

**Европейская экономическая комиссия****Исполнительный орган Конвенции
о трансграничном загрязнении воздуха
на большие расстояния****Сорок вторая сессия**

Женева, 12–16 декабря 2022 года

Пункт 5 предварительной повестки дня

Обзор достаточности и эффективности**Протокола о борьбе с подкислением,
эвтрофикацией и приземным озоном с поправками,
внесенными в 2012 году****Научная информация для обзора Гётеборгского
протокола***Резюме*

Настоящий документ был подготовлен Председателем Рабочей группы по воздействию и Председателем Руководящего органа Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе (ЕМЕП) на основе научной информации, представленной научными центрами и целевыми группами в рамках Конвенции, для предоставления информационной основы для обзора Протокола о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном (Гётеборгский протокол) с поправками, внесенными в 2012 году.

Настоящий документ сопровождает доклад об обзоре Протокола о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном с поправками, внесенными в 2012 году (ECE/EB.AIR/2022/3), и неофициально именуется «приложением I» к нему. Он был одобрен Руководящим органом Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе и Рабочей группой по воздействию на их восьмой совместной сессии (Женева, 12–16 сентября 2022 года) и направлен Исполнительному органу для информации.



I. Введение

1. Настоящий документ был подготовлен Председателем Рабочей группы по воздействию и Председателем Руководящего органа Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе (ЕМЕП) на основе научной информации, представленной президиумами расширенного состава Рабочей группы по воздействию¹ и Руководящего органа Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе², в разрезе обзора Протокола о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном (Гётеборгский протокол) с поправками, внесенными в 2012 году, работа по проведению которого была начата согласно решению 2019/4 Исполнительного органа³. Цель документа — обобщить подробный обзор инструментов, итогов и результатов, используемых и достигнутых в рамках Конвенции, для поддержки политических решений, реализации протоколов к Конвенции и оценки их эффективности.

2. Гётеборгский протокол основан на научных знаниях и предусматривает подход, который учитывает многообразие загрязнителей и видов их воздействия, который устанавливает национальные целевые уровни сокращения выбросов для уменьшения подкисления, эвтрофикации и последствий загрязнения воздуха для окружающей среды и здоровья человека (включая приземный озон (O₃) и тонкодисперсное вещество (PM_{2,5})). Основными направлениями деятельности целевых групп, международных программ сотрудничества и центров ЕМЕП являются ведение кадастров выбросов, измерение и моделирование атмосферного загрязнения и осаждения в случае эвтрофицирующих и подкисляющих соединений, озона и тонкодисперсного вещества, мониторинг воздействия (подкисление, эвтрофикация, воздействие озона на растительность, сельскохозяйственные культуры и здоровье человека и воздействие тонкодисперсного вещества на здоровье человека) и разработка моделей. В регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК) создана уникальная структура для сбора данных в этих различных областях, которая позволяет проанализировать масштабы воздействия, тенденции загрязнения воздуха и его последствия, а также оценить преимущества текущей политики и наметить области (секторальные, географические), где требуются дополнительные усилия.

3. Сведения о состоянии современных знаний приводятся в настоящем документе в порядке иллюстрации утверждений, содержащихся в докладе об обзоре Протокола о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном с поправками, внесенными в 2012 году (ECE/EB.AIR/2022/3).

II. Выбросы

4. В дополнение к сведениям о тенденциях в динамике выбросов (включая черный углерод (ЧУ)), подробно изложенным в докладе об обзоре Гётеборгского протокола с поправками, внесенными в 2012 году, в данном разделе содержится дополнительная информация о кадастрах выбросов и процедурах представления докладов, а также о принципах обеспечения качества, гарантирующих достоверность и актуальность данных для целей науки и директивной поддержки: сопоставимость, полнота, последовательность, точность и прозрачность.

5. Создание надежной научной основы для поддержки деятельности по ведению кадастров выбросов и отчетности о выбросах является одним из серьезных успехов

¹ Включает в себя Президиум Рабочей группы; председателей целевых групп международных совместных программ, Совместной целевой группы по аспектам воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека; и представителей центров международных совместных программ.

² Включает в себя Президиум Руководящего органа; председателей целевых групп Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе; и представителей центров Совместной программы наблюдения и оценки.

³ URL: <https://unece.org/decisions>.

программы ЕМЕП, позволяя обеспечить связующее звено между наукой и политикой, поскольку кадастры выбросов играют важную роль в качестве исходных ресурсов для разработки моделей и оценки соблюдения вытекающих из протоколов к Конвенции обязательств в отношении предельных уровней выбросов.

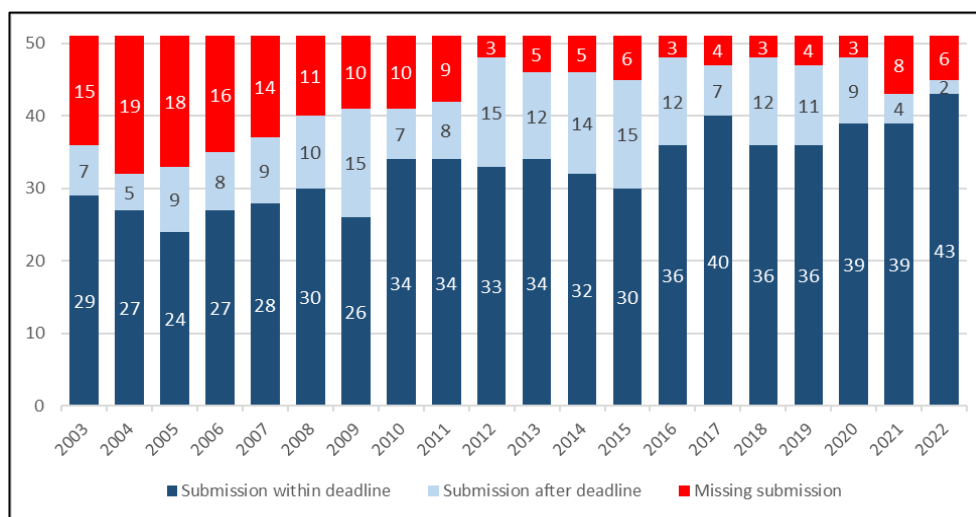
6. Фундаментальной основой этой деятельности является Справочное руководство ЕМЕП/Европейского агентства по окружающей среде (ЕАОС) по кадастрам выбросов загрязнителей воздуха («Справочное руководство»), где содержится всеобъемлющая информация по составлению оценок выбросов загрязнителей воздуха. Техническая сфера применения Справочного руководства по-прежнему ориентирована на охват методологий для загрязнителей, включенных в обязательства по представлению отчетности в рамках Конвенции, и источников, актуальных для стран, входящих в географическую зону действия Конвенции. Вместе с тем Справочное руководство признано во всем мире в качестве основного справочного пособия для целей ведения кадастров выбросов загрязнителей воздуха⁴.

7. Сведения национальных кадастров выбросов ежегодно сообщаются Сторонами, которые также составляют информационные доклады о кадастрах, где описываются сделанные допущения и материалы национальных кадастров. В большинстве случаев методологии в целом соответствуют Справочному руководству 2019 года, а отчетность — Руководящим принципам представления данных о выбросах и прогнозах в соответствии с Конвенцией (ECE/EB.AIR/125). Оценка кадастров выбросов проводится согласно трехэтапному подходу, причем наиболее сложным является третий этап оценки («углубленная» экспертная оценка), которая проводится экспертами по национальным выбросам (из реестра экспертов).

8. В последние годы значительно повысилась полнота отчетности: в 2022 году сведения о кадастрах представили 47 Сторон. Однако материалы, представленные 9 Сторонами, были неполными, и 9 Сторон не представили информационный доклад о кадастрах. За последние несколько лет охват представляющих информацию Сторон возрос до 94 % (см. рис. 1 ниже).

Рис. 1

**Положение дел в области представления информации
(по состоянию на 18 марта 2022 года) за последние 20 лет**



Источник: Центр по кадастрам и прогнозам выбросов.

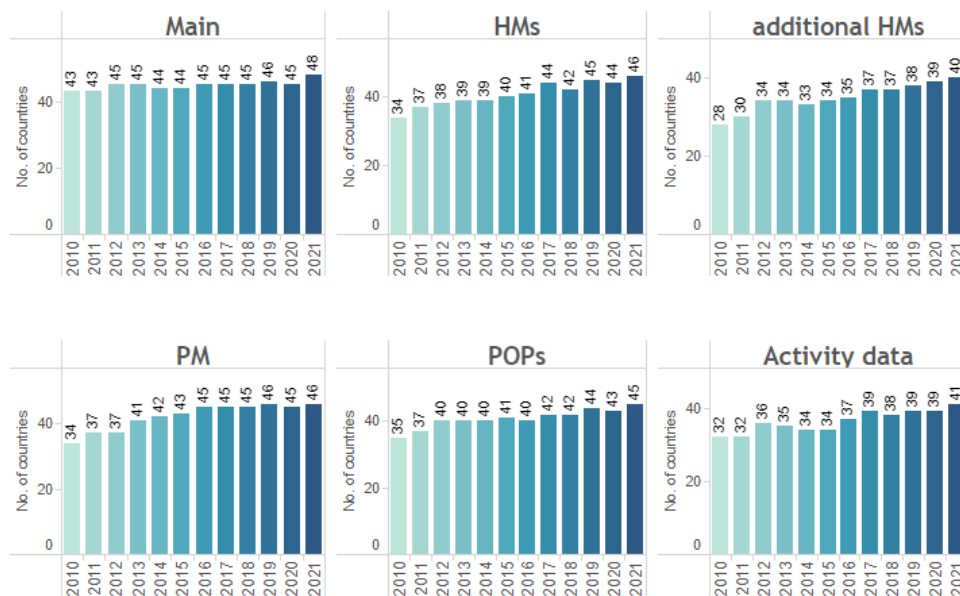
9. Проблемы обеспечения полноты сохраняются (см. рис. 2 ниже) в силу нехватки данных; неполноты наборов данных по всем приоритетным загрязнителям; отсутствия

⁴ Кроме того, чтобы сделать Справочное руководство более доступным для составителей кадастров в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК), оно было переведено на русский язык.

полных временных рядов; либо отсутствия надлежащего документального подтверждения данных о деятельности.

Рис. 2

Число Сторон, представляющих данные о выбросах по различным группам загрязнителей (2010–2021 годы)



Источник: Центр по кадастрам и прогнозам выбросов — средство просмотра данных.

Сокращения: HMs — тяжелые металлы; PM — тонкодисперсное вещество; POPs — стойкие органические загрязнители.

10. Вопрос последовательности временных рядов до сих пор нередко встречается в ежегодных углубленных обзорах. Обычно речь идет о ранних годах временного ряда, и пересчеты зачастую не применяются последовательно в течение многих лет. Последовательность временных рядов представленных данных можно проверить с помощью средства просмотра ежегодно обновляемых данных⁵.

11. В целом в случае основных загрязнителей и PM_{2,5} точность выше, чем в случае ТМ и СО₂. В связи с точностью часто возникает вопрос использования методов, относящихся к уровню 1, для какой-либо ключевой категории. Важнейшим элементом для обеспечения высокого уровня прозрачности кадастров являются подробные информационные доклады о кадастрах (ИДК). Однако в 2021 году информационные отчеты о кадастре не представили девять Сторон, т. е. меньше, чем в предыдущие годы.

12. Все кадастры выбросов включают фактор неопределенности. Поскольку кадастры выбросов закладывают прочную основу для борьбы с загрязнением воздуха, важно оценивать эти факторы неопределенности. Таким образом, информация об оценке неопределенности должна являться неотъемлемой частью всех кадастров выбросов. Кроме того, как предусмотрено в Руководящих принципах представления данных о выбросах и прогнозах в рамках Конвенции, «Сторонам следует указывать в количественном выражении факторы неопределенности, заложенные в их оценки выбросов, на основе использования наиболее приемлемых имеющихся методологий и с учетом рекомендаций, содержащихся в Справочном руководстве ЕМЕП/ЕАОС»⁶. Однако в материалах о своих кадастрах, представленных в 2021 году, сведения об оценке неопределенности сообщили менее половины Сторон Конвенции. Обычно Стороны сообщают о неопределенности в отношении общего объема выбросов и динамики изменений объема выбросов. В последние годы оценки факторов

⁵ См. www.ceip.at/data-viewer.

⁶ ECE/EB.AIR/125, п. 31.

неопределенности представляются чаще, тем не менее, прогресс достигается медленно.

13. Приведенная ниже таблица демонстрирует значительный диапазон неопределенности в данных, представленных Сторонами по большинству загрязнителей. Вполне вероятно, что отчасти столь широкий разброс обусловлен существующими в действительности различиями в неопределенности кадастров и также отчасти — недооценкой или переоценкой существующих в действительности неопределенностей. Кроме того, в некоторых случаях пересчитанные показатели за прошлые годы, превышают тот уровень, о котором говорят указанные значения неопределенности⁷.

