

**Европейская экономическая комиссия**

Исполнительный орган по Конвенции  
о трансграничном загрязнении воздуха  
на большие расстояния

**Рабочая группа по стратегиям и обзору****Пятьдесят девятая сессия**

Женева, 18–21 мая 2021 года

Пункты 3 и 4 предварительной повестки дня

**Ход осуществления плана работы на 2020–2021 годы****Обзор достаточности и эффективности Протокола о борьбе  
с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном****Доклад об оценке по аммиаку\****Резюме*

Настоящий доклад был подготовлен Целевой группой по разработке моделей для комплексной оценки в сотрудничестве с Целевой группой по измерениям и разработке моделей и Целевой группой по химически активному азоту в соответствии с пунктом 1.1.3.3 плана работы по осуществлению Конвенции на 2020–2021 годы (ECE/EB.AIR/144/Add.2).

В докладе содержится краткий и ориентированный на проводимую политику обзор по аммиаку, в котором обобщаются основные данные и результаты, полученные в рамках различных исследований. Выбросы как аммиака, так и оксидов азота усиливают процессы эвтрофикации и подкисления, а также образования вторичного дисперсного вещества. В последние несколько десятилетий усилия в области проводимой политики были в большей степени направлены на сокращение выбросов оксидов азота, чем на уменьшение выбросов аммиака. Настоящий доклад призван содействовать более глубокому пониманию выгод от смягчения воздействия аммиака и поддержать процесс ратификации и осуществления Протокола о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном. Приложения к настоящему докладу включены в сессионный неофициальный документ № 1.

\* Настоящий документ выпускается без официального редактирования.



## I. Резюме

1. За последние несколько десятилетий выбросы аммиака сократились значительно меньше по сравнению с выбросами других загрязняющих веществ, таких как сера и оксиды азота. Аммиак является доминирующим источником избыточного осаждения азота на уязвимые экосистемы. Однако аммиак также играет важную роль в процессе воздействия тонкодисперсного вещества ( $PM_{2.5}$ ) на население. В регионах с высокой плотностью поголовья скота и близлежащих районах на долю аммиака приходится более 50 % объема осаждения азота и степени воздействия дисперсного вещества. В таких регионах издержки, связанные с бездействием, могут легко превысить затраты, связанные с принятием мер. Этот экологический ущерб не учитывается ни в производственных затратах, ни в ценах на мясо и молочные продукты.

2. В интересах предупреждения ущерба, наносимого экосистемам и здоровью человека, выбросы аммиака необходимо сократить на 30–50 % в тех районах региона Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК), в которых отмечается высокая плотность поголовья скота и используются азотные удобрения. Существуют достаточное количество технических вариантов деятельности по сокращению выбросов аммиака (до 50 %), однако в некоторых регионах (где наиболее эффективные с точки зрения затрат меры уже приняты) снижение плотности поголовья скота может оказаться неизбежным, если ставится задача по сохранению в будущем природных сред обитания, охраняемых законом.

3. Выбросы аммиака в атмосферу свидетельствуют о неэффективном использовании азотных питательных веществ. Хранение навоза в закрытых помещениях и оптимальное внесение навоза в почву в период вегетации — это простые и недорогостоящие меры, которые могут также сократить необходимость в использовании удобрений. Использование методов внесения навоза с низким уровнем выбросов является наиболее эффективным шагом в направлении сокращения выбросов аммиака. С учетом текущей рентабельности животноводческих ферм сокращение выбросов, образующихся при стойловом содержании скота, с помощью воздушных скрубберов может быть обеспечено только в более крупных хозяйствах, однако будущее внедрение инноваций может позволить уменьшить соответствующие затраты. Существует несколько вариантов экономически эффективного сокращения выбросов аммиака, образующихся при использовании мочевиновых и других удобрений. Сокращение выбросов аммиака открывает возможности для более эффективного использования азота с сопутствующими выгодами для качества воздуха и воды, климата, биоразнообразия и здоровья человека.

## II. Аммиак в Европе

### A. Текущее положение и тенденции

4. Выбросы аммиака в Европе и в мире существенно различаются по регионам. Районы с высокой плотностью выбросов соответствуют районам с высокой степенью утраты биоразнообразия и большой долей вторичного дисперсного вещества в атмосферных загрязняющих выбросах, оказывающих воздействие на население таких районов и близлежащих регионов. Вторичные частицы играют важную роль в трансграничных потоках загрязнения воздуха и в процессах, определяющих качество воздуха на значительной части Европы и Северной Америки.

5. В районах с высокой плотностью поголовья скота объем выбросов в расчете на гектар площади в 3–5 раз выше, чем в среднем по Европе (см. диаграмму I ниже). Выбросы аммиака обусловлены в основном выделением навоза в стойлах, хранением навоза и его внесением в почву. Согласно оценкам, в глобальном масштабе с удобрениями связан такой же объем выбросов аммиака, как и с домашним скотом, причем они образуются в основном за счет использования мочевины<sup>1</sup>. Выбросы, образующиеся в результате внесения удобрений, в Европе ниже, поскольку в их числе преобладают удобрения на основе аммиачной селитры, хотя степень использования мочевиновых удобрений растет. Небольшая часть (около 10 %) годового объема выбросов аммиака приходится на долю промышленности, домашних хозяйств и транспортного сообщения.

6. Избыточное осаждение азота может усиливать процесс исчезновения видов растений, бабочек и птиц (см. диаграмму II ниже)<sup>2</sup>. В Европе это происходит даже в районах с высокой плотностью дорожного движения и уровнями выбросов оксидов азота. Чем выше пространственное разрешение карт экосистемы, тем большее количество чувствительных природных территорий можно обнаружить на них. Некоторые чувствительные виды растений и лишайники также подвержены прямому воздействию высоких концентраций аммиака. Кроме того, выбросы аммиака вносят свой негативный вклад в эвтрофикацию морской среды: эта проблема особенно актуальна для Балтийского моря.

7. В последнее время возросло политическое понимание того, что выбросы аммиака не только приводят к утрате биоразнообразия, но и в значительной степени увеличивают подверженность населения воздействию дисперсного вещества и связанных с ним рисков для здоровья человека<sup>3</sup>. На больших территориях Европы более половины концентраций дисперсного вещества образуется в атмосфере не в результате их непосредственных антропогенных выбросов, а за счет того, что аммиак вступает в воздушном пространстве в реакцию с оксидами азота или диоксидом серы (процесс формирования так называемых вторичных частиц) (см. диаграмму III ниже). Кроме того, в Северной Америке и Азии все больше внимания уделяется роли аммиака в процессе образовании дисперсного вещества<sup>4</sup>.

---

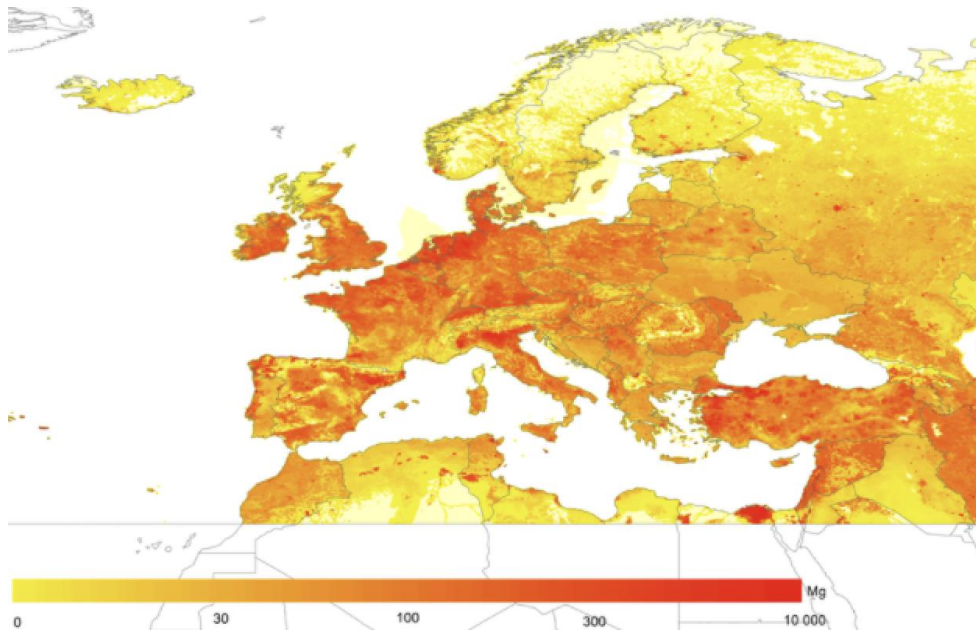
<sup>1</sup> Uwizeye A., de Boer I.J.M., Opio C.I. et al. (2020) Nitrogen emissions along global livestock supply chains. *Nat Food* 1, 437–446, <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0113-y>.

<sup>2</sup> Feest A., A. van Hinsberg, C. van Swaay (2014), Nitrogen deposition and the reduction of butterfly biodiversity quality in the Netherlands, *Ecological Indicators*, Vol. 39, p. 15–119, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.12.008>; Hendrik M., A. van Hinsberg, P. Janssen and B. de Knecht (eds.) (2016), BIOSCORE 2.0 — A species-by-species model to assess *anthropogenic impacts on terrestrial biodiversity in Europe*, PBL/WUR).

<sup>3</sup> Maas R. and P. Grennfelt (eds) (2016), *Towards Cleaner Air*, Scientific Assessment Report 2016, UNECE, <http://www.unece.org/index.php?id=42861>.

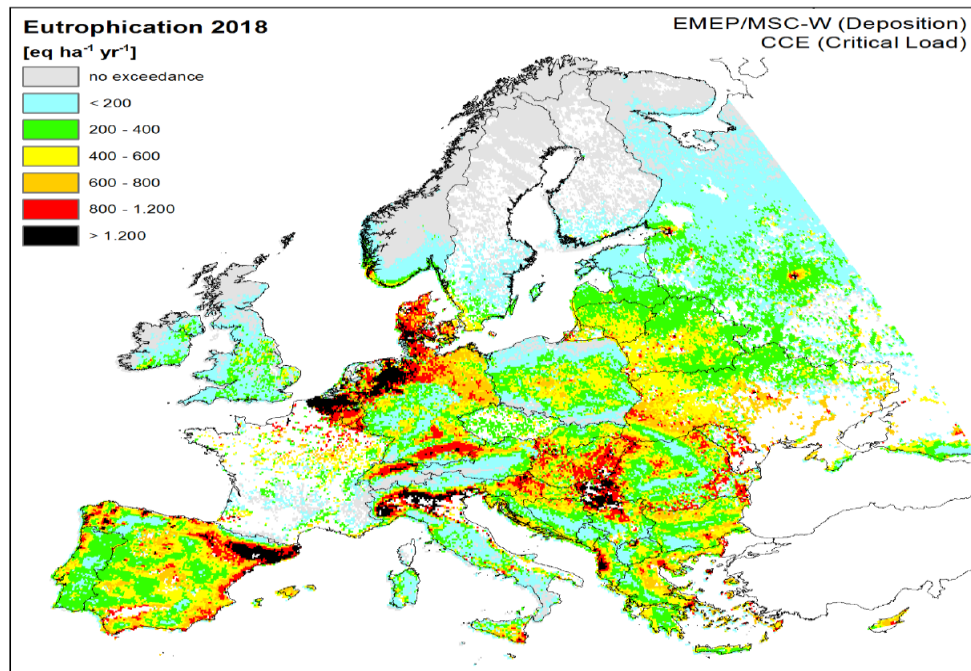
<sup>4</sup> Plautz J. (2018), Piercing the haze — Ammonia, a poorly understood smog ingredient, could be key to limiting deadly pollution, *Science Magazine* Sept 13, 2018; and: Purohit et al, (2019), Mitigation pathways towards national ambient air quality standards in India. *Environment International* 133: e105147. DOI:10.1016/j.envint.2019.105147.

Диаграмма I  
**Выбросы аммиака в 2018 году, выраженные в кг NH<sub>3</sub> на км<sup>2</sup>**



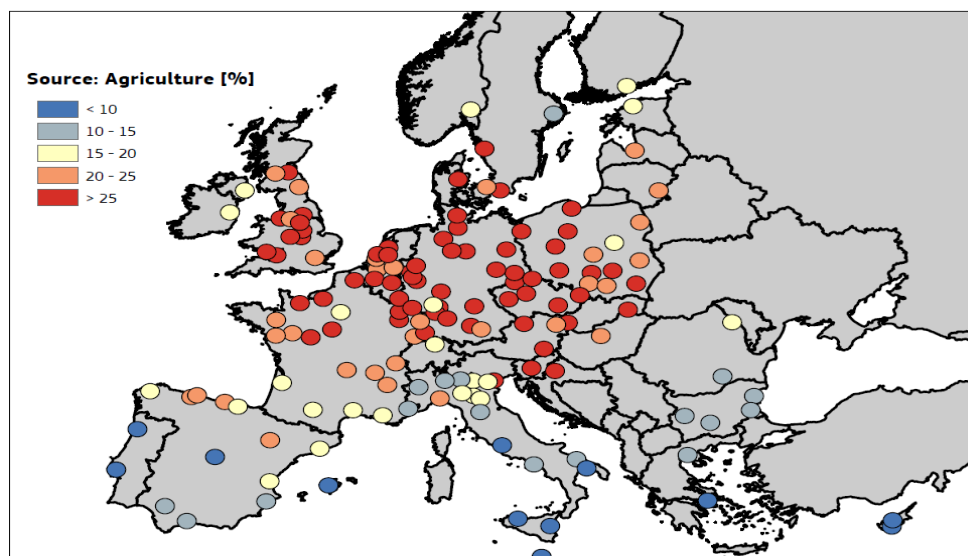
Источник: <https://www.ceip.at/the-emep-grid/gridded-emissions/nh3>.

