Geophysical Research*, (D108) 4644.

van der Hoek, K. and Hinz, T., 2007, 'Particulate matter emissions from arable production — a guide for UNECE emission inventories', *Landbauforschung Völkenrode*, (308) 15–19..

## 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/)).

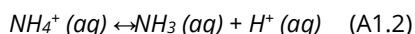
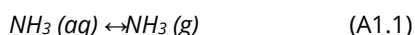
# Приложение 1 Аммиак

Дополнительная информация приводится в Приложениях

## А 1.1 Описание источников

### А 1.1.1 Описание процесса

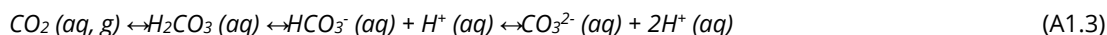
Испарение аммиака - это физико-химический процесс, который происходит в результате равновесия (описано законом Генри) между газообразной фазой (g)  $\text{NH}_3$  и раствором  $\text{NH}_3(\text{aq})$  (Уравнение А 1.1), раствор  $\text{NH}_3$  в свою очередь сохраняется благодаря равновесию между аммонием  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NH}_3$  (уравнение А1.2):



Высокий уровень рН (то есть, низкая концентрация ионов водорода ( $\text{H}^+$ ) в растворе) поддерживает правую часть Уравнения А1.2, что приводит к увеличению концентрации  $\text{NH}_3$  в растворе, а также, поэтому, в газообразной фазе. Таким образом, если почва буферизуется при значениях менее примерно. рН 7, преобладающей формой аммиачного азота ( $\text{NH}_x$ ) будет  $\text{NH}_4^+$ , и потенциал для испарения будет небольшим. Напротив, если почва буферизуется при более высоких значениях рН, доминирующей формой  $\text{NH}_x$  будет  $\text{NH}_3$ , и потенциал для испарения будет большим, хотя другие равновесия химической реакции могут как увеличить его, так и уменьшить.

Хотя выбросы  $\text{NH}_3$ , как правило, увеличиваются с уровнем рН почвы, существует сильная взаимосвязь между удобрением и жидкой фазой почвы, которая может (как, например, для мочевины) скорректировать начальное значение рН почвы посредством гидролиза и реакций осаждения. В этом отношении важным представляется эффект катионообменной способности почвы (СЕС); большие значения СЕС почвы (в особенности, высокое удержание  $\text{NH}_4^+$ ), как правило, приводят к уменьшению испарения  $\text{NH}_3$ , снижая концентрацию  $\text{NH}_4^+$  в почвенном растворе посредством поглощения  $\text{NH}_4^+$  на участках обмена.

Внешнее значение рН почвы приводит к установлению равновесия двууглекислой соли - углекислой соли с растворенной двуокисью углерода ( $\text{CO}_2$ ):



В кислых почвах это равновесие находится слева, таким образом, концентрация свободных ионов углекислой соли ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) весьма незначительна. Однако в щелочных (известковых) почвах, важную роль также играет равновесие растворимости  $\text{CaCO}_3$ :



Очевидно, что добавление растворимого  $\text{Ca}^{2+}$  сместит это равновесие (А1.4) вправо, уменьшая концентрацию  $\text{CO}_3^{2-}$  в растворе и способствуя, таким образом, образованию дополнительных ионов  $\text{H}^+$  (то есть, снижая рН) посредством равновесия, показанного в Уравнении (А1.3). более того, добавление любых других ионов, которые формируют умеренно растворимые соли с  $\text{Ca}^{2+}$  (например, сульфат) будет действовать наоборот, уменьшая концентрацию ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и, поэтому, увеличивая концентрацию ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  (Уравнение А1.4). Это сместит равновесие (Уравнение А1.3) вправо и уменьшит концентрацию ионов  $\text{H}^+$  и увеличит рН.

Также оказывают влияние метеорологические условия и время применения по отношению к нарастанию растительного покрова (Holtan-Hartwig and Vøckmann, 1994; Générmont, 1996).

Обычно выбросы  $\text{NH}_3$  увеличиваются с увеличением температуры и скорости ветра. Однако существует множество других факторов, которые влияют на выбросы в полевых условиях, поэтому температурные зависимости часто трудно проверить во время полевых измерений.

Коэффициенты выбросов Уровня 1 основаны на данных о потреблении за 2014 год для западной, центральной и восточной Европы и центральной Азии из IFA ([www.fertilizers.org](http://www.fertilizers.org)), где данные о продажах были умножены на КВ Уровня 2. Продажи аммиака, который отвечает за большое количество выбросов, не включены в оценку уровня 1, т.к. предполагается, что это количество используется в других минеральных удобрениях. Данные по продажам приводятся в таблицах A1.1 и A1.2.

**Таблица A1.1 Данные продаж из IFA ([www.fertilizer.org](http://www.fertilizer.org)) за 2014 год в кт азота; приведенные цифры для видимого потребления**

Удобрение	Западная Европа	Центральная Европа	Восточная Европа и Центральная Азия	Всего
Мочевина	4 560	1 549	2 173	8 281
AN	1 828	1 404	3 820	7 053
CAN	2 439	757	100	3 295
AS	635	158	254	1 047
AP	924	414	604	2 012
Всего	10 386	4 282	6 951	58 842

**Таблица A1.2 Доля азотного удобрения в других минеральных удобрениях (% от общего азота); представленные цифры основаны на данных о продажах от IFA ([www.fertilizer.org](http://www.fertilizer.org)) за 2014 год**

Удобрение	Западная Европа	Центральная Европа	Восточная Европа и Центральная Азия	Всего
Мочевина	44	36	31	38
AN	18	33	55	33
CAN	23	18	1	15
AS	6	4	4	5
AP	9	10	9	9
Всего	100	100	100	100

Результаты из Японии (Hayashi et al., 2006) позволяют предположить, что большие потери, обычно причисляемые к рисовым полям, могут быть следствием высоких температур и не применимы к производству в областях с более умеренным климатом. Более того, норма внесения удобрения также влияет на коэффициент выбросов от мочевины: 21 % с нормой 30 кг азота на га<sup>-1</sup>, приходящиеся на период образования метелок, и уменьшение до 0,5 % с нормой 10 кг азота на га<sup>-1</sup> после образования метелок, в которых учитывалось влияние на чистый обмен у рисовых растений (Hayashi et al., 2008). Было рассчитано, что на рисовые поля приходится примерно 70% выбросов  $\text{NH}_3$  от рисовых полей в стадии формирования метелок после разбросного внесения мочевины с нормой 30 кг азота га<sup>-1</sup>. При рассмотрении уменьшенных выбросов от применения при образовании метелок и практики применения большого количества азотного удобрения на этой стадии в Yan et al. (2003) был недавно предложен коэффициент выбросов для мочевины в размере 22 %. Такой же коэффициент выбросов использовался для AS.