Анализ неопределенностей, представленный вместе с данными о выбросах (материалы 2021 года)

Загрязнитель	Диапазон неопределенности, о котором сообщили Стороны в отношении общего объема выбросов в стране (доля в %)	Число Сторон, представивших оценку неопределенности в отношении общего объема выбросов в стране	Диапазон неопределенности, о котором сообщили Стороны в отношении динамики изменений в объемах выбросов (доля в %)	Число Сторон, представивших оценку неопределенности в отношении динамики изменений объемов выбросов
NO _x	8,5–59	19	1–31	19
НМЛОС	15–112	19	1,8–32,2	19
SO _x	5–47	19	0,2–103	19
NH ₃	9,5–143	19	3,1–364,8	19
PM _{2,5}	9,96–96,6	17	3–140	18
ТЭО	27,1–302	7	3,1–67	7

Источник: Центр по кадастрам и прогнозам выбросов.

Сокращения: NH₃ — аммиак; НМЛОС — неметановые летучие органические соединения; NO_x — оксиды азота; SO_x — оксиды серы.

14. При проведении обзора особое внимание уделялось морским перевозкам — одному из основных источников загрязнителей воздуха в настоящее время. Выбросов в секторе морских перевозок касаются три категории номенклатуры отчетности (НО): НО 1.A.3.d.i(i) (международное морское судоходство); НО 1.A.3.d.i(ii) (международное судоходство по внутренним водным путям); и НО 1.A.3.d.ii (национальное судоходство (перевозки грузов)). Согласно прогнозам, в зависимости от предположений в отношении роста международной торговли и использования технологий ограничения объемов выбросов выбросы NO_x в секторе международных морских перевозок в XXI веке будут оставаться примерно на прежнем уровне или немного уменьшатся в абсолютном выражении. Авторы прогнозов считают, что к концу этого века доля выбросов NO_x в секторе международных морских перевозок в процентах от общемирового объема антропогенных выбросов NO_x (составляющая в настоящее время около 30 %) будет колебаться в пределах 10–60 % в зависимости от эффективности ограничений объемов выбросов NO_x на суше. В транспортном секторе также можно повысить точность оценок в авиационном сегменте (как и в случае морских перевозок); тем не менее, это по определению «международный» «трансграничный» источник выбросов. Однако централизованный подход при изучении этого вопроса, безусловно, был бы предпочтительнее, поскольку существует опасность того, что при обобщении данных каждой Стороны по принципу «снизу вверх» возможны пробелы, получение неоднородных по качеству данных и в целом несопоставимость набора данных.

⁷ Sabine Schindlbacher, Bradley Matthews and Bernhard Ullrich, “Uncertainties and recalculations of emission inventories submitted under CLRTAP”, Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP) Technical Report No. 01/2021 (n.p., 2021).

15. Наконец, с точки зрения изучения будущих обязательств по сокращению выбросов, безусловно, имело бы смысл учитывать секторы, в случае которых, как полагают, методологии и данные слишком ненадежны для установления обязательных требований. Таким образом, в будущем в представленных данных кадастров может быть повышено качество описания источников выбросов NO_x и НМЛЮС в секторе сельскохозяйственной деятельности. В национальных докладах о выбросах можно представлять достаточно достоверные оценки объемов выбросов от содержания скота и использования навоза. В последних версиях Справочного руководства обновлены соответствующие методологии и коэффициенты выбросов. Представление данных о выбросах от сельскохозяйственных угодий и культур не обязательно в процессе отчетности и такие выбросы не учитываются при проверке соблюдения установленных требований на национальном уровне. Уровень неопределенности все еще высок, но, учитывая потенциальную возможность более полного описания этих антропогенных выбросов в будущем, с одной стороны, и их потенциальную роль, с другой стороны, представляется целесообразным учитывать их в будущих процедурах отчетности.

III. Мониторинг атмосферного воздуха и разработка моделей

16. Стратегия мониторинга ЕМЕП на период 2020–2029 годов (ECE/EB.AIR/2019/4) предусматривает создание сети, предназначенной для измерения фоновое загрязнение воздуха (концентраций и осаждения загрязнителей) в сельской местности с целью улавливания трансграничных потоков. В сети работают национальные эксперты Сторон, координацию и управление осуществляет Координационный химический центр. Система разработки моделей ЕМЕП включает разработку моделей переноса химических веществ с использованием новейших знаний о механизмах загрязнения воздуха и получение результатов моделирования (карты оценки, анализ зависимости «источник-приемник выбросов», отработка сценариев), которые служат подспорьем для науки и политики. Работа в рамках сети мониторинга ЕМЕП и по линии составления моделей ЕМЕП ведется уже давно, что позволяет последовательно анализировать динамику на основе данных более чем за 20-летний период. Получаемые результаты описываются ниже⁸.

Озон

17. O₃ является одним из вторичных загрязнителей, и наблюдаемые тренды в его динамике отражают метеорологическую изменчивость в гораздо большей степени, чем динамика изменений соединений-прекурсоров. Наблюдаемые тенденции в динамике загрязнения O₃ в значительной степени зависят от рассматриваемого параметра с высокой степенью варьирования тенденций в динамике среднегодовых концентраций и тенденций по другим параметрам, значимым для оценки воздействия на здоровье человека (SOMO35)⁹ и на экосистемы, или наиболее интенсивных пиков¹⁰. Эти тенденции также заметно различаются при учете разнообразия типологии станций мониторинга и географических районов. На них влияет эффект титрования, при котором уменьшение выбросов NO_x может приводить к увеличению объемов O₃, особенно в зимний период. В период 2000–2018 годов среднегодовой уровень концентрации O₃ увеличился на 11 %, в то время как в сельской местности наблюдалось небольшое снижение (на 3 %) ¹¹. Такая разница в типологии станций

⁸ Подробнее см. доклад о ходе работы ЕМЕП за 2022 год (готовится к выпуску) и [ЕМЕП_Status_Report_1_2021.pdf](#).

⁹ Сумма средних значений концентраций свыше 35 частей на миллиард (озон).

¹⁰ URL:

https://unece.org/DAM/env/documents/2016/AIR/Publications/Air_pollution_trends_in_the_EMEP_region.pdf.

¹¹ Данные оценки тенденций обновлены для периода 2000–2018 годов с использованием методологии, опубликованной в докладе за 2000–2017 годы (с последующей коррекцией летом 2021 года за период с 2000 по 2019 год). URL: <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc->

обусловлена эффектом титрования: сумма $O_3 + NO_2$ уменьшается на участках в городах и сельской местности соответственно на 2 % и 13 %.

18. Тенденции в динамике изменений концентрации O_3 в летний период, а также более высокие показатели концентрации озона (ежедневная максимальная 8-часовая концентрация, сумма средних значений концентраций озона свыше 35 частей на миллиард (SOMO35)) проявляются сильнее и четче, чем в годовых данных, хотя изменчивость в зависимости от контрольного участка велика¹². При использовании четких критериев сбора данных медианные тренды максимального дневного содержания O_3 в июне–августе составили на участках ЕМЕП 0,6 части на миллиард (млрд–1/год) (модель ЕМЕП — 0,4 млрд–1/год). В наблюдаемых тенденциях в гораздо большей степени прослеживается изменчивость, чем в тех, которые были смоделированы, причем на выявленную динамику в большей степени повлияли летние периоды с высоким содержанием O_3 в некоторых регионах в 2003 и 2006 годах.

19. Пиковые значения концентрации O_3 систематически снижаются (соответственно на 11 % и 6 % в сельской местности и городах), однако данный диапазон сокращения можно считать ограниченным по сравнению с изменениями, составившими соответственно –47 % и –54 % для выбросов НМЛОС и NO_x за тот же период времени. Это несоответствие, выраженное в относительных тенденциях, в значительной степени обусловлено тем, что стратегии смягчения воздействия O_3 на деле обеспечивают только снижение — сверх определенной естественной нагрузки, оценить которую по-прежнему нелегко. К тому же на динамику этих тенденций в период 2000–2018 годов все же сильно влияют показатели концентрации O_3 за выбывающиеся из общей картины 2003 и 2006 годы, причем даже для пиковых уровней O_3 . После 2007 года в динамике пиковых значений концентрации O_3 значительного снижения, как правило, не наблюдалось, за исключением Южной Европы.

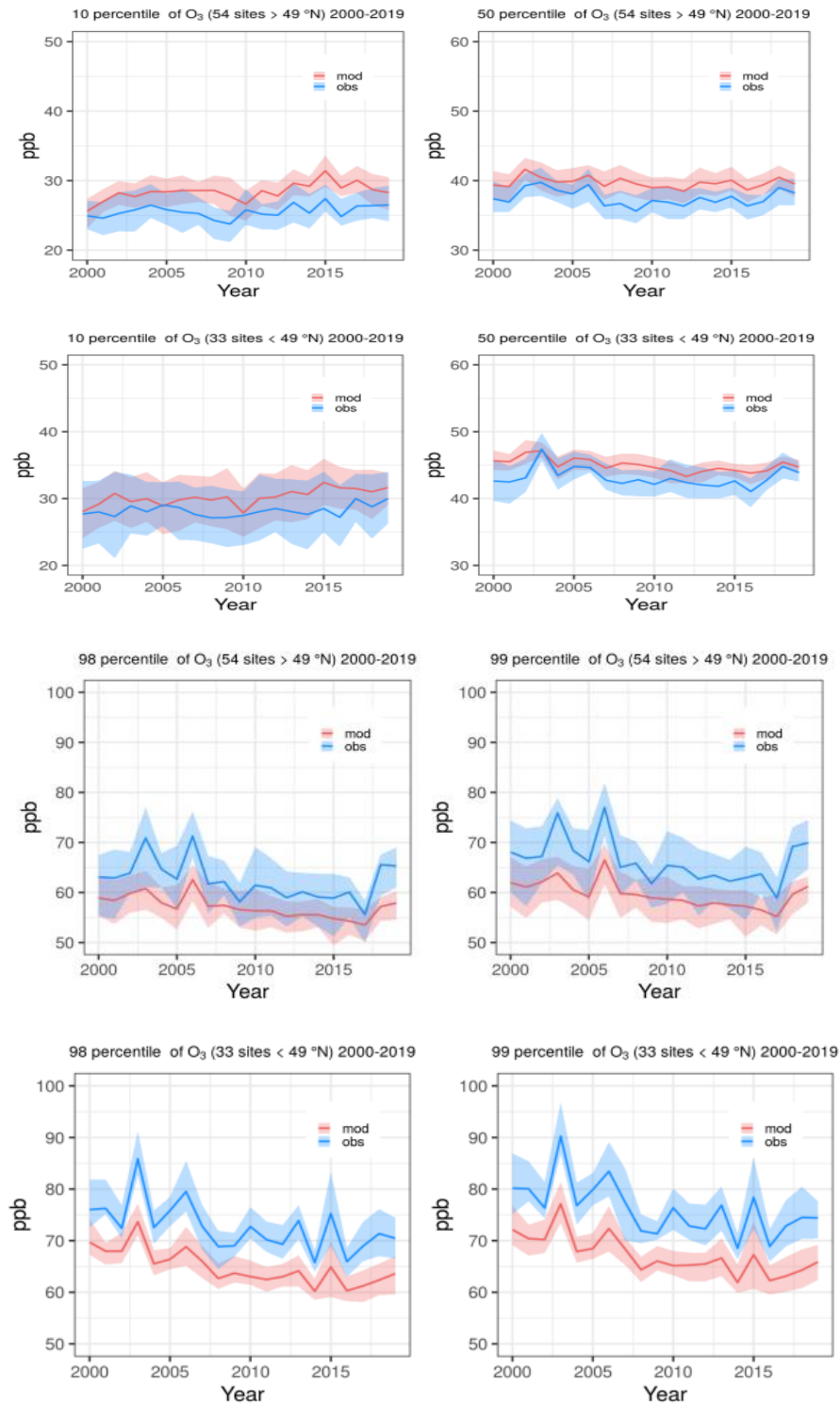
20. Иллюстрацией таких выводов служит приводимый ниже рис. 3, где представлены самые низкие и самые высокие процентилю тенденции в динамике концентрации O_3 за последние 20 лет для северных и южных районов (выше и ниже 49° с. ш.). Тенденции к увеличению или стабильные тенденции просматриваются на самых низких уровнях концентрации, некоторые же тенденции к снижению наблюдаются и моделируются (благодаря сокращению выбросов прекурсоров O_3) в самых высоких процентилях, особенно на юге. Наблюдаемые и смоделированные тенденции достаточно хорошо согласуются.

[atni/products/etc-atni-reports/etc-atni-report-16-2019-air-quality-trends-in-europe-2000-2017-assessment-for-surface-so2-no2-ozone-pm10-and-pm2-5-1](#).

¹² Kai-Lan Chang and others, “Regional trend analysis of surface ozone observations from monitoring networks in eastern North America, Europe and East Asia”, *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 5, art. 50 (2017).

Рис. 3

Тенденции изменения годовых процентилей суточного максимума O_3 в 2000–2019 годах по данным наблюдений и модельных расчетов Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе для участков к северу от 49° с. ш. (первая и третья строки) и к югу от 49° с. ш. (вторая и четвертая строки)



Источник: Координационный химический центр.

Примечания: сплошная линия обозначает среднее значение, затененная область — двадцать пятый и семьдесят пятый процентиля. Включены только участки, которые расположены на высоте до 1200 м над уровнем моря и по которым имеются данные минимум за 15 лет.