Диаграмма II  
**Превышение критической нагрузки по азоту в 2018 году**



Источник: Метеорологический синтезирующий центр ЕМЕП-Запад и Координационный химический центр ЕМЕП.

Диаграмма III  
Доля вторичного аэрозоля, связанного с аммиаком, в городских концентрациях  $PM_{2,5}$  в 2015 году



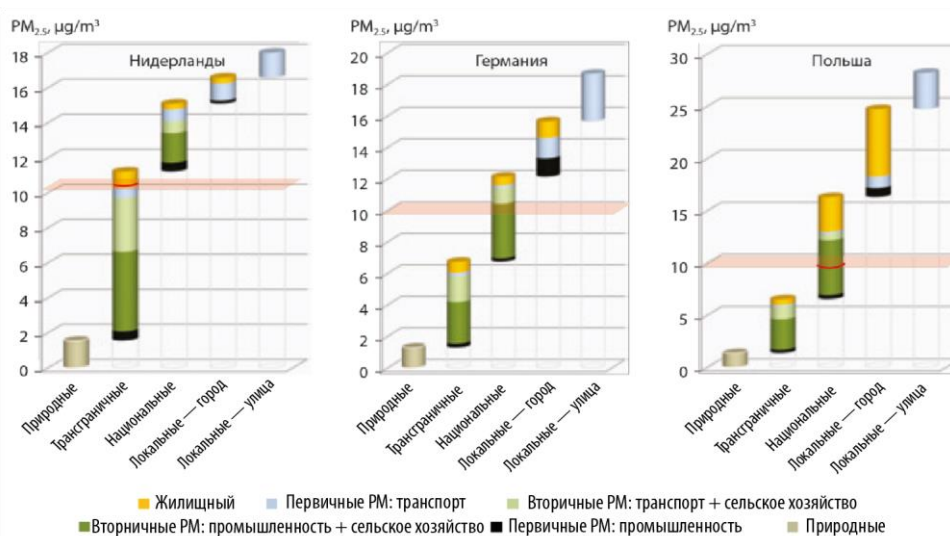
Источник: Объединенный исследовательский центр (ОИЦ).

8. На диаграмме IV ниже отражено происхождение концентраций дисперсного вещества в 2009 году в городах (измеренных в пересчете на  $PM_{2,5}$  — частиц с диаметром менее 2,5 мкм). Светло-зеленые и темно-зеленые столбики показывают вторичные частицы (частицы нитратов аммония и сульфатов аммония соответственно), на которые воздействуют выбросы аммиака. Розовая линия на диаграмме IV указывает на уровень концентраций в размере 10 мкг на м<sup>3</sup>, рекомендованных в Руководящих принципах по качеству воздуха Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)<sup>5</sup>. На диаграмме V ниже показано распределение источников в районе Брюсселя, в котором, согласно модели «Выявление высокого потенциала в области сокращения выбросов в интересах повышения качества воздуха» (SHERPA) Объединенного исследовательского центра Европейской комиссии, самый крупный вклад в процесс образования  $PM_{2,5}$  вносит такой единичный сектор-источник, как сельское хозяйство, в форме выбросов аммиака. В странах Бенилюкса и прилегающих районах Германии и Франции более 50 % средней концентрации  $PM_{2,5}$  образуется за счет вторичных частиц. Согласно моделям Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе (EMEP), в странах Бенилюкса доля зарубежных источников в концентрациях вторичных  $PM_{2,5}$  составляет 70–80 %.

<sup>5</sup> WHO (2006), *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*.

Диаграмма IV

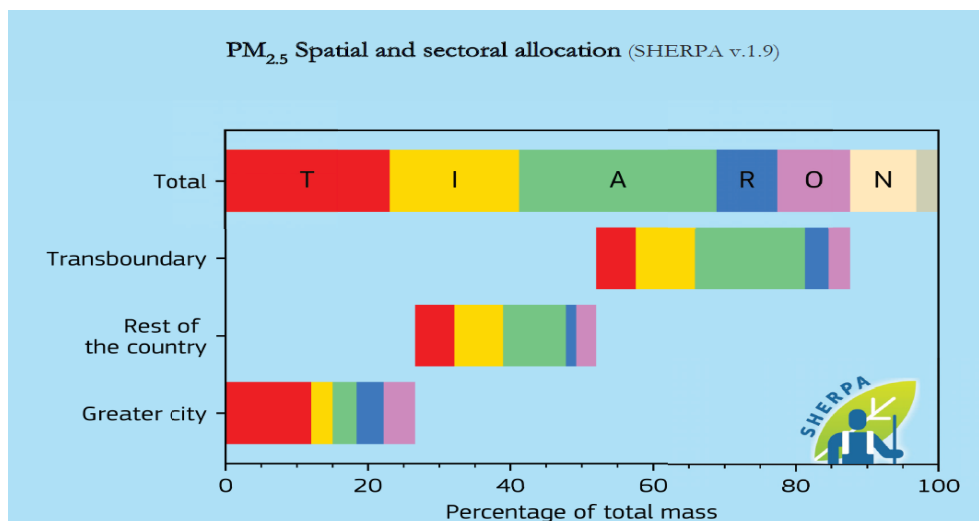
**Происхождение фоновых городских концентраций дисперсного вещества в Нидерландах, Германии и Польше в соответствии с моделью для описания взаимных связей и синергизма в отношении парниковых газов и загрязнения воздушной среды**



Источник: Международный институт прикладного системного анализа (МИПСА).

Диаграмма V

**Происхождение фоновых городских концентраций дисперсного вещества в Брюсселе, рассчитанных с помощью модели «Выявление высокого потенциала в области сокращения выбросов в интересах повышения качества воздуха»**



Источник: ОИЦ, 2017 год.

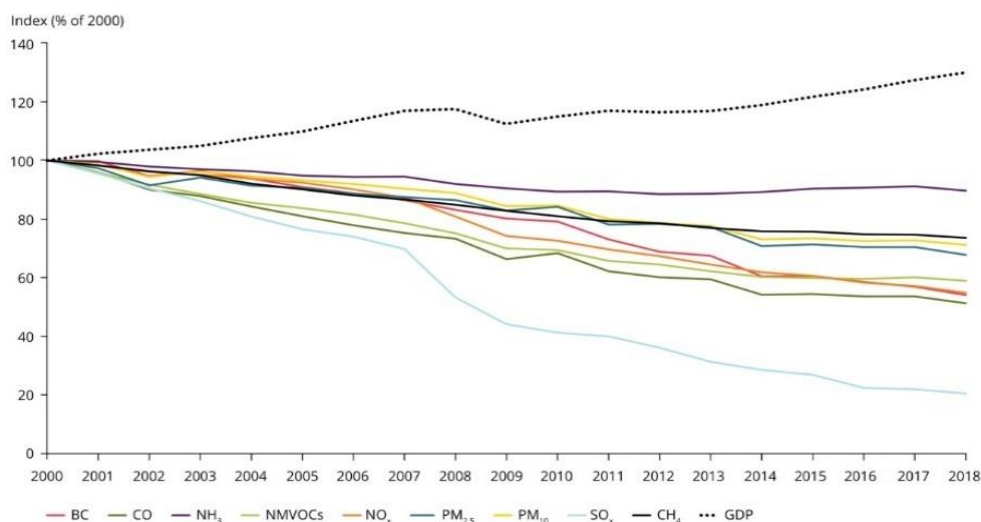
9. В настоящее время превышение предельного значения показателей качества воздуха Европейского союза по дисперсному веществу часто отмечается в городах в течение нескольких недель при сухой погоде и высоких выбросах аммиака, например ранней весной, когда навоз, хранящийся в течение зимы, вносится в почву сельскохозяйственных земель<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (2015) Observation et analyse en temps quasi-reel des épisodes de pollution particulaire de Mars 2015. Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air.

10. С 2000 года в Европе и Северной Америке было достигнуто лишь незначительное сокращение выбросов аммиака по сравнению с сокращением выбросов других загрязнителей, таких как диоксид серы (SO<sub>2</sub>), оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и первичное дисперсное вещество (см. диаграмму VI ниже). Согласно докладу ЕМЕП о существующих тенденциях, в ходе наблюдения за концентрациями соединений аммония на станциях мониторинга фоновое загрязнение ЕМЕП после 2000 года не было выявлено какой-либо значимой тенденции к их снижению для Европы в целом (см. диаграмму VII ниже)<sup>7</sup>, хотя на региональном уровне наблюдалось значительное сокращение концентраций аммония в дисперсном веществе (например, в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии в период 1999–2014 годов показатель их сокращения составил 48 %)<sup>8</sup>. Согласно оценкам, такое сокращение содержания аммония в дисперсном веществе обусловлено главным образом сокращением выбросов SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub>, что продлевает срок нахождения аммиака в атмосфере, как об этом свидетельствует тенденция к увеличению концентраций аммиака в отдаленных районах<sup>9</sup>.

#### Диаграмма VI

**Тенденции изменения выбросов в 28 странах — членах Европейского союза, 2000 год = 100: аммиак — вторая линия сверху; сера — самая низкая**



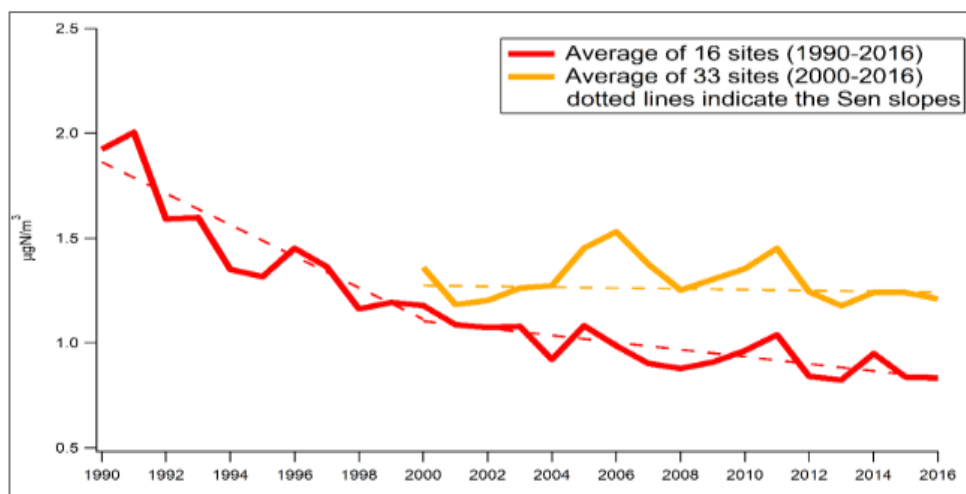
Источник: Европейское агентство по окружающей среде (ЕАОС).

<sup>7</sup> ЕМЕП (2016), Air Pollution trends in the EMEP-region, EMEP/CCC-report 2016/1.

<sup>8</sup> Tang et al. (2018), Drivers for spatial, temporal and long-term trends in atmospheric ammonia and ammonium in the UK, Atmospheric Chemistry and Physics, vol. 18 nr 2, <https://www.atmos-chem-phys.net/18/705/2018/>.

<sup>9</sup> Эти результаты согласуются с результатами ранее проведенного сравнения тенденций по аммиаку, аммиону и мокрому осаждению по всей Европе в отношении выбросов аммиака, SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> в следующих научных работах: Bleeker et al. (2009) [Linking ammonia emission trends to measured concentrations and deposition of reduced nitrogen at different scales](#) и Horváth et al., Fagerli H. and Sutton M.A. (2009), Long-Term Record (1981–2005) of ammonia and ammonium concentrations at K-Puszta Hungary and the effect of sulphur dioxide emission change on measured and modelled concentrations. Chapter 12, в научной работе: *Atmospheric Ammonia: Detecting emission changes and environmental impacts* (eds. M.A. Sutton, S. Reis and S.M.H. Baker), pp. 181–186, Springer.

Диаграмма VII  
**Средние европейские концентрации восстановленного азота в воздухе и аэрозолях, измеренные на станциях мониторинга фонового загрязнения ЕМЕП (сумма  $\text{NH}_3$  и  $\text{NH}_4$  в  $\mu\text{gN}/\text{m}^3$ )**



Источник: Координационный химический центр ЕМЕП.

Примечание: Станции мониторинга фонового загрязнения не являются репрезентативными для районов с высокой плотностью поголовья скота.

11. Прогнозы выбросов для Европы также указывают на то, что будущие сокращения выбросов аммиака, если они будут зависеть только от действующего законодательства, будут относительно небольшими по сравнению с сокращениями выбросов  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  и первичных дисперсных частиц, в отношении которых были приняты существенные обязательства по сокращению выбросов в период 2020–2030 годов<sup>10</sup>.

