

Прелести цивилизации, или Жизнь без смога

Решение глобальной проблемы загрязнения атмосферы давно внесено международными экологическими организациями в число жизненно важных для населения Земли. Оно и понятно, ведь чистый воздух – одно из главных условий сохранности здоровья и долголетия человека. Однако в современных реалиях во многих уголках планеты добиться соблюдения этого ключевого требования порой почти невозможно. В Беларуси, к счастью, данному вопросу уделяется должное внимание. О чем, в частности, свидетельствуют данные мониторинга и научных исследований, которые проводят ученые Института природопользования НАН Беларуси. Научный сотрудник лаборатории трансграничного загрязнения кандидат географических наук Ольга Круковская рассказала о результатах деятельности международного сообщества по борьбе с загрязнением атмосферного воздуха. Впрочем, с данной тематикой непосредственно связана ее научная работа по изучению выбросов оксида азота на территории Беларуси и их воздействия на экологические системы и здоровье человека. За нее исследователь удостоена стипендии Президента Республики Беларусь талантливым молодым ученым на 2018 год.

Воздействие на воздушный бассейн

О том, что загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами стало насущной проблемой для многих стран еще столетие назад, свидетельствуют процессы создания экологического законодательства. Одними из первых отслеживать выбросы предприятий начали Нидерланды, приняв соответствующие законы в 1875–1896 годах. В США акт, контролирующий чистоту воздуха, одобрен в 1955 году. В Японии закон о мониторинге и ограничении вредных выбросов появился в 1967, в ФРГ – в 1972 году.

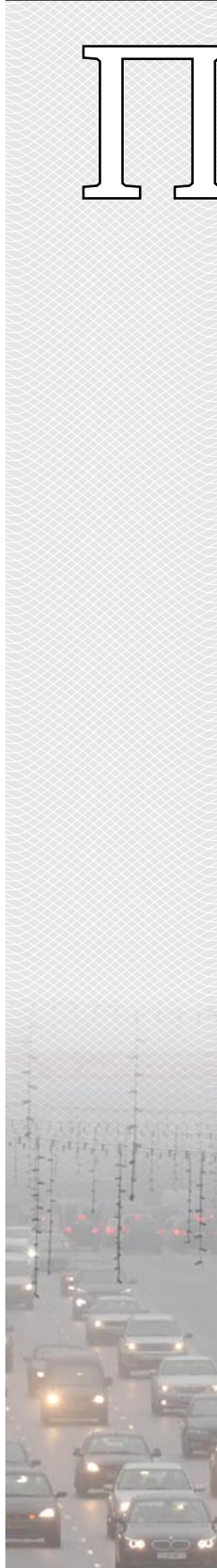
Интересно, что в 1950–1960-е годы локальные проблемы загрязнения воздуха решались преимущественно путем возведения высоких дымовых труб, за счет чего вредные вещества просто распределялись по более обширной территории. Но в 1979 году был подписан один из важных международных договоров по контролю загрязнения воздушной среды – Женевская Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (Конвенция о ТЗВБР)

Европейской экономической комиссии ООН.

В рамках конвенции и 8 ее протоколов разработаны всесторонние и серьезные обязательства сторон по основным загрязнителям атмосферы (сера, окислы азота, тяжелые металлы, стойкие органические загрязнители, летучие органические соединения), которые могут перемещаться на расстояния до нескольких тысяч километров и после выпадения наносить урон в виде подкисления, эвтрофикации и дисперсии опасных частиц.

Источники, негативным образом влияющие на состояние воздушного бассейна, экологи разделяют на антропогенные и естественные. Считается, что наибольший урон окружающей среде наносит именно первая категория, связанная с деятельностью человека и распространенная в местах его проживания. Тогда как загрязнения атмосферного воздуха по естественным причинам, как правило, менее значительны по масштабу, происходят вдали от людей и компенсируются механизмами самоочищения атмосферы.