Сернистые и азотсодержащие соединения

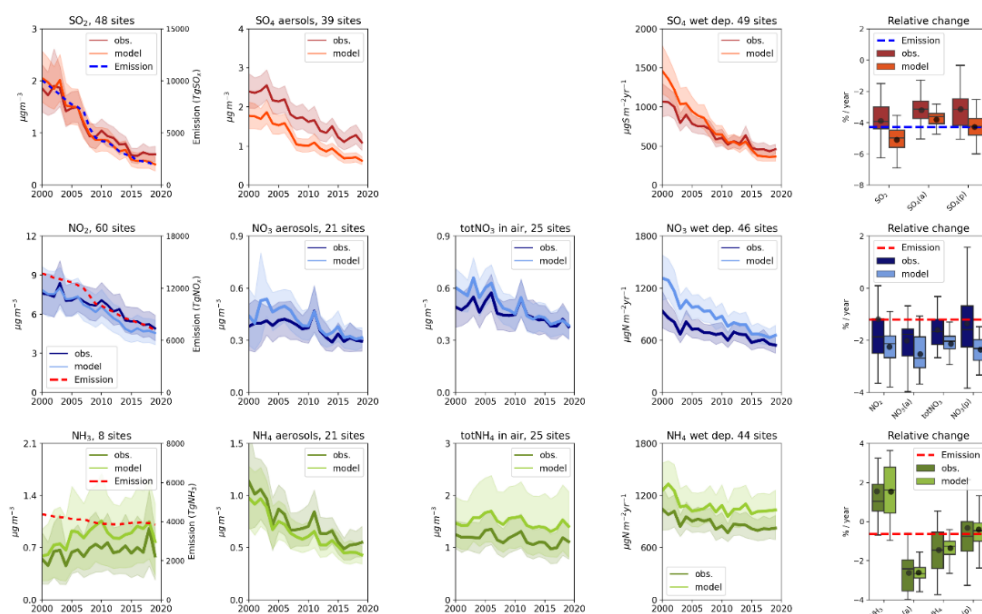
21. С 1980-х годов наблюдается снижение среднегодовой концентрации диоксида серы (SO_2) и сульфатов в форме твердых частиц, а также мокрого осаждения окислов серы. На участках фонового загрязнения ЕМЕП изменения, произошедшие в период с 2000 по 2018 год, для SO_2 , сульфатов в форме твердых частиц и мокрого осаждения окислов серы соответственно составляют в среднем -4% /год, $-2,9\%$ /год и $-3,3\%$ /год (результаты модели ЕМЕП — соответственно $-5,3\%$ /год, $-4,0\%$ /год, $-4,5\%$ /год). Это вполне соответствует зарегистрированной тенденции снижения выбросов за период 2000–2018 годов в Европе на 91 %, влияние же трансконтинентального переноса незначительно.

22. Начиная примерно с 1990 года общий объем выбросов NO_x в Европе значительно снизился, затем последовало снижение концентрации диоксида азота (NO_2) и общего осаждения нитратов (азотная кислота вместе с нитратами в форме твердых частиц) в воздухе и уменьшение осаждения оксидов азота (N) на измерительных станциях мониторинга фонового загрязнения ЕМЕП. В период 2000–2018 годов среднее снижение на измерительных станциях мониторинга фонового загрязнения ЕМЕП, где проводится долгосрочный мониторинг, для концентраций диоксида азота, нитратов в форме твердых частиц и мокрого осаждения оксидов азота составило соответственно $-1,5\%$ /год, $-1,9\%$ /год и $-1,7\%$ /год (результаты модели ЕМЕП — соответственно $-2,3\%$ /год, $-2,3\%$ и $-2,4\%$ /год). Однако тренд наблюдаемого снижения NO_2 (соответственно на 37 % и 28 % в сельской местности и городах) намного ниже зарегистрированного снижения выбросов в Европе (на 55 %).

23. С 2000 года было достигнуто лишь незначительное в сравнении с другими загрязняющими веществами сокращение выбросов аммиака. Как следствие, содержание аммония в осадках снизилось незначительно (медиана $-0,08\%$ /год в период с 2000 по 2018 год на измерительных станциях долгосрочного мониторинга ЕМЕП). Однако образование твердых частиц аммония в воздухе зависит от наличия не только аммиака, но и азотной кислоты (которая образуется из NO_x) и сульфатов (которые образуются из SO_x). При существенном сокращении выбросов SO_x и NO_x , которое наблюдается в последние десятилетия, аммиак в значительной степени находится в избытке, а наличие азотной кислоты и сульфатов ограничивает образование аммония, что приводит к снижению содержания аммония в воздухе на станциях долгосрочного мониторинга ЕМЕП в среднем на $-2,8\%$ /год. Общее количество восстановленного азота в воздухе (аммиак + твердые частицы аммония) снижается меньше (-1% /год в период с 2000 по 2018 год), так как более значительную долю общего восстановленного азота составляет аммиак (но с более коротким сроком сохранения, чем аэрозоль аммония). На большинстве измерительных участков, где проводится мониторинг концентраций аммиака в воздухе, существенных тенденций не выявлено. Эти выводы обобщены на рис. 4 ниже.

Рис. 4

Наблюдаемые и смоделированные тенденции изменения концентраций сернистых и азотсодержащих соединений в сравнении с тенденциями изменения объемов выбросов (первая и пятая колонки) для атмосферных концентраций и влажного осаждения в период 2000–2020 годов

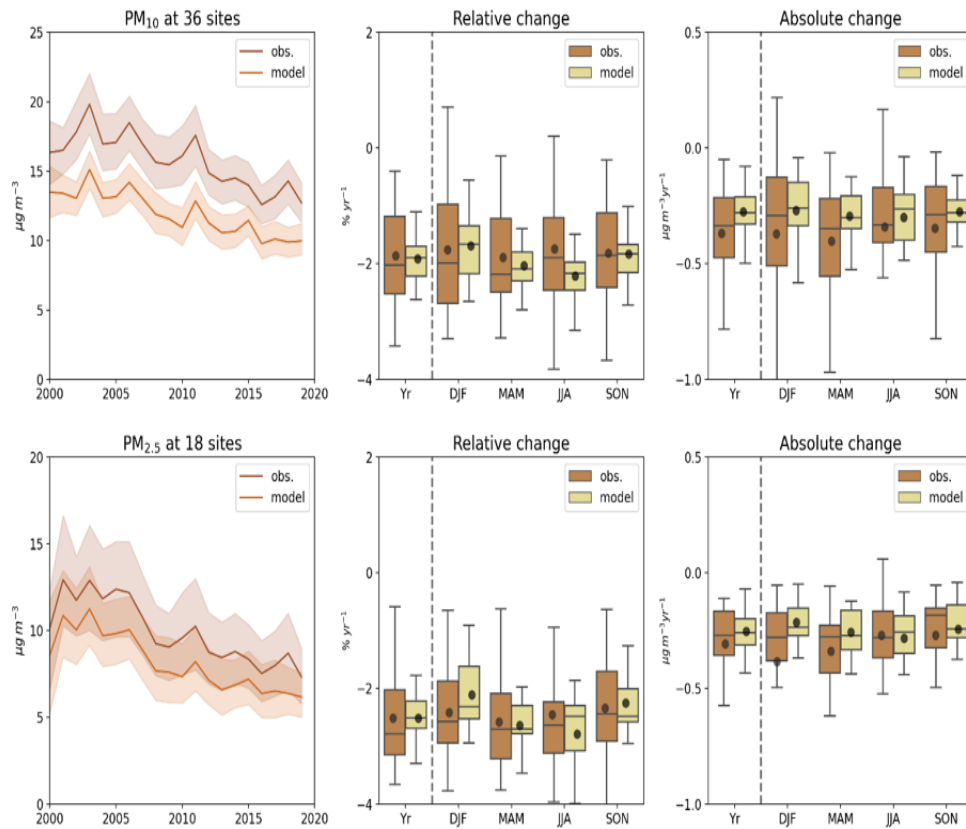


Твердые частицы (PM₁₀ и PM_{2,5})

24. С 2000 года наблюдается значительное сокращение PM₁₀ и PM_{2,5} (в среднем соответственно $-1,7\%$ /год и $-2,3\%$ /год на участках долгосрочного мониторинга ЕМЕП, и немного больше в модельных расчетах ЕМЕП (соответственно $-2,0\%$ /год и $-2,6\%$ /год). С 2000 года значительно снизилась концентрация вторичных неорганических аэрозолей (сульфаты, нитраты и аммоний в форме твердых частиц), причем наиболее значительно уменьшилась концентрация сульфатов (SO₄: $-2,9$ ($-4,0$) $\%$ /год, NO₃: $-1,9$ ($-2,3$) $\%$ /год, NH₄: $-2,8$ ($-2,9$) $\%$ /год, в скобках указаны данные модели ЕМЕП). Для природных компонентов (морская соль и пыль) имеется меньше станций долгосрочного мониторинга, и лишь на немногих из них наблюдаются существенные тенденции. Тренды PM₁₀ и PM_{2,5} превышают темпы изменения выбросов первичных ТЧ благодаря дополнительному эффекту мер по смягчению последствий, объектом которых являются прекурсоры вторичных ТЧ. В случае PM_{2,5} среднее наблюдаемое снижение составляет -31% по сравнению с изменениями объема выбросов на -19% (диаграмма 5 ниже).

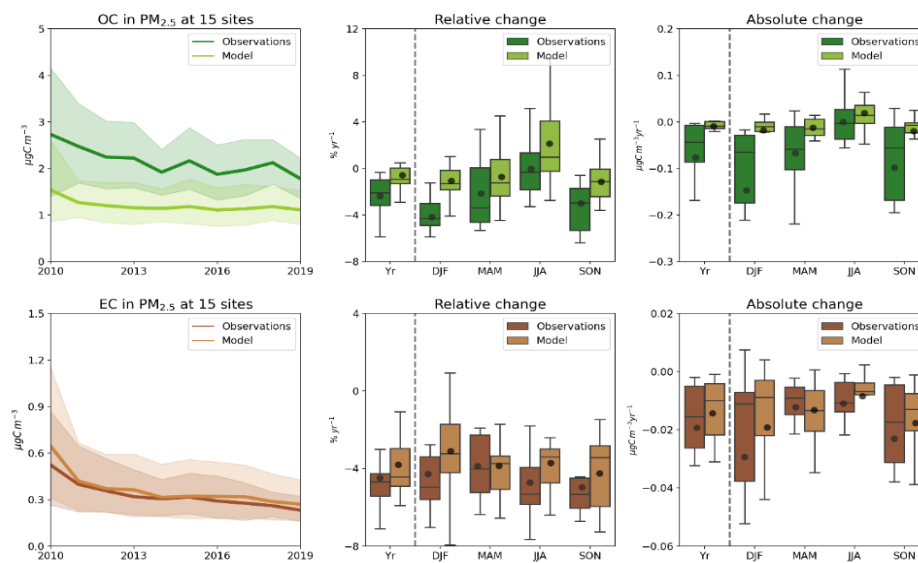
25. Для углеродсодержащих аэрозолей существует очень мало контрольных участков, где проводятся долгосрочные и последовательные измерения. На диаграмме 6 ниже показаны тенденции за более короткий период 2010–2019 годов. Как видно на диаграмме, с 2010 года концентрация элементарного углерода снизилась на 4% в год, что указывает на сокращение выбросов из антропогенных источников, в то время как динамика изменений концентрации органического углерода (в большей степени) зависит от природных источников, и поэтому ее оценить сложнее. В случае органического углерода довольно высока сезонная изменчивость, демонстрируя весьма значительное снижение зимой (не улавливаемое моделью) и более стабильные тенденции в другие времена года.

Рис. 5
Наблюдаемые и смоделированные тенденции изменения концентрации PM_{10} и $PM_{2.5}$ за период 2000–2020 годов



Примечание: также показаны годовые и сезонные тенденции в динамике относительных и абсолютных изменений.

Рис. 6
Наблюдаемые и смоделированные тенденции изменения концентрации органического углерода и элементарного углерода в период 2010–2019 годов



Примечание: также показаны годовые и сезонные тенденции в динамике относительных и абсолютных изменений.

В центре внимания — морские акватории

26. Согласно модельным расчетам Метеорологического синтезирующего центра-Запад (МСЦ-3) осаждение окисленного азота в бассейне Балтийского моря снизилось в период 1995–2018 годов на 37 %. Масштабы снижения осаждения восстановленного азота гораздо меньше (4 %), в то время как общее осаждение азота снизилось на 25 %, в основном благодаря существенному сокращению выбросов NO_x из наземных источников и в секторе морских перевозок. Для регионов Конвенции о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (ОСПАР), охватывающих Северное море и часть Северной Атлантики, снижение по окисленному азоту за тот же период составило 44 %. Однако масштабы осаждения восстановленного азота не уменьшались — в некоторых регионах ОСПАР наблюдалось даже небольшое увеличение. Для Комиссии по защите морской среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ) было проведено исследование эффекта Гётеборгского протокола (и Директивы Европейского союза об обязательствах по сокращению национальных выбросов (ОНВ))¹³ в будущем (в 2030 году). Согласно результатам модели МСЦ-3, осаждение окисленного и восстановленного азота в 2030 году уменьшится по сравнению с уровнями 2005 года соответственно примерно на 55 % и 14 %. Результаты этих расчетов обобщены в докладах МСЦ-3, подготовленных для ОСПАР и ХЕЛКОМ, а также в работе Гаусса и др. (2021 год)¹⁴. С учетом поступления переносимого водой азота предельно допустимый уровень поступления азота в акваторию Балтийского моря все еще превышает уровень 2017 года¹⁵.