12. Страны Европейского союза и несколько других стран определили рекомендованное ВОЗ значение<sup>11</sup> для  $\text{PM}_{2,5}$  в качестве своего долгосрочного целевого показателя (см., например, программу «Чистый воздух для Европы» — ЕС, 2013). Однако при рассмотрении структуры распределения источников концентраций  $\text{PM}_{2,5}$  (см. диаграммы IV и V выше) становится ясно, что во многих городах соблюдение рекомендованного ВОЗ значения показателей качества воздуха по  $\text{PM}_{2,5}$  будет невозможно без значительного сокращения выбросов аммиака, оксидов азота и диоксида серы в более широком регионе. Сокращение выбросов оксидов азота и диоксидов серы во всем Европейском союзе примерно на 60 % (в период 2005–2030 годов) является обязательным в соответствии с пересмотренной Директивой о национальных потолочных значениях выбросов<sup>12</sup>, но соответствующее обязательство для выбросов аммиака предусматривает их сокращение только на 5 % (до 2030 года) и на 15 % (после 2030 года). Обязательства по сокращению выбросов в разных странах сильно отличаются друг от друга (см. таблицу 1 ниже). Для нескольких стран обязательство по сокращению выбросов аммиака на 2020 год является скромным, и более значительное сокращение выбросов предусматривается обеспечить в 2030 году и в последующий период времени.

<sup>10</sup> Предложение Европейской комиссии (2013 год) по Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза о сокращении национальных выбросов некоторых загрязнителей атмосферы, вносящая изменения в Директиву 2003/35/ЕС (COM(2013) 920 final).

<sup>11</sup> ВОЗ рекомендует снизить уровень воздействия  $\text{PM}_{2,5}$  до  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  в качестве среднегодового значения.

<sup>12</sup> Директива (ЕС) 2016/2284 Европейского парламента и Совета Европейского союза от 14 декабря 2016 года о сокращении национальных выбросов некоторых загрязнителей атмосферы, вносящая изменения в Директиву 2003/35/ЕС и отменяющая Директиву 2001/81/ЕС, *Official Journal of the European Union*, L 344 (2016), 1–31.



Таблица 1

**Требования по сокращению выбросов в 2020 и 2030 годах в соответствии с пересмотренной Директивой о национальных потолочных значениях выбросов для отдельных стран (в процентах от уровня 2005 года)**

	$NH_3$		$NO_x$		$SO_2$		Первичные частицы $PM_{2.5}$	
	2020	2030 — ДНПВ	2020	2030 — ДНПВ	2020	2030 — ДНПВ	2020	2030 — ДНПВ
Бельгия	2	13	41	59	43	66	20	39
Германия	5	29	39	65	21	58	26	43
Дания	24	24	56	68	35	59	33	55
Италия	5	16	40	65	35	71	10	40
Нидерланды	13	21	45	61	28	53	37	45
Соединенное Королевство	8	16	55	73	59	88	30	46
Франция	5	13	50	69	55	77	27	57
Европейский союз — 28	6	19	42	63	59	79	22	49

Источник: Директива Европейского союза о национальных потолочных значениях выбросов.

13. Объем образующихся вторичных частиц может быть уменьшен путем сокращения выбросов оксидов азота и диоксида серы и/или аммиака. Для образования одной частицы нитрата аммония в воздушной среде необходима одна молекула аммиака и одна молекула нитрата (или азотной кислоты) (для образования одной частицы сульфата аммония требуются две молекулы аммиака и одна молекула серной кислоты). В связи с уменьшением наличия оксидов азота и диоксида серы доля выброса аммиака, которая преобразуется во вторичные аэрозоли, уменьшается. Это отражается в увеличении соотношения концентраций газообразного аммиака и аэрозольного аммония<sup>13</sup>. Можно ожидать и ряда других изменений, хотя чистый эффект всех этих вариаций остается неопределенным. Увеличение доли аммиака может усугубить неблагоприятное воздействие на чувствительные группы растений<sup>14</sup>. И наоборот, общие темпы поглощения аммиака почвой (путем сухого осаждения) могут снизиться ввиду более низкой кислотности ее поверхности<sup>15</sup>. Не исключено, что в конечном итоге выброшенный аммиак будет находиться в воздушной среде более длительное время, что приведет к возрастанию его концентраций (Tang et al., 2020) и его осаждению в местах, удаленных от источников выбросов. Однако, поскольку соединения аммония перемещаются дальше, чем аммиак, чистое воздействие на общее осаждение азота и превышение критических нагрузок в отдаленных районах с чувствительными экосистемами и низкими выбросами аммиака, например в Северной Европе, будет, скорее всего, отрицательным.

14. Совершенно ясно, что в настоящее время аммиак и нитрат аммония занимают доминирующее место в нагрузке неорганических атмосферных загрязнителей в масштабах всей Европы<sup>16</sup>. Хотя осаждение азота может в конечном итоге иметь некоторые преимущества для связывания углерода лесными районами, удаленными от

<sup>13</sup> ЕЕА (2018), Report on particulate matter and agriculture; and Tang et al. (2018), Drivers for spatial, temporal and long-term trends in atmospheric ammonia and ammonium in the UK, Atmospheric Chemistry and Physics, vol. 18 nr 2, <https://www.atmos-chem-phys.net/18/705/2018/>.

<sup>14</sup> Sheppard et al. (2011), Dry deposition of ammonia gas drives species change faster than wet deposition of ammonium ions: evidence from a long-term field manipulation. Global Change Biology 17, 3589-3607. (DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02478.x).

<sup>15</sup> Flechard C., Fowler D., Sutton M.A. and Cape J.N. (1999), Modelling of ammonia and sulphur dioxide exchange over moorland vegetation. Q. J. R. Met. Soc. 125, 2611–2641.

<sup>16</sup> Tang et al. (2020), Pan-European rural atmospheric monitoring network shows dominance of  $NH_3$  gas and  $NH_4NO_3$  aerosol in inorganic pollution load. Atmos. Chem. Phys. Discuss. <https://doi.org/10.5194/acp-2020-275>.

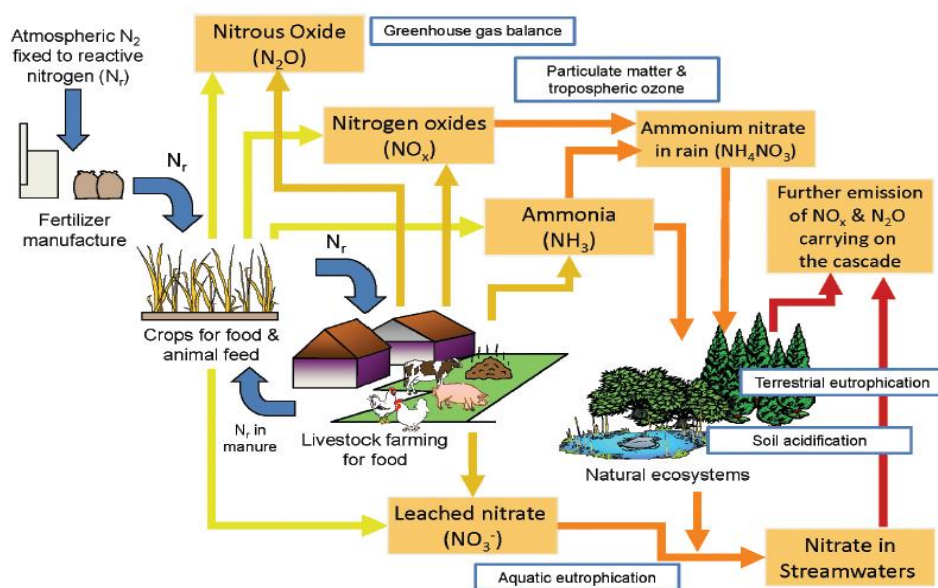
сельскохозяйственных земель<sup>17</sup>, оно также, как ожидается, будет сопряжено с издержками для чувствительного биоразнообразия.

15. Для предотвращения превышения рекомендованных ВОЗ значений по концентрациям дисперсного вещества, а также для недопущения превышения критических нагрузок на экосистемы потребуется обеспечить дальнейшее сокращение выбросов аммиака. В районах с высокой плотностью поголовья домашнего скота для достижения таких долгосрочных целевых показателей потребуется сократить выбросы аммиака на 30–50 %. Кроме того, следует признать, что аммиак характеризуется значительной местной изменчивостью, в связи с чем защита естественных мест обитания, расположенных в непосредственной близости от источников аммиака, может потребовать еще большего сокращения выбросов или перемещения связанной с выбросами деятельности на более удаленное расстояние от уязвимых местообитаний<sup>18</sup>.

16. Выбросы аммиака — это не единственный канал, по которому в окружающую среду в виде потерь поступают азотные питательные вещества, используемые в сельском хозяйстве. К числу других потерь химически активного азота относятся выщелачивание нитратов в грунтовые воды и водотоки, выбросы закиси азота ( $N_2O$ , мощного парникового газа) и выбросы оксидов азота с сельскохозяйственных земель (см. диаграмму VIII ниже).

#### Диаграмма VIII

#### Упрощенный вид каскада потоков азота из сельскохозяйственных источников



Источник: Резюме для директивных органов в связи с исследованием «Европейская оценка по азоту».

<sup>17</sup> Flechard et al. (2020a), Carbon/nitrogen interactions in European forests and semi-natural vegetation. Part I: Fluxes and budgets of carbon, nitrogen and greenhouse gases from ecosystem monitoring and modelling. *Biogeosciences* 17, 1583–1620, <https://doi.org/10.5194/bg-17-1583-2020>; and Flechard et al. (2020b), Carbon/nitrogen interactions in European forests and semi-natural vegetation. Part II: Untangling climatic, edaphic, management and nitrogen deposition effects on carbon sequestration potentials. *Biogeosciences* 17, 1621–1654, <https://doi.org/10.5194/bg-17-1621-2020>.

<sup>18</sup> Dragosits U., Theobald M.R., Place C.J., ApSimon H.M., Sutton M.A. (2006), The potential for spatial planning at the landscape level to mitigate the effects of atmospheric ammonia deposition. *J. Environ. Sci. & Policy* 9, 626–638, and Loubet et al. (2009), Ammonia deposition near hot spots: processes, models and monitoring methods. Chapter 15, in: *Atmospheric Ammonia: Detecting emission changes and environmental impacts* (eds. M.A. Sutton, S. Reis and S.M.H. Baker), pp. 205–267, Springer.

17. Необходимо разработать комплексную политическую стратегию для обеспечения того, чтобы меры по сокращению выбросов аммиака не усугубляли другие проблемы, связанные с азотом, и для оптимизации потенциального синергизма. С точки зрения деятельности на местах как таковой выбросы аммиака можно было бы сократить при помощи глубокого инъекторного внесения навоза на пастбищные угодья, однако сопутствующие риски связаны с более активным выщелачиванием нитратов в грунтовые воды или ростом выбросов закиси азота. На самом деле такие взаимодействия сложнее, чем взаимодействия в фермерских и ландшафтных масштабах, поскольку сокращение выбросов аммиака приведет к уменьшению присутствия закиси азота на лесных и природных площадях, а сокращение потерь аммиака позволит сэкономить азот, что потенциально позволит использовать меньшее количество удобрений. При правильном управлении конечным результатом может стать общее повышение системной эффективности с одновременным уменьшением выбросов закиси азота и выщелачивания нитратов. Таким образом, такие подходы могут способствовать прогрессу в направлении создания многооборотной экономики использования азота<sup>19</sup>.

18. Потенциальный синергизм и компромиссы могут быть найдены и за пределами азотного цикла. Потеря других питательных веществ (например, фосфатов), выбросы метана и связывание углерода также связаны с изменениями в азотном цикле. В качестве иллюстрации можно отметить, что использование корма с низким содержанием азота для крупного рогатого скота может привести к сокращению выбросов аммиака, однако если такое сокращение будет достигнуто путем увеличения доли волокнистого и грубого корма, то это может повлечь за собой рост выбросов метана. И наоборот, использование других видов практики может приносить сопутствующие преимущества, в частности путем применения технологий комбинированного анаэробного сбраживания и методов внесения навоза, обеспечивающих низкий уровень выбросов, что может способствовать одновременному сокращению выбросов метана и аммиака (см. также приложение II к настоящему документу, включенное в неофициальный документ № 1 для пятьдесят девятой сессии Рабочей группы по стратегиям и обзору)<sup>20</sup>. Для того чтобы не вызывать расщепления существующей проблемы, а всего лишь обеспечить эффективное сокращение выбросов азота в сельском хозяйстве, в некоторых регионах в любом случае, вероятно, придется уменьшать поголовье скота и ограничивать число животных, приходящееся на единицу площади пастбищ.

## **В. Источники и меры по борьбе с выбросами**

19. На долю навоза, образующегося в животноводческих хозяйствах, приходится более 70 % объема выбросов аммиака в Европе. Почти 20 % объема выбросов аммиака приходится на долю такого сектора, как использование минеральных удобрений в сельском хозяйстве. Остальная часть выбросов образуется в транспортном, промышленном и бытовом секторах. В Европе около 50 % объема выбросов в животноводстве связаны с крупным рогатым скотом, 30 % — со свиньями и 20 % — с домашней птицей<sup>21</sup>. В некоторых странах быстро растет число новых источников выбросов аммиака, образующихся, например, в ходе внесения осадка сточных вод и остатков брожения энергетических культур в почву.

