



Европейская экономическая комиссия

Исполнительный орган по Конвенции
о трансграничном загрязнении воздуха
на большие расстояния

Рабочая группа по стратегиям и обзору

Шестьдесят первая сессия

Женева, 4–6 сентября 2023 года

Пункт 2 предварительной повестки дня

Ход осуществления плана работы на 2022–2023 годы

Сокращение выбросов метана и аммиака из сельскохозяйственных источников: концептуальная записка и руководящие указания

Резюме

Настоящий документ был подготовлен Целевой группой по химически активному азоту в сотрудничестве с Целевой группой по технико-экономическим вопросам в соответствии с пунктом 2.2.1 плана работы по осуществлению Конвенции на 2022–2023 годы. В нем содержится информация о возможных взаимодействиях между мерами по сокращению выбросов аммиака и мерами по сокращению выбросов метана и приводятся соображения, которые необходимо учитывать для обеспечения одновременного сокращения выбросов этих газов. Он также призван служить справочным документом для разработки будущей политики.

Рабочей группе по стратегиям и обзору предлагается обсудить этот документ и направить его окончательный вариант Исполнительному органу для принятия на его сорок третьей сессии (Женева, 11–14 декабря 2023 года).



I. Введение

1. Процессы и методы организации сельскохозяйственного производства, способствующие выбросам в атмосферу аммиака (NH_3) и метана (CH_4) из сельскохозяйственных источников, в значительной степени взаимосвязаны. Как резюмируется в настоящем документе (см. пп. 13–34 ниже), для определения воздействия корректирующих мер на выбросы обоих этих газов и учета потенциального взаимодействия между такими мерами необходимы соответствующие методические руководства. Хотя некоторые меры обеспечивают достижение синергетического эффекта, существует необходимость в постоянной оптимизации практических подходов таким образом, чтобы свести к минимуму компромиссы между сокращением выбросов этих двух газов. Такие отношения взаимодействия указывают на возможность дальнейшего развития синергии при принятии мер по сокращению выбросов NH_3 и CH_4 в контексте Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния и других международных документов, касающихся борьбы с изменением климата, таких как Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН).

2. Работа, лежащая в основе настоящего документа, проводилась в рамках пункта 2.2.1 плана работы по осуществлению Конвенции на 2022–2023 годы (ECE/EB.AIR/148/Add.1). В этом контексте в настоящем документе описывается воздействие CH_4 как атмосферного загрязнителя и важного парникового газа (ПГ), а также возможное взаимодействие между мерами по сокращению выбросов NH_3 и CH_4 . Настоящий документ призван разъяснить читателям преимущества согласованного подхода к принятию мер по контролю за выбросами CH_4 и NH_3 в соответствии с Конвенцией о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния и послужить справочным материалом в процессе разработки будущей политики, в рамках которой дальнейшее сокращение выбросов CH_4 и NH_3 будет рассматриваться как ключ к достижению долгосрочных целей в области климата при одновременном снижении воздействия NH_3 на здоровье населения и биоразнообразии.

II. Метан как атмосферный загрязнитель и парниковый газ

3. В то время как роль NH_3 в качестве атмосферного загрязнителя вот уже много лет является предметом рассмотрения в рамках стратегических мер по борьбе с загрязнением воздуха, CH_4 вплоть до недавнего времени рассматривался прежде всего как парниковый газ, и регулирование выбросов CH_4 осуществлялось в рамках РКИКООН наряду с регулированием выбросов других парниковых газов. Однако CH_4 не только является мощным парниковым газом, но и способствует образованию озона (O_3) в тропосфере. В свою очередь O_3 , помимо того, что он является парниковым газом, наносит вред здоровью людей, вызывая воспаление дыхательных путей и способствуя повышению уровня преждевременной смертности, а также приводит к значительным потерям урожая в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК). O_3 образуется в атмосфере в результате взаимодействия между оксидами азота (NO_x), монооксидом углерода (СО) и летучими органическими соединениями (ЛОС), в том числе CH_4 . Таким образом, NO_x , неметановые летучие органические соединения (НМЛОС), СО и ЛОС, включая CH_4 , тесно связаны между собой с точки зрения протекающих в атмосфере химических процессов.