27. Согласно результатам модели МСЦ-3, осаждение окисленного азота в акваториях Северного, Средиземного и Черного морей уменьшится за период 2005–2030 годов соответственно на 63 %, 28 % и 20 %. Осаждение восстановленного азота уменьшится соответственно на 18 % (Северное море) и 5 % (Черное море), в то время как в акватории Средиземного моря оно немного увеличивается в период 2005–2030 годов, несмотря на (незначительное) сокращение выбросов аммиака в Европейском союзе.

Перенос загрязнения воздуха в масштабах полушария

28. Из-за более длительного срока сохранения O_3 в атмосфере межконтинентальный вклад в концентрацию приземного озона более значителен, чем аналогичный вклад в концентрацию ТЧ или их составляющих. Концентрация O_3 , наблюдаемая в любой точке, представляет собой озон в сочетании с его прекурсорами, переносимыми из отдаленных источников в масштабах от полушария до региона, и зависит от фотохимического режима, локального фотохимического образования O_3 или локальной потери O_3 в результате титрования оксидом азота. Сокращение выбросов прекурсоров O_3 в регионе ЕЭК привело к снижению пиковых, краткосрочных концентраций приземного O_3 , связанных с локальным фотохимическим производством озона, особенно в летнее время. Сокращение выбросов NO_x также приводит к уменьшению титрования O_3 оксидом азота с соответствующим возрастанием концентрации приземного O_3 , особенно в период с осени по весну, в ночное время и в Европе. Оба эти эффекта повышают относительное влияние фонового O_3 , включая O_3 , образующийся в результате переноса в масштабах полушария, на локальную концентрацию озона в городах, расположенных в регионе ЕЭК, особенно в Европе.

29. За период с 2000 года пиковые уровни приземного O_3 в Европе и Северной Америке значительно снизились, однако тенденции изменения среднегодовых уровней O_3 неоднозначны: на одних участках они повышаются, на других —

¹³ URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.344.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2016:344:TOC.

¹⁴ Michael Gauss and others, “Airborne nitrogen deposition to the Baltic Sea: Past trends, source allocation and future projections”, *Atmospheric Environment*, vol. 253 (15 May 2021).

¹⁵ Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM), “Inputs of nutrients (nitrogen and phosphorus) to the sub-basins (2017) – Key message”, HELCOM Indicators, HELCOM core indicator report (n.p., 2019).

снижаются. По данным измерений с помощью летательных аппаратов, средние уровни O_3 в свободной тропосфере над Европой и Северной Америкой продолжают расти. В других регионах мира и пиковые, и среднегодовые уровни приземного O_3 продолжают расти, как и уровни O_3 в атмосфере, измеряемые с помощью летательных аппаратов.

30. Неоднозначные или слабо выраженные тенденции изменения среднегодовых уровней O_3 скрывают противоположные тенденции в разные времена года. В Европе зимой (декабрь—январь—февраль) и весной (март—апрель—май) на некоторых участках наблюдались слабо выраженные тенденции к увеличению, а на других — к уменьшению. Однако летом (июнь—июль—август) на большинстве европейских участков в период 2000–2014 годов наблюдалось сильное снижение. Осенью (сентябрь—октябрь—ноябрь) на большинстве участков не было выявлено никаких тенденций или наблюдалось слабое снижение. В Северной Америке в период 2000–2014 годов зимой (декабрь—январь—февраль) уровень концентрации приземного O_3 рос, а в летние месяцы (июнь—июль—август) — снижался. Весной и осенью тенденции были неоднозначными, при этом на многих участках существенных тенденций не наблюдалось¹⁶.

31. Наблюдаемая тенденция изменения уровня приземного O_3 и его последствия невозможно полностью объяснить тенденциями изменения объемов выбросов прекурсоров в Европе и Северной Америке. По всей видимости, тенденции к сокращению выбросов прекурсоров O_3 в Европе и Северной Америке примерно с 1990 года, по крайней мере частично нейтрализуются увеличением выбросов NO_x и ЛОС за пределами региона ЕЭК и увеличением выбросов метана в глобальном масштабе.

32. В сравнении с местными антропогенными источниками влияние антропогенных источников выбросов за пределами региона ЕЭК на концентрации различных ТЧ и связанные с ними последствия в регионе ЕЭК является незначительным. Однако лесные пожары и пыль, переносимая ветром из районов, расположенных за пределами региона ЕЭК, оказывают влияние на уровень ТЧ и их осаждение в регионе ЕЭК, и в значительной степени зависят от изменения климата.

33. При повсеместном сокращении объемов выбросов NO_x и ЛОС на один и тот же процент снижение уровня выбросов за пределами Европы окажет более существенное влияние на уровень европейских показателей концентрации O_3 , чем сокращение выбросов в Европе. В Северной Америке равные в процентном отношении сокращения выбросов NO_x и ЛОС за пределами Северной Америки внесли бы значительный вклад в уменьшение концентрации O_3 в Северной Америке, но не больше, чем аналогичное в процентном отношении сокращение выбросов в самой Северной Америке.

34. Благодаря длительному периоду сохранения метана в атмосфере он хорошо перемешивается. Снижение концентрации тропосферного O_3 в результате ограничения выбросов метана в значительной мере не зависит от местоположения источника; т. е. одинаковое сокращение выбросов метана в разных регионах приведет к аналогичному сокращению фонового уровня приземного O_3 в какой-либо конкретной точке. Однако реакция на общемировое снижение концентрации метана, наблюдаемая на местном уровне, более ярко выражена в тех районах, где высок уровень выбросов NO_x и влияние ЛОС на образование O_3 ограничено.

IV. Воздействие на здоровье человека, материалы и окружающую среду

Здоровье человека

35. Совместная целевая группа по аспектам воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)/Конвенции

¹⁶ Chang, "Regional trend analysis".

объединяет экспертов в области охраны окружающей среды и общественного здравоохранения, представляющих Стороны Конвенции. В 2015 году был представлен доклад «Отопление жилых помещений дровами и углем: влияние на здоровье человека и варианты политики в Европе и Северной Америке»¹⁷, в котором обобщены данные, связывающие выбросы от отопления дровами/углем с серьезными последствиями для здоровья человека (например, респираторные и сердечно-сосудистые заболевания и смертность от них. Кроме того, при сжигании дров/угля выделяются канцерогенные соединения, и, по оценкам, ежегодно из-за загрязнения атмосферного воздуха в результате отопления жилых помещений дровами и углем в Европе умирают 61 000 человек и еще 10 000 человек в Северной Америке. Авторы упомянутого доклада делают вывод, что проблему загрязнения атмосферного воздуха трудно решить без решения проблемы отопления древесной биомассой как основного источника вредных загрязнителей воздуха, особенно ТЧ.

36. В 2021 году были опубликованы чрезвычайно важные глобальные рекомендации ВОЗ по качеству воздуха¹⁸, где содержатся количественные, основанные на медицинских показателях, научно обоснованные рекомендации по управлению качеством воздуха, выраженные в виде долгосрочных или краткосрочных концентраций нескольких ключевых загрязнителей воздуха. В новых рекомендациях ВОЗ предусмотрены рекомендованные показатели качества воздуха в отношении PM_{2,5}, PM₁₀, O₃, NO₂, SO₂ и монооксида углерода, оговорены промежуточные целевые уровни и приведены примеры передового опыта в отношении нескольких типов ТЧ, таких как черный/элементарный углерод, ультрамелкодисперсные частицы и песчано-пылевые бури. В конечном итоге эти рекомендации призваны служить ориентиром для политики и действий, направленных на снижение уровня загрязнения воздуха, чтобы уменьшить огромную нагрузку на здоровье человека в условиях загрязнения воздуха во всем мире, в том числе в регионе ЕЭК.

37. Для PM_{2,5} имеются оценки уровня смертности (случаев преждевременной смерти) на основе базы данных ВОЗ по качеству атмосферного воздуха; самые последние оценки основаны на данных за 2016 год и включают расчеты лет жизни с поправкой на инвалидность. Оценки преждевременной смертности и потерянных лет жизни имеются в докладах ЕАОС¹⁹. Прослеживается тенденция к снижению уровня смертности, вызванной данными факторами, в результате уменьшения концентрации загрязнителей воздуха, однако в некоторых районах все еще отмечаются пиковые значения, например, по NO₂ в районах, прилегающих к транспортным магистралям. Демографические данные и сведения о продолжительности жизни взяты из базы данных Евростата, а данные о смертности — из базы данных ВОЗ; взаимосвязь «воздействие — реакция» и численность населения, подверженного риску, соответствуют рекомендациям, вынесенным в рамках проекта по рискам для здоровья от загрязнения воздуха в Европе.

38. По другим параметрам здоровья человека было начато осуществление проекта по разработке метода оценки заболеваемости вследствие загрязнения воздуха и связанных с этим экономических издержек (для районов, где имеется соответствующая статистика здравоохранения), а также функций «концентрация — реакция», которые связаны с заболеваемостью (результаты ожидаются в 2022 году). Во втором докладе «Перспективы чистого воздуха» представлены, в частности, прогнозируемые тенденции заболеваемости на основе данных, имеющихся в Центре ЕМЕП по разработке моделей для комплексной оценки²⁰. Для оценки возможности разработки сценариев необходимы последующие действия в рамках скоординированных усилий многоцелевой группы.

¹⁷ World Health Organization (WHO)/European Environment and Health Process (Copenhagen, 2015).

¹⁸ URL: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

¹⁹ <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/>.

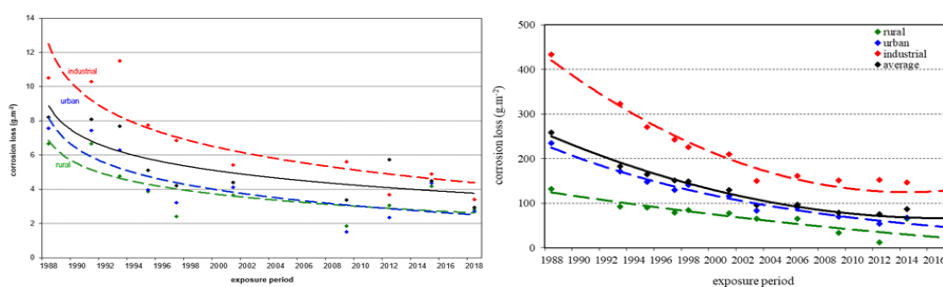
²⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0003&from=EN>.

Материалы

39. Анализ наблюдаемой динамики (см. диаграмму 7 ниже) указывает на то, что с начала 1990-х годов коррозия и загрязнение значительно уменьшились, при этом перелом произошел примерно в 1997 году, когда резкое снижение приобрело более умеренный характер или вовсе прекратилось со стабилизацией соответствующих значений на постоянном уровне без какой-либо тенденции к снижению. Уровень SO_2 и масштабы коррозии углеродистой стали и меди уменьшались даже после 1997 года, причем эта тенденция заметнее проявлялась в городах, в то время как снижения показателей коррозии других материалов после 1997 года, если анализировать показатели за год, не наблюдается. Однако анализ значений за четыре года показывает, что после 1997 года имеет место значительное уменьшение показателей коррозии цинка, которое не просматривается при анализе значений за один год. В некоторых европейских районах до сих пор наблюдаются случаи, когда значения коррозии превышают допустимые уровни.

Рис. 7

(Левая часть) Тенденция к снижению годовых коррозионных потерь цинка на всех контрольных участках в период 1987–2018 годов. (Правая часть) Динамика коррозионных потерь углеродистой стали в сельской местности, городах и на промышленных объектах — средние значения за период 1987–2018 годов



40. Что касается загрязнения материалов, то после 1997 года не наблюдается тенденции к снижению, и в результате уровень загрязнения превышает допустимый на более обширной территории в Европе. Поэтому основное внимание в рамках дальнейшей разработки программы уделяется воздействию новых загрязняющих материалов, например рулонных материалов с покрытием и каменных материалов. Основным источником загрязнения материалов являются ТЧ.

Окружающая среда

Леса

41. Несмотря на то, что в настоящее время на многих контрольных участках Международной совместной программы по оценке и мониторингу воздействия загрязнения воздуха на леса (МСП по лесам) объем осаждения неорганического N, проникающего сквозь полог леса, является высоким, в период с 2000 по 2015 год, как показывают измерения, на большинстве контрольных участков имело место очевидное снижение. Значительное снижение отмечалось особенно на контрольных участках с высоким уровнем загрязнения. В период с 2000 по 2015 год на одной трети контрольных участков с наиболее высоким первоначальным (2000–2004 годы) уровнем осаждения сквозь полог леса произошло медианное снижение на 24 %, в то время как на одной трети участков с самым низким первоначальным уровнем осаждения сквозь полог леса наблюдалось соответствующее уменьшение на 16 %. Примечательно, что на многих контрольных участках в период с 2000 по 2015 год объем осаждения нитратов сквозь полог леса снижался быстрее (на 26 %), чем аммония (на 18 %). Долгосрочные измерения, проведенные в рамках МСП по лесам, показывают, что между применением мер по сокращению уровня выбросов и изменением кислотности почвенного раствора существует длительный промежуток времени. Кроме того, эвтрофицирующее или подкисляющее воздействие осаждения

неорганического N и S повсеместно нарушило в Европе баланс в питании деревьев. На протяжении последних десятилетий во многих районах Европы наблюдалась положительная динамика роста деревьев. Повышение уровня азотных осадений являлось одним из факторов, которые способствовали более интенсивному наблюдаемому росту деревьев и более активному поглощению углерода, но на участках, где достаточно азота, дополнительное его осаждение может вызвать дисбаланс питательных веществ, включая дефицит фосфора, вымывание нитратов, подкисление и потерю катионов оснований, а также повышенную чувствительность к вредителям или патогенам. Поэтому высокое осаждение азота может оказывать разнонаправленное воздействие и потенциально снижать рост леса²¹.