20. Стойловое содержание животных (40 %), хранение (20 %) и внесение навоза в почву (35 %) и выпас скота (5 %) являются основными этапами в цепочке образования и использования навоза, на которых возникают выбросы аммиака (см. диаграмму IX ниже). Эти этапы не являются независимыми друг от друга. Например, использование

<sup>19</sup> Sutton et al. (2019), The Nitrogen Fix: From nitrogen cycle pollution to nitrogen circular economy. Frontiers 2018/2019: Emerging Issues of Environmental Concern. pp. 52–65, United Nations Environment Programme, Nairobi. ISBN: 978-92-807-3737-0.

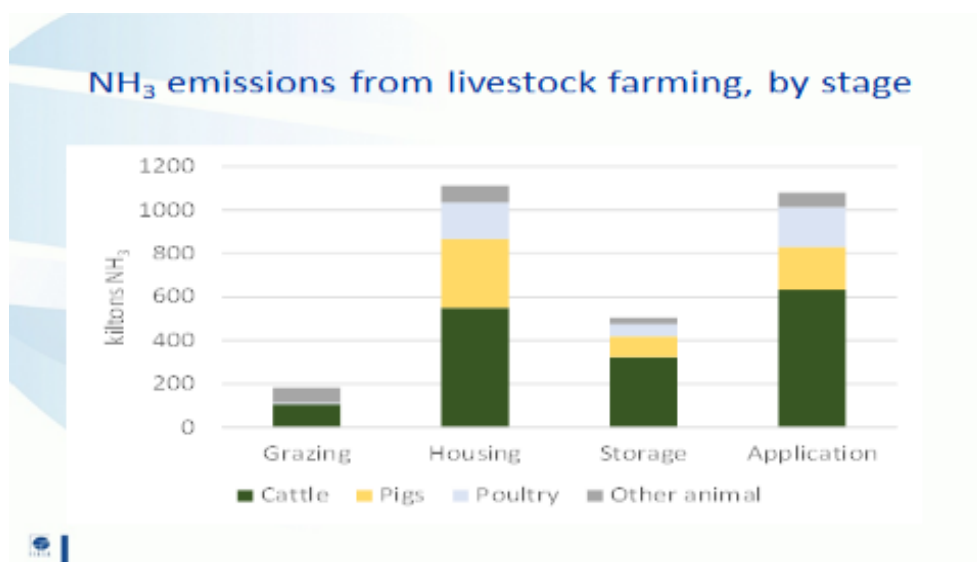
<sup>20</sup> Dalgaard et al. (2015), Methane and Ammonia Air Pollution. Policy Brief prepared by the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. <http://www.clrtap-tfrn.org/>.

<sup>21</sup> ПАСА (2017), Measures to address air pollution from agricultural sources, European commission contract SR11–ENV.C.3/FRA/2013/00131.

более чистых помещений для содержания животных подразумевает, что в навозе будет содержаться больше азота. Хранение навоза в закрытых помещениях имеет тот же эффект. Это означает, что при внесении навоза в почву потенциально может выделяться больше аммиака. Поэтому применение низкоэмиссионных методов внесения навоза в почву является краеугольным камнем эффективной стратегии борьбы с выбросами аммиака и — как это также было показано в исследованиях, проведенных, например, в Германии и Франции, — мерой, обладающей наибольшим потенциалом сокращения его выбросов. В Германии применение низкоэмиссионных методов внесения навоза в почву позволило бы обеспечить почти 60 % общего технического потенциала в области борьбы с выбросами<sup>22</sup>. Во Франции, согласно оценкам Агентства по рациональному использованию окружающей среды и энергоресурсов, на прямое инъекторное внесение и заделку навоза в почву будет приходиться 60 % общего потенциала в области борьбы с выбросами (Mathias et al, 2013)<sup>23</sup>. На диаграмме X ниже отражен полный обзор потенциала в области сокращения выбросов в государствах — членах Европейского союза.

Диаграмма IX

#### Основные источники выбросов аммиака



Источник: МИПСА, 2017 год<sup>24</sup>.

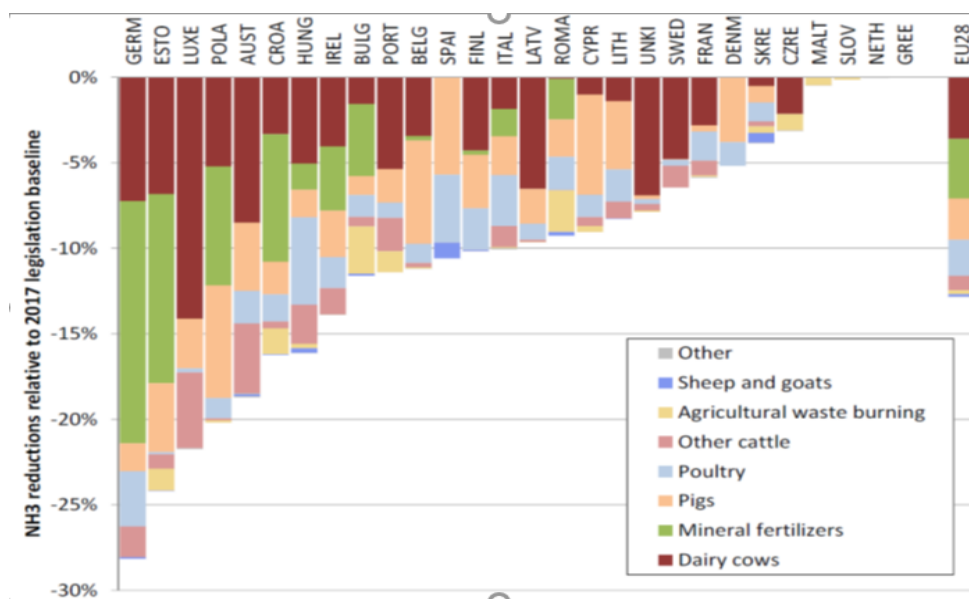
<sup>22</sup> Wulf S., C. Rösemann, B. Eurich-Menden, E. Grimm (2017), Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft Minderungsziele und –potenziale Aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen für die Tierhaltung, Thünen, Hannover 30.05.2017.

<sup>23</sup> Mathias E., E. Martin (2013), Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages Français aux horizons 2020 et 2030, ADEME, Décembre 2013.

<sup>24</sup> IIASA (2017), Progress towards the achievement of the EU's air quality and emissions objectives, International Institute for Applied Systems Analysis, 27 October 2017.

Диаграмма X

**Сокращение выбросов аммиака до 2030 года, предусмотренное в Директиве Европейского союза о национальных потолочных значениях выбросов**



Источник: МИПСА, 2017 год.

21. Целевая группа по химически активному азоту подготовила руководящий документ по комплексному устойчивому управлению азотом (ECE/EB.AIR/2020/6–ECE/EB.AIR/WG.5/2020/5), в котором меры по сокращению выбросов аммиака рассматриваются в более широком контексте более эффективного использования азота в сельском хозяйстве<sup>25</sup>. Ранее подготовленный руководящий документ о предотвращении и сокращении выбросов аммиака из сельскохозяйственных источников был принят Исполнительным органом по Конвенции по воздуху в 2014 году (ECE/EB.AIR/120)<sup>26</sup>. Остальная часть данного раздела основывается на этих документах.

22. Применение низкоэмиссионных методов унавоживания могло бы увеличить наличие азота для роста сельскохозяйственных культур при условии его своевременного внесения в почву, а также сократить потребность в минеральных удобрениях. Менее активное использование минеральных удобрений привело бы к дальнейшему сокращению выбросов аммиака, особенно если это связано с уменьшением использования мочевинных удобрений. Если бы вместо использования минеральных удобрений в сельском хозяйстве применялись низкоэмиссионные методы внесения навоза в почву, то это также позволило бы сократить общие затраты на реализацию стратегии сокращения выбросов аммиака.

23. Уменьшение общего количества азота, вносимого в почву, позволило бы предотвратить переход к загрязнению воды и грунтовых вод и сократить выбросы закиси азота.

<sup>25</sup> Подготовленный ЦГХАА проект руководящего документа по комплексному устойчивому управлению азотом (2020 год), ECE/EB.AIR/2020/6.

<sup>26</sup> ЕЭК ООН (2015 год), Рамочный кодекс Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций для надлежащей сельскохозяйственной практики, способствующей сокращению выбросов аммиака, <https://www.unece.org/index.php?id=41358#:~:text=Theper cent20Ammoniaper cent20Frameworkper cent20Codeper cent20is,Ozoneper cent2Cper cent20andper cent20itsper cent202012per cent20amendment>, и Bittman S., Dedina M., Howard C.M., Oenema O. and Sutton M.A. (2014) (eds.), Options for ammonia mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. TFRN-CLRTAP, [http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/AGD\\_final\\_file.pdf](http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/AGD_final_file.pdf).

24. Следует убедить фермеров в том, что навоз является питательным ресурсом и ценным побочным продуктом, а не отходом. Остатки лекарств в навозе могут препятствовать процессу формирования «сельского хозяйства замкнутого цикла» и требовать дополнительной регламентации использования антибиотиков и гормонов. Для предупреждения нитратного загрязнения грунтовых вод и обеспечения наиболее эффективного использования навоза необходимо принимать во внимание ценность навоза как удобрения при планировании процесса внесения удобрений под сельскохозяйственные культуры. Это уже давно является требованием в тех районах Европейского союза, которые в соответствии с Директивой о нитратах отнесены к уязвимым<sup>27</sup>. На фермах или в регионах, где производство навозных питательных веществ превышает возможности их использования для удобрения сельскохозяйственных культур, необходимо вывозить излишки питательных веществ на фермы или в регионы, где такие возможности не исчерпаны. Когда вывозится больше питательных веществ, чем ввозится, запасы питательных веществ в почве будут истощаться. Когда ввозится больше питательных веществ, чем вывозится, питательные вещества будут накапливаться в окружающей среде. Например, в Нидерландах в 2016 году 52 % объема азота, импортировавшегося через продовольствие, корм и минеральные удобрения, экспортировалось в виде сельскохозяйственной продукции (мясо, молочные продукты и овощи)<sup>28</sup>. Остальные количества (48 %) поступили в виде потерь в воздушную, водную и почвенную среду. Эти показатели отражают неблагоприятную ситуацию, но с учетом того, что в 1990 году только 30 % импортировавшегося азота снова экспортировалось, можно также отметить значительное повышение эффективности использования азота благодаря более рациональному применению навоза, компоста и осадков сточных вод.

25. Благодаря экономии за счет эффекта масштаба затраты на подход к комплексному управлению азотом являются относительно низкими для современных хозяйств с более чем 100 единицами поголовьями животных. По данным МИПСА, 80 % объема навоза в Европе производится в 4 % фермерских хозяйств<sup>29</sup>. Одно из последствий этого заключается в том, что использование пороговых значений в отношении размеров фермерских хозяйств могло бы стать эффективным способом учета большей части объема аммиака в контексте одновременного взаимодействия в первую очередь с теми хозяйствами, в которых эти меры были бы наиболее рентабельными<sup>30</sup>.

26. Однако и на небольших фермерских хозяйствах можно было бы применять соответствующие меры. Согласно руководящему документу по комплексному устойчивому управлению азотом<sup>31</sup>, одной из наименее затратных мер является стимулирование выпаса скота на пастбищах и лугах и замещение ввозимых кормов для скота кормом из региона, с тем чтобы лучше сбалансировать ввозимый и вывозимый азот. Внедрение технологий борьбы с выбросами во вновь построенных помещениях обходится значительно дешевле, чем модернизация старых. Очистка отводимого воздуха возможна только в помещениях с механической вентиляцией (т. е. в помещениях для содержания нежвачных животных, таких как свиньи и птица). Подкисление навозной жижи может применяться в помещениях для содержания как жвачных животных (со свободной вентиляцией), так и нежвачных. Это также позволяет сокращать выбросы аммиака, которые могут возникать при хранении навозной жижи и ее внесении в почву на полях. Имеются также данные,

<sup>27</sup> Директива Совета от 12 декабря 1991 года об охране вод от загрязнения нитратами из сельскохозяйственных источников (91/676/ЕЕС), *Official Journal of the European Communities*, L 375 (1991), pp. 1–8.

<sup>28</sup> Центральное статистическое бюро, <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0094-stroomschema-stikstof-en-fosfor>.

<sup>29</sup> Amann M. et al., 2017, Measures to address air pollution from agricultural sources, ИААА, <https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/policy/SR11-AGRICULTURE-FINAL.pdf>.

<sup>30</sup> Приложение 1 в документе ЦГХАА (2011 год): <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2010/eb/wg5/wg46/ece.eb.air.wg.5.2010.4.e.pdf>.

<sup>31</sup> Подготовленный ЦГХАА руководящий документ по комплексному устойчивому управлению азотом (2020 год), ECE/EB.AIR/2020/6.

свидетельствующие о том, что это уменьшает выбросы метана и закиси азота из навозной жижи, хранящейся внутри и снаружи помещений.

27. По данным МИПСА, с технической точки зрения можно обеспечить более значительное сокращение выбросов аммиака, чем это предусматривается Директивой о национальных потолочных значениях выбросов, например до 50 % в Германии<sup>32</sup>. Осуществление оптимальной стратегии, в рамках которой дополнительные предельные издержки приравнивались бы к предельным выгодам, позволило бы сократить выбросы аммиака почти на 40 % в Германии и на 30 % во Франции (см. таблицу 2 ниже).