4. Выбросы прекурсоров O_3 с коротким, от нескольких дней до нескольких недель, временем жизни в атмосфере (NO_x и неметаногенные ЛОС) в первую очередь влияют на местную и региональную концентрацию O_3 . В отличие от них CH_4 из-за своего более длительного времени жизни в атмосфере (приблизительно 10 лет) воздействует на гораздо большую площадь (на практике — на все северное или южное полушарие), в то время как местное загрязняющее воздействие CH_4 на атмосферу незначительно. Это означает, что при рассмотрении стратегий сокращения выбросов CH_4 следует применять трансграничный, международный подход.

III. Взаимодействие между мерами по сокращению выбросов аммиака и мерами по сокращению выбросов метана

5. Большая часть выбросов NH₃ и около половины антропогенных выбросов CH₄ в регионе ЕЭК происходит в результате сельскохозяйственной деятельности (см. таблицу ниже). В случае с CH₄ основными источниками выбросов после сельского хозяйства являются сектор отходов и энергетический сектор.

Антропогенные источники выбросов метана и аммиака в Европейском союзе (в процентах)

Источник выбросов	CH ₄ ^a	NH ₃ ^b
Сельское хозяйство	55,9	93
Животноводство	45,3	
Хранение и переработка навоза	9,5	74,1
Прочее	1,1	18,9
Отходы (бытовые, канализационные, садовые)	23,6	1
Энергетическая промышленность и другие секторы	20,4	6

Примечание: Аналогичное распределение можно ожидать для всего региона ЕЭК.

^a European Environment Agency (EEA), “Climate and Energy in the EU: Data”, 2021 data, URL: <https://climate-energy.eea.europa.eu/topics/climate-change-mitigation/greenhouse-gas-emissions-inventory/data>.

^b EEA, *European Union Emission Inventory Report 1990–2019 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention)*, EEA Report No. 5/2021 (Copenhagen, 2021), 2019 data, URL: www.eea.europa.eu/publications/lrtap-1990-2019.

6. Выбросы NH₃ в процессе сельскохозяйственного производства в основном связаны с уборкой, хранением и использованием навоза, в частности образующегося во время свободного выпаса, и применением азотных (N) удобрений. В отличие от этого, выбросы CH₄ происходят главным образом в результате интестинальной ферментации у жвачных животных, а процессы, связанные с уборкой, хранением и использованием навоза, являются только вторым по значимости источником. В процессе производства риса также образуются CH₄ и NH₃, хотя в регионе ЕЭК лишь небольшая доля выбросов этих газов приходится на рисоводство.

7. Хотя прямая причинно-следственная связь между выбросами NH₃ и CH₄ практически отсутствует, потребление кормов и уровень активности в животноводческом секторе и секторе производства продовольственных культур влияют на выбросы обоих этих газов, равно как и определенные методы организации сельскохозяйственного производства, в частности уборки, хранения и использования навоза.

8. Проведение мер по повышению эффективности и рационализации животноводства, вероятно, позволит сократить объем выбросов как NH₃, так и CH₄ на единицу продукции. Например, увеличение срока продуктивной жизни молочной коровы сократит количество животных, необходимых для восполнения поголовья, и, следовательно, будет способствовать снижению общего объема выбросов NH₃ и CH₄ от всего сектора молочного скотоводства (коров, включая ремонтных особей) на литр произведенного молока. Однако интенсификация производства, сопровождающаяся производством большей массы навоза и более короткими периодами выпаса, может нивелировать этот положительный эффект.

9. Аналогичным образом, повышение плодовитости молочных и мясных коров, снижение заболеваемости и улучшение условий содержания (например, с целью не

допустить возникновения у животных хромоты) приведет к повышению продуктивности каждой особи при неизменном уровне затрат и, следовательно, к снижению интенсивности выбросов NH_3 и CH_4 на единицу продукции.

10. Некоторые корректирующие меры, направленные на сокращение выбросов NH_3 , приведут также к сокращению выбросов CH_4 (и наоборот), но это не всегда бывает так. Здесь возможны три варианта развития событий:

а) принимаемые меры способствуют сокращению выбросов как NH_3 , так и CH_4 . Сюда относятся, например, покрытие навозохранилищ покрытиями, способствующими окислению CH_4 , охлаждение и/или подкисление навозной жижи. Каждая из этих мер приведет к сокращению выбросов обоих газов. Например, подкисление навозной жижи снижает выбросы NH_3 за счет удержания NH_3 в виде аммония в навозной жиже, одновременно подавляя активность метаногенов. Более частое удаление навозной жижи из помещений, в которых содержится скот, снизит выбросы CH_4 внутри помещения, однако положительный эффект может быть нивелирован увеличением объема выбросов из внешних хранилищ, куда будет удаляться жижа. При частом удалении навозной жижи из подземного резервуара желательнее очищать место хранения, поскольку это может способствовать также снижению микробной нагрузки. Для предотвращения перекрестного загрязнения в процессе удаления и хранения навоза и унавоживания полей необходимо во время хранения навоза принимать дополнительные меры по снижению образования NH_3 и CH_4 . Что касается NH_3 , то для снижения его выделения достаточно накрыть навозохранилище (можно также использовать биофильтрацию), тогда как для CH_4 необходимы дополнительные меры, такие как подкисление, охлаждение или окисление CH_4 (биофильтр или факел). Использование биофильтра при недостаточной оптимизации может привести к увеличению выбросов оксидов азота (N_2O) и азотной кислоты (HNO_3), а факельное сжигание может увеличить выбросы оксидов азота (NO_x);

б) принимаемые меры способствуют сокращению выбросов одного загрязнителя, но не влияют на выбросы другого. Любые меры, направленные на сокращение выбросов NH_3 при внесении азотных удобрений или навоза в почву, не повлияют на выбросы CH_4 , так как они не являются значительными источниками выбросов CH_4 . Схожим образом, снижение потребления протеина жвачными животными может уменьшить выделение азота, но без корректировки переваримости рациона и потребления сухого вещества влияние на выбросы CH_4 в результате интестинальной ферментации будет незначительным. Производство биогаза из навозной жижи при определенных условиях может сократить выбросы CH_4 без воздействия на выбросы NH_3 , если использовать методы внесения жидких удобрений, обеспечивающие низкий уровень выбросов (например, впрыскивание или заделка в почву), — в противном случае высокий уровень рН эффлюента, получаемого в результате сбрасывания, может привести к росту эмиссии NH_3 . Накрытие хранилищ твердого навоза позволит сократить выбросы NH_3 , но компостирование навоза может привести к выделению CH_4 . Наконец, применение новых кормовых добавок может выборочно снизить выбросы CH_4 , связанные с процессом интестинальной ферментации;

в) принимаемые меры способствуют сокращению выбросов одного загрязнителя, но увеличивают выбросы другого. Некоторые стратегии кормления животных (например, молодой травой) или пищевые добавки (например, нитраты), применяемые для сокращения объема выбросов CH_4 , связанных с интестинальной ферментацией, могут привести к повышенному выделению азота, а значит к увеличению объема выбросов NH_3 . Аналогичным образом, активная аэрация содержимого навозохранилищ, проводимая в целях сокращения выбросов CH_4 , как правило, увеличивает объем выбросов NH_3 . Эти примеры указывают на возможность дальнейшего совершенствования практических подходов для сведения к минимуму таких компромиссов. Продиктованное соображениями благополучия повышение требований к площади, выделяемой на каждое животное, может привести к росту выбросов NH_3 из-за увеличения площади загрязненной поверхности. Повышение содержания подстилочных материалов и потерь корма в навозной жиже также

является фактором, который может увеличить выбросы CH_4 при незначительном влиянии на выбросы NH_3 .

IV. Принципы одновременного сокращения выбросов метана и аммиака и важные соображения, которые следует учитывать в этой связи

11. Важно учитывать совокупное воздействие мер по сокращению выбросов NH_3 и CH_4 , особенно направленных на сектор животноводства. Несмотря на очевидные двойные выигрыши в сокращении объема выбросов как NH_3 , так и CH_4 , необходимо учитывать, что в некоторых случаях снижение эмиссии одного газа приведет к повышению эмиссии другого. При оценке любых потенциальных мер необходимо рассматривать всю систему сельскохозяйственного производства в комплексе.

12. Отталкиваясь от описанного выше взаимодействия между NH_3 и CH_4 , приводящего к загрязнению атмосферы, и общих принципов, содержащихся в Руководящем документе по комплексному устойчивому управлению азотом (ECE/EB.AIR/149), можно сформулировать следующие руководящие указания, следование которым позволит реализовать синергетический потенциал мер по сокращению выбросов аммиака и мер по сокращению выбросов метана, получив значительные экологические выгоды, и разработать подходы, минимизирующие компромиссы при регулировании выбросов этих двух газов.