**A1.1.2 Зарегистрированные измерения и коэффициенты выбросов**

Прямой выброс после применения азотного удобрения – самый понятный источник выбросов  $\text{NH}_3$  от растениеводства и сельскохозяйственных почв. Выбросы происходят от поверхностного слоя почвы и уменьшаются по мере поглощения ионов  $\text{NH}_4^+$  коллоидами почвы или нитрифицирования. Отсюда следует, что азот удобрений, который немедленно вводится в почву, не будет источником выбросов  $\text{NH}_3$ .

Главные факторы, управляющие испарением  $\text{NH}_3$  - это тип применяемого азотного удобрения, скорость гидролиза для удобрения на основе мочевины, а также изменения pH почвы после внесения для всех удобрений (Whitehead and Raistrick, 1993; ECETOC, 1994; Harrison and Webb, 2001). После внесения азота в виде мочевины в почву, он быстро гидролизуется внеклеточной ферментативной уреазой (которая повсеместно встречается в почве) с образованием двух молей  $\text{NH}_3$  и одной моли  $\text{CO}_2$  из каждой моли мочевины ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  вместе с  $\text{H}_2\text{O}$ ). Растворение  $\text{NH}_3$  приводит к образованию ионов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{OH}^-$ , а ионы  $\text{OH}^-$  - повышают pH жидкой фазы, что, в свою очередь, увеличивает испарение  $\text{NH}_3$  (уравнение A1.2). Хотя было обнаружено, что потери  $\text{NH}_3$  из AS и диаммоний фосфата (DAP) значительно увеличиваются с ростом pH (например, Whitehead and Raistrick, 1993), потери  $\text{NH}_3$  из мочевины в меньшей степени зависят от начального уровня pH почвы, так как гидролиз мочевины сразу увеличивает pH вокруг гранулы удобрения примерно до 9,2 (Fenn, 1988). Более того, реакция с ионами кальция уменьшает потенциальное испарение  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , образующееся из-за гидролиза мочевины (Fenn and Hossner, 1985). По сравнению с другими азотными удобрениями потери  $\text{NH}_3$  от мочевины не увеличиваются последовательно со значением pH и не становятся больше на известковых почвах (Whitehead and Raistrick, 1990). Это происходит, предположительно, благодаря различиям в катионообменной способности почвы (CEC). Whitehead and Raistrick (1990) также обнаружили, что потери  $\text{NH}_3$  из мочи крупного рогатого скота на известковых почвах не больше, чем на неизвестковых почвах. Лучшее соотношение с потерями  $\text{NH}_3$  представляло значение CEC. Gezgin and Bayrakli (1995) измерили потери  $\text{NH}_3$  из мочевины, AS и AN на известковых почвах в Турции. Потери от AS (около 16 %) и AN (около 5 %) были больше, чем потери, измеренные на неизвестковых почвах Sommer and Jensen (1994), которые составили < 5 % и < 2 % соответственно. Однако потери из мочевины около 8 % были меньше, чем измеренные Sommer and Jensen (1994). В полевых исследованиях в Великобритании Chadwick et al. (2005) также наблюдали большие вариации, которые не могли быть приписаны единственному параметру. Применение на известковых почвах, однако, увеличивает потери  $\text{NH}_3$  из AS (Fleisher et al., 1987). Другие удобрения, такие как AN, имеют более нейтральный показатель pH и производят гораздо меньше выбросов. Их зачастую трудно отделить от измерений потоков между растениями и атмосферой.

В нескольких экспериментах были обнаружены отрицательные выбросы  $\text{NH}_3$  после применения азота удобрений для удобрений, которые имеют небольшой потенциал выбросов. Это объясняется высокими концентрациями  $\text{NH}_3$  в воздухе, которые способствуют поглощению растениями и чистому движению  $\text{NH}_3$  от воздуха к растениям и почвам; это усложняет выделение потока  $\text{NH}_3$  из использования удобрений. Также возможно, что были погрешности измерения входящего и исходящего воздуха в туннелях в периоды низких выбросов.

Ранние обзоры данных полевых измерений потери  $\text{NH}_3$  после применения азотных удобрений для пастбищ и пахотных земель пришли к выводу, что потери  $\text{NH}_3$  от азотных удобрений в 2 раза больше на лугах (Van der Weerden and Jarvis, 1997; Harrison and Webb, 2001). Однако последующие измерения не показали такой большой разницы, и различные КВ, когда азотные удобрения применяются к пахотным или лугопастбищным угодьям, уже не считаются подходящими (Bouwman et al., 2002b, Chadwick et al., 2005). В контролируемых (лабораторных) условиях были найдены взаимосвязи между температурой и потерей  $\text{NH}_3$ . Однако полевые эксперименты, в которых другие факторы также влияют на выбросы, часто не подтверждают увеличение выбросов

NH<sub>3</sub> с повышением температуры. Мета-анализ, проведенный с целью обеспечения более надежных КВ для этой главы, подтвердил взаимодействие между температурой и выбросами NH<sub>3</sub> после применения азотных удобрений. Эти взаимодействия отличались среди видов азотных удобрений и не всегда были линейными.