28. Для большинства стран средние затраты на борьбу с выбросами аммиака составили бы 0,5–1,5 евро на кг аммиака. Такие меры включают в себя использование более чистых помещений для содержания свиней и домашней птицы и закрытых складов для хранения навоза, а также унавоживание почвы с низким уровнем выбросов. Затраты, связанные с низкоэмиссионными методами внесения навоза в почву, варьируются в пределах 0,2–4 евро на кг аммиака в зависимости от типа навоза, технологии и местных условий<sup>33</sup>.

29. Большинство дополнительных сокращений выбросов в странах, которые уже применяют низкозатратные методы борьбы с загрязнением окружающей среды, т. е. в таких странах, как Бельгия, Дания и Нидерланды, будут предусматривать расходы в размере от 2,5 до 4 евро на кг аммиака<sup>34</sup>. Эти меры будут включать в себя меры по дальнейшей адаптации системы содержания животных в помещениях и глубокому инжекторному внесению навоза. Использование газовых скрубберов для очистки воздуха в помещениях для содержания животных в настоящее время отражает собой верхнюю часть кривой затрат, которые составляют до 15 евро на кг аммиака<sup>35</sup>. Дальнейшие инвестиции в такие подходы и их развитие открывают возможности для расширения масштабов, повышения экономии за счет эффекта масштаба и сокращения расходов при одновременном учете более широких преимуществ использования азота в рамках комплексного подхода<sup>36</sup>. Возможность применения высокозатратных методов борьбы с выбросами будет зависеть от остаточной нормы прибыли в сельскохозяйственном секторе (включая субсидии). Для сокращения выбросов аммиака в некоторых регионах более эффективной с точки зрения затрат может быть такая мера, как уменьшение плотности поголовья скота. Эта мера будет также неизбежна в странах, где соображения, касающиеся обеспечения благополучия животных, препятствуют их содержанию в закрытых помещениях.

<sup>32</sup> IIASA (2017), Progress towards the achievement of the EU's air quality and emissions objectives, International Institute for Applied Systems Analysis, October 27 2017; and IIASA (2014), The Final Policy Scenarios of the EU Clean Air Policy Package, TSAP Report 11, Version 1.1a, International Institute for Applied Systems Analysis, February 2014.

<sup>33</sup> Reis S., Howard C., Sutton M.A. (2015), Costs of ammonia abatement and the climate co-benefits. Springer Netherlands, Dordrecht.

<sup>34</sup> Wagner F. et al. (2011), Ammonia reductions and costs implied by three ambition levels, CIAM-report 5/2011.

<sup>35</sup> Еще более высокие оценки затрат на скрубберы для очистки воздуха содержатся в документе Philippe F.-X.; Cabaraux J.-F.; Nicks B. (2011): Ammonia emissions from pig houses. Influencing factors and mitigation techniques. Agriculture, Ecosystems & Environment 141 (3–4) 245–260.

<sup>36</sup> Подготовленный ЦГХАА руководящий документ по комплексному устойчивому управлению азотом (2020 год), ECE/EB.AIR/2020/6.

Таблица 2  
**Прогнозы выбросов NH<sub>3</sub> и потенциал их сокращения**

	Выбросы NH <sub>3</sub>		Размер сокращения, проценты		
	уровень 2005 в млн кг	2020	2030 — ДНПВ	2030 — сценарий оптимального с точки зрения затрат сокращения выбросов	2030 — сценарий возможного с технической точки зрения сокращения выбросов
Бельгия	74	2	13	16	19
Германия	593	5	29	39	50
Дания	73	24	24	37	47
Италия	422	5	16	26	29
Нидерланды	146	13	21	25	25
Соединенное Королевство	308	8	16	21	22
Франция	675	5	13	29	37
Европейский союз — 28	3 982	6	19	27	35

Источник: МИПСА, 2014 год.

30. Дополнительные меры по сокращению выбросов аммиака приведут к тому, что будут составлены не только другие прогнозы выбросов на 2030 год, но и иные оценки ущерба для здоровья населения и экосистем. В таблице 3 ниже указаны показатели сокращения средней ожидаемой продолжительности жизни в результате воздействия общей концентрации PM<sub>2,5</sub>. В соответствующих странах на выбросы аммиака приходится примерно половина фоновой концентрации PM<sub>2,5</sub>. Просьба принять к сведению тот факт, что различия в показателях сокращения ожидаемой продолжительности жизни среди населения весьма значительны. Большинство людей будут страдать лишь от незначительных последствий для состояния их здоровья, в то время как для уязвимых людей размер сокращения ожидаемой продолжительности жизни может составлять несколько лет.

Таблица 3  
**Размер сокращения ожидаемой продолжительности жизни в результате воздействия PM<sub>2,5</sub> для различных прогнозов выбросов (в месяцах)**

	2005	2030 — ДНПВ	2030 — сценарий	2030 — сценарий
			оптимального с точки зрения затрат сокращения выбросов	возможного с технической точки зрения сокращения выбросов
Бельгия	10,2	5,9	5,0	4,5
Германия	7,9	4,8	4,0	3,6
Дания	6,4	3,5	3,0	2,7
Италия	10,2	6,1	4,8	4,3
Нидерланды	8,8	5,0	4,3	4,0
Соединенное Королевство	5,8	3,7	2,9	2,6
Франция	8,8	4,4	3,8	3,2
Европейский союз — 28	8,5	5,0	4,1	3,6

Источник: МИПСА, 2014 год.

31. В таблице 4 ниже отражены успехи, достигнутые в деле защиты экосистем в результате сокращения осаждения азота, для различных амбиционных сценариев. В некоторых странах, особенно в Дании и Нидерландах, ожидаемые улучшения останутся незначительным, даже если будут приняты все технически доступные меры. Это объясняется высокой плотностью поголовья скота вокруг природных территорий в этих странах, что приводит к дальнейшей утрате биоразнообразия. Риск заключается в том, что характерные виды растений будут зарастать травой, кустарниками и



крапивой, что также повлияет на разнообразие бабочек и птиц. Потребуется осуществить дополнительные структурные изменения, с тем чтобы остановить процесс утраты биоразнообразия в районах с высокой плотностью поголовья скота.

Таблица 4

**Сокращение площади экосистем с избыточным осаждением азота в период 2005–2030 годов**

	2030 — ДНПВ (проценты)	2030 — сценарий оптимального с точки зрения затрат сокращения выбросов (проценты)	2030 — сценарий возможного с технической точки зрения сокращения выбросов (проценты)
Бельгия	92	100	100
Германия	25	46	55
Дания	2	3	7
Италия	44	60	66
Нидерланды	5	13	16
Соединенное Королевство	56	80	86
Франция	25	43	55
Европейский союз — 28	24	35	42

*Источник:* МИПСА, 2014 год.

*Примечание:* Согласно представленным национальным данным, доля чувствительных к азоту экосистем в Бельгии относительно невелика по сравнению, например, с Нидерландами и Данией. Кроме того, фермерские хозяйства сосредоточены во Фландрии (Бельгия), в то время как большинство природных экосистем находится в Валлонии (Бельгия).

32. Одним из примеров такого структурного изменения является осуществление скоординированного пакета действий по «закрытию» азотного цикла в сельском хозяйстве, т. е. по недопущению всех потерь, с тем чтобы не требовалось нового поступления азота в форме удобрений или биологической фиксации азота. Хотя считается, что такая цель недостижима, поскольку невозможно предотвратить все связанные с денитрификацией потери в системе «почва–растение–животное», существует большой потенциал для значительного сокращения общих потерь азота. Важным событием стало принятие Коломбинской декларации по устойчивому регулированию азота, в которой была поставлена цель сократить вдвое в рамках национальных планов действий потери азота из всех источников к 2030 году<sup>37</sup>.

33. В национальном масштабе функционирование экономики сельского хозяйства замкнутого цикла с минимальными количествами питательных веществ, поступающих в виде потерь в окружающую среду, потребует не только изменения методов сельскохозяйственного производства. Кроме того, изменения «со стороны спроса» станут частью комплексного подхода. Последствия этого проиллюстрированы на диаграмме XI ниже. Этот подход предусматривает сокращение пищевых отходов и избыточного потребления калорий и переход к более рациональному рациону питания, т. е. рациону, который вносит меньший вклад в потери азота. Сокращение потребления мяса является одним из важнейших элементов такого устойчивого рациона питания. Сокращение вдвое потребления мяса позволило бы уменьшить выбросы аммиака на 43 %<sup>38</sup>. Это также значительно сократило бы выбросы парниковых газов и потребности в земельных участках.

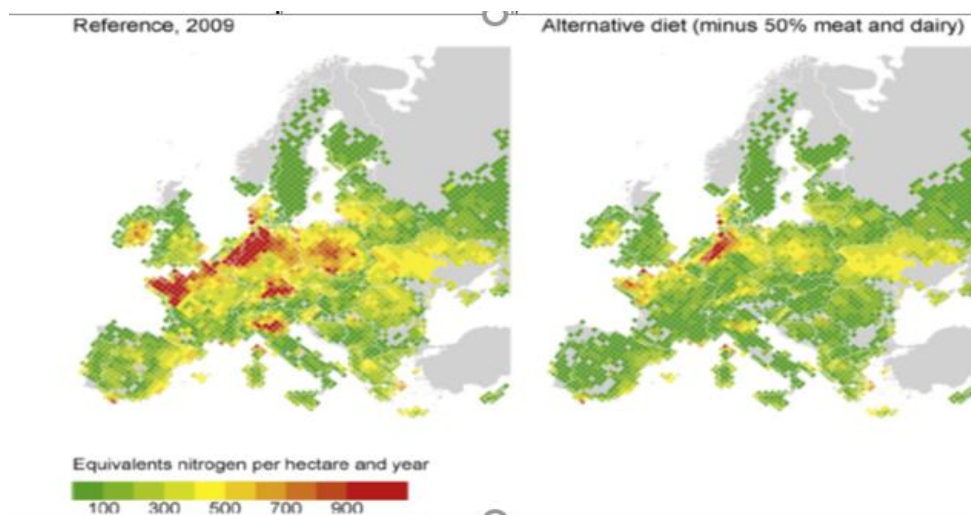
<sup>37</sup> ЮНЕП (2019 год): Коломбинская декларация по устойчивому регулированию азота. <https://papersmart.unon.org/resolution/sustainable-nitrogen-management>.

<sup>38</sup> Westhoek H. et al., 2014, Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake. Global Environ. Change, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.02.004>; and Westhoek H. et al., (2015), Nitrogen on the Table: The influence of food choices on nitrogen emissions and the European environment (European Nitrogen Assessment Special Report on Nitrogen and Food), [http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/EPNFper cent20Documents/Nitrogen\\_on\\_the\\_Table\\_Report\\_WEB.pdf](http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/EPNFper cent20Documents/Nitrogen_on_the_Table_Report_WEB.pdf).

34. Другим примером структурных изменений является производство искусственного мяса или использование насекомых или плодов зернобобовых культур в качестве источников белков в рационе питания человека. Кроме того, в ряде исследований указывается, что отказ от практики переедания и употребление в пищу меньшего количества красного мяса оказывают благоприятное воздействие на здоровье человека<sup>39</sup>.

Диаграмма XI

**Годовое превышение критической нагрузки для осаждения N в единицах веса N на га площади природных экосистем — базовый сценарий и альтернативный рацион питания, предусматривающий сокращение количества употребляемого в пищу мяса на 50 % и основывающийся на молочных продуктах**



Источник: Westhoek et al. 2015.

## С. Цена политического бездействия

35. Современные методы ведения сельского хозяйства приводят к потере ценных питательных веществ. Если фермеры возьмут на вооружение комплексный подход к азоту и будут работать над созданием сельскохозяйственной системы «замкнутого цикла», то на уровне фермерских хозяйств будет теряться меньше азота и фермерам понадобится закупать меньше минеральных удобрений. В настоящее время в Европейском союзе на закупку удобрений расходуется 15 млрд евро в год. Согласно данным исследования «Европейская оценка по азоту», 50 % объема азотных удобрений используется впустую. По данным Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП)<sup>40</sup>, сокращение вдвое масштабов использования удобрений позволило бы сэкономить в глобальном выражении 100 млрд долл. Кроме того, для общества в целом снижение потерь азота могло бы позволить уменьшить ущерб, наносимый здоровью населения и экосистемным услугам, а также сократить вклад сельского хозяйства в изменение климата, поскольку производство удобрений является энергоемким и выступает также в сочетании с их использованием в качестве одного из основных источников выбросов закиси азота (N<sub>2</sub>O) — мощного парникового газа.

<sup>39</sup> Van Dooren C. et al., 2014, Exploring dietary guidelines based on ecological and nutritional values: A comparison of six dietary patterns, *Food Policy*, 44 p. 36–46, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.11.002>; Hallström E. et al., 2015, Environmental impact of dietary change: a systematic review, *Journal of Cleaner Production* 91 (2015), p. 1-11, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.008>.

<sup>40</sup> UNEP Frontiers Report: The Nitrogen Fix: <https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2019-03/apo-nid224376.pdf>. See also.

