

районный исполнительный комитет [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.dubrovno.vitebsk-region.gov.by/news/region-news-ru/predpriyatija-apk-vitebskoj-oblasti-chasche-drugix-subjektov-hozjajstvovaniya-narushajut-10276-2012/> (дата обращения 25.03.2025).

2. Сельское хозяйство — основной потребитель и загрязнитель пресной воды в мире / Союз органического земледелия [Электронный ресурс]. - URL: <https://soz.bio/selskoe-khozyaystvo-osnovnoy-potrebi/> – дата доступа: 25.03.2025 07:01

3. Загрязнение воды удобрениями и пестицидами / Лабораторные измерения и охрана труда [Электронный ресурс]. URL: - <https://laboratoria.by/stati/zagr-vody-ekositemy> (дата обращения 27.03.2025).

4. Проблемы водных ресурсов / Информация о компании НПИ «Экология будущего» [Электронный ресурс].-URL: <https://npieco.kz/company/articles/problemy-vodnyh-resursov/> (дата обращения 27.03.2025).

5. Мониторинг поверхностных вод за 2018 [Электронный ресурс]. - URL: <https://nsmos.by/sites/default/files/2023-08/2%20SURFACE%20WATER%20Monitoring%202018.pdf> (дата обращения 20.03.2025).

6. Мониторинг поверхностных вод за 2023 [Электронный ресурс]. -URL: <https://nsmos.by/sites/default/files/2024-07/2-surfase-water-monitoring-2023.pdf> - с.64 (дата обращения 20.03.2025).

УДК 621.355.5

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Рудко В.В., Зорин А.Ю., студенты

Научный руководитель Забродская Н. Г.

*Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники*

Проведено исследование качества воздушной среды в крупных промышленных центрах Республики Беларусь. На основе статистических данных о содержании вредных частиц в воздухе предложены информационные и технические методы для эффективной очистки атмосферы.

Ключевые слова: воздушная среда, загрязнение, здоровье, качество воздуха, информационные и технические методы.

Введение. На здоровье человека влияет множество факторов окружающей среды, классифицирующиеся по следующим критериям:

- степень воздействия;
- продолжительность действия;

- уровень опасности.

Особое внимание уделяется уровню загрязненности воздушной среды, так как в организм человека в процессе дыхания вместе с кислородом постоянно поступают различные вредные частицы. Основные составляющие воздуха: азот, кислород, инертные газы, углекислый газ и различные аэрозольные частицы. Одними из загрязнителей атмосферы являются твердые частицы, представляющие собой смесь твердых и жидких капель. Крупные частицы диаметром 10 микрон или меньше (\leq PM10) образуются из пылицы, водных брызг и пыли, переносимой ветром в результате сельскохозяйственных работ, дорожного движения и разработок земельных ресурсов. Более мелкие и вредные для здоровья частицы диаметром 2,5 микрона или меньше (\leq PM2,5) возникают как из первичных источников (при сжигании топлива на тепловых электростанциях, промышленных предприятиях и транспортных средствах), так и из вторичных источников (в результате химических реакций газов).

Частицы PM10 проникая в легкие оседают в них, вызывая раздражение, воспаление и повреждение слизистой оболочки дыхательных путей. Частицы PM2,5, попадая через легочный барьер в кровеносную систему, поражают внутренние органы. Вышеприведенные частицы повышают риск развития сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, а также рака легких и инсульта.

В 2021 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) обновила свои глобальные рекомендации по качеству воздуха, установив рекомендуемый максимальный безопасный уровень среднегодовой концентрации PM2,5 — не более 5 мкг/м³. В рекомендациях приводятся доказательства вреда загрязнения воздуха для здоровья человека, даже при концентрациях, считавшихся ранее безопасными. Одним из важнейших факторов сохранения здоровья населения является контроль качества вдыхаемого воздуха. Своевременное информирование граждан и применение эффективных методов очистки воздуха помогут снизить риски для здоровья и повысить качество жизни.

Исследования. Наибольшее влияние загрязнители оказывают в местах скопления промышленных предприятий и крупных сельскохозяйственных полей. Для исследования выбраны такие крупные промышленные центры Республики Беларусь, как Новополоцк, Минск и Мозырь. При выборе учитывалось их географическое положение в пределах страны — север, центр и юг.

Новополоцк является центром нефтехимической промышленности Беларуси, а также одним из крупнейших индустриальных и научно-образовательных центров страны. Город исторически входил в число городов с наибольшей плотностью выбросов загрязняющих веществ. В советское время он неоднократно занимал первое место в рейтинге самых загрязненных городов Беларуси. В последние десятилетия уровень вредных выбросов снизился из-за следующих мероприятий:

- модернизация промышленного оборудования и производственных процессов;
- внедрение современных систем очистки выбросов;
- переход на более чистые энергоносители;
- усиление экологического контроля.