#### **Расчет выбросов аммиака после применения азотного удобрения**

Hutchings et al. (в процессе подготовки) проведен мета-анализ 1 209 наблюдений, в которых выбросы NH<sub>3</sub> измерялись после применения 31 различных видов азотных удобрений. Данные были проанализированы в серии обобщенных линейных смешанных моделей, чтобы учесть меняющуюся неопределенность в применяемой шкале, определить аддитивный эффект во всем масштабе и обеспечить, чтобы предсказанные значения находились в диапазоне 0-100 %. Подробная информация о результатах будет дана в Hutchings et al. (в стадии подготовки), и для обеспечения более конкретных расчетов предоставляется электронная таблица.

#### **Разработка методологии Уровня 1 для выбросов аммиака от осадка сточных вод**

Осадок сточных вод образуется в очистных сооружениях. Основной функцией таких работ является удаление биологически разлагаемого органического вещества из сточных вод, предотвращение загрязнения пресноводных и прибрежных морских экосистем. На основе Leip et al. (2011) источниками азота в сточных водах являются бытовые сточные воды (человеческие экскременты, пищевые отходы и т. д.) и промышленные стоки, причем на первое приходится около 93% очищенных сточных вод. По данным того же источника, только около 1% азота, поступающего в систему очистки сточных вод, применялось в почве в виде осадка сточных вод. Rose et al. (2015) подсчитали, что средняя экскреция азота взрослыми людьми составляла 11 г на душу населения ·<sup>-1</sup> день<sup>-1</sup> в моче и 1,8 г на душу населения ·<sup>-1</sup> день<sup>-1</sup> в фекалиях, в результате чего ежегодная экскреция составляла 4,67 кг на душу населения<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>. Если предполагается, что бытовой взнос составляет 93% от общего объема, общий объем ввода азота в систему очистки сточных вод составляет 5,0 кг на душу населения<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>. Поэтому азот, вносимый в почву в осадках сточных вод, составляет, по оценкам, 0,05 кг на душу населения<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>.

Выбросы NH<sub>3</sub> из осадка сточных вод, примененного на полях, происходит из аммониевой фракции. Эта доля составляет <10% в твердых осадках и около 5-50% в жидких осадках. Доля этого аммония, который выделяется в виде NH<sub>3</sub>, будет значительно изменяться в зависимости от технологии внесения и погоды на момент внесения в почву. В первом приближении мы будем предполагать, что одна треть азота в осадке находится в аммиачной форме и что одна треть ее теряется как NH<sub>3</sub>. После превращения из NH<sub>3</sub>-N в NH<sub>3</sub> это дает КВ 0,13 кг NH<sub>3</sub> (кг внесенного азота) ·<sup>-1</sup>.

При умножении 0,05 кг примененного азота на душу населения<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup> на 0,13 кг NH<sub>3</sub> (кг внесенного азота) ·<sup>-1</sup> мы получаем КВ 0,0067 кг NH<sub>3</sub> на душу населения<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>. Таким образом, методология уровня 1 это :

Выбросы NH<sub>3</sub> из осадка сточных вод, внесенного в почву = 0,0067 × численность населения

Отметим, что с использованием общего населения, а не взрослого населения, выброс NH<sub>3</sub> может быть завышен. Однако, учитывая другие неопределенности в разработке методологии и в ограниченной степени, в которой этот источник будет способствовать национальным выбросам NH<sub>3</sub>, не стоит пытаться дополнительно доработать методологию.

## Приложение 2 Оксид азота

### A2.1 Общие сведения

Почвы и культуры считаются чистым стоком для большинства соединений  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$  плюс  $\text{NO}_2$ ). Однако  $\text{NO}$  может высвобождаться из почвы во время нитрификации и денитрификации после применения азота и минерализации введенных остатков культур и органического вещества почвы. Оценки выбросов  $\text{NO}$  очень неопределенные, но почвы могут вносить около 4–8 % от общего количества выбросов в Европе. В жаркий летний день эта доля может увеличиваться до значения  $> 27\%$  (Stohl et al., 1996; Butterbach-Bahl et al., 2001). В мировом масштабе недавние оценки предполагают, что выбросы  $\text{NO}_x$  от почв могут представлять больше чем 40 % выбросов  $\text{NO}_x$  (Penner et al., 1993; Davidson and Kingerlee, 1997) и составлять до 65 % для США (Hall et al., 1996).

### A2.2 Описание источников

#### A2.2.1 Описание процесса

В растениеводстве и сельскохозяйственных почвах, где показатель рН поддерживается на уровне выше 5,0, нитрификация считается доминирующим направлением выбросов оксида азота ( $\text{NO}$ ). Оксид азота представляет собой и субстрат, и продукт денитрификации, но он очень редко оценивается как следствие денитрификации на европейских почвах (дальнейшую информацию можно найти в Ludwig et al (2001)).

#### A2.2.2 Выбросы

Данные по выбросам  $\text{NO}$  в связи с использованием азота из удобрений были рассмотрены Yienger and Levy (1995) и откорректированы Skiba et al. (1997). Yienger and Levy (1995) рассчитали среднее арифметическое для выбросов как 2,5 % потерь азота из удобрения. Основываясь на похожих данных Skiba et al. (1997) показали, что потери  $\text{NO}$  находятся в диапазоне от 0,003 до 11 % примененного азота из удобрения со средним геометрическим значением выбросов 0,3 %. Позднее Bouwman et al. (2002a) использовали метод остаточной максимальной вероятности (REML), чтобы подсчитать на основе 99 исследований по выбросам  $\text{NO}$  мировое среднее количество выбросов оксида азота, вызванных применением удобрений, в 0,7 %. До этого Freibauer and Kaltschmitt (2000) предлагали коэффициент выбросов в размере 1,0 % от примененного азота.

Maljanen et al. (2007) сообщили о выбросах  $\text{NO}$  от пастбищ, которые были примерно 40% от  $\text{N}_2\text{O}$ ; фоновые выбросы были примерно 25%  $\text{N}_2\text{O}$ . Выбросы  $\text{NO}$  увеличились с повышением температуры почвы и уменьшением влажности почвы. Выбросы  $\text{NO}$  все еще недостаточно понятны, но ясно, что существуют различия в механизмах, регулирующих производство  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{NO}$ . Недостаточно данных для обсуждения влияния выпаса на выбросы  $\text{NO}$ , но локализованные очень высокие взносы азота и углерода, вызванные экскрементами животных, вероятно, будут стимулировать производство  $\text{NO}$ .