Облесенные водосборы

42. В рамках Международной совместной программы по комплексному мониторингу воздействия загрязнения воздуха на экосистемы (МСП по комплексному мониторингу) водосборные бассейны все чаще реагируют на сокращение выбросов и осадений N в Европе. В период 1990–2017 годов преимущественно наблюдалась тенденция к снижению уровня концентрации общего неорганического азота (ОНА) в поверхностном стоке (76 % участков), а для потоков (69 % участков). Снижение концентрации нитратов (NO₃) и аммония (NH₄) было значительным на соответственно 59 % и 36 % участков, однако в потоках снижение было значительным лишь на соответственно 25 % участков и 31 % участков. С начала 2000-х годов понижательные тенденции выбросов серы и N и соответствующее сокращение их содержания в осадениях и поверхностном стоке, как правило, носит менее выраженный характер. Была выявлена значительная отрицательная корреляция между годовым изменением концентраций и потоков ОНА в стоке и средними потоками ОНА под пологом леса; общими концентрациями N и соотношениями азота и фосфора в листе и подстилке, а также общими концентрациями N и потоками в почвенных водах. Результаты также показали, что на наиболее затронутых азотом участках с наибольшими осадениями азота на лесную почву и наибольшими его концентрациями в листе, подстилке, сточных и почвенных водах отмечено наиболее выраженное снижение ОНА в стоке.

43. Для оценки выгод от регулирования на законодательном уровне сокращения осадений N в подлеске на основе высококачественных долгосрочных данных об осадении, климате, химическом составе почвы и растительности подлеска были проведены исследования на 23 лесных участках европейских сетей МСП по комплексному мониторингу, МСП по лесам и Комплексной европейской инфраструктуры долгосрочных исследований экосистем, критических зон и социально-экологических исследований (eLTER-RI). Была применена динамическая почвенная модель в сочетании со статистической моделью анализа ниш растительных видов и с учетом климата и осадений на контрольных участках. В целях сравнительного анализа наблюдений в настоящее время и прогнозов на 2030 и 2050 годы использовались показатели осадения N и последствия потепления климата, такие как изменение в ареале олигофильных (произрастающих в условиях с низким содержанием питательных веществ), ацидофильных (произрастающих в условиях высокой кислотности) и холодостойких видов растений. Как ожидалось, уменьшение осадений N в результате реализации принятых на законодательном уровне целей по сокращению выбросов до 2030 года не должно было приводить к сокращению масштабов эвтрофикации. Хотя в ходе составления прогнозов с помощью моделей была выявлена значительная неопределенность по сравнению с наблюдениями, они указывают на дальнейшее сокращение олигофильных видов растений в подлеске. Отчасти данный результат объясняется сопутствующими процессами, связанными с воздействием изменения климата и значительным снижением осадения серы и последующим восстановлением после подкисления

²¹ W. de Vries and others, "Impacts of acid deposition, ozone exposure and weather conditions on forest ecosystems in Europe: an overview", *Plant and Soil*, vol. 380, No. 1–2 (2014), pp. 1–45; и Sophia Etzold and others, "Nitrogen deposition is the most important environmental driver of growth of pure, even-aged and managed European forests", *Forest Ecology and Management*, vol. 458 (15 February 2020).

почвы, однако он показывает, что снижение объема осаждения азота в результате принятых на законодательном уровне норм по сокращению выбросов, скорее всего, будет недостаточным для восстановления после эвтрофикации. Кроме того, как показали результаты, для восстановления после продолжительного воздействия интенсивного осаждения N необходимы гораздо более существенные сокращения выбросов окисленного и восстановленного N.

44. Исследования, проведенные в рамках МСП по комплексному мониторингу, показали полезность системного подхода при анализе комплексного воздействия климата и загрязнения воздуха на экосистемные процессы и реакцию биоразнообразия в будущем²². Объединенный набор данных, полученных на 26 лесных участках, относящихся к находящимся на территории Европы сетям МСП по комплексному мониторингу, МСП по лесам и eLTER, был использован в серии моделей. Были смоделированы основные свойства почвы: pH почвенного раствора, насыщенность основаниями (НО), а также значения соотношения почвенного органического углерода и почвенного азота (C:N) с учетом прогнозируемых почвенных осадений N и S и изменения климата до 2100 года. Смоделированные почвенные условия в будущем улучшились в связи с прогнозируемым сокращением осадений при текущих климатических условиях: были получены более высокие значения pH, НО и соотношения C:N на соответственно 21, 16 и 12 из 26 смоделированных участков. При учете данных прогнозов изменения климата значение pH почвы возрастало в большинстве случаев, в то время как значения НО и соотношения C:N увеличивались примерно в половине случаев. Практически ни в одном сценарии, учитывающем фактор потепления климата, не получено снижения pH. Результаты моделирования также показали, что сокращение объемов осаждения азота по сценарию действующего законодательства в отношении сокращения выбросов, скорее всего, будет недостаточным для восстановления подлесочной растительности после повреждений в результате эвтрофикации. Кроме того, для восстановления после продолжительного воздействия интенсивного осаждения N необходимы гораздо более существенные сокращения выбросов окисленного и восстановленного N. Эти исследования иллюстрируют значение участков долгосрочного комплексного мониторинга для моделей, которые позволяют прогнозировать реакцию почв, растительности и видов на многочисленные изменения в окружающей среде.

Реки и озера

45. По результатам Международной совместной программы по оценке и мониторингу воздействия загрязнения воздуха на реки и озера (МСП по воде), которая включает данные с 1990 года примерно по 500 озерам и рекам Европы и Северной Америки, основные показатели подкисления, такие как кислотонейтрализующая способность (КНС), pH и токсичный алюминий, свидетельствуют о том, что в водах наблюдается процесс восстановления. Выявленная динамика является следствием сокращения объемов осадений подкисляющих веществ, однако все более важными факторами изменений становятся изменения климата и землепользования. Крупные бедствия, такие как лесные пожары и нашествия насекомых, зачастую связаны с климатом и могут привести к повторному подкислению поверхностных вод.

46. Осаждение N снижается в меньшей степени, чем серы, и остаются серьезные вопросы относительно его химического и биологического воздействия. Важными факторами, которые влияют на выщелачивание N, увязывая загрязнение воздуха и воздействие химически активного N в поверхностных водах, являются особенности климата и водосбора. Несмотря на то, что N является одним из основных питательных веществ, доминирующим фактором, определяющим продуктивность пресноводных экосистем, зачастую выступает фосфор. Однако появляется все больше данных, указывающих на то, что N, полученный в результате осаждения, может оказывать

²² Thomas Dirnböck and others, “Currently legislated decreases in nitrogen deposition will yield only limited plant species recovery in European forests”, *Environmental Research Letters*, vol. 13, No. 12 (17 December 2018); и Maria Holmberg and others, “Modelling study of soil C, N and pH response to air pollution and climate change using European LTER site observations”, *Science of the Total Environment*, vols. 640–641 (1 November 2018), pp. 387–399.

влияние на продуктивность пресноводных экосистем в озерах с низким содержанием биогенных веществ. Выщелачивание азота, осажденного из воздуха в поверхностные воды и ниже по течению в морские экосистемы, может также способствовать эвтрофикации морской среды, поскольку N выступает в роли биогенного вещества-ограничителя в морской воде. Определение источников N в водоемах (т. е. осадения, сельского хозяйства или другого источника) играет важную роль в оценке результативности мер по сокращению выбросов N в окружающую среду. Предварительные результаты, представленные в докладе о концентрации азота, свидетельствуют о том, что в настоящее время накапливаются важные данные, которые могут в дальнейшем послужить основой для руководства по эмпирическим критическим нагрузкам, разрабатываемого в настоящее время в рамках Рабочей группы по воздействию.

47. В долгосрочных рядах данных, полученных в ходе мониторинга окружающей среды высокогорных и субальпийских участков в Италии и Швейцарии, в 2020 году было выявлено значительное снижение осадения серы и окисленного азота, отклоняющееся от долгосрочной тенденции. Эти отклонения, скорее всего, являются следствием снижения выбросов в атмосферу оксидов азота вследствие уменьшения движения автотранспорта во время пандемии коронавирусного заболевания COVID-19. Также были отмечены некоторые улучшения в химическом составе воды, особенно в отношении нитратов, что говорит о том, что высокогорные, чувствительные к подкислению участки идеально подходят для отслеживания реакции пресной воды на происходящие быстрыми темпами изменения в химическом составе атмосферы.

48. Данные, полученные в ходе мониторинга в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии, демонстрируют биологические изменения, соответствующие реакции на химическое восстановление в некоторых, хотя и не во всех, подкисленных водоемах, в которых происходит процесс восстановления, в то время как данные из высокогорных озер, расположенных в Италии, не показывают ярко выраженных тенденций. В Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии степень биологических изменений не отражает четкой взаимосвязи с пороговыми уровнями КНС, обычно используемыми для определения «критических пределов». Факторы, определяющие темпы биологического восстановления, недостаточно хорошо изучены, и не всегда ясно, какие организмы наиболее восприимчивы к кислотам. На контрольных участках МСП по водам происходит не только восстановление природной среды после подкисления, но и в большей степени ее обогащение химически активным азотом и потепление в результате изменения климата. Совокупность биологических сообществ после подкисления может в значительной степени отличаться от состояния до подкисления.

49. Во многих европейских странах программы мониторинга поверхностных вод позволяют получить данные, имеющие важное значение для нескольких стратегических документов (например, Конвенции, Директивы Европейского союза об обязательствах по сокращению национальных выбросов (ОНВ) и Рамочной директивы ЕС по воде (РДВ))²³. В некоторых странах сеть мониторинга в рамках Директивы ОНВ является более обширной, чем национальная сеть мониторинга, которая представляет данные в МСП по водам, в то время как в других странах эти программы в значительной мере идентичны. В соответствии с РДВ рекомендуемый минимальный размер озера составляет 0,5 км², что превышает размер многих озер, которые расположены в верховьях рек и в отношении которых представлены данные в МСП по водам. Небольшие по размеру озера и водотоки, которые расположены в верховьях рек и не подвержены местным факторам воздействия, таким как сельское хозяйство или загрязнение из точечных источников, имеют ключевое значение для оценки факторов воздействия в региональном масштабе (загрязнение воздуха, изменение климата), например в рамках Конвенции и Директивы ОНВ.

50. Различия между системами классификации подкисления поверхностных вод в разных странах могут препятствовать проведению достоверной сравнительной оценки

²³ URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>.

экологического статуса в соответствии с РДВ на международном уровне. В Норвегии, Швеции и Финляндии физико-химические определения важной пороговой величины, определяющей достаточный и умеренный (т. е. приемлемый/неприемлемый) уровень подкисления водоемов, отличаются. Для разработки системы на основе КНС, которую можно использовать для согласования разных систем классификации, был применен набор химико-биологических данных, существующий в скандинавских странах.

Воздействие О₃ на сельскохозяйственные культуры и растительность: критические уровни

51. Профиль О₃ меняется с 1990 года. «Пиковые» значения снижаются, в то время как «фоновая» концентрация растет. В системе методов измерения на основе концентрации, в которых используются относительно высокие пороговые значения, такие как накопленное воздействие О₃ (свыше порогового уровня 40 частей на миллиард (АОТ40)), наибольшее внимание уделяется пиковым концентрациям. Научные данные подтверждают, что растительность реагирует на совокупное поглощение О₃, отраженное в основанных на потоках показателях дозы озона при фотосинтезе (ДОФ), и что реакция одинакова, когда это происходит в виде «повышения фонового уровня» или «эпизодических пиковых уровней концентрации». Таким образом, воздействие О₃ на растительность может быть обнаружено в том числе и там, где критический уровень АОТ40 не превышен.

52. Анализ смоделированных данных показывает лишь незначительное изменение в снижении урожайности пшеницы как в период 1990–2010 годов, так и в период 2010–2030 годов. В ходе моделирования воздействия О₃ на урожайность пшеницы совместно с Европейским тематическим центром по качеству воздуха и изменению климата ЕАОС было выявлено, что для Европы смоделированные расчеты АОТ40 показывают существенное сокращение потерь урожая пшеницы в период с 1990 по 2000 год — с 18,2 % до 10,2 %, в то же время данные по потерям урожая, основанные на потоках (POD6SPEC), не демонстрируют существенного изменения: т. е. потери составили соответственно 14,9 % в 1990 году и 13,3 % в 2010 году. Снижение урожайности в процентном отношении (на основе показателя потока POD3IAM) было схожим в Европе и Северной Америке (приблизительно 6,6 % и 5,5 % в 2010 и 2030 годах соответственно), однако сокращение объемов производства было выше в Европе в силу вдвое большего общего объема производства пшеницы в Европе. Снижение урожайности в процентном отношении отличается в оценках периода 1990–2010 годов по сравнению с оценками на период 2010–2030 годов из-за различий в используемых показателях концентрации на основе потоков.