Среди видов атмосферных загрязнений считаются неизменно актуальными выбросы автомобильного транспорта,



► Рисунок 1. Структура выбросов оксида углерода (CO), оксидов азота (NO_x) и диоксида серы (SO₂) в Беларуси в разрезе обобщенных категорий источников

CO
NO_x
SO₂



сжигание топлива, аэрозольное загрязнение, промышленные выбросы, извержение вулканов. В этом списке оказались даже коровы, которые прямо или косвенно признаны «ответственными» за выделение 18 % парниковых газов в мире. В общей сложности каждое животное из примерно полуторамиллиардного поголовья планеты производит около 100 видов вредных газов, включая аммиак, который является одной из главных причин кислотных дождей. Степень влияния каждой из этих причин в разных регионах мира заметно отличается. Некоторые исследователи склонны утверждать, что среди природных источников экологическому состоянию атмосферы больше всего угрожает выветривание почвы.

В целом же, по мнению международных экспертов, проблема загрязнения природной среды состоит в том, что промышленные выбросы оказывают вредное воздействие на людей, животных, растения, почву, здания и сооружения, снижается прозрачность атмосферы, повышается влажность воздуха, увеличивается число дней с туманами.

К антропогенным источникам, ухудшающим состояние воздушного бассейна, в первую очередь относится промышленность. Львиная доля выбросов в атмосферу от стационарных источников приходится на предприятия металлургической, цементной, химической и других отраслей. Это пыль, сернистые и другие вредные газы. Как правило, в местах концентрации промышленного производства в воздушной среде в значительных количествах присутствуют специфические вещества, такие как фенолы, углеводороды, ртуть, свинец, смолы, оксид и диоксид серы.

Загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами вызывает и работа теплоэнергетических предприятий. Функционирование энергоустановок на угле, дизеле, мазуте, керосине и бензине сопровождается выбросом соединений углерода, азота, твердых частиц.

Значительную и все более возрастающую долю в суммарное загрязнение воздуха вносят передвижные источники. Взять хотя бы автомобильные выхлопные газы – это смесь примерно из 200 ве-

ществ, где содержатся углеводороды – не сгоревшие или не полностью сгоревшие компоненты топлива. Автомобиль активно поглощает кислород из воздуха, взамен же выделяет углекислый газ, водяной пар и токсичные вещества: окись углерода, углеводороды, оксиды азота, альдегиды, сажу, бензапирен, двуокись серы. Все машины, использующие для работы разные виды топлива, в той или иной степени загрязняют атмосферу. Условно безобидным, по мнению экспертов, является лишь природный газ. Выходит, транспорт, будучи необходимым условием функционирования современного общества, одновременно является и главной угрозой здоровью человека. Оксиды серы, азота, углерода, попадая в наш организм, ухудшают доставку кислорода к органам и тканям, а постоянное воздействие этих веществ снижает сопротивляемость к заболеваниям и работоспособность, повышает утомляемость и раздражительность.

Среди естественных источников наибольший вклад в загрязнение воздуха вносит выветривание почвы. Сильная запыленность характерна для территорий с низкой степенью увлажненности земли и слабо развитой растительностью. Глобальное загрязнение воздуха пылью происходит в пустынях Такла-Макан, Гоби, Сахара, локальное – в Монгольском и Среднеазиатском регионах. В Европе пылевые облака, меняющие состав и качество пограничного слоя атмосферы, доминируют в юго-восточной и восточной части. Скорость и ареал распространения загрязнения зависят от размера частиц. Мелкая пыль удерживается в воздухе 1,5–3 недели, крупные частицы распространяются на сотни километров, оседают в течение нескольких часов или дней. В Институте физики НАН Беларуси исследователи, в частности, определили, что к нам в страну долетают частицы даже из пустыни Сахара.

Выветривание почвы влияет и на здоровье человека. Если крупные частицы наш организм способен отфильтровать, то мелкая пыль без труда проникает через верхние дыхательные пути и оседа-

ет в легких. Согласно исследованиям Всемирной организации здравоохранения, повышение содержания в воздухе взвешенных частиц на 10 мкг/м³ приводит к росту смертности на 0,5–1 %. Также эксперты ВОЗ утверждают: если должным образом контролировать и регулировать параметры окружающей среды, можно значительно сократить число страдающих респираторными заболеваниями, болезнями сердца и раком легких.