36. Нынешний ущерб, наносимый экосистемам и здоровью человека в Европейском союзе в результате выбросов аммиака, был монетизирован компанией «Се Делфт»<sup>41</sup>. Эти внешние затраты в результате наносимого ущерба не включены в цены на продовольствие. По данным компании «Се Делфт», ущерб от выбросов аммиака может быть оценен в размере 17,50 евро на кг аммиака (допустимый диапазон изменения: 10–25,20 евро). Данные внешние затраты учитывают вклад аммиака в ущерб, наносимый окружающей среде в результате подкисления и эвтрофикации, а также в образование дисперсного вещества и сопутствующее сокращение продолжительности жизни в годовом выражении. Такие оценки, среди прочего, основаны на разработанной ВОЗ методологии HRAPIE<sup>42</sup> и стоимостной оценке ущерба, наносимого экосистемам<sup>43</sup>. Обширное методологическое описание содержится в публикации de Bruyn et al. (2018)<sup>44</sup>. Ущерб здоровью населения, наносимый вторичным дисперсным веществом, занимает доминирующее место в оценке общего ущерба. Ущерб, наносимый природе, включает в себя дополнительные затраты на рациональное использование природных ресурсов, в частности затраты на удаление избыточных питательных веществ с природных территорий или на дополнительное известкование для предотвращения подкисления. Стоимость ущерба варьируется в разных странах и зависит, в частности, от плотности населения: в Бельгии, Германии и Нидерландах ущерб оценивается в размере около 30 евро на кг аммиака, в то время как в Ирландии, Испании и Финляндии этот показатель составляет менее 10 евро на кг аммиака<sup>45</sup>.

37. Исследования по конкретным странам часто отражают более низкие цифры, поскольку в них не учитывается воздействия на другие страны<sup>46</sup>.

38. По оценкам компании «Се Делфт», ежегодный размер ущерба в результате воздействия оставшихся европейских сельскохозяйственных выбросов аммиака в 2030 году составит почти 60 млрд евро (35 млрд евро — 85 млрд евро)<sup>47</sup>. Этот показатель составляет 15 % общего объема сельскохозяйственного производства и более 50 % годового дохода (чистая добавленная стоимость) от сельскохозяйственной деятельности в Европейском союзе<sup>48</sup>. Следует отметить, что сельскохозяйственный

<sup>41</sup> de Bruyn et al. (2018), *Environmental Prices Handbook EU28 version – Methods and numbers for valuation of environmental impacts*, CE-Delft.

<sup>42</sup> WHO (2013), *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*.

<sup>43</sup> Holland M., R. Maas (2014), *Quantification of economic damage to biodiversity*, ECLAIRE Project, Deliverable 18.3.

<sup>44</sup> См. также CE-Delft (2019), *Handbook on the external costs of transport – Version 2019*.

<sup>45</sup> Для Германии ущерб оценивается в размере 32 евро на кг в работе Matthey A. and B. Bünger (2018), *Methodological Convention 3.0 for the Assessment of Environmental Costs*, Umwelt Bundes Amt.

<sup>46</sup> Для Дании ущерб оценивается в размере 20 евро на кг в работе Mikael Skou Andersen, Lise Marie Frohn Rasmussen og Jørgen Brandt (2019), *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 3.0*, Aarhus Universitet; для Соединенного Королевства ущерб оценивается в размере 6,80 евро на кг с широким допустимым диапазоном изменения (1,25–21 евро) в работе Ricardo (2019), *Air Quality damage cost update 2019, Report for Defra AQ0650*; для Финляндии ущерб оценивается в размере 1,20 евро на кг (0,70–2,80 евро) в работе Kukkonen et al. (2019), *Modelling of the public health costs of fine particulate matter and results for Finland in 2015*, ACP, <https://doi.org/10.5194/acp-2019-702>; и для Ирландии — в размере 0,82 евро на кг в работе EnvEcon (2015), *Marginal Damage Cost Estimates for Air Pollutants in Ireland*.

<sup>47</sup> Этот оценочный показатель составляет менее 70–320 млрд евро, указываемых в оценке, содержащейся в исследовании «Европейская оценка по азоту», но этот показатель учитывает также влияние нитратов и воздействие закиси азота на климат (ENA Technical Summary, р. xiviii). См. также Brunekreef B., Harrison R.M., Künzli N., Querol X., Sutton M.A., Heederik D.J.J. and Sigsgaard T. (2015), *Reducing the health effect of particles from agriculture*. *Lancet Respiratory Medicine* (8 October 2015), [http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600\(15\)00413-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600(15)00413-0).

<sup>48</sup> Общий объем сельскохозяйственного производства в Европейском союзе в последнее десятилетие составлял около 400 млрд евро (из которых около 40 % приходится на долю животноводства). При затратах на производство в размере 230 млрд евро и амортизационных расходах в размере 55 млрд евро чистая годовая добавленная стоимость (доход) составляет

сектор в Европе также получает чистые субсидии в размере около 35 % от чистой добавленной стоимости для поддержания, в частности, низких цен на продовольствие.

39. По определению 60 млрд евро — это (валовые) социальные издержки, связанные с отсутствием каких-либо дополнительных политических мер. При сокращении выбросов на 30–50 % этого ущерба можно было бы избежать. Для сельского хозяйства затраты на борьбу с выбросами, согласно оценкам, могут составлять 0,7–5,7 млрд евро в год в зависимости от уровня политических амбиций (PIASA, TSAP-report #11, 2014). Для обеспечения сокращения выбросов на 30–50 % в некоторых регионах потребуется принять дополнительные нетехнические меры.

40. Оценочная стоимость ущерба в размере 17,50 евро на кг аммиака превышает смету удельных расходов на борьбу с выбросами. Согласно одному из исследований, проведенных в Германии (Wulf et al., 2017), средние расходы на борьбу с выбросами аммиака составят 0–4 евро на кг. Максимальный оценочный показатель затрат по наиболее дорогостоящей мере по сокращению выбросов (установка воздушных скрубберов в помещениях для содержания животных), согласно этому исследованию, составит до 15 евро на кг аммиака.

41. Включение стоимости ущерба в цены на продукты питания приведет к росту цен на мясо и молочные продукты. По данным компании «Се Делфт»<sup>49</sup>, истинная цена на говядину и свинину, которая включает в себя экологический ущерб в результате потери азота, должна была бы быть на 25–35 % выше. Повышение цен на мясо и молочные продукты привело бы к увеличению стоимости питания, что потребовало бы принятия мер по обеспечению адекватного питания малообеспеченных групп населения. Однако увеличение стоимости питания можно было бы ограничить, если бы повышение цен на мясо и молочные продукты сочеталось с кампаниями, направленными на изменение рациона питания.

### III. Аммиак в Канаде и Соединенных Штатах Америки

42. Выбросы большинства загрязнителей воздуха сокращаются в Канаде и Соединенных Штатах Америки, что приводит к улучшению качества воздуха во многих регионах. Вместе с тем почти четверть населения Канады по-прежнему проживает в районах, качество воздуха в которых превышает один или несколько стандартов качества окружающего воздуха, и 10 % представителей населения Соединенных Штатов Америки проживают в районах, качество воздуха в которых превышает стандарты качества окружающего воздуха в отношении тонкодисперсного вещества (PM<sub>2,5</sub>)<sup>50</sup>. Выбросы аммиака вызывают озабоченность в Канаде и Соединенных Штатах Америки, поскольку атмосферный аммиак является одним из основных прекурсоров тонкодисперсного вещества (PM<sub>2,5</sub>) и вносит свой негативный вклад в кислотное осаждение и эвтрофикацию. Воздействие атмосферного дисперсного вещества вызывает многочисленные последствия для здоровья человека, включая возникновение сердечно-сосудистых и легочных заболеваний, инсульта, астмы, диабета, а также нейродегенеративных заболеваний, таких как деменция. Атмосферный аммиак также играет важную роль в круговороте азота и санитарном состоянии экосистем, однако превышение критических нагрузок по азоту может привести к неблагоприятным экологическим последствиям. Они оказывают широкомасштабное воздействие на окружающую среду, поскольку негативно сказываются на биоразнообразии и устойчивости наземных и водных экосистем. Атмосферное дисперсное вещество (PM) также вносит свой негативный вклад в сокращение видимости. Канада и Соединенные Штаты Америки давно сотрудничают в области мониторинга и оценки кислотных осадений<sup>51</sup>, в том числе в рамках

---

115 млрд евро без учета налогов и субсидий. Чистая сумма субсидий составляет около 40 млрд евро (35 % от чистой добавленной стоимости).

<sup>49</sup> CE-Delft, The true price of meat, 2018.

<sup>50</sup> <https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/popexp.html>.

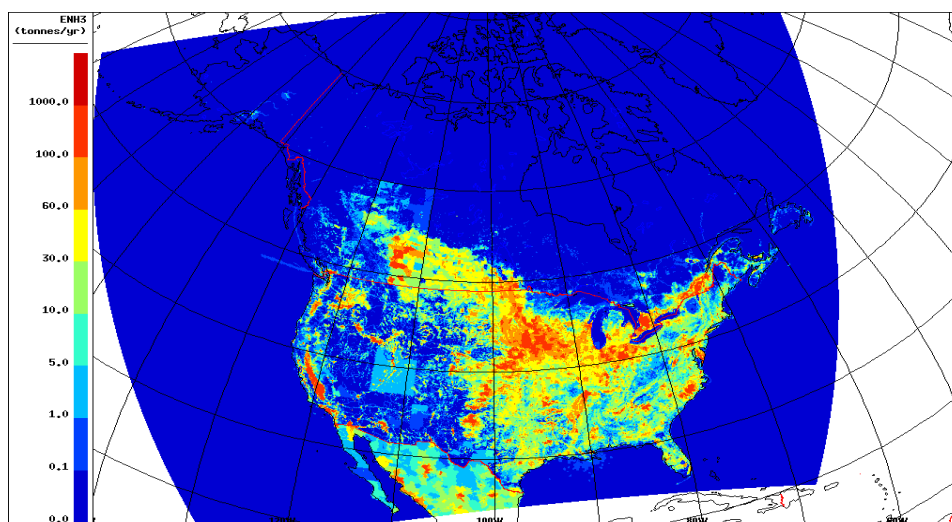
<sup>51</sup> <http://pubs.awma.org/flip/EM-June-2019/schwede.pdf>.

Соглашения о качестве воздуха 1991 года, заключенного между Канадой и Соединенными Штатами Америки.

43. Хотя за последние два десятилетия был достигнут значительный прогресс в сокращении выбросов других прекурсоров PM<sub>2,5</sub>, таких как NO<sub>x</sub> и SO<sub>2</sub>, выбросы и, соответственно, концентрации аммиака в атмосфере продолжают расти как в Канаде, так и в Соединенных Штатах Америки. В обеих странах преобладающим источником аммиака является сельскохозяйственный сектор, на долю которого приходится 93 % национальных выбросов (Канадский кадастр выбросов загрязнителей воздуха, 2020 год; Национальный кадастр выбросов Агентства по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки, 2020 год). К районам интенсивной сельскохозяйственной деятельности относятся южная часть Онтарио и Квебек, южная часть Британской Колумбии, Альберта, Саскачеван, а также среднезападная часть Соединенных Штатов Америки, Калифорния и Северная Каролина. Выбросы аммиака вблизи границы между Канадой и Соединенными Штатами Америки также оказывают трансграничное воздействие на качество воздуха (см. диаграмму XII ниже). Для количественной оценки воздействия необходим более подробный анализ.

#### Диаграмма XII

##### Ежегодные выбросы аммиака в Северной Америке (тонн/ячейка сетки)



Источник: Составлено на основе кадастров выбросов Канады 2013 года и кадастра прогнозируемых выбросов США 2017 года, сетка GEM-MACH с ячейками размером 10 км x 10 км.

#### A. Тенденции изменения выбросов аммиака

44. В Канаде в период 1990–2018 годов объем выбросов аммиака увеличился на 21 % главным образом в результате более широкого сельскохозяйственного использования азотных удобрений. В Канаде выбросы аммиака возникают главным образом в секторе животноводства, на долю которого в 2018 году приходилось 59 % объема выбросов, и секторе растениеводства, на долю которого приходилось 35 % объема выбросов. В 2018 году на все другие источники выбросов аммиака в совокупности приходилось лишь 7 % выбросов. К числу других источников относятся промышленное производство, процессы сжигания и обработка отходов, а также транспорт и мобильное оборудование.