53. Точное моделирование воздействия О₃ на растительность требует параметризации взаимосвязи «доза — реакция» для каждого отдельного вида. В настоящее время существуют ограничения, связанные с имеющимися экспериментальными данными, для параметризации как компонента устьичного поглощения, так и компонента отзывчивости по урожайности. По многим видам (как сельскохозяйственных культур, так и деревьев и полустебельной растительности) в настоящее время таких сведений нет, причем даже в случае некоторых распространенных и коммерчески важных видов.

54. При загрязнении озоном оказывается воздействие на экосистемы и их функционирование. Научные знания о совокупных потоках О₃ (в том числе при низких концентрациях О₃) показывают воздействие на сельскохозяйственные культуры, деревья и экосистемы, в том числе в плане роста и цветения (количество и сроки).

55. Современные оценки риска воздействия О₃ на экосистемы ориентированы в первую очередь на растительный компонент. Как показывают проведение качественных оценок и имеющаяся информация, загрязнение озоном имеет гораздо более широкий спектр последствий, включая воздействие на почвенную биоту, а также прямое и косвенное влияние на другие трофические уровни, включая опыляющих насекомых. Такое воздействие на функционирование экосистем, как связывание с почвой, круговорот воды и питательных веществ в экосистемах или результативность использования ресурсов, также имеет важное значение для оценки риска воздействия О₃.

56. Загрязнение озоном может снизить эффективность использования азота при выращивании некоторых культур (например, пшеницы, сои и риса). В результате снижения эффективности применения азотных удобрений O_3 вызывает риск увеличения потерь азота из агроэкосистем (например, в результате выщелачивания нитратов и выбросов закиси азота). Таким образом, тропосферный озон в принципе может вызвать повышение содержания N в ручьях и реках по сравнению с условиями чистого воздуха, однако потенциальный масштаб этого явления количественно не оценивался. Аналогичную модель можно наблюдать и для полустественной растительности, поскольку стимулирующее влияние N на рост может постепенно утрачиваться при увеличении концентрации O_3 , а иногда и при увеличении выбросов N_2O в почву.

57. Крупномасштабные исследования, проведенные на контрольных участках МСП по лесам, показали, что, несмотря на небольшое, но значительное в вегетационный период снижение уровня O_3 , критические уровни, основанные на концентрации (AOT40), на большинстве исследованных участков, особенно в Восточной и Южной Европе, были превышены. На этих участках повреждения листьев, вызванные озоном, были обнаружены у нескольких видов, в основном у широколиственных. Уровень восприимчивости к повреждениям, наносимым озоном, также зависит от вида и региона (например, в Греции вид *Sorbus torminalis*, по-видимому, более восприимчив, чем *Fagus Sylvatica*). Проявление и тяжесть видимых симптомов воздействия озона зависит не только от уровня его концентрации, но и от ряда других параметров окружающей среды, а также особенностей растительности, которые определяют устьичное поглощение. Ожидается, что в результате изменения климата и воздействия биотических факторов (вредителей и заболеваний) вышеуказанные результаты, по-видимому, могут существенным образом измениться, однако это будет зависеть от конкретных условий на контрольном участке.

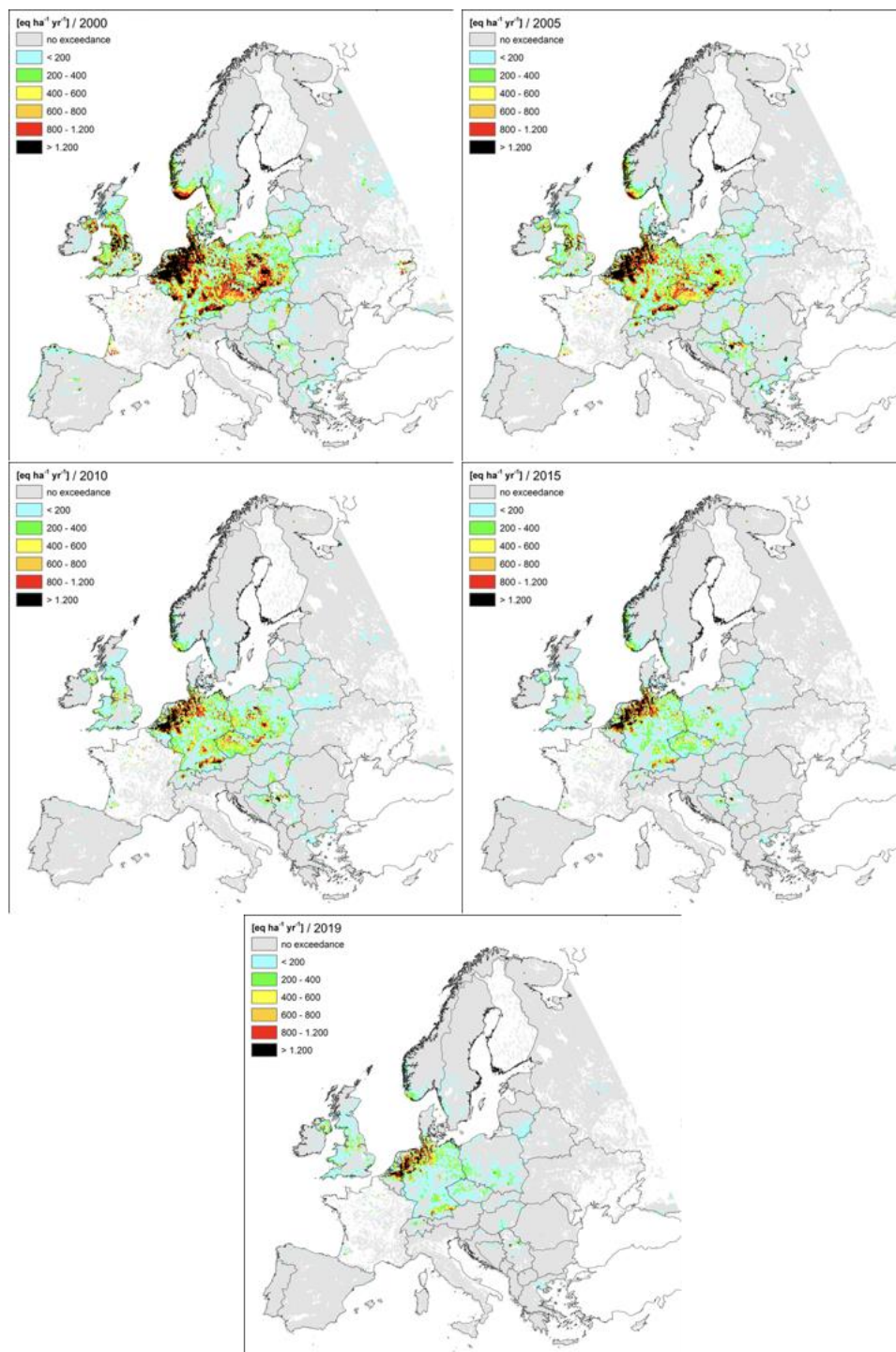
58. Существует взаимосвязь между загрязнением озоном и изменением климата. Некоторые виды взаимодействия изменяют воздействие озона на растительность, например ускорение фенологического развития при повышении температуры приводит к распусканию почек в более ранние сроки и, как следствие, к воздействию озона на растения в более ранний период весной, чем прогнозируют существующие модели. Изменения метеорологических условий и влажности почвы в связи с изменением климата изменяют потоки озона на растительность через механизм влияния на устьичные отверстия, однако направление и степень изменений будут зависеть от разницы между оценкой условий и оптимальными условиями для каждого метеорологического параметра влажности почвы.

Критические нагрузки

59. Концепция критических нагрузок (КН) была разработана для оценки объема осадения вредных выбросов, которое без превышения критического уровня не влечет негативных последствий для экосистем. Как только расчетное осадение превышает КН, экосистемы считаются подверженными риску.

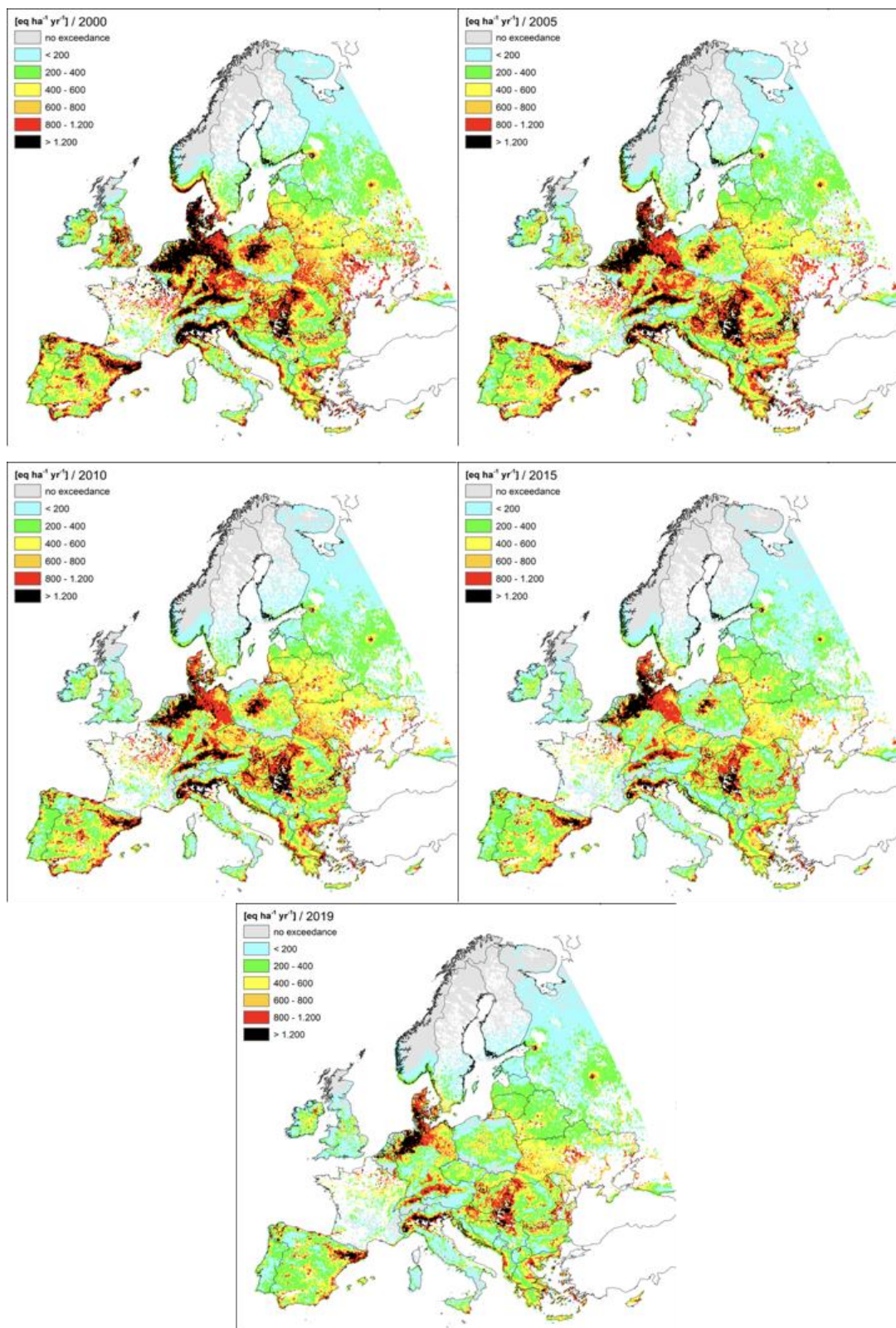
60. Как видно на картах (см. диаграмму 8 ниже), КН кислотности превышены на 14 % (2000 год) и 4,4 % (2019 год) площади экосистемы. В противоположность этому, КН по эвтрофикации превышены в значительной части области модели во все годы (см. диаграмму 9 ниже) и составляют 75 % в 2000 году, а затем снижаются до 64,3 % в 2019 году.

Рис. 8
 Превышение критических нагрузок подкисления в 2000, 2005, 2010, 2015
 и 2019 годах



Источник: по осадению — данные МСЦ-Запад ЕМЕП; по критическим нагрузкам — данные Координационного центра по воздействию (КЦВ).