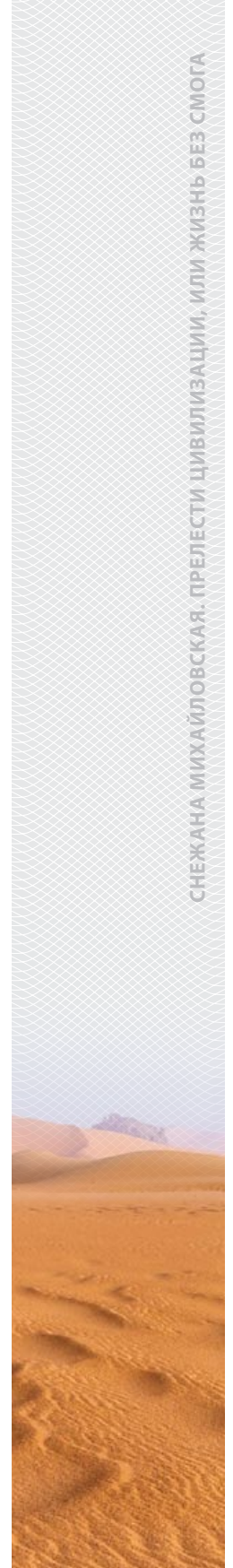
Но пыльные бури вредят не только человеку. Скопление сотен тысяч частиц пыли мешает нормальному оттоку избыточного тепла от Земли. Интересно, что помимо веществ, имеющих земное происхождение, в атмосфере присутствуют и космические частицы, которых, как подсчитали ученые, каждый год на нашей планете оседает 40 тыс. т. Пока что пыль из космоса – мизерный источник загрязнения воздуха, не вызывающий серьезных проблем. Однако, если ее количество возрастет, это сможет существенно влиять на климатические условия Земли.

Атмосфера без границ

Загрязнение воздуха – один из факторов, обуславливающих состояние экосистем, продолжительность и качество жизни населения. Надлежащее качество атмосферного воздуха – одна из Целей устойчивого развития, принятых Республикой Беларусь. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, около 10 % смертности населения связано с заболеваниями, вызванными ненадлежащим качеством воздуха.

– Проблема эта не новая, но на серьезной фундаментальной основе, применяя нормативный подход, международное научное сообщество начало ею заниматься относительно недавно, – подчеркивает научный сотрудник лаборатории трансграничного загрязнения Института природопользования НАН Беларуси кандидат географических наук Ольга Круковская.

Одним из поворотных пунктов в истории цивилизации стал 1952 год, когда



катастрофически густой пятидневный смог над Лондоном унес жизни 12 тыс. человек. И только появившийся вдруг ветер выдул ядовитую желтую пелену из города. Тогда и стало очевидным, что загрязнение атмосферы имеет губительное влияние на жизнь людей. Как следствие, в 1956 году в Великобритании был принят закон о чистоте воздуха, в котором устанавливались ограничения по сжиганию угля. В последующие годы британскому примеру последовал и целый ряд других промышленно развитых стран.

В Советском Союзе в 1970-х годах уже активно применялись нормативы предельно допустимых концентраций выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

– Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, которая вступила в силу в 1983 году, стала самой важной вехой в осмыслении данной проблемы, – отмечает О. Круковская. – Сам факт принятия этого документа свидетельствует о том, что международное сообщество договорилось о необходимости контроля и ограничения вредных выбросов и решило предпринимать решительные совместные действия по сохранению воздушного бассейна. Кроме того, у данной конвенции есть ряд важных приложений. Одно из них – протокол Европейской программы мониторинга переноса воздушных загрязнений (ЕМЭП). Беларусь, как одна из стран, подписавших Женевскую Конвенцию о ТЗВБР, сегодня участвует и в специальной долгосрочной Программе ЕМЭП. Общая цель ее в том, чтобы обмениваться информацией о ситуации с загрязнением вредными веществами в разных странах, делиться планами по снижению выбросов, обсуждать, какие методы и технологии применять. В результате создается глобальная модель переноса загрязняющих веществ в Европе.

