

такие как устойчивость и экология, не всегда учитываются в показателях индекса;

- потенциал для манипуляций. Страны могут пытаться манипулировать своими показателями, чтобы улучшить положение в рейтингах.

Библиографический список

1. Logistics Perfomance Index (LPI). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pri.worldbank.org/international/global>. – Дата доступа: 26.02.2025.

2. Индекс эффективности логистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Индекс_эффективности_логистики. – Дата доступа: 26.02.2025.

3. Беларусь лидер среди стран ЕАЭС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prode-lo.by/belarus-lidiruet-sredi-stran-eaes-v-globalnom-indekse-effektivnosti-logistiki-vsemirnogo-banka/>. – Дата доступа: 26.02.2025.

УДК 502.3:613.15

Дулевич Данута Вячеславовна
студентка 3 курса кафедры МТБиУР
Водопьянова Татьяна Павловна
к.э.н., доцент кафедры МТБиУР
Белорусский государственный технологический университет, г. Минск
e-mail: vodopjanova@belstu.by

ВЛИЯНИЕ ТРАНСГРАНИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

***Аннотация.** В статье рассмотрено влияние трансграничного загрязнения воздуха на мониторинг качества атмосферного воздуха в Республике Беларусь. Представлены и проанализированы данные о развитии Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) Республики Беларусь.*

***Ключевые слова:** трансграничное загрязнение воздуха, мониторинг, Республика Беларусь, вредные вещества, НСМОС.*

IMPACT OF TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION ON AIR QUALITY MONITORING IN THE REPUBLIC OF BELARUS

***Annotation.** The article examines the impact of transboundary air pollution on air quality monitoring in the Republic of Belarus. Data on the development of the National Environmental Monitoring System (NEMS) of the Republic of Belarus are presented and analyzed.*

***Keywords:** transboundary air pollution, monitoring, Republic of Belarus, harmful substances, NEMS.*

Трансграничное загрязнение, или транснациональное загрязнение, представляет собой процесс распространения загрязняющих веществ за пределы государственных или региональных границ. Данное явление может проявляться в виде загрязнения водных ресурсов, почвенного покрова или атмосферы [1].

Трансграничное загрязнение воздуха возникает, когда вредные выбросы, включая токсичные химические соединения, мелкодисперсные частицы (ТЧ) и промышленные отходы, переносятся воздушными массами на значительные расстояния. Источниками таких выбросов могут выступать промышленные объекты, энергетические комплексы или транспортные средства, расположенные в одном регионе, но оказывающие воздействие на качество воздуха в соседних территориях, включая трансграничные зоны [1]. Научные исследования подтверждают, что ухудшение качества атмосферного воздуха негативно влияет на функционирование дыхательной системы человека, а также на состояние экосистем в целом [1].

Загрязнение воздуха, имеющее трансграничный характер, представляет собой актуальную проблему. Основными источниками таких загрязнений выступают выбросы, связанные с транспортной деятельностью и энергопотреблением. К ключевым загрязняющим веществам относятся диоксид серы (SO₂), оксиды азота (NO_x), летучие органические соединения (ЛОС), а также

токсичные компоненты, такие как тяжелые металлы и стойкие органические загрязнители [2]. Некоторые из этих веществ, включая оксид углерода (СО) и метан (СН₄), способны сохраняться в атмосфере в течение длительного времени. Эта особенность позволяет им перемещаться на расстояния в тысячи километров и оказывая воздействие на регионы, значительно удаленные от первоначальных источников выбросов [2].

Основные последствия трансграничного загрязнения воздуха включают окисление водных ресурсов и почвенного покрова, образование смога, а также распространение опасных химических веществ. Влияние ключевых загрязняющих веществ воздуха на окружающую среду представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Основные загрязняющие вещества воздуха и их воздействие на окружающую среду [2].

Воздействие на окружающую среду	Загрязняющее вещество
Окисление	SO ₂ , NO _x , NH ₃
Эвтрофикация	NO _x , NH ₃
Озон	ЛОС, NO _x
Бионакопление токсичных веществ	Тяжелые металлы, СО ₂

Таблица 1 представляет собой упрощенное обобщение воздействия различных загрязняющих веществ на окружающую среду. Например, соединения, вызывающие окисление, одновременно выступают предшественниками образования мелкодисперсных частиц, оказывающих негативное влияние на здоровье человека.

Летучие органические соединения (ЛОС), такие как бензол, не только обладают токсичными свойствами, но также способствуют формированию вредных частиц в атмосфере [2].