Рис. 9
 Превышение критических нагрузок эвтрофикации в 2000, 2005, 2010, 2015
 и 2019 годах



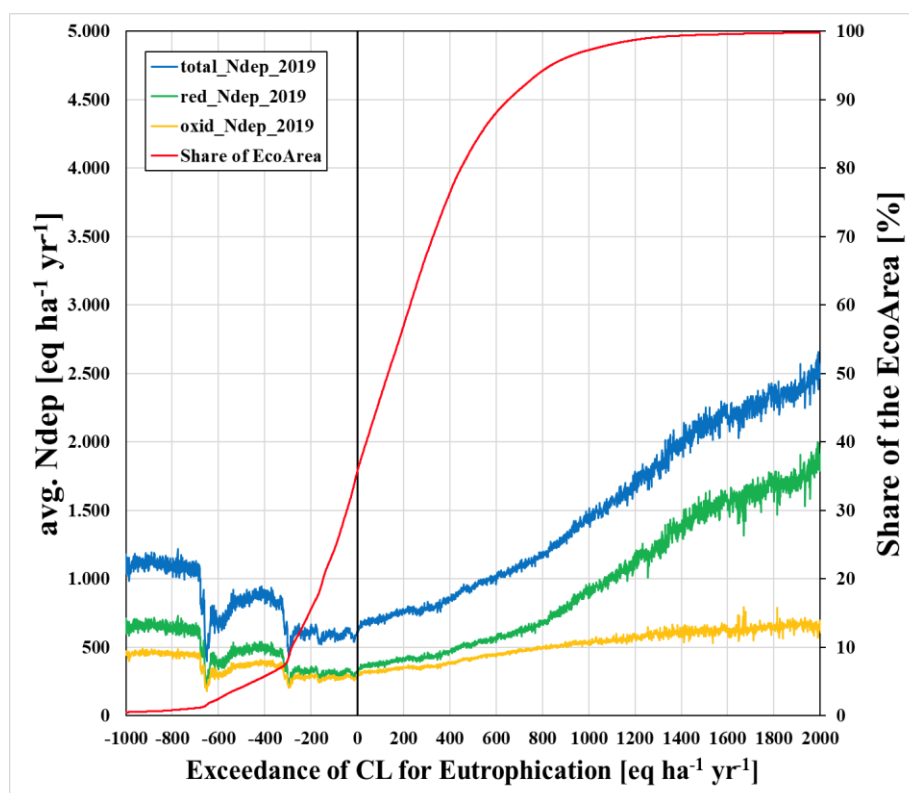
Источник: по осадению — данные МСЦ-Запад ЕМЕП; по критическим нагрузкам — данные Координационного центра по воздействию.

61. Для районов с превышением КН эвтрофикации также проводилась оценка количества общего осадения N и доли различных форм N в общем осадении в 2019 году. На диаграмме 10 ниже показано, что осадение восстановленного азота на

соответствующих областях рецепторов с КН (зеленая линия) всегда выше, чем осаждение окисленного азота (желтая линия). Эта закономерность менее выражена в районах без превышения КН (отрицательные значения по оси x), в то время как доля восстановленного N в общем осаждении азота значительно возрастает с увеличением превышения КН. Особенно в районах с очень высоким превышением КН (>800 эквивалентных значений в пересчете на гектар в год (экв/га-1 год-1)), осаждение восстановленного азота составляет более двух третей от общего осаждения. Вместе с тем, как показывает кумулятивная функция распределения (красная линия), на эти участки приходится всего около 3 % от общей площади рецепторов.

Рис. 10

Превышение критических нагрузок эвтрофикации (2019 год) и осаждение различных форм азота



Источник: Координационный центр по воздействию.

62. На участках, подверженных риску эвтрофикации, осаждение восстановленного N в целом превышает уровень эвтрофицирующего осаждения, но и на долю окисленного N на всех участках, подверженных риску, приходится от 30 % до примерно 50 %. Поэтому для эффективного сокращения площадей, подверженных эвтрофикации, срочно требуется совокупное сокращение окисленного и восстановленного N.

Сети мониторинга воздействия

63. Долгосрочный мониторинг в рамках Рабочей группы по воздействию позволил получить научные доказательства того, что меры по снижению загрязнения воздуха оказывают желаемый эффект в плане восстановления экосистем, снижения коррозии материалов и уменьшения заболеваемости. Многие озера, реки и водосборные бассейны восстановили нормальный уровень кислотности, хотя в некоторых районах сохраняется подкисление и процесс восстановления идет медленно. На участках интенсивного мониторинга наблюдается взаимное влияние процессов загрязнения воздуха и изменения климата, а также воздействие на леса, почву и воду, что позволяет лучше понять характер этих сложных взаимосвязей.

64. Долгосрочный мониторинг в рамках Рабочей группы по воздействию служит ценным ресурсом для разработки и проверки моделей в рамках Конвенции, поскольку эти данные используются для понимания причинно-следственной связи между загрязнением воздуха и формами воздействия и дают информацию для оценки прогнозируемой реакции на более чистый воздух. Кроме того, данные по экосистемам также используются для оценки совокупного воздействия чистого воздуха и изменения климата, а также влияния N на связывание углерода.

65. Однако следует повысить качество работы сетей мониторинга в рамках Рабочей группы по воздействию путем их расширения при участии всех Сторон Конвенции в слабее охваченных районах, включения более широкого спектра типов экосистем и разработки специальных методологий мониторинга для этих типов экосистем. Это позволит получить данные для обнаружения признаков восстановления, оценки эффективности и достаточности мер по сокращению выбросов и выявления новых проявлений воздействия.

V. Новые задачи

66. Научным органам Конвенции предстоит решить ряд вопросов для повышения своего профессионального уровня и совершенствования инструментов, разработанных в поддержку политических решений.

67. Одной из первоочередных задач является повышение качества, полноты, точности и прозрачности данных о выбросах, сообщаемых Сторонами, поскольку от этого зависит любая интерпретация тенденций в динамике загрязнения воздуха и его последствий. В работе по подготовке и оценке политики и мер по сокращению выбросов (включая установление целевых показателей сокращения выбросов) необходимы хорошие кадастры выбросов.

68. В этом отношении крайне важно регулярно обновлять Справочное руководство на основе устойчивого финансирования и поддержки со стороны национальных экспертов Сторон. В предстоящие годы обеспечение таких ресурсов для Справочного руководства станет настоящей проблемой.

69. Представляемые Сторонами данные о международных морских перевозках недостаточно последовательны для использования в наборах данных с координатной привязкой, применяемых в модельных оценках. Как указывалось в пункте 15 выше, в представляемых данных кадастров можно было бы повысить качество описания источников выбросов NO_x и НМЛОС в секторе сельскохозяйственной деятельности. Аналогичная проблема существует и в случае выбросов из природных источников, в первую очередь лесов, а также другой несельскохозяйственной растительности. Информация, предоставляемая Сторонами, недостаточно удовлетворяет потребности сообщества специалистов по моделированию по своей полноте, последовательности и точности.

70. Первое исследование с использованием прагматического подхода к оценке риска эвтрофикации за счет атмосферного осаждения азота было проведено Специальной группой по защите морской среды, действующей в рамках Конвенции, в сотрудничестве с экспертами ХЕЛКОМ. В нем был сделан вывод о наличии широко распространенного, хотя и относительно низкого, превышения критических значений осаждения загрязняющих веществ из атмосферы (по аналогии с КН). До сих пор объектом данного исследования было открытое Балтийское море, в то время как наиболее подверженными эвтрофикации являются прибрежные зоны, которые поэтому следует включить в программу будущей работы. Кроме того, при разработке стратегий сокращения выбросов в будущем следует учитывать экономическую эффективность вариантов контроля по каждой категории выбросов, включая водные источники.

71. Наконец, одним из весьма непростых аспектов деятельности по накоплению и представлению данных о выбросах является углубление знаний и повышение точности данных о выбросах твердых частиц и их соединений. Задача оценки

конденсирующегося компонента органических ТЧ, которую придется решать в рамках Конвенции, по-прежнему носит весьма деликатный характер, поскольку она может влиять на политические решения (соблюдение целевых уровней выбросов, целевые предельные уровни выбросов, приоритеты секторов).

72. Что касается инструментов, разработанных научными органами Конвенции, то неизменно встают вопросы точности и надежности моделей, включая повышение их разрешающей способности, которые постепенно решаются по мере углубления знаний о физико-химических процессах, более полного описания выбросов (и их пространственного распределения) и увеличения вычислительных мощностей. В настоящее время могут быть реализованы системы многомасштабного моделирования, которые будут играть важную роль в будущих приоритетах развития. Более того, в рамках Конвенции необходимо продолжать работу по повышению согласованности и совместимости моделей загрязнения воздуха и моделей воздействия.

73. Наконец, для повышения наглядности деятельности по линии Конвенции и доверия к научной работе, проводимой в ее рамках, благодаря новым информационным технологиям и высокому интересу пользователей в Сторонах Конвенции, инструменты и данные, разработанные в рамках Конвенции, должны соответствовать целям открытой науки, выступая связующим звеном для исследователей, институциональных и политических заинтересованных сторон, а иногда и широкой общественности. Хотя органы ЕМЕП и Рабочей группы по воздействию уже реализуют некоторые инициативы для облегчения доступа к своим моделям, имитационным расчетам и наблюдениям, необходимо официально оформить стратегию дальнейшего расширения открытого доступа к продуктам Конвенции.

Проблема конденсирующихся паров

74. Конденсирующиеся первичные органические аэрозольные выбросы — это класс органических соединений, которые находятся в паровой фазе на выходе дымовых газов, но подвергаются процессам конденсации и испарения при охлаждении и разбавлении дымовых газов при выбросе в окружающий воздух. Коэффициенты выбросов, измеренные в высокотемпературной выхлопной дымовой трубе с высокой концентрацией загрязнителей или вблизи нее, могут исказить и даже не улавливать количества ТЧ или газа, которые фактически попадают в атмосферу, в зависимости от применяемых фильтров, разбавления и условий отбора проб при измерении выбросов. В отчетности по выбросам, представляемой для целей ЕМЕП/Конвенции в настоящее время неясно, включаются ли конденсирующиеся органические соединения и если да, то в какой степени.

75. В существующей ситуации с отчетностью о выбросах ТЧ и конденсирующихся соединений могут возникать различия в оценках последствий для здоровья человека и приниматься различные обязательства по сокращению выбросов в разных странах в расчете на единицу сжигаемой древесины, поскольку для одного и того же вида деятельности в национальных отчетах разных стран применяются сильно различающиеся коэффициенты выбросов ТЧ. Нередко отсутствует прозрачное документальное обоснование допущений, положенных в основу этих национальных оценок выбросов, применяемые же методы могут меняться из года в год, поскольку в Справочном руководстве нет четких рекомендаций на этот счет, по крайней мере, для жилищного сектора — основного источника выбросов ТЧ. Для этого существуют исторические предпосылки, связанные с тем, что нормы выбросов веществ, установленные для отопления жилых помещений, определены в нормативных документах, связанных с экологическими характеристиками систем отопления жилых домов (например, в нормах экологического проектирования в Европейском союзе), которые тестировались в лабораторных условиях и недостаточно отражают характер выбросов (включая конденсирующиеся пары) при реальном использовании прибора.

76. В значительной мере существующие факторы неопределенности в отношении выбросов ТЧ связаны с тем, как учитываются или не учитываются конденсирующиеся фракции. Во-первых, проблема связана с оценкой и измерением коэффициентов выбросов с учетом конденсирующихся паров (для которых в настоящее время в Европе стандартов не установлено); другая трудность сопряжена с оценкой данных о видах деятельности (использование топлива, типы и возраст оборудования, описание использования и практики). Кроме того, сохраняется множество факторов неопределенности в отношении географического распределения выбросов от сжигания древесины.

77. Семинары в формате мозгового штурма, проведенные в 2020 и 2022 годах при поддержке соответственно Совета министров стран Северной Европы и Европейской комиссии, позволили определить поэтапный подход, основанный на следующих принципах:

а) для целей разработки моделей и, в частности, в перспективе возможного будущего пересмотра протоколов, необходимо использовать данные о выбросах ТЧ с учетом конденсирующейся фракции. Пренебрежение этим компонентом может привести к неверной интерпретации фактической оценки вклада секторов в самих странах (и доли отопления жилых домов по сравнению с другими секторами), а также относительного воздействия соседних стран для данного места (матрицы «источник — рецептор»). Это также повлечет менее оптимальное распределение новых целевых показателей сокращения выбросов;

б) для целей разработки программ используется альтернативный кадастр выбросов. Он основан на сочетании официальных данных о выбросах ТЧ в тех случаях, когда они включают данные о конденсирующихся парах, и оценок научных экспертов, когда такие данные не включаются. Экспертные оценки производятся на основе мета-анализа специальной литературы, обновленных статистических данных и обследований, а также результатов работы с национальными экспертами. Экспертные оценки следует постепенно заменять официальными данными о выбросах по мере повышения качества таких данных;

в) для углубления знаний о конденсирующемся компоненте выбросов ТЧ в различных странах будут разрабатываться научные проекты и кампании по проведению полевых измерений; полученные результаты будут обобщаться и обсуждаться сообществами ЕМЕП для расширения обмена информацией. Центр ЕМЕП по кадастрам и прогнозам выбросов разработает базу данных о коэффициентах выбросов, полученных в результате мета-анализа, проведенного в 2021 году;

г) Сторонам, которые в настоящее время не представляют данных о конденсирующемся компоненте, требуются рекомендации и поддержка, которые помогут им определить имеющиеся источники данных о видах деятельности. Можно разработать рекомендацию по оказанию помощи Сторонам в сборе данных о деятельности посредством проведения опросов и использования статистических материалов;

д) Справочное руководство будет регулярно обновляться с учетом новых знаний о конденсирующемся компоненте (коэффициенты выбросов и данные о деятельности) для поддержки усилий по распространению передовой практики составления данных о выбросах.