По словам Ольги Круковской, у проблемы качества атмосферного воздуха по сути два основных аспекта: локальное и трансграничное загрязнение и его влияние на людей. И, разумеется, борьба за чистый воздух требует международного

сотрудничества. Ведь зачастую на территории одной страны вредные выбросы полностью не осаждаются, а включаются в глобальную циркуляцию атмосферы и переносятся к соседям. Поэтому очень важно договариваться о совместных действиях.

– «Атмосфера без границ» – это не просто фраза, а скорее очень точное определение для понимания экологических проблем с акцентом на загрязнение воздуха, – поясняет О. Круковская. – Зачастую, чтобы улучшить ситуацию с эвтрофикацией в Голландии, нужно предпринимать меры по улучшению природной среды в других странах. Не исключено, что конкретные мероприятия по восстановлению экосистем, например в Нидерландах, экономически выгоднее начинать с нашей страны или же с России. На самом деле загрязняющих веществ много и они по-разному взаимодействуют. Кроме того, современные технологии далеко не совершенны: снижают выбросы одних веществ, но увеличивают других. Детально разобраться в проблеме поможет интегральное моделирование, которое включает комплексный анализ развития различных природных процессов в разных странах.

Исследователь подчеркнула, что загрязнение атмосферного воздуха наносит значительный вред природе. К слову, в решении проблемы природных комплексов, а именно – их восстановления, уже есть удачные примеры взаимодействия международного научного сообщества. Известный экологам факт: осаждение серы и азота ведет к подкислению почв и водоемов. В 1970-е годы это воздействие загрязнений атмосферы на большие расстояния стало явным: рыба в скандинавских озерах умирала из-за высокой кислотности воды. В 1980-е на значительных территориях Европы было обнаружено подкисление лесной почвы. Масштабные мероприятия по сокращению выбросов двуокиси серы, проведенные в период после пиковых объемов выбросов в 1980 году, дали ощутимые результаты в виде снижения подкисляющего осаждения. На отдель-



ных территориях уже происходит восстановление лесов и озер, в других местах процесс подкисления продолжается, но уже в более медленном темпе.

Известно, что излишнее осаждение аммиака и окислов азота изменяет характер растительности, вследствие чего большое количество находящихся под охраной видов замещаются доминантными, такими как сорные травы, кустарники, водоросли. Подобное развитие событий может вызвать цепную реакцию, при которой под угрозой окажутся бабочки и другие насекомые, птицы. Излишнее осаждение азота может привести к росту числа растений и насекомых, вызывающих у человека аллергическую реакцию или другие болезни. Эти загрязнители также способствуют цветению водорослей в водных экосистемах. Кстати, большая часть закисляющих и эвтрофирующих соединений, выпадающих на территории Беларуси, поступает к нам из Европы.

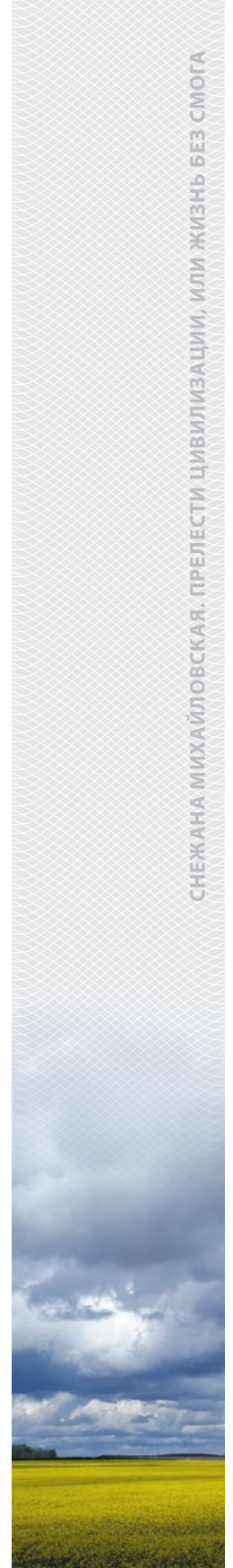
Благодаря переходу в энергетике на сжигание природного газа вместо твердого топлива и мазута, а также использованию более очищенного дизельного топлива для автомобилей, удалось существенно улучшить ситуацию с загрязнением атмосферы соединениями серы.