A. Животноводство

13. Основным источником сельскохозяйственных выбросов CH_4 является интестинальная ферментация у жвачных животных. Количество CH_4 , производимого в желудочно-кишечном тракте скота, определяется общим потреблением корма в сочетании со сложным взаимодействием кишечной микробиоты и разного рода кормов. Поэтому сокращение интестинальных выбросов CH_4 предусматривает подавление метаногенных процессов в рубце путем использования определенных кормов или кормовых добавок и/или путем повышения эффективности переработки кормов в такие продукты, как мясо и молоко.

14. Хорошее здоровье животных повышает эффективность использования кормов на уровне отдельного животного и всего стада, что способствует сокращению выбросов NH_3 и CH_4 в масштабах производственной системы. Чем меньше корма используется, тем меньше его нужно производить и тем меньше объем связанных с этим выбросов; более высокая эффективность использования кормов уменьшает количество питательных веществ в навозохранилище и объем выбросов, связанных с внесением навоза в почву.

15. Более высокопродуктивный жвачный скот, как правило, производит меньше CH_4 и NH_3 на единицу мясной и/или молочной продукции, так как в рамках жизни такого животного более значительная доля углеродного и азотного метаболизма расходуется на рост или производство молока. Тем не менее у очень высокопродуктивного скота может возникать больше проблем со здоровьем, что приведет к проблемам с благополучием и снижению эффективности использования кормов на уровне стада (см. п. 14 выше).

16. Было доказано, что добавление в рацион крупного рогатого скота 3-нитроксипропанола (3-NOP) снижает продукцию CH_4 в кишечнике примерно на 30 % без существенных последствий для производительности. В настоящее время эта добавка зарегистрирована для использования только в молочном животноводстве. Поскольку 3-NOP быстро разрушается в рубце (в течение нескольких часов), эффективность его применения снижается при нечастом кормлении (например, во время свободного выпаса). Использование этой добавки не влияет на выделение NH_3 из экскрементов.

17. Имеются также свидетельства того, что добавление в рацион крупного рогатого скота других соединений (например, жиров, нитратов) пусть и в меньшей степени, но также снижает производство CH_4 в кишечнике. Однако если рацион животных не корректировать надлежащим образом, то добавление жиров может увеличить объем CH_4 , выделяемого при хранении навоза, а добавление нитратов может увеличить выбросы NH_3 за счет увеличения содержания азота в экскрементах.

18. В условиях, когда температура на улице значительно ниже, чем в помещении, т. е. зимой, в более холодном климате и в свиноводческих хозяйствах, частое удаление навоза из животноводческих помещений приводит к сокращению выбросов CH_4 . Можно также ожидать сокращения выбросов NH_3 , особенно в тех случаях, когда меры по регулированию выделения NH_3 (например, накрытие навозохранилищ, уменьшение площади эмиссионной поверхности и адаптация закрытых резервуаров для сбора жижи) применяются во внешних хранилищах, но не в помещениях, в которых содержатся животные.

19. Охлаждение навозной жижи в животноводческих помещениях является общепринятым методом сокращения выбросов NH_3 . Охлаждение уменьшает также и выбросы CH_4 , но некоторое количество выбросов может иметь место при перемещении навозной жижи во внешнее хранилище. Охлаждение не должно приводить к росту использования ископаемых видов топлива.

В. Хранение навоза

20. Выделение CH_4 при хранении навоза происходит в результате микробного разложения органических соединений навоза в анаэробной или низкокислородной среде. Размножение соответствующих микроорганизмов замедляется при низком pH, низкой температуре, в присутствии кислорода или при удалении разлагаемых органических веществ.

21. Мочевина является ключевым компонентом экскрементов животных и некоторых минеральных удобрений. Микробный фермент уреазы может начать преобразование мочевины в NH_3 через несколько часов. NH_3 может выделяться в воздух, если он находится на поверхности или вблизи нее, при высоком pH и/или высокой температуре и скорости движения воздуха. При внесении удобрения в почву и при заделке использование ингибиторов уреазы и выпадение осадков способствуют минимизации потерь NH_3 . NH_3 растворим в воде, особенно при низком pH (высокой кислотности), когда он может диссоциировать на ионы аммония (NH_4^+). В зонах с присутствием кислорода он может быть преобразован в нитрат путем нитрификации или подвергнуться другим бактериальным преобразованиям.