Эффективность мер по контролю выбросов ЛОС и оксидов азота (NO_x) в снижении концентрации озона варьируется в зависимости от конкретного региона исследования. В районах с высоким уровнем загрязнения контроль выбросов оксида азота NO_x и ЛОС наиболее эффективен для снижения концентрации озона

[2]. В регионах с низкими уровнями NO_x меры по ограничению как NO_x , так и ЛОС также способствуют снижению озона, однако контроль выбросов NO_x оказывается более результативным. Тем не менее, сокращение выбросов NO_x остается важным для минимизации последствий подкисления и эвтрофикации, а также для снижения уровня образования озона [2].

Деятельность человека также оказывает воздействие на окружающую среду. Например, энергосберегающие инициативы, направленные на сокращение выбросов оксид углерода CO_2 , не только помогают смягчить последствия изменения климата, но также способствуют снижению выбросов других вредных веществ, таких как SO_2 , NO_x и CO . Это положительно сказывается на уменьшении окисления ночв, снижении уровня тропосферного озона и улучшении качества воздуха в городах [2].

На рисунке 1 представлены основные преимущества снижения содержания вредных веществ в атмосферном воздухе.

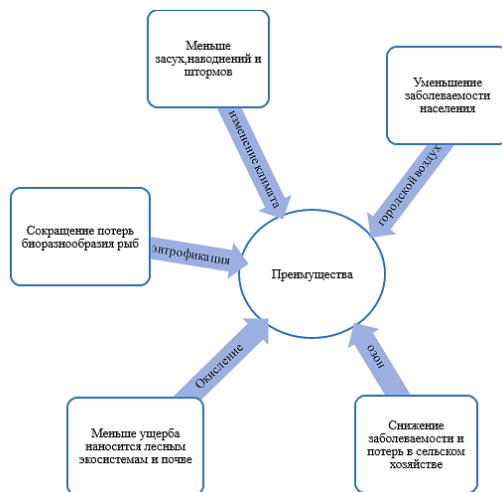


Рис. 1 – Основные преимущества снижения содержания вредных веществ в атмосферном воздухе

Снижение содержания вредных веществ в атмосферном воздухе, таких как аммиак (NH_3), диоксид азота (NO_2), диоксид серы (SO_2), углекислый газ (CO_2), метан (CH_4) и тропосферный озон, имеет многочисленные преимущества.

Во-первых, уменьшение выбросов способствует снижению окисления почв и водоёмов, что положительно влияет на биоразнообразие и устойчивость экосистем. Во-вторых, улучшение качества воздуха напрямую связано со снижением заболеваемости среди населения, особенно респираторными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. В-третьих, сокращение выбросов парниковых газов, таких как CO₂ и CH₄, способствует замедлению изменения климата.

Таким образом, такие меры улучшают не только экологическую обстановку, но и приносят значительные экономические и социальные выгоды.

Одним из основных направлений государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды в соответствии со статьей 7 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» является обеспечение непрерывного функционирования Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (далее – НСМОС) [3].

Наблюдения за качеством атмосферного воздуха осуществляются в 19 промышленных городах и населенных пунктах Республики Беларусь. В список входят такие города, как Минск, Брест, Витебск, Гомель, Гродно, Могилев, Полоцк, Новополоцк, Орша, Бобруйск, Мозырь, Речица, Светлогорск, Пинск, Жлобин, Лида, Барановичи, Борисов и Солигорск. Кроме того, мониторинг проводится в деревне Пеньки (Мозырский район) и на станции фонового мониторинга (СФМ), расположенной в Березинском заповеднике. Такая сеть наблюдений позволяет охватить ключевые промышленные и природные зоны, обеспечивая комплексный контроль за состоянием атмосферного воздуха.

За 30-летний период функционирования НСМОС сеть мониторинга атмосферного воздуха существенно расширилась. Если в 1993 году мониторинг осуществлялся лишь в 14 промышленных городах на 45 станциях, то к 2015 году и в последующие годы государственная сеть наблюдений увеличилась до 67 пунктов, расположенных в 19 промышленных городах страны. Кроме того, в систему были включены станции фонового мониторинга, такие как станция в Березинском заповеднике и в

деревне Пеньки (Мозырский район), что позволило охватить более широкий спектр экологических условий и улучшить качество данных [3].

На рисунке 2 представлена динамика расширения сети пунктов наблюдений мониторинга атмосферного воздуха в Республике Беларусь.



Рис. 2 – Динамика расширения сети пунктов наблюдений мониторинга атмосферного воздуха [3]

Сеть мониторинга атмосферного воздуха состоит из 67 пунктов наблюдений, входящих в НСМОС. Из них 16 пунктов оснащены автоматическими станциями, обеспечивающими непрерывный сбор данных, а 51 пункт работает в дискретном (ручном) режиме отбора проб. Такая структура позволяет сочетать оперативный контроль с детальным анализом качества воздуха в различных регионах [3].