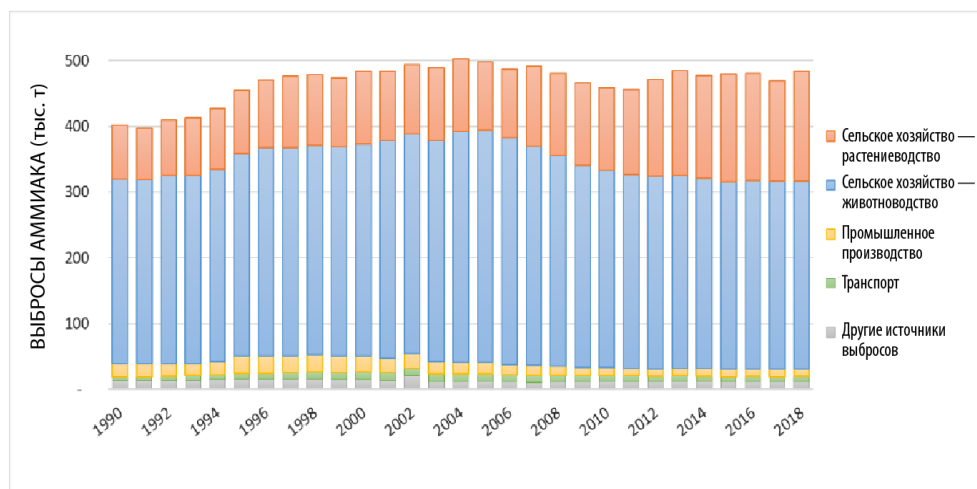
45. В национальных выбросах аммиака в Канаде наблюдаются две различные тенденции (см. диаграмму XIII ниже). Первая тенденция отражает устойчивый рост выбросов в секторе растениеводства, которые в период 1990–2018 годов более чем удвоились и с 2005 года увеличивались более быстрыми темпами в результате расширения масштабов применения азотных удобрений в ходе ежегодного производства продукции растениеводства.

46. Вторая тенденция связана с выбросами в секторе животноводства, которые после неуклонного роста с 1990 года достигли пика в 2006 году и затем снизились. Для сравнения отметим, что в 2005 году объем выбросов в секторе животноводства составил 71 % общего объема выбросов аммиака в Канаде. В 2018 году значение этого показателя составило 59 %. Снижение спроса на говядину и по-прежнему ощущаемые последствия кризиса 2003 года, вызванного губчатой энцефалопатией крупного рогатого скота, привели к уменьшению ежегодного объема производства мяса в результате сокращения поголовья мясного скота и, следовательно, к сокращению выбросов.

47. Эти две противодействующие тенденции в последнее десятилетие привели к незначительным колебаниям общего объема выбросов аммиака в Канаде. Хотя с 1990 года объем выбросов в Канаде увеличился на 21 %, с 2005 года он в основном находится на неизменном уровне. Рост выбросов на национальном уровне объясняется главным образом увеличением объема сельскохозяйственного производства в западных провинциях. Согласно нынешним прогнозам, общий объем выбросов аммиака в Канаде в течение предстоящего десятилетия увеличится в связи с продолжающимся ростом масштабов использования азотных удобрений для растениеводства.

### Диаграмма XIII

**Ежегодный объем выбросов аммиака в Канаде (общий национальный показатель) — оценка**



48. В 2017 году в Соединенных Штатах Америки примерно 59 % объема выбросов аммиака приходилось на долю сельскохозяйственных животных. Следующими по величине категориями источников выбросов являются операции по внесению удобрений (21 %) и сельскохозяйственные пожары и предписанное сжигание (5 %). На долю всех других категорий источников выбросов, включая сжигание топлива, промышленные процессы и управление отходами, в совокупности приходится 15 % общего объема выбросов<sup>52</sup>.

## В. Концентрации в окружающем воздухе и осаждение

49. В то время как аммиак легко осаждается и может быть вновь выброшен в атмосферу, вызывая, как правило, негативное воздействие в местном масштабе, аэрозоли аммония переносятся на большие расстояния и в конечном итоге осаждаются. В глобальном масштабе Северная Америка является зоной интенсивных выбросов аммиака в атмосферу<sup>53</sup>. Хотя в некоторых провинциях и штатах Канады и

<sup>52</sup> US EPA (2017), National Emission Inventory. URL: [ftp://newftp.epa.gov/air/nei/2017/tier\\_summaries/](ftp://newftp.epa.gov/air/nei/2017/tier_summaries/).

<sup>53</sup> Xiaohong Yao and Leiming Zhang (2019), Causes of Large Increases in Atmospheric Ammonia in the Last Decade across North America. *ACS Omega*. 2019 Dec 24; 4(26): 22133–22142. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsomega.9b03284>.

Соединенных Штатов Америки, как сообщалось, выбросы аммиака сокращались, на основе спутниковых наблюдений и наземных измерений были выявлены тенденции увеличения выбросов на национальном уровне и роста концентраций аммиака<sup>54, 55</sup>.

50. Национальная программа по атмосферному осаждению (НПАО) (включая Национальную сеть по изучению тенденций (НСИТ)), Сеть комплексного исследовательского мониторинга атмосферы (АИРМоН), Сеть по изучению состояния и тенденций изменения качества чистого воздуха (КАСТНЕТ) и Канадская сеть мониторинга воздуха и осадков (КАПМоН) являются основными сетями, оказывающими поддержку в проведении оценок азотного осаждения в Канаде и Соединенных Штатах Америки. К числу других сетей мониторинга воздуха для оценки атмосферного азота относятся Сеть мониторинга аммиака (АМоН), действующая в рамках НПАО, Программа межучрежденческого мониторинга охраняемых визуальных сред (ИМПРУВ), Канадская национальная программа наблюдения за загрязнением воздуха (НАПС) и некоторые другие сети, которые коллективно направляют данные в систему регулирования качества воздуха каждой соответствующей страны. Необходимо измерять показатели как газообразной ( $\text{NH}_3$ ), так и катионной формы ( $\text{NH}_4^+$ ) восстановленного азота для снижения общей неопределенности в процессе химического образования  $\text{PM}_{2,5}$  и переноса и осаждения восстановленных соединений азота.

51. В Канаде и Соединенных Штатах Америки наблюдалась тенденция к увеличению годовых концентраций аммиака в окружающем воздухе на участках НПАО/АМоН, причем за последние 8–13 лет размер их роста превысил 40 %<sup>56</sup>. НПАО/АМоН, созданная в 2007 году, является единственной сетью, обеспечивающей последовательный и долгосрочный учет концентраций аммиака в окружающем воздухе на всей территории Соединенных Штатов Америки и на некоторых участках в Канаде. Эти наземные измерения используются для подтверждения результатов спутниковых наблюдений, которые свидетельствуют о наличии аналогичных тенденций с более высоким пространственным охватом. За счет только одних изменений в выбросах невозможно объяснить такое значительное наблюдаемое увеличение концентраций  $\text{NH}_3$  в окружающем воздухе. Такое увеличение можно увязать с комбинированным воздействием ряда факторов: ростом выбросов в некоторых регионах; сокращением уровней содержания сульфатов и нитратов в окружающем воздухе, превращающих аммиак в аммоний; и изменениями в метеорологических условиях.

52. Наибольшее осаждение химически активного азота наблюдается в центральных и восточных районах Канады и в центральной части Соединенных Штатов Америки. Основными источниками осаждения азота являются оксиды азота в городских районах и прилегающих к ним зонах и восстановленный азот в сельскохозяйственных регионах. В Канаде концентрация частиц нитратов и сульфатов аммония снижается в связи с сокращением выбросов прекурсоров (оксидов серы и азота). Однако хотя мокрое осаждение сульфатов и нитратов также сократилось, мокрое осаждение аммония существенно не изменилось с 1990 года (см. диаграмму XIV ниже). Необходимо провести дополнительную работу по оценке взаимодействия частиц аммония с другими загрязнителями. В Соединенных Штатах Америки уровень мокрого осаждения окисленного азота сократился почти во всех штатах, однако в

<sup>54</sup> J.X. Warner, R.R. Dickerson, Z. Wei, L.L. Strow, Y. Wang, and Q. Liang (2017), Increased atmospheric ammonia over the world's major agricultural areas detected from space. *Geophys. Res. Lett.*, March 2017, (44) 2875–2884: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2016GL072305>.

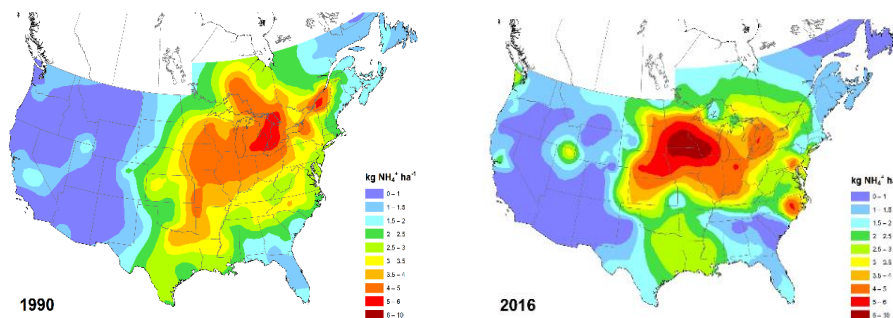
<sup>55</sup> Yu F., Nair A.A., & Luo G. (2018), Long-term trend of gaseous ammonia over the United States: Modeling and comparison with observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, August 2018, (123) 8315–8325: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2018JD028412>.

<sup>56</sup> T.J. Butler, F. Vermeylen, C.M. Lehmann, G.E. Likens, M. Puchalski (2016), Increasing ammonia concentration trends in large regions of the USA derived from the NADP/AMoN network. *Atmospheric Environment* December 2016, 146 132–140; DOI: 10.1016/j.atmosenv.2016.06.033.

период с 1990 по 2010 год объем мокрого осаждения аммония увеличился в 37 из 45 штатов, в которых имеются возможности для проведения мониторинга<sup>57</sup>.

#### Диаграмма XIV

**Наблюдаемые ежегодные уровни мокрого осаждения аммония в 1990 году (слева) и 2016 году с изображением районов между Канадой и Соединенными Штатами Америки, в которых может потребоваться провести дальнейшую оценку трансграничных выбросов аммиака**



*Источник:* Интерполированная поверхность, спроектированная на основе данных Национальной сети по изучению тенденций Национальной программы по атмосферному осаждению Соединенных Штатов Америки и Канадской сети мониторинга воздуха и осадков.

### С. Меры по борьбе с выбросами

53. Аммиак продолжает вносить основной вклад в процесс формирования вторичного дисперсного вещества  $PM_{2.5}$ , особенно в восточных районах Канады и в центральной части Соединенных Штатов Америки, в контексте химической реакции  $NH_3$  с оксидами серы и азота ( $SO_x$  и  $NO_x$ ), в результате которой образуются сульфат аммония и аммиачная селитра. Вследствие этого в некоторых регионах в период высокого кратковременного загрязнения атмосферного воздуха на долю аммония может приходиться до 25 % массы  $PM_{2.5}$ . С учетом сообщаемого и наблюдаемого роста выбросов аммиака в Канаде и Соединенных Штатах Америки некоторые из ожидаемых выгод, связанных со значительным сокращением объема этих сильных кислотных прекурсоров, сводятся на нет. Это во многом объясняется тем, что атмосферный аммиак обладает высокой реакционной способностью и будет оставаться в газообразном состоянии лишь в течение короткого периода времени, пока не вступит в реакцию с кислыми газами или не выпадет на поверхность Земли в форме сухого или мокрого осаждения. Однако результаты недавних измерений и моделирования свидетельствуют о том, что чувствительность  $PM_{2.5}$  к аммиаку существенно варьируется от региона к региону в зависимости от наличия прекурсоров (Franchin et al., 2018)<sup>58</sup>.

54. В Канаде газообразный аммиак включен в перечень токсичных веществ, содержащийся в приложении 1 к Закону об охране окружающей среды Канады 1999 года, поскольку он был определен в качестве одного из основных прекурсоров тонкодисперсного вещества и, таким образом, вносит свой негативный вклад в ухудшение качества воздуха, которое приводит к возникновению неблагоприятных последствий для здоровья человека. На государственном уровне в Канаде был принят ряд общенациональных руководящих принципов в области сельскохозяйственной

<sup>57</sup> Y. Li, B.A. Schichtel, J.T. Walker, D.B. Schwede, X. Chen, C.M. B. Lehmann, M.A. Puchalski, D.A. Gay, J.L. Collett (2016), The importance of reduced nitrogen deposition. *Proceedings of the National Academy of Sciences* May 2016, 113 (21) 5874–5879; DOI: 10.1073/pnas.1525736113.

<sup>58</sup> Franchin A. et al. (2018), Airborne and ground-based observations of ammonium-nitrate dominated aerosols in a shallow boundary layer during intense winter pollution episodes in northern Utah, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 17259–17276, 2018, <https://doi.org/10.5194/acp-18-17259-2018>.



практики, однако они направлены на достижение таких экологических стандартов, как, например, стандарты, касающиеся сохранения безопасной концентрации нитратов в питьевой воде, а не на обязательное обеспечение сокращения выбросов. Признавая экологические, а также практические и экономические выгоды, связанные с повышением эффективности использования азота, сельскохозяйственный сектор Канады проявляет инициативу в этом отношении и на протяжении многих лет движется в направлении достижения цели, заключающейся в повышении эффективности использования азота (включая несколько видов практики, принятых Европейской экономической комиссией Организации Объединенных Наций (ЕЭК) в качестве совокупности приемов, способствующих сокращению выбросов)<sup>59</sup>, что обусловлено главным образом практическими или экономическими соображениями.

55. В октябре 2018 года Министерство по проблемам окружающей среды и изменения климата Канады провело рабочее совещание по аммиаку, в работе которого участвовали ученые и представители директивных органов из Канады, Соединенных Штатов Америки и Европы, с тем чтобы обсудить такие вопросы, как роль аммиака, а также состояние политики в области атмосферного аммиака и научных знаний о нем и меры по уменьшению его выбросов. На заключительном этапе этого рабочего совещания было сделано несколько важных заявлений, касающихся воздействия аммиака на здоровье человека и окружающую среду, а также имеющихся инструментов и методов для сокращения его выбросов. В настоящее время в Канаде по-прежнему продолжаются дискуссии по оценке соответствующих политических инструментов и мер, которые могут способствовать сокращению выбросов атмосферного аммиака и повышению осведомленности об этих проблемах.