Ольга Круковская обратила внимание еще на один важный аспект, связанный с транспортными выбросами. Речь идет о том, что нужно учитывать не только выхлопные газы, но и износ шин, качество дорожного полотна. Исследователь поясняет: даже если мы перейдем, например, на электромобили или очень чистое газовое топливо, говорить о «нулевых показателях» загрязнения пока рано – все равно часть выбросов останется. Но если удастся сократить их до уровня абразивных частиц, это будет очень хороший результат, который положительно скажется на экологической ситуации.

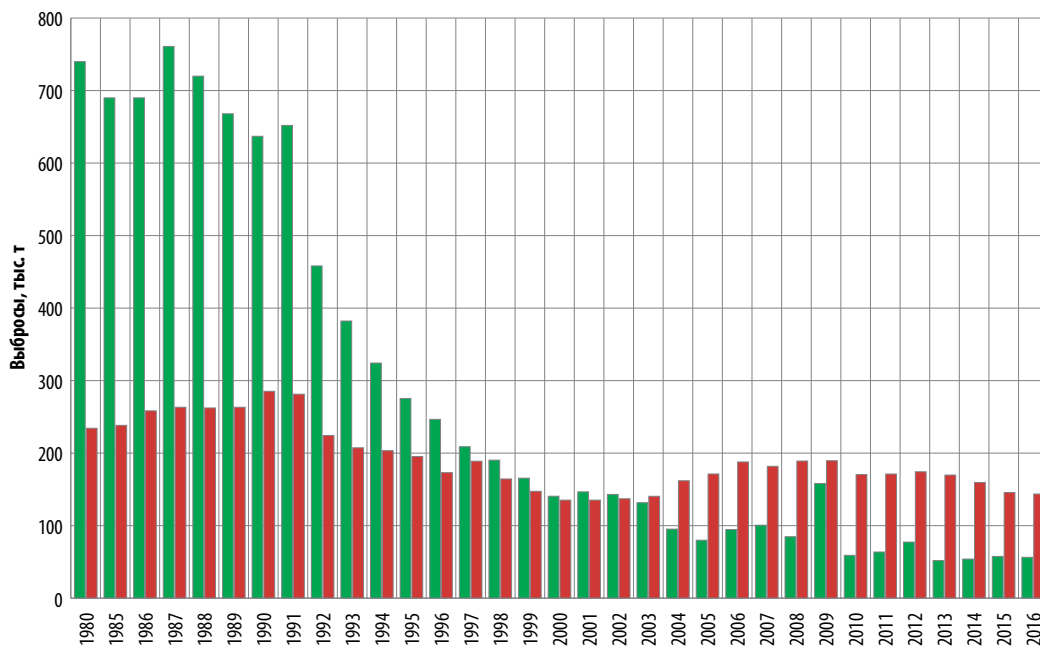
Ученый в рамках своей исследовательской работы решает одну из самых многогранных проблем, связанных с загрязнением атмосферного воздуха соединениями азота. По ее словам, здесь путь не может быть простым или одно-

значным, потому что азот образуется не только из топлива, но и из атмосферного воздуха, где в другой форме присутствует в большом количестве. А учитывая, что процессы, происходящие в атмосфере, еще до конца не изучены, появление и концентрацию таких веществ в воздушной среде достаточно сложно отследить. Ведь для многих загрязнителей, например органических соединений или тех же твердых частиц, характерны еще и процессы вторичного образования.