#### A2.2.3 Средства регулирования

В умеренных климатах выбросы  $\text{NO}$  считаются преимущественно следствием нитрификации. Отсюда, замещение  $\text{AN}$  мочевиной с целью уменьшения выбросов  $\text{NH}_3$  может также вызвать



уменьшение выбросов NO, результаты Slemr and Seiler (1984) согласуются с данной гипотезой. Тем не менее, к этим заключениям нужно относиться осторожно, так как для разделения источников азота из удобрений недостаточно данных (Skiba et al., 1997). Chu et al. (2007) сообщили, что использование удобрений с регулируемым высвобождением мочевины может уменьшить выбросы NO.

### **A2.3 Методы**

Методология Уровня 1 для осадка сточных вод рассчитывается путем умножения KB, полученного из Stehfest and Bouwman (2006), равного  $0.04 \text{ кг NO}_2 \text{ (кг примененного азота)}^{-1}$  на оценку в  $0.05 \text{ кг примененного азота на душу населения}^{-1} \text{ год}^{-1}$ , полученную в Уравнении A1.2. В результате получается  $0.002 \text{ кг NO}_2 \text{ на душу населения}^{-1}$ .

В настоящее время не существует методологии Уровня 2 для NO.

### **A2.4 Качество данных**

### **A2.5 Оценка неопределенности**

По факторам, определяющим потери NO из почвы (внос N, температура и влажность почвы, структура почвы, углеродный состав почвы) имеется меньше информации. Длительных интенсивных полевых исследований на данный момент недостаточно для того, чтобы оценки получили соответствующую достоверность. Имеющиеся данные предполагают, что коэффициент выбросов для NO более или менее сходный с коэффициентом выбросов для N<sub>2</sub>O (Bouwman et al., 2002a; Stehfest and Bouwman, 2006).

### **A2.6 Координатная привязка и временное разделение**

Потери NO в основном являются следствием нитрификации, а в кислых почвах - следствием химической денитрификации. Максимум выбросов NO, таким образом, скорее возможен после применения азотных удобрений на основе NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, введения остатков культур и обработки почвы. Данные по этим процессам должны иметься, по крайней мере, для некоторых стран. В настоящий момент, однако, недостаточно данных по выбросам NO, чтобы определить их влияние. В конечном счете, когда механизмы получения NO станут более понятными, также возможно будет использовать данные по климатическим условиям с тем, чтобы оценивать, когда почва и погодные условия благоприятствуют нитрификации, а, следовательно, и получению NO (Butterbach-Bahl et al., 2004). Так, как и в случае с NH<sub>3</sub>, выбросы NO могут сильно отличаться территориально и по времени из года в год, в зависимости от погодных условий и вноса удобрения.

# Приложение 3 Неметановые летучие органические соединения

## А3.1 Описание источников

### А3.1.1 Выбросы

Hewitt and Street (1992) пришли к выводу, что деревья являются основными источниками выделения неметановых углеводородов (НМУВ). Другие растения, включая сельскохозяйственные культуры, в сравнении с ними не являются значительными источниками выбросов. Однако, хотя выбросы НМЛОС от растениеводства и сельскохозяйственных почв меньше, чем от лесных массивов, их нельзя совсем не принимать в расчет (Simpson et al., 1999). König et al. (1995) отметили, что в ранних исследованиях НМУВ рассматривались как главный компонент выбросов ЛОС. Однако, König et al. (1995) обнаружили, что окисленные ЛОС являются главным компонентом выбросов ЛОС от злаков. В данном исследовании выбросы не всегда были больше от деревьев по сравнению с сельскохозяйственными культурами.

Выбросы некоторых НМЛОС могут приносить пользу растениям, например, привлекать опыляющих насекомых, в то время как другие являются отходами или средствами избавления от излишков энергии (Hewitt and Street, 1992). Выбросы этилена, как было выяснено, увеличиваются, когда растения находятся в стрессовых условиях.

Как и для лесных выбросов НМЛОС, биогенные выбросы с пастбищ включают широкое многообразие видов, включая изопрен, монотерпены, ( $\alpha$ -пинен, лимонен и т.д.) и окисленные летучие органические соединения (ОЛОС). Виды ОЛОС состоят из большого числа окисленных соединений (спирты, альдегиды и т.д.) и, как оказалось, представляют сложность для подсчета в атмосферных пробах. Был достигнут успех в количественном подсчете ОЛОС на европейской растительности (König et al., 1995), хотя, прежде чем предпринимать попытки провести инвентаризацию отдельных ОЛОС, потребуется гораздо больше данных измерений.

Факторы, которые влияют на выбросы НМЛОС, включают в себя температуру, интенсивность света, стадию роста растений, недостаток воды, загрязненность воздуха и увядание (Hewitt and Street, 1992).

### Методологии и коэффициенты выбросов

Коэффициенты выбросов включают в себя частичные коэффициенты выбросов для изопрена, терпенов, спиртов, альдегидов, кетонов, эфиров и других органических соединений и их долю в общих выбросах.

Следующее уравнение и данные рекомендуются для использования:

$$E_{\text{НМЛОС, посева}} = \sum A_i \cdot m_{D_i} \cdot t_i \cdot KB_i \quad (\text{А3.1})$$

где

$E_{\text{НМЛОС, посева}}$	поток выброса НМЛОС с посевных площадей (кг год <sup>-1</sup> НМЛОС),
$A_i$	площадь, занятая сельскохозяйственной культурой $i$ (га год <sup>-1</sup> ),
$m_{D_i}$	средний показатель сухой вещества культуры $i$ (кг га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup> ),
$t_i$	часть года, во время которой происходят выбросы от культуры $i$ (в год год <sup>-1</sup> ),
$KB_i$	коэффициент выбросов для культуры $i$ (кг кг <sup>-1</sup> НМЛОС),

Измерения НМЛОС, выполненные König et al. (1995), использованы для предоставления информации о порядке величины выбросов НМЛОС от выращивания с/х культур. Другими сравнимыми исследованиями выбросов НМЛОС являются Lamb et al. (1993) и Winer et al. (1992).