22. Важное различие между выбросами CH_4 и NH_3 заключается в характере взаимодействия этих газов с атмосферой. На выброс (поток) NH_3 в основном влияют факторы, действующие на границе раздела между поверхностью и газовым слоем над поверхностью навоза. К ним относятся общая концентрация аммиачного азота в навозе, pH, температура и воздухообмен, который влияет на градиенты концентрации. CH_4 , с другой стороны, производится микроорганизмами и высвобождается из массы навоза. Его выделение зависит от наличия разлагаемого органического вещества, присутствия метаногенных микроорганизмов, температуры, наличия ингибирующих факторов, таких как летучие жирные кислоты, сероводород и акцепторы электронов, такие как кислород, нитрат и сульфат. Высвобождение может происходить путем диффузии через границу раздела фаз или эбулизации (шипение/пузырение).

23. Предотвращение выделения NH_3 и CH_4 из навоза в помещениях приводит к сохранению в навозной массе больших объемов азота и углерода, и NH_3 и CH_4 могут эмитироваться при дальнейших сельскохозяйственных операциях, если не будут приняты корректирующие меры. Такие меры, включая заделку в почву, необходимы также при хранении навоза (CH_4 и NH_3) и его внесении на поле (NH_3). При этом следует также учитывать риск просачивания в водоемы нитратов, преобразованных из аммония (см. п. 21 выше).

24. В сельском хозяйстве выбросы NH_3 происходят в результате работы с навозом, включая хранение и применение навоза и сопутствующих субстратов, таких как биогазовый дигестат или компост. Кроме того, внесение минеральных удобрений (мочевины или соединений NH_3) может привести к высвобождению NH_3 (см. п. 21 выше). Вследствие его свойств потери из мочевины минимизируются путем применения ингибиторов уреазы для замедления образования NH_3 , максимального повышения растворимости при низких температурах или удержания влаги путем поддержания вентиляции/скорости движения воздуха/времени экспозиции на низком уровне, а также путем внесения субстратов в почву вместо поверхностной экспозиции. Благодаря химическому равновесию между NH_3 и NH_4^+ скорость высвобождения NH_3 может еще больше снизиться при низком pH.

25. Подкисление навозной жижи в основном используется для сокращения выбросов NH_3 в процессе содержания скота, хранения твердого навоза и внесения навозной жижи на поля. Однако было также показано, что подкисление снижает выбросы CH_4 при хранении навозной жижи. Доза кислоты, необходимая для сокращения выбросов CH_4 , ниже, чем доза, обычно используемая для сокращения выбросов NH_3 , однако некоторое уменьшение эмиссии NH_3 все же будет иметь место.

26. Накрытие хранилища жижи полупористым органическим или неорганическим материалом, способным поддерживать жизнь микроорганизмов, может стимулировать размножение метанооксиляющих бактерий. Эти бактерии превращают CH_4 в углекислый газ (CO_2) и воду. Кроме того, такие естественные корки или покрытия эффективно снижают выбросы NH_3 . Однако следует избегать образования трещин, так как это уменьшает получаемый эффект.

27. Для сокращения выбросов NH_3 хранилища навозной жижи обычно накрываются противодиффузионным покрытием. Существует вероятность того, что это может привести к повышению температуры навозной жижи и, следовательно, к увеличению выбросов CH_4 , но этот вопрос не изучался. Использование газонепроницаемого покрытия позволит применять факельное сжигание или биофильтры для преобразования CH_4 в CO_2 .

C. Анаэробное сбраживание

28. Выбросы CH_4 можно уменьшить, используя навоз животных для производства биогаза путем анаэробного сбраживания, при условии эффективного сбора образующегося CH_4 и его использования в энергетических или промышленных целях. Эффективный сбор означает сведение к минимуму утечки из биогазового реактора и предотвращение потерь при хранении после сбраживания либо путем улавливания газа, либо химическим путем. Анаэробное сбраживание преобразует большую часть органического азота в NH_4^+ , более эффективный для удобрения сельскохозяйственных культур. Однако более высокая концентрация NH_4^+ и более высокий pH биогазового дигестата по сравнению с необработанным навозом означает, что производство биогаза может привести к увеличению выбросов NH_3 . Эта проблема может быть решена путем хранения в накрытом резервуаре, подкисления и применения методов внесения биогазового дигестата, позволяющих сократить объем выбросов, с учетом условий окружающей среды во время и после внесения. Этот принцип также может быть использован для восстановления NH_3 в целях повторного использования в производстве удобрений из «белого аммиака». Применение этого принципа показывает, что при условии принятия мер по снижению выделения/восстановлению NH_3 и прекращению выделения CH_4 производство биогаза открывает широкие возможности для сокращения выбросов как CH_4 , так и NH_3 .