– Оксиды азота, можно сказать, – «лидеры» среди загрязняющих веществ атмосферного воздуха на глобальном, региональном и локальном уровнях, – отмечает О. Круковская. – Причиняемый ими вред здоровью людей, природным и техногенным объектам имеет реальную стоимость. Поэтому настолько важно с социально-экономической точки зрения изучение источников поступления оксидов азота. Первоначально, в 1970–1980-х годах этим загрязняющим веществам уделялось внимание в связи с усилением процессов закисления и эвтрофикации природных экосистем. Впоследствии было выявлено, что оксиды азота характеризуются высокой активностью и влияют на физико-химические процессы в атмосфере и, как следствие, на содержание других загрязняющих веществ, прежде всего твердых частиц и озона. Приоритетность оксидов азота в качестве примесей атмосферного воздуха закреплена во многих национальных правовых актах и международных природоохранных соглашениях, в частности в Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. В рамках выполнения обязательств по конвенции разрабатываются современные и обобщаются традиционные технологии снижения выбросов оксидов азота. Однако эти поллютанты атмосферного воздуха образуются преимущественно в процессах преобразования и использования энергии и неразрывно связаны с деятельностью человека. Причем экстенсивный рост производства и экономики в целом неизбежно приводит к увеличению выбросов. В связи с этим,



► Рисунок 2. Динамика выбросов диоксида серы (SO₂) и оксидов азота (NO_x) в Беларуси по данным инвентаризации выбросов



несмотря на принимаемые меры, не наблюдается устойчивого сокращения выбросов и концентраций этих соединений в атмосферном воздухе, как в случае с диоксидом серы. Общее сокращение выбросов этих загрязняющих веществ в Европе с момента подписания Конвенции о ТЗВБР составило 25–30 %, в Беларуси по сравнению с 1980 годом, когда страна присоединилась к конвенции, выбросы оксидов азота снизились на 39 %.

Фактором, ограничивающим эффективность борьбы с данными загрязнениями, по мнению О. Круковской, является высокая стоимость мероприятий по сокращению выбросов. Затраты на охрану атмосферного воздуха, приведенные к валовому внутреннему продукту, в Беларуси одни из наиболее значительных в Европе. Следовательно, у нас в стране программу мер по снижению выбросов оксидов азота следует разрабатывать исходя из их обоснованности и эффективности.

Специалисты уверены: высокая концентрация в атмосфере оксидов азота оказывает негативное воздействие на сердечно-сосудистую и нервную системы человека. Наиболее опасно это для самых чувствительных групп населения – детей, беременных женщин, пожилых людей.

Медицинскими исследованиями подтверждено: если ребенок подвергается воздействию оксидов азота в утробе матери, то в последующем велика вероятность заболевания дыхательной системы, развития астмы или аллергических реакций. Экологи, в свою очередь, выяснили, что эти соединения участвуют как прекурсор в образовании твердых частиц, которые осаждаются в легких и провоцируют заболевания дыхательной системы и другие воспалительные реакции организма.

Сегодня исследователи из лаборатории трансграничного загрязнения Института природопользования НАН Беларуси проводят национальную инвентаризацию выбросов, загрязняющих атмосферу. Эти результаты передаются в уполномоченные органы Женевской Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния и используются вместе с данными других стран – сторон конвенции в исследовательских целях и для принятия управленческих решений.

Наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в Республике Беларусь выполняются в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) во всех крупных населен-