Сравнение между КВ из литературных источников показало, что коэффициент выбросов для пшеницы, оцененный в König et al. (1995), значительно ниже коэффициента, оцененного в Lamb et al. (1993) и Winer et al. (1992). König et al. утверждает, что причина значительной разницы в интенсивности выбросов между рожью и пшеницей, которая наблюдается в исследовании, неясна. Однако различные стадии развития растения могут объяснить разницу в наблюдаемой интенсивности в выбросах. Отбор проб ржи проводился рядом с фазой цветения, когда выброс выше, и этим можно объяснить более высокий коэффициент выбросов по сравнению с результатами в Lamb et al. (1993). Может быть выбросы спиртов в нецветущей ржи были уже результатом развития стадии цветения. Отбор проб пшеницы производился через 3 дня после цветения и цветки были смыты сильным дождем в дни перед отбором проб. Может быть выбросы спиртов снижены после дождей из-за выщелачивания водорастворимых соединений во время осадков.

#### **Альтернативный вывод коэффициентов выбросов Уровня 1**

КВ НМЛОС Уровня 1 можно определить, если данные в Таблице 3.4 (Раздел 3.4) объединены с несколькими дополнительными данными (среднее значение урожайности культуры, содержание сухого вещества, площади посевов культуры).

Урожайность и содержание сухого вещества сильно отличается в зависимости от страны из-за различий климатических условий и использования агротехники. Если не доступны данные об урожайности и содержанию сухого вещества для конкретной страны, то можно использовать следующее.

- Средняя урожайность культуры может быть рассчитана из сельскохозяйственной статистики ФАО, которая включает данные по основным странам-производителям с/х культуры в зоне действия Европейской программы мониторинга и оценки выбросов (ЕМЕП) (ФАО, 2012). Значения урожайности основаны на среднем значении 2006-2010 годов. Содержание сухого вещества берется как 0,85 кг на собранный кг для пшеницы и ржи, 0,90 кг на кг рапса и 0,30 кг на кг травы. Урожайность для пастбища основана на датских сельскохозяйственных условиях, т.к. данные по урожайности для травы в статистике ФАО не приводятся.

Выбросы НМЛОС от с/х культур происходят только в вегетационный период. Для целей данной методологии вегетационный период составляет 0,3 года для пшеницы, ржи и рапса, в то время как доля для пастбища составляет 0,5 (Rösemann et al., 2011).

Данные о площади посевов культуры необходимы для различных типов с/х культур, как описано ниже

- Чтобы определить КВ Уровня 1, необходимо было объединить данные для разных типов с/х культур. Чтобы сделать это, необходимо было принять распределение между с/х культурами и пастбищами. Это распределение значительно варьируется между странами - например, на долю зерна приходится 55% всей сельскохозяйственной площади в Дании, 30% во Франции и 20% в Российской Федерации. Распределение доли пшеницы, ржи, рапса и пастбищных земель основано на данных, полученных в сельскохозяйственной базе данных ФАО. Было принято распределение площадей на 50% зерновых и 50% пастбищных угодий.
- Для пшеницы даны две разные оценки выбросов НМЛОС (Таблица 3.4). Выбросы, опубликованные König et al (1995), намного меньше, чем это было предложено Lamb et al. (1993), и, таким образом, используется среднее значение выбросов. То же самое

справедливо для ржи, для которого используется среднее значение двух оценок выбросов. Выбросы от травы основаны на König et al. (1995).

Исходя из вышеизложенных предположений, КВ НМЛОС Уровня 1 был определен как 0,86 кг НМЛОС на гектар в год.

## **A3.2 Качество данных**

### **A3.2.1 Неопределенность**

Небольшое количество измерений выбросов НМЛОС от сельскохозяйственной растительности является существенным недостатком, и, кроме того, эталонный материал очень устарел. Однако литература, как представляется, не содержит соответствующих исследований, которые являются более свежими, чем те, которые используются здесь. Неизвестно, связаны ли выбросы с вводом азота из удобрений.

## **A3.3 Оценка неопределенности**

### **A3.3.1 Неопределенность коэффициентов выбросов**

Биогенные выбросы ЛОС для Соединенного Королевства были обобщены в Hewitt and Street (1992). Они варьировались в диапазоне 38–211 Гг год<sup>-1</sup> общего количества НМЛОС. Выбросы от лесных массивов были оценены Anastasi et al. (1991) в количестве 72 % от общих биогенных выбросов. Таким образом, выбросы в диапазоне примерно 10 - 59 Гг год<sup>-1</sup>, по-видимому, имеют сельскохозяйственное происхождение. В своем неполном анализе Hobbs et al. (2004) подсчитали, что примерно 5 т год<sup>-1</sup> приходится на сельскохозяйственные культуры. Это сопоставимо с оценкой Corinair 94 в только 2 Гг год<sup>-1</sup> для Кода ИНЗВ 1001, Культуры с удобрениями, НО 3.D.1, или < 2 % выбросов от сельского и лесного хозяйств. Таким образом, диапазон выбросов может быть неопределенным в 30 раз. Однако, оценка для сельского хозяйства, проведенная Anastasi et al. (1991), была признана слишком завышенной.

### **A3.3.2 Неопределенности в данных по осуществляемой деятельности**

Hewitt and Street (1992) пришли к выводу, что только около 700 видов растений, в основном из Северной Америки, изучались на предмет выбросов изопрена или монотерпена. Лишь немногие из них были сельскохозяйственными культурами, при этом количественные данные имелись только для нескольких видов. Многие измерения были сделаны при температуре, превышающей типовое значение для северной и западной Европы.

Что касается национальных данных по территориям, занятыми культурами, принимается неопределенность < 5 % с нормальным распределением.