Мониторинг химического состава снежного покрова осуществляется ежегодно в период максимального накопления влагозапаса в снеге. Наблюдения проводятся на 22 пунктах, однако в последние годы из-за отсутствия устойчивого снежного покрова снегомерная съемка выполняется не на всех запланированных участках. Это связано с изменением климатических условий, которые влияют на формирование и сохранение снежного покрова в течение зимнего сезона [3].

Следует отметить, что уровень загрязнения атмосферного воздуха такими веществами, как бенз(а)пирен, летучие органические соединения, свинец и кадмий, на протяжении многих лет остается стабильно низким в большинстве городов Беларуси [3].

Однако тенденции изменения среднегодовых концентраций приоритетных загрязняющих веществ, таких как оксид углерода (CO) и диоксид азота (NO₂), характеризуются нестабильностью.

На рисунке 3 представлена тенденция изменения среднегодовых концентраций углерод оксида в атмосферном воздухе областных центров.

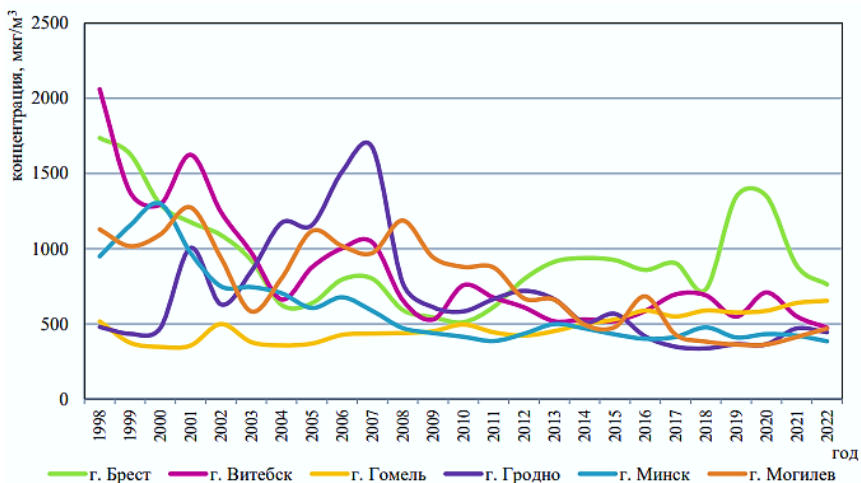


Рис. 3 – Тенденция изменения среднегодовых концентраций углерод оксида в атмосферном воздухе областных центров [3]

По сравнению с 1998 годом наблюдается значительное снижение концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе городов Минск, Брест, Витебск и Могилев. В то же время в Гомеле уровень загрязнения этим веществом несколько увеличился. В Гродно среднегодовая концентрация оксида углерода в 2022 году осталась на уровне 1998 года [3].

Что касается диоксида азота, его концентрация в атмосферном воздухе городов Минск, Брест, Гомель и Гродно несколько возросла по сравнению с 1998 годом. В Могилеве уровень загрязнения этим веществом снизился, а в Витебске в 2022 году среднегодовая концентрация диоксида азота осталась на уровне 1998 года [3].

В 2024 году запланировано проведение научно-исследовательской работы, направленной на разработку и обоснование подходов к развитию сети мониторинга атмосферного

воздуха. В рамках этой работы будут определены критерии для выбора населенных пунктов и районов, где необходимо организовать наблюдения за качеством воздуха. Также будут установлены оптимальные режимы наблюдений, места размещения и необходимое количество пунктов мониторинга [3]. Дополнительно будет проведен анализ соответствия существующей сети наблюдений разработанным критериям и подготовлены рекомендации по ее совершенствованию в соответствии с актуальными требованиями [3].

Таким образом, ключевыми задачами и перспективными направлениями в области мониторинга атмосферного воздуха на данный момент являются:

- разработка и обоснование подходов к дальнейшему развитию сети наблюдений за качеством атмосферного воздуха;
- внедрение цифровых технологий для повышения уровня информированности о состоянии атмосферного воздуха;
- продолжение модернизации материально-технической базы с целью повышения эффективности и точности мониторинга.

Эти меры направлены на обеспечение более полного и качественного контроля за состоянием атмосферного воздуха, что является важным шагом в улучшении экологической обстановки и защите здоровья населения.

Библиографический список

1. PurpleAir Site - European Union [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www2.purpleair.com/blogs/blog-home/what-is-transboundary-air-pollution/>– Дата доступа: 16.03.2025.
2. European Environment Agency - European Union [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/en/>– Дата доступа: 18.03.2025.
3. Научно-практическое издание «НСМОС Беларуси – 30 лет! Перспективы развития»/ Под общей редакцией главного информационно-аналитического центра Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь – Минск, 2023. – 94 с