## IV. Аммиак в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии

### A. Выбросы и осаждение

56 Показатели осаждения азота в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии варьируются в широком диапазоне (см. диаграмму XV ниже). На значительной части территории этого региона уровень осаждения является низким по сравнению с Центральной и Западной Европой. Однако выбросы аммиака имеют тенденцию к увеличению<sup>60</sup>. В районах с большим количеством мелких ферм потери азота часто являются результатом неэффективного использования питательных веществ. При высокой плотности поголовья скота на таких территориях аккумулярованные выбросы из мелких фермерских хозяйств могут вызвать возникновение проблем эвтрофикации.

57. На значительной части территории Российской Федерации, Украины и Беларуси критические нагрузки по азоту превышены. В Российской Федерации (только в европейской части) под угрозой находятся 40–50 % экосистем. В Беларуси и Украине этот показатель составляет почти 100 %<sup>61</sup>. Имеющиеся данные о качестве воздуха свидетельствуют о значительно более высоком уровне воздействия дисперсного вещества. Потребуется провести дополнительные измерения и моделирование для оценки вклада вторичных частиц (образованных аммиаком) в воздействие дисперсного вещества в густонаселенных районах.

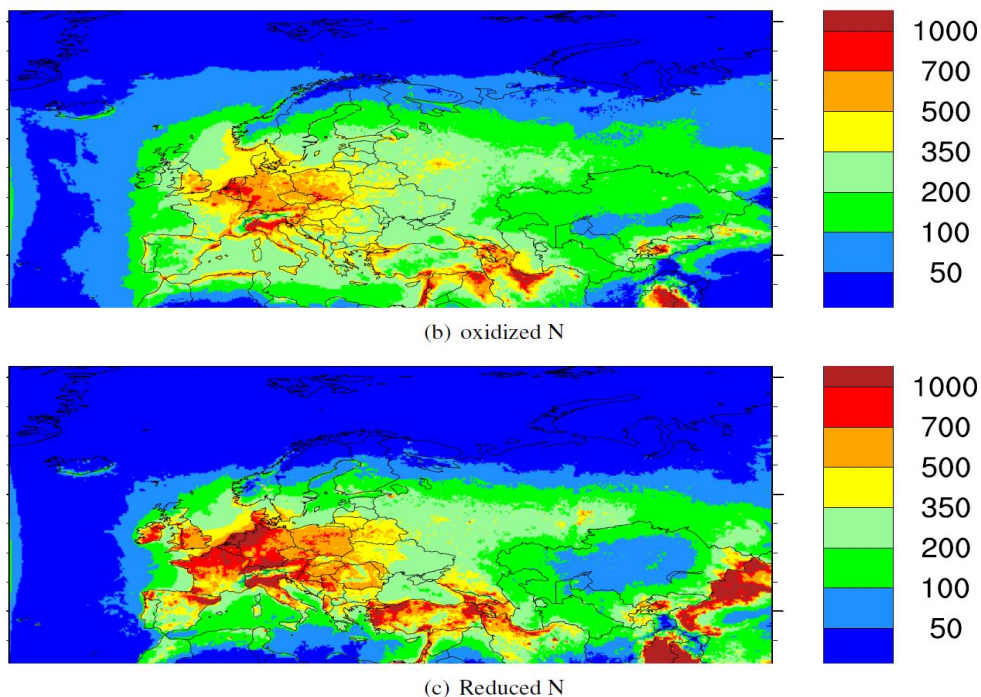
<sup>59</sup> S. Bittman, S.C. Sheppard, D. Hunt (2017), Potential for mitigating atmospheric ammonia in Canada. Soil Use and Management, June 2017, 33, 263–275.

<sup>60</sup> CEIP, <https://www.ceip.at/webdab-emission-database>.

<sup>61</sup> Hettelingh J.-P., M. Posch, J. Slootweg (eds) (2017), European critical loads: database, biodiversity and ecosystems at risk, CCE Final Report 2017, Coordination Centre for Effects, RIVM Report 2017-0155, Bilthoven, Netherlands.

### Диаграмма XV

Осаждение окисленного и восстановленного азота в 2018 году по всему региону ЕМЕП (в кг N на км<sup>2</sup>)



Источник: Метеорологический синтезирующий центр ЕМЕП–Запад.

## В. Меры по борьбе с выбросами

58. Политика в отношении аммиака в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии описана в работе van der Hoek and Kozlova<sup>62</sup>. Выбросы резко уменьшились в начале 1990-х годов в связи с сокращением поголовья животных, последовавшим после политических и экономических преобразований в переходный период; с 1995 года выбросы медленно растут. В Российской Федерации (только европейская часть) объем содержащегося в навозе азота (органические удобрения) сократился более чем на 85 %, и сельскохозяйственные выбросы аммиака в секторе животноводства в Российской Федерации (только европейская часть) уменьшились на 60 %<sup>63</sup>. Аналогичная динамика наблюдалась и в Казахстане: после резкого сокращения поголовья крупного рогатого скота в 1993–1998 годах в последующий период оно начало медленно возрастать<sup>64</sup>.

59. Сокращение выбросов аммиака не привело к снижению концентраций аммиака. Результаты, полученные с помощью различных моделей, дают основания полагать, что это связано с одновременным сокращением выбросов SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub>: для образования нитрата аммония и сульфата аммония требовалось меньшее количество аммиака<sup>65</sup>.

<sup>62</sup> Van der Hoek K.W. and N.P. Kozlova (eds) (2014), Ammonia workshop 2012 Saint Petersburg. Abating ammonia emissions in the UNECE and ECECA region. Семинар по аммиаку 2012, Санкт-Петербург. Снижение выбросов аммиака в регионах ЕЭК ООН и ВЕКЦА. RIVM Report 680181001/SZNIIMESH Report. Bilthoven, The Netherlands. ISBN: 978-90-6960-271-4.

<sup>63</sup> Morozova I.A., N.M. Golovina, Y.S. Ignatyeva (2014), National registration of nitrogen emissions in the Russian Federation, in: Van der Hoek K.W. and N.P. Kozlova, Eds.

<sup>64</sup> Eserkepova L.B., L.V. Lebed, Z.R. Tokpajev (2014), Reactive nitrogen emissions in the Republic of Kazakhstan, in: Van der Hoek K.W. and N.P. Kozlova, Eds.

<sup>65</sup> Horvath et al. (2009), Long-Term Record (1981–2005) of ammonia and ammonium concentrations at K-Pusztá Hungary and the effect of sulfur dioxide emission change on measured and modelled concentrations. Chapter 12, in: *Atmospheric Ammonia: Detecting emission changes and environmental impacts* (eds. M.A. Sutton, S. Reis and S.M.H. Baker), pp. 181–186, Springer.

60. Плотность поголовья крупного рогатого скота в Восточной Европе, Центральной Азии и на Кавказе ниже, чем в Западной Европе. По сравнению с Российской Федерацией (только европейская часть) и Центральной Азией плотность поголовья крупного рогатого скота в Беларуси и на Кавказе относительно высока. В последние десятилетия наблюдается постепенное увеличение поголовья животных. В настоящее время основной движущей силой политики в отношении аммиака является необходимость более эффективного использования азота. В Российской Федерации (только в европейской части) в настоящее время около 80 % объема азота, поступающего на сельскохозяйственные земли, связано с минеральными удобрениями<sup>66</sup>.

61. Оценки по Беларуси свидетельствуют о том, что с помощью осуществимых с технической точки зрения мер (например, хранение навоза в закрытых помещениях и немедленная заделка навоза в почву) выбросы аммиака в секторе сельского хозяйства могут быть сокращены примерно на 20 %. Однако для фермеров эти расходы, как представляется, все еще остаются непомерно высокими. Осуществление соответствующих мер стимулируется с помощью пилотных проектов<sup>67</sup>.

## V. Выводы и рекомендации

62. В Европе в течение последних 15 лет выбросы, концентрации и осаждения аммиака по сравнению с диоксидом серы и оксидами азота умеренно сокращались. Выбросы аммиака в Северной Америке и странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии имеют тенденцию к увеличению. Ущерб, наносимый экосистемам и здоровью человека в результате выбросов аммиака, может быть оценен в размере 10–25 евро на кг аммиака. По-прежнему возможно существенное сокращение выбросов аммиака, выходящее даже за рамки нынешних обязательств по Протоколу о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном и пересмотренной Директиве Европейского союза о национальных потолочных значениях выбросов. Удельные расходы на борьбу с выбросами аммиака значительно ниже, чем причиняемый ущерб, и колеблются в размере от 0 до 4 евро на кг аммиака для большинства стран и до 15 евро на кг аммиака в некоторых районах с высокой плотностью домашнего скота.

63. Затратоэффективные меры по дальнейшему сокращению выбросов аммиака отличаются друг от друга в разных частях Европы и Северной Америки. Хранение навоза в закрытых помещениях и оптимальное внесение навоза в почву для роста сельскохозяйственных культур относятся к числу простых и недорогостоящих мер. Ограничение масштабов использования мочевиновых удобрений или дальнейшая замена минеральных удобрений навозом является относительно недорогой стратегией в районах с достаточным количеством скота. Однако во избежание возникновения конфликтов с выщелачиванием нитратов необходимо вести учет переносов навоза.

64. Низкоэмиссионное внесение навоза в почву (инжекторное внесение навоза на пастбищах и его прямая заделка в почву на пахотных землях) является наиболее эффективной мерой, но требует инвестиций в оборудование, которые окупятся, если эта мера будет сочетаться с меньшим использованием минеральных удобрений<sup>68</sup>. В настоящее время низкоэмиссионное внесение навоза в почву является наиболее эффективным вариантом действий по сокращению выбросов аммиака, например для Германии и Франции.

<sup>66</sup> *Lukin S.M., K.S. Nikolskiy, V.V. Ryabkov, I.V. Rusakova (2014), Methods to reduce ammonia nitrogen losses during production and application of organic fertilizers, in: Van der Hoek K.W. and N.P. Kozlova, Eds.*

<sup>67</sup> *Kakareka S.V., A.V. Malchikhina (2014), Scenarios for reduction of ammonia emissions in Belarus, in: Van der Hoek K.W. and N.P. Kozlova, Eds.*

<sup>68</sup> *Haan BJ de, et al. (2009), Emissiearm bemesten geëvalueerd, PBL-report 500155001, Bilthoven.*

65 В районах с высокой плотностью скота (Бельгия, Дания и Нидерланды) уже были приняты подобные недорогостоящие меры для защиты экосистем. Дальнейшее расширение масштабов использования воздушных скрубберов в помещениях для содержания животных будет выступать в качестве дорогостоящего, но приемлемого технического варианта действий в районах с высокой плотностью поголовья скота, который позволит повысить степень защиты здоровья населения и природных территорий. Ожидается, что дальнейшие инвестиции, инновации и расширение масштабов применения таких методов приведут к последующему снижению цен и в то же время будут способствовать развитию многооборотной экономики использования азота.

66. Дальнейшее сокращение выбросов аммиака потребует структурных изменений, включая повышение эффективности использования азота. Такой подход будет предусматривать необходимость замены минеральных удобрений навозом («органическим» удобрением) и производства других источников белка, помимо мяса. Кроме того, потребуются изменения со стороны спроса, такие как сокращение пищевых отходов и избыточного потребления калорий и модификация рациона питания.

67. Учет взаимосвязей с охраной водных ресурсов (например, выщелачиванием нитратов) и климатической политикой требует особого внимания, с тем чтобы избежать негативных побочных последствий мер по снижению выбросов аммиака и извлечь выгоду из потенциального синергетического эффекта. Например, для крупного рогатого скота одним из вариантов действий по сокращению выбросов аммиака могут стать меры по изменению кормового содержания, однако такая стратегия должна также сочетаться с целью, предусматривающей сокращение выбросов метана. Меньшее использование минеральных удобрений (например, повышение эффективности использования азота за счет точного земледелия) позволило бы оказать благотворное воздействие на качество воздуха и климат, поскольку для производства минеральных удобрений необходимы большие объемы природного газа, а применение и производство минеральных удобрений вносят вклад в процесс образования выбросов закиси азота.

68. Увеличение масштабов использования энергетических культур при переходе к углеродно-нейтральной экономике означало бы необходимость сокращения площадей, занятых другими культурами, при сохранении продовольственной безопасности. На практике это предусматривает сокращение площади земель, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур для кормления животных. Повышение эффективности использования азота поможет в этом отношении, но вряд ли само по себе будет достаточным, и поэтому животноводческое производство, скорее всего, придется сокращать.

69. С учетом трансграничной роли аммиака в образовании вторичного дисперсного вещества, защите биоразнообразия и формировании связей с политикой в области климата и продовольственной безопасности важно продолжать обмен информацией о технических и нетехнических мерах политики по сокращению выбросов. По крайней мере в краткосрочной перспективе ясность в отношении сроков осуществления предусмотренных мер по борьбе с выбросами аммиака помогала бы соседним странам подкреплять свои национальные планы действий по управлению качеством воздуха количественными оценками.