# Приложение 4 Твердые частицы

## A4.1 Методы

### A4.1.1 Подход Уровня 1 по умолчанию

Коэффициенты выбросов для ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2.5</sub> могут быть определены различными способами, описанными ниже.

- Непосредственные измерения можно сделать с помощью пресепараторов. Эти пресепараторы разделяют поток воздуха проб на различные компоненты, основываясь на аэродинамические характеристики аэрозольного материала. Эти измерения могут быть использованы непосредственно для сравнения частиц или их уравнивания.
- Можно рассчитать распределение ТЧ по размерам в общих выбросах пыли. Если известны выбросы пыли, можно определить КВ для различных фракций ТЧ.
- Также возможно, основываясь на измерениях, рассчитать различные фракции ТЧ как долю ОКВЧ. Чтобы получить результаты, сопоставимые с результатами других подходов, необходимо знать процедуру определения и измерения ОКВЧ.

Takai et al. (1998) представили прибор для отбора проб для вдыхаемой части ОКВЧ. Эти приборы имеют диаметр среза (50 % сепарация), получаемый при 100 мкм.

Изучение литературы позволяет выделить несколько способов получения коэффициентов выбросов для земледелия.

- Прямые измерения первичных выбросов ТЧ от использования инструментов для обработки почв могут быть использованы. По ним могут быть получены оценки потенциальной мощности источника выбросов, связанные с оборудованием, и рассчитаны коэффициенты выбросов, связанные с полями.
- Возможно провести косвенные оценки мощности источника с использованием измерений концентрации, проводимых с использованием оборудования, расположенного в кабине водителя, и многослойной или контурной модели обрабатываемого участка, чтобы установить взаимосвязь с балансовым объемом или объемным расходом.
- Можно использовать измерения концентраций ТЧ проводят на границе поля, адаптированные к обратной вычислительной модели рассеивания.

Были представлены следующие ниже коэффициенты выбросов для ТЧ<sub>10</sub>:

Уборка комбайном:

- 4.1–6.9 кг га<sup>-1</sup>, переменные злаковые, влажность злаковых во время уборки урожая (Batel, 1976);
- 3.3–5.8 кг га<sup>-1</sup> (WRAP, 2006).

Ввиду эффекта выравнивания крупных частиц, принято считать, что только часть выбрасываемых первичных ТЧ<sub>10</sub> покидает поле для получения коэффициента выбросов поля. Рассматривались две ситуации: первая, где поле покидает 50 % изначальных выбросов ТЧ<sub>10</sub>, вторая с 10 %, покидающими поле.

Обработка почвы:

- 0,1 кг га<sup>-1</sup>, Моделирование и информация регионального загрязнения воздуха (RAINS);
- 0,06-0,3 кг га<sup>-1</sup> (Wathes et al., 2002);
- 0,28-0,48 кг га<sup>-1</sup> (Hinz, 2002).

Допущения, лежащие в основе обеих моделей, не согласуются с измеренными значениями и ведут к завышенной оценке коэффициент выбросов. Корректировка дает средний коэффициент полевых выбросов в 0,25 кг га га<sup>-1</sup>, как представлено в матрице:

- 4,2 кг га<sup>-1</sup> метод Национального кадастра выбросов (NEI) США;
- 5,2 кг га<sup>-1</sup> метод Калифорнийского совета воздушных ресурсов (CARB) США.

Измерения в Калифорнии показывают гораздо большие значения. Причиной этому являются климатические и почвенные условия, заключающиеся в более высокие температуры и более низкой влажности. Данные выводы поддерживаются измерениями, проведенными в г. Бранденбурге, Германия, в условиях 2006 года — когда было жарко и сухо - и были получены значения выбросов на порядок больше, чем в предыдущие годы.

**Таблица А4-1 Коэффициенты выбросов для ТЧ<sub>10</sub>, ТЧ<sub>2,5</sub> и ТЧ<sub>1</sub> для полевых работ**

	ТЧ <sub>10</sub> , кг га <sup>-1</sup>	ТЧ <sub>2,5</sub> , кг га <sup>-1</sup>	ТЧ <sub>1</sub> , кг га <sup>-1</sup>
Боронование	0,82	0,29	<1
Обработка дисковыми орудиями	1,37	0,12	0,03
Обработка	1,86	0,06	0,02
Вспашка	1,20	0,05	0,01

Источник: коэффициенты выбросов для работ с почвой (Oettl et al., 2005).

Мощность источника высчитывается с использованием обратной модели рассеивания Лангранжа, с помощью измерений концентрации, сделанных с использованием счетчика частиц. Это первый подход к подсчету с некоторыми неопределенностями в модели и в измерениях.

#### **А4.1.2 Коэффициенты выбросов по умолчанию**

**Таблица А4-2 Коэффициенты выбросов ТЧ (КВТЧ) для работ с сельскохозяйственными культурами, в кг га<sup>-1</sup> ТЧ (van der Hoek and Hinz, 2007)**

Культура	Обработка	Сбор урожая	Очистка	Сушка
Пшеница	0,25	4,9	0,19	0,56
Рожь	0,25	3,7	0,16	0,37
Ячмень	0,25	4,1	0,16	0,43
Овес	0,25	6,2	0,25	0,66

Измеренные значения – выбросы в непосредственной близости от тракторов и оборудования по уборке урожая в поле.

Дальнейшую информацию по выбросам ТЧ можно найти в Hinz and Funk (2007) и Hinz and Tamoschat-Depolt (2007).

## **A4.2 Качество данных**

### **A4.2.1 Полнота**

Существенным недостатком является малое количество измерений выбросов ТЧ от сельскохозяйственной деятельности.