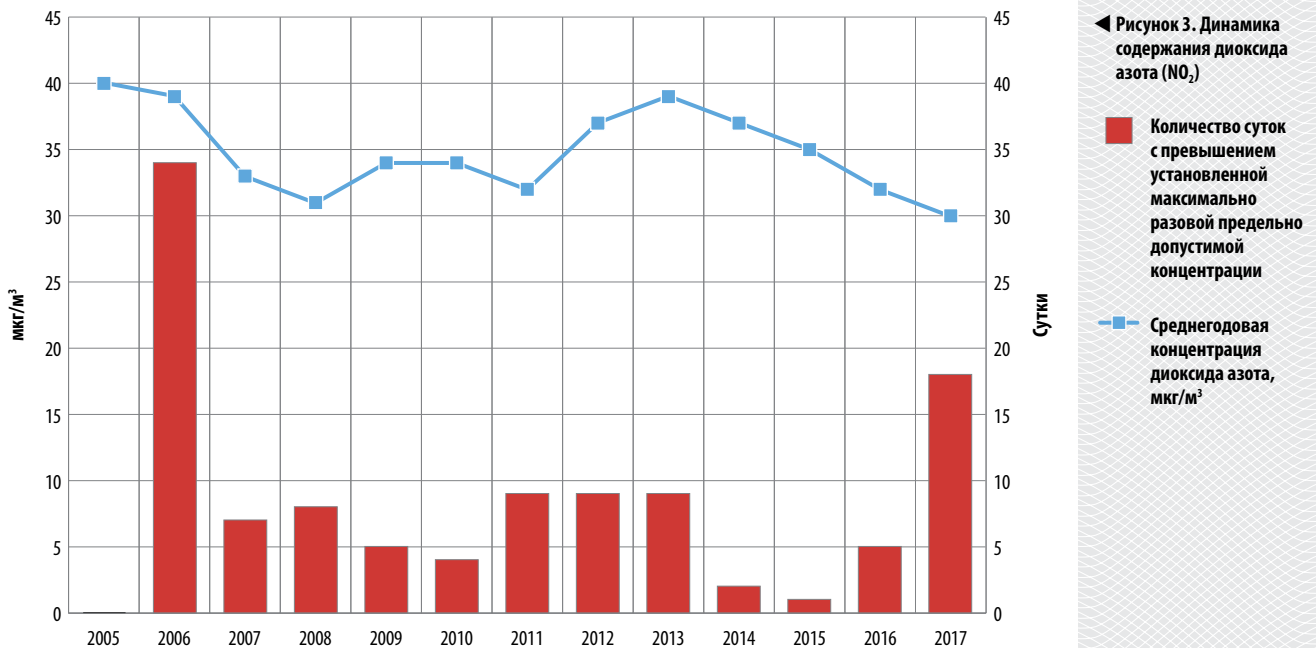


Рисунок 3. Динамика содержания диоксида азота (NO_2)

■ Количество суток с превышением установленной максимальной разовой предельно допустимой концентрации

— Среднегодовая концентрация диоксида азота, $\text{мкг}/\text{м}^3$

ных пунктах и промышленных центрах. Можно констатировать, что состояние воздуха городов Беларуси достаточно благополучное. Его загрязнение в два раза ниже установленных национальных пределов (в такой же степени строгих, как и в большинстве стран мира, и соответствующих нормативам Всемирной организации здравоохранения) наблюдается более чем в 87 % проведенных измерений. Превышения нормативов по отдельным веществам – чаще твердым частицам фракции размером до 10 микрон – фиксируются не более чем в 1 % наблюдений. Тем не менее в отдельных районах Гомеля, в Жлобине повышенное содержание твердых частиц отмечается более часто. Кроме того, в летний период во многих городах наблюдаются превышения содержания формальдегида: максимальные зарегистрированные значения выше норматива в 3,2 раза. Для других специфических веществ видна устойчивая тенденция к снижению концентраций. В частности, за последние четыре года содержание сероводорода в воздухе вблизи центров нефтепереработки сократилось: для Новополоцка – на 8 %, для Мозыря – на 33 %. В Могилеве и Борисове отмечается снижение уровня загрязнения воздуха фенолом.

Применительно к оксидам азота одновременно наблюдается тенденция к снижению среднего содержания и увеличению числа дней в течение года, когда регистрируются превышения. Например, в Минске в 2014 году среднегодовое содержание диоксида азота в атмосферном воздухе составило $37 \text{ мкг}/\text{м}^3$, а превышение разовых нормативов содержания отмечено лишь один раз в течение года. В 2017 году было зарегистрировано 15 дней, в течение которых содержание диоксида азота было хотя бы один раз выше разового предела, а средняя за год концентрация составила $30 \text{ мкг}/\text{м}^3$.

Глобальную проблему загрязнения атмосферного воздуха, уверены ученые, можно решить только совместными усилиями, объединив национальные стратегии. Борьба за сохранность воздушного бассейна связана с остальными Целями устойчивого развития, направленными, в том числе, на здоровый образ жизни и благополучие, устойчивую энергетику, безопасность и стабильное функционирование городов, защиту экосистем. Оно и понятно: ведь, если загрязнять еще глубже в суть проблемы, чистый воздух – залог будущего землян.

Снежана МИХАЙЛОВСКАЯ