D. Аэрация навозной жижи

29. Аэрация навозной жижи в хранилище иногда используется в качестве способа снижения количества азота путем стимулирования нитрификации и денитрификации. Этот метод в основном используется в районах, где производство азота в навозе

превышает поглотительную способность почвы, как это предписывает Директива Европейского союза о нитратах¹. Аэрация также может привести к уменьшению выделения CH_4 из навозной жижи. Однако намеренная потеря азота противоречит принципам циркулярной биоэкономики и, скорее всего, приведет к увеличению выбросов NH_3 .

Е. Пастбища

30. Экскременты скота, попадающие на пастбища во время выпаса, выделяют меньше NH_3 и CH_4 по сравнению с экскрементами, находящимися в хранилищах и вносимыми на поля, поскольку моча быстро впитывается в почву (короткое время экспозиции), а кислород присутствует в достаточном количестве. Однако у скота на свободном выпасе продуктивность и эффективность использования кормов могут быть ниже, а кроме того, для такого скота труднее добиться оптимального рациона, что подчеркивает проблему низкого качества кормов на пастбищах и важное значение качественного корма. Продолжение выпаса скота после окончания вегетационного периода снижает эффективность производительного использования минерального азота в почве и может увеличить потери азота через его попадание в воздух и водные системы.

Ф. Комплексное управление питательными веществами

31. Чтобы минимизировать потери азота и CH_4 в растениеводстве и животноводстве, факторы, определяющие рост сельскохозяйственных культур и продуктивность животноводства, должны рассматриваться в масштабах всей системы (фермы), чтобы выявить возможные взаимоусиливающие или взаимоослабляющие отношения. Например, в животноводстве увеличение скорости созревания животных (в пределах, установленных соображениями благополучия) сокращает период, в течение которого скот выделяет CH_4 и экскретирует азот. Что касается выбросов NH_3 , то обеспечение эффективного использования азота, сэкономленного благодаря мерам по уменьшению потерь, позволит избежать перекрестного загрязнения и сократить количество необходимых синтетических азотных удобрений.

32. Отдельные меры, при принятии которых возможно одновременно сократить выбросы и CH_4 , и NH_3 , в целом можно расположить в следующем порядке с точки зрения экономической эффективности, применимости в сельскохозяйственных системах различного размера и типа, а также скорости внедрения на практике: оптимизация рациона животных и управления питательными веществами > обработка и хранение навоза > содержание животных в крытых загонах. Однако этот порядок также верен в отношении сложности обеспечения соблюдения и сложности документирования для отражения в национальных отчетах по инвентаризации выбросов. В этом контексте, в частности, можно было бы реализовать меры, связанные с оптимизацией уборки, хранения и использования навоза.

33. Оптимальное сочетание мер, подходящих для конкретной Стороны Конвенции, будет значительно отличаться в зависимости от широкого круга факторов, включая структуру сельскохозяйственной отрасли, климат, рыночные условия и цены на продукцию, уже реализуемые меры по сокращению выбросов (уровень зрелости) и ограничения организационно-хозяйственного характера, налагаемые существующим законодательством (например, касающегося вымывания нитратов).

34. Хотя и NH_3 , и CH_4 влияют на химический состав атмосферы, способствуя образованию тонкодисперсного вещества ($\text{PM}_{2.5}$) и/или тропосферного O_3 , CH_4 , кроме того, является парниковым газом. Поэтому меры по сокращению выбросов CH_4 нельзя рассматривать независимо от регулирования других парниковых газов, особенно от

¹ Директива Совета от 12 декабря 1991 года об охране вод от загрязнения нитратами из сельскохозяйственных источников, *Official Journal of the European Communities*, L 375 (1991), pp. 1–13.

выбросов/секвестрации CO₂ в почвах и растительности, а также выбросов N₂O, которые, кроме того, неразрывно связаны с теми же субстратами (удобрениями и навозом), которые являются ключевыми в выделении NH₃.