## Приложение 5 Сводка обновлений

**Таблица А5-1 Сводка обновлений методик подсчета и коэффициентов выбросов, внесенных во время переработки данной главы в 2016 г.**

Выбросы	Уровень 1		Уровень 2	
	Методика	Коэффициенты выбросов	Методика	Коэффициенты выбросов
NH <sub>3</sub>	Обновлена	Обновлены	Обновлена	Обновлены
NO	Обновлена	Не обновлены	Обновлена	Обновлены
НМЛОС	Не обновлена	Не обновлены	НС	НС
ТЧ	Не обновлена	Не обновлены	Не обновлена	Не обновлены

НС – не поддается расчету

## Список использованной в Приложениях литературы

Anastasi, C., Hopkinson, L. and Simpson, V. J., 1991, 'Natural Hydrocarbon emissions in the United Kingdom', *Atmospheric Environment*, (25) 1403–1408.

Batel, W., 1976, 'Staubemission, Staubimmission und Staubbekämpfung beim Mährescher. Grundl.', *Landtechnik Bd*, (26) 205– 248.

Bouwman, A. F., Boumans, L. J. M. and Batjes, N.H., 2002a, 'Modelling global annual N<sub>2</sub>O and NO emissions from fertilized fields', *Global Biogeochemical Cycles*, (16) 1080.

Bouwman, A. F., Boumans, L. J. M. and Batjes, N. H., 2002b, 'Estimation of global NH<sub>3</sub> volatilization loss from synthetic fertilizers and animal manure applied to arable lands and grasslands', *Global Biogeochemical Cycles*, (16) 1024.

Butterbach-Bahl, K., Stange, F., Papen, H. and Li C., 2001, 'Regional inventory of nitric oxide and nitrous oxide emissions for forest soils of Southeast Germany using the biogeochemical model PnET-N-DNDC', *Journal of Geophysical Research*, (106) 34155–34166.

Butterbach-Bahl, K., Kesik, M., Miehle, P., Papen, H. and Li, C., 2004, 'Quantifying the regional source strength of N-trace gases across agricultural and forest ecosystems with process based models', *Plant and Soil*, (260) 311–329.

Chadwick, D., Misselbrook, T., Gilhespy, S., Williams, J., Bhogal, A., Sagoo, L., Nicholson, F., Webb, J., Anthony, S. and Chambers, B., 2005, *WP1b ammonia emissions and crop N use efficiency*, Component report for DEFRA Project NT2605 (CSA 6579), Department for Food, Environment & Rural Affairs.

Chu, H., Hosen, Y. and Yagi, K., 2007, 'NO, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> fluxes in winter barley field of Japanese Andisol as affected by N fertilizer management', *Soil Biology and Biochemistry*, (39) 330–339.



- Countess Environmental, 2006, WRAP fugitive dust handbook, prepared for the Western Governors' Association by Countess Environmental, Westlake Village, CA ([http://www.wrapair.org/forums/dejffdh/content/FDHandbook\\_Rev\\_06.pdf](http://www.wrapair.org/forums/dejffdh/content/FDHandbook_Rev_06.pdf)).
- Davidson, E. A. and Kingerlee, W., 1997, 'A global inventory of nitric oxide emissions from soils', *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, (48) 37–50.
- Ecetoc, 1994, *Ammonia emissions to air in western Europe*, Technical Report No 62, European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels (<http://www.ecetoc.org/wp-content/uploads/2014/08/ECETOC-TR-062.pdf>).
- FAO, 2016, Food And Agriculture Organization Of The United Nations Statistics Division <http://faostat3.fao.org/home/E>
- Fenn, L.B., 1988. 'Effects of initial soil calcium content on ammonia losses from surface-applied urea and calcium-urea', *Fertilizer Research*, (16) 207–216.
- Fenn, L. B. and Hossner, L. R., 1985, 'Ammonia volatilization from ammonium or ammonium-forming fertilizers', *Advances in Soil Science*, (1) 123–169.
- Fleisher, Z., Kenig, A., Ravina, I. and Hagin, J. (1987). 'Model of ammonia volatilization from calcareous soils', *Plant and Soil*, (103) 205–212.
- Freibauer, A. and Kaltschmitt, M. (eds), 2000, 'Emission rates and emission factors of greenhouse gas fluxes in arable and animal agriculture', Project report Task 1, EU Concerted Action *Biogenic emissions of greenhouse gases caused by arable and animal agriculture* (FAIR3-CT96-1877), Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, 375 pp.
- Génermont, S., 1996, 'Modélisation de la volatilisation d'ammoniac après épandage de lisier sur parcelle agricole', Thèse de Doctorat Thesis, Université Paul Sabatier, Toulouse, 331 pp.
- Gezgin, S. and Bayrakli, F., 1995, 'Ammonia volatilization from ammonium sulphate, ammonium nitrate, and urea surface applied to winter wheat on a calcareous soil', *Journal of Plant Nutrition*, (18) 2483–2494.
- Hall, S. J., Matson, P. A. and Roth, P. M., 1996, 'NO<sub>x</sub> emissions from soil: implications for air quality modelling in agricultural regions', *Annual Review of Energy and the Environment*, (21) 311–346.
- Harrison, R. and Webb, J., 2001, 'A Review of the effect of N fertilizer form on gaseous N emissions', *Advances in Agronomy*, (73) 65–108.
- Hayashi, K., Nishimura, S. and Yagi, K., 2006, 'Ammonia volatilization from the surface of a Japanese paddy field during rice cultivation', *Soil Science and Plant Nutrition*, (52) 545–555.
- Hayashi, K., Nishimura, S. and Yagi, K., 2008, 'Ammonia volatilization from a paddy field following applications of urea: Rice plants are both an absorber and an emitter for atmospheric ammonia', *Science of the Total Environment*, (390) 486–495.
- Hinz, T., 2002, *Particulate matter in and from agriculture*, Landbauforschung Völkensrode, Special Issue 235, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft ([http://literatur.vti.bund.de/digbib\\_extern/zi026867.pdf](http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/zi026867.pdf)).
- Hinz, T. and Funk, R., 2007, 'Particle emissions of soils induced by agricultural field operations', in: *DustConf 2007: How to improve air quality*, International Conference in Maastricht, the Netherlands, 23–24 April 2007 ([http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/industrie/pdfs/3rd\\_announcement\\_dustconf.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/industrie/pdfs/3rd_announcement_dustconf.pdf)).