78. Обмен мнениями между разработчиками моделей, сообществом специалистов по кадастрам выбросов и сообществом специалистов по измерению выбросов показал, что начатый в настоящее время процесс будет представлять собой длительный поэтапный подход, направленный на постепенное углубление знаний и повышение качества инструментов для решения проблемы конденсирующихся паров. Как бы то ни было, с этим подходом согласились все Стороны. Результаты моделирования, представленные МСЦ-3 и Международным институтом прикладного системного анализа, уже улучшаются, при этом альтернативные кадастры выбросов учитывают конденсирующийся компонент. Значения неопределенности в результатах

моделирования приемлемы, если они понятны и процесс оценки остается прозрачным и сопоставимым.

79. В Соединенных Штатах Америки в масштабах страны уже внедряется концепция гармонизированной отчетности, где не проводится различий между конденсирующимися и фильтрующимися компонентами, но оговариваются условия измерений. В поддержку этого подхода было разработано инструментальное средство отчетности по выбросам от сжигания дров в жилых домах, в котором предусмотрены стандартизированные данные о деятельности и коэффициенты выбросов (для 22 типов приборов) и которое может послужить отправной точкой для дальнейших разработок в рамках Конвенции.

Положительные сдвиги в практике моделирования и мониторинга

80. Повышение в последние годы разрешающей способности в результатах моделирования ЕМЕП (и в выбросах) позволяет проводить в целом более эффективный сравнительный анализ с наблюдаемой динамикой, особенно для первичных компонентов. В то время как результаты моделирования при прежнем разрешении (50 км x 50 км) являлись репрезентативными для регионального фоновое загрязнения, результаты моделирования в новом разрешении могут представлять также фоновое загрязнение в масштабе городов. Так как результаты моделирования теперь лучше описывают области меньшего масштаба с более высоким уровнем концентрации загрязнителей (обычно пригородные районы), они по определению будут иметь «хвост» более высоких концентраций, которого не было при более низком разрешении. Исходя из модельных расчетов только для сетки $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ или 50 км x 50 км, результаты, полученные с более высоким разрешением, покажут несколько более интенсивное воздействие и больший разрыв с целевым показателем ВОЗ.

81. Общие различия в «матрицах вины», обусловленные разной разрешающей способностью моделей для мониторинга переноса внутри одной страны, незначительны для осадений (несколько процентов), но несколько больше для ТЧ и O_3 (до 11 %). Для трансграничного загрязнения воздуха в отдельных случаях различия могут быть более существенными, особенно когда загрязнение переносится через горные районы, и/или весьма незначительными. Одновременно с увеличением разрешения введен новый, более точный, набор данных в границах страны. В целом различия при использовании нового набора данных в границах страны были столь же значительными как и различия, обусловленные разными разрешениями моделей.

82. В отношении оценок переноса загрязнения в масштабах полушария следует отметить, что в глобальных моделях по-прежнему прослеживаются существенные расхождения в наблюдаемых трендах концентрации приземного озона с доиндустриального периода до настоящего времени и, как правило, занижается величина наблюдаемых изменений. По-прежнему весьма неопределенным остается прогнозирование воздействия, которое будет оказывать фоновый уровень O_3 в масштабах полушария на достижение целевых показателей в будущем, с использованием существующих моделей.

83. Региональные модели O_3 в целом показали лучшие результаты по сравнению с наблюдениями, чем глобальные модели O_3 , в которых пространственное разрешение, как правило, ниже, чем в региональных моделях. Однако результаты наиболее эффективных глобальных моделей лучше сопоставлялись с данными наблюдений, чем результаты худших региональных моделей.

84. К числу технических проблем, которые предстоит решить в целях повышения качества моделирования концентраций приземного O_3 для региона ЕЭК на мировом уровне, относятся повышение точности моделирования жизненного цикла метана в мировом масштабе, более высокое разрешение химического состава NO_x в шлейфе выхлопных газов судов и представление более подробных данных об осадении O_3 на растительность.

85. Исследования по сопоставлению результатов моделирования (например, Перенос загрязнения воздуха в масштабах полушария, Инициатива по разработке моделей воздействия химического состава воздуха на климат и Проект по сравнительному анализу моделей влияния химического состава аэрозолей на климат), играют крайне важную роль в оценке надежности современных кадастров выбросов, глобальных моделей и результатов измерений для представления Сторонами Конвенции информации о воздействии источников выбросов, которые находятся за пределами региона, на концентрацию O_3 в регионе ЕЭК.

86. Помимо разработки моделей, необходимо на постоянной основе представлять высококачественные кадастры выбросов и активно развивать программу мониторинга концентраций O_3 на мировом уровне для оценки результатов моделирования.

87. Что касается сети мониторинга ЕМЕП, то основная проблема заключается в том, что практически нет (долгосрочных) наблюдений ЕМЕП по странам Восточной Европы, Кавказа, а также Центральной Азии и западной части Балканского полуострова. Учитывая также отсутствие последовательных, высококачественных (и долгосрочных) данных об объемах выбросов для стран, расположенных в восточной части географического охвата ЕМЕП, очень сложно оценить и спрогнозировать загрязнение воздуха и его последствия в этих районах.

88. Для повышения качества наблюдений за тенденциями в области эвтрофикации в морских экосистемах и для оценки/ограничения моделей было бы полезно провести дополнительные измерения осаждения N в морских районах (на островах или на судах).

Открытый доступ к данным и наглядность деятельности

89. Управление инфраструктурами данных все чаще осуществляется универсальными поставщиками услуг, руководствующимися принципами FAIR (Findable, Accessible, Interoperable and Reusable data — удобство поиска, доступность, функциональная совместимость и возможность повторного использования данных), и открытый обмен данными должен стать стандартом для результатов научных исследований, финансируемых Европейским союзом. В рамках Конвенции следует расширять открытый доступ к моделям, результатам моделей и наблюдениям, чтобы стимулировать использование этих материалов для научно-исследовательской деятельности и национальных оценок и поддерживать усилия по совершенствованию этих инструментов. Кроме того, достижения в рамках Конвенции могут стать примером для других регионов и конвенций, особенно в плане работы будущей целевой группы по международному сотрудничеству в области сокращения загрязнения воздуха. Однако в связи с такими задачами возникает ряд вопросов, касающихся данных и прав интеллектуальной собственности, повторного использования данных и инструментов, ответственности и лицензирования, которые пока до конца не решены. Создание надежной и эффективной структуры для поддержки открытого доступа к инструментам Конвенции станет важным компонентом сферы охвата будущей научной стратегии Конвенции.

VI. Канада и Соединенные Штаты Америки

90. В Канаде и Соединенных Штатах Америки проводится оценка воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека и окружающую среду и разрабатываются программы регулирования и добровольные меры, которые позволили значительно сократить выбросы. Соответственно снизились концентрации $PM_{2,5}$ и O_3 , а также осаждения серы и N.

91. Выбросы как из Канады, так и из Соединенных Штатов Америки влияют на загрязнение воздуха в приграничном регионе. Для количественной оценки связанного с этим воздействия трансграничных O_3 и $PM_{2,5}$ в техническом обзоре и анализе Соглашения между Канадой и Соединенными Штатами по качеству воздуха

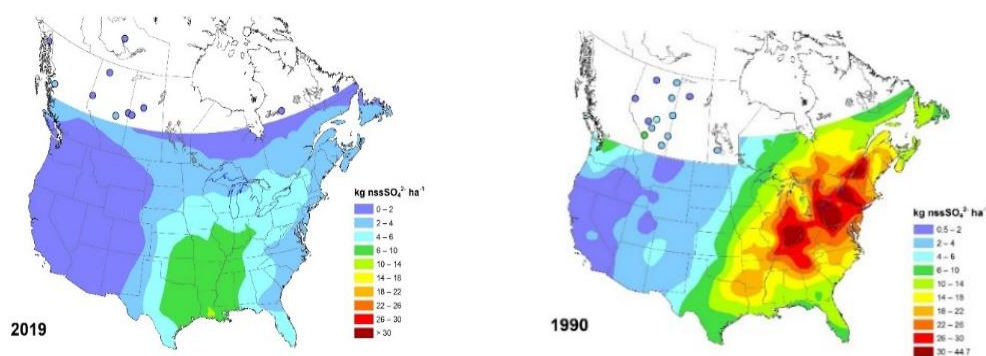
будет представлена оценка взвешенной по населению концентрации O_3 и $PM_{2,5}$, показывающая снижение концентраций O_3 и $PM_{2,5}$ в приграничном регионе.

92. Выбросы аммиака вызывают озабоченность в Канаде и Соединенных Штатах Америки, поскольку атмосферный аммиак является одним из основных прекурсоров образования $PM_{2,5}$ и вносит свой негативный вклад в кислотное осаждение и эвтрофикацию. Указанные страны давно сотрудничают в области мониторинга и оценки кислотных осадений, в том числе в рамках Соглашения по качеству воздуха, заключенного между Канадой и Соединенными Штатами Америки в 1991 году. Хотя за последние два десятилетия был достигнут значительный прогресс в сокращении других прекурсоров $PM_{2,5}$, таких как NO_x и SO_2 (причем сокращение выбросов оксида серы привело к дальнейшему сокращению осаждения серы, см. диаграмму 11 ниже), выбросы и концентрация аммиака продолжали расти в обеих странах и преобладающим источником выбросов аммиака является сельскохозяйственный сектор (см. диаграмму 12 ниже). Результаты недавних измерений и моделирования в Соединенных Штатах Америки также свидетельствуют о том, что чувствительность $PM_{2,5}$ к аммиаку существенно варьируется по регионам. Рабочее совещание по аммиаку (Оттава, 10 октября 2018 года), в котором приняли участие представители Канады, Соединенных Штатов Америки и стран Европы, позволило сделать ряд ключевых выводов, касающихся воздействия аммиака на здоровье человека и окружающую среду, а также инструментов и подходов, доступных для его смягчения. Для количественного определения этого воздействия и оценки возможностей его снижения необходимы более детальные оценки. Обе страны продолжают сокращать выбросы SO_2 , что ведет к дальнейшему снижению осаждения серы (см. диаграмму 12 ниже).

93. Для получения дополнительной информации о подходе Канады и Соединенных Штатов Америки к решению проблемы трансграничного загрязнения воздуха см. доклад об обзоре и оценке Соглашения по качеству воздуха между Канадой и Соединенными Штатами Америки (выпуск ожидается в конце 2022/начале 2023 года).

Рис. 11

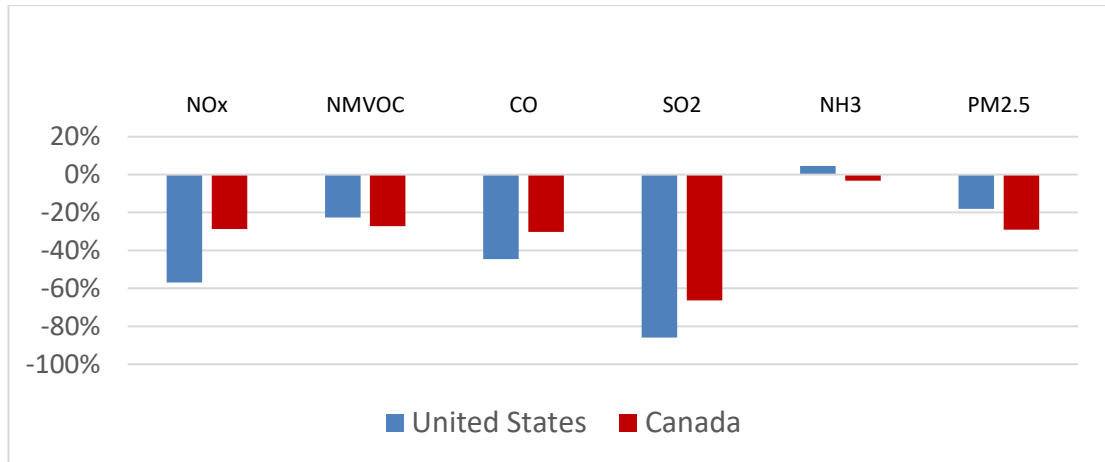
Сокращение выбросов SO_2 в Канаде и Соединенных Штатах Америки, 1990 год в сравнении с 2019 годом



Источник: Доклад о ходе выполнения Соглашения между Канадой и Соединенными Штатами Америки по качеству воздуха, 2020–2022 годы.

Рис. 12

Национальные выбросы Соединенных Штатов Америки (показаны синим цветом) и Канады (показаны красным цветом), изменение за период 2005–2019 годов согласно представленным данным (в процентах)



Источник: Центр по кадастрам и прогнозам выбросов, средство просмотра данных.

См. www.ceip.at/data-viewer²⁴.

Примечания: Тенденция в динамике зарегистрированных выбросов NH₃ в Соединенных Штатах Америки неоднозначна в силу методологических изменений в период 2005–2019 годов. В случае PM_{2.5} информация, представленная по Канаде, отражает обязательства Канады в рамках Протокола.

²⁴ URL: <https://www.ceip.at/data-viewer> и доклад Канады о кадастрах выбросов загрязнителей воздуха за 1990–2022 годы, URL: https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/eccc/En81-30-2020-eng.pdf.