- Hinz, T. and Tamoschat-Depolt, K. (eds), 2007, 'Particulate Matter in and from Agriculture', *Landbauforschung Völkenrode*, (308).
- Hobbs, P. J., King, L., Webb, J., Mottram, T. T., Grant, B. and Misselbrook, T. M., 2004, 'Significant projections of non-methane volatile organic compounds originating from UK agriculture', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (84) 1414–1420.
- Holtan-Hartwig L. and Bøckman O. C., 1994, 'Ammonia exchange between crops and air', *Norwegian Journal of Agricultural Science*, (Supplement No. 14).
- Leip, A. et al., 2011, 'Integrating nitrogen fluxes at the European scale', In: Sutton, M.A., Howard, C.M., Erisman, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H.v. and Grizzetti, B. (eds), *The European Nitrogen Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge ([http://www.nine-esf.org/sites/nine-esf.org/files/ena\\_doc/ENA\\_pdfs/ENA\\_c16.pdf](http://www.nine-esf.org/sites/nine-esf.org/files/ena_doc/ENA_pdfs/ENA_c16.pdf)).
- Ludwig, J., Meixner, F. X., Vogel, B. and Förstner, J., 2001, 'Soil-air exchange of nitric oxide: An overview of processes, environmental factors, and modelling studies', *Biogeochemistry* (52) 225–257.
- Maljanen, M., Martikkala, M., Koponen, H. T. Virkajärvi, P. and Martikainen, P. J., 2007, 'Fluxes of nitrous oxide and nitric oxide from experimental excreta patches in boreal agricultural soil', *Soil Biology and Biochemistry*, (39) 914–920.
- Oettl, D., Funk, R. and Sturm, P., 2005, 'PM emission factors for farming activities', in: Sturm, P. J. and Minarik, S., *Proceedings of the 14th Symposium Transport and Air Pollution*, 1–3 June 2005, Technical University Graz, Austria.
- Penner, J. E., Atherton, C. S. and Graedel, T. E., 1993, 'Global emissions and models of photochemically active compounds', International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) project conference, 18–22 April 1993, Eilat, Israel.
- Rose, C., Parker, A., Jefferson, B. and Cartmell, E., 2015, 'The characterization of feces and urine: a review of the literature to inform advanced treatment technology'. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, (45) 1827–1879.
- Rösemann, C., Haenel, H. D., Poddey, E., Dämmgen, U., Döhler, H., Eurich-Menden, B., Laubach, P., Dieterle, M. and Osterburg B., 2011, *Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990–2009*, Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research, Sonderheft 342 ([http://literatur.vti.bund.de/digbib\\_extern/dn048142.pdf](http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn048142.pdf)).
- Simpson, D., Winiwarer, W., Borjesson, B., Cinderby, S., Ferreira, A., Guenther, A., Hewitt, C. N., Janson, R., Khalil, A. M. K., Owen, S., Pierce, T. E., Puxbaum, H., Shearer, M., Skiba, U., Steinbrecher, R., Tarrasón, L. and Öquist, M. G., 1999, 'Inventorying emissions from nature in Europe', *Journal of Geophysical Research*, (104, D7) 8113–8152.
- Skiba, U., Fowler, D. and Smith, K. A., 1997, 'Nitric oxide emissions from agricultural soils in temperate and tropical climates: Sources, controls and mitigation options', *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, (48) 75–90.
- Slemr, F. and Seiler, W., 1984, 'Field measurements of NO and NO<sub>2</sub> emissions from fertilized and unfertilized soils', *Journal of Atmospheric Chemistry*, (2) 1–24.
- Sommer, S. G. and Jensen, C., 1994, 'Ammonia volatilization from urea and ammoniacal fertilizers surface applied to winter wheat and grassland', *Fertilizer Research*, (37) 85–92.
- Sommer, S. G., Schjørring, J. K. and Denmead, O.T., 2004, 'Ammonia Emission from mineral fertilizers and fertilized crops', *Advances in Agronomy*, (82) 557–662.

- Stohl, A., Williams, E., Wotawa, G. and Kronup-Kolb, H., 1996, 'A European Inventory of soil nitric oxide emissions and the effect of these emissions on the photochemical formation of ozone', *Atmospheric Environment*, (30) 3741–3755.
- 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.
- Van der Weerden, T. J. and Jarvis, S. C., 1997, Ammonia emission factors for N fertilizers applied to two contrasting grassland soils. *Environmental Pollution*, (95) 205–211.
- Wathes, C. M., Phillips, V. R., Sneath, R. W., Brush, S. and ApSimon, H. M., 2002, 'Atmospheric emissions of particulates (PM<sub>10</sub>) from agriculture in the United Kingdom', 2002 ASAE Annual Meeting, Paper number 024217  
([http://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=10582&redir=\[confid=cil2002\]&redirType=techpapers.asp&datas=Y](http://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=10582&redir=[confid=cil2002]&redirType=techpapers.asp&datas=Y)), 26 September 2016.
- Whitehead, D. C. and Raistrick, N., 1990, 'Ammonia volatilization from five nitrogen compounds used as fertilizers following surface application to soils', *Journal of Soil Science*, (41) 387–394.
- Whitehead, D. C. and Raistrick, N., 1993, 'The volatilization of ammonia from cattle urine applied to soils as influenced by soil properties', *Plant and Soil*, (148) 43–51.
- Winer, A. M., Arey, J., Atkinson, R., Aschmann, S. M., Long, W. D., Morrison, C. L. and Olszyk, D. M., 1992, 'Emission rates of organics from vegetation in California's central valley', *Atmospheric Environment*, (26) 2647–2659.
- Yan, X., Akimoto, H. and Ohara, T., 2003, 'Estimation of nitrous oxide, nitric oxide and ammonia emissions from croplands in East, Southeast and South Asia', *Global Change Biology*, (9) 1080–1096.
- Yienger, J. J. and Levy, H., 1995, 'Empirical model of the global soil-biogenic NO<sub>x</sub> emissions', *Journal of Geophysical Research*, (100) 11447–11464.