Согласно рассчитанным значениям индекса качества атмосферного воздуха, в 2020 году состояние воздуха в городе оценивалось в основном как очень хорошее и хорошее. Прослеживается устойчивая тенденция снижения уровня загрязнения воздуха диоксидом азота, оксидом углерода, фенолом и сероводородом. По сравнению с 2016 годом содержание фенола в воздухе снизилось на 80 %, оксида углерода — на 46 %, сероводорода — на 44 %, диоксида азота — на 32 %. Динамика содержания диоксида серы в воздухе по-прежнему нестабильна: минимальная среднегодовая концентрация наблюдалась в 2017 году, а максимальная — в 2019 году. В 2016–2017 годах содержание аммиака оставалось на одном уровне, в 2018–2019 годах возросло в 1,7 раза и стабилизировалось, а в 2020 году было отмечено его снижение. По данным IV квартала 2024 года, состояние воздуха в городе оценивалось преимущественно как очень хорошее и хорошее. Кратковременные периоды умеренного и удовлетворительного уровня загрязнения связаны с увеличением концентрации приземного озона, диоксида азота и диоксида серы. Периодов с плохим и опасным уровнем загрязнения воздуха не зафиксировано.

Минск – столица Беларуси, самый крупный промышленный и административный центр страны. В настоящее время в Минске зарегистрировано более 4500 предприятий, занятых в сфере промышленности. Наиболее развитые направления – пищевая отрасль, легкая промышленность, химическая отрасль, машиностроение и металлообработка. Согласно рассчитанным значениям индекса качества атмосферного воздуха, в 2020 году воздух в Минске оценивался в основном как хороший и очень хороший. Доля периодов с умеренным, удовлетворительным, плохим и очень плохим качеством воздуха незначительна. Точно такая же ситуация наблюдалась весной и в октябре из-за повышенного содержания твердых частиц, а летом — из-за приземного озона. Наблюдается устойчивая тенденция снижения загрязнения воздуха диоксидом азота, фенолом и аммиаком. По сравнению с 2016 годом содержание аммиака уменьшилось на 43 %, диоксида азота — на 13 %. Концентрации фенола в большинстве случаев были ниже предела обнаружения. Динамика изменения среднегодовых концентраций оксида углерода нестабильна. Уровень загрязнения твердыми частицами (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) стабилизировался. По данным наблюдений за IV квартал 2024 года, превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) по загрязняющим веществам не

зафиксированы. Максимальная среднесуточная концентрация $PM_{2,5}$ составила 0,85 ПДК.

Мозырь — крупный промышленный город с населением более 100 тысяч человек. Важную роль в экономике города играют машиностроение, деревообработка и пищевая промышленность. Топливо-энергетический комплекс представлен Мозырской ТЭЦ и проходящим поблизости нефтепроводом «Дружба».

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются предприятия лесной, нефтехимической, электротехнической, местной промышленности, а также автотранспорт. По данным стационарных наблюдений, качество воздуха в городе не всегда соответствовало установленным нормативам. Зафиксированы превышения по твердым частицам и формальдегиду. По сравнению с 2019 годом, отмечено снижение содержания загрязняющих веществ в воздухе. Наблюдается устойчивая тенденция снижения концентрации диоксида азота и оксида углерода. Динамика содержания твердых частиц нестабильна: в 2017 году отмечалось существенное снижение их концентрации, в 2018–2019 годах — рост и стабилизация, а в 2020 году — вновь снижение. В последние годы уровень загрязнения сероводородом снизился и стабилизировался. По данным IV квартала 2024 года, превышений нормативов ПДК по загрязняющим веществам в атмосферном воздухе не зафиксировано. Максимальная разовая концентрация твердых частиц составила 0,9 ПДК, диоксида азота — 0,6 ПДК, оксида углерода и диоксида серы — 0,1 ПДК. Концентрации сероводорода ниже предела обнаружения.

Результаты наблюдений сведены в таблицу и график (рис. 1 и табл. 1). Анализ результатов показывает, что качество воздушной среды в крупных промышленных центрах Республики Беларусь в целом оценивается как очень хорошее и хорошее. В определенные периоды возможны превышения ПДК вредных веществ. Для защиты населения в такие периоды и соблюдения рекомендуемого уровня среднегодовой концентрации $PM_{2,5}$ (не более 5 $мкг/м^3$), необходимо применять различные информационные и технические методы.

Одно из ключевых направлений — проведение информационно-просветительской работы с населением. Важно разъяснить влияние качества воздуха на здоровье человека и необходимость минимизации загрязнения окружающей среды. При превышении концентрации вредных веществ выше допустимых норм следует оперативно информировать жителей, находящихся в зоне риска, посредством SMS-оповещений, push-уведомлений на мобильные устройства и других каналов связи. В сообщениях должны содержаться рекомендации по защите:

- закрытие окон в жилых и рабочих помещениях;
- использование очистителей воздуха;

- ношение защитных масок, в первую очередь людям со слабым здоровьем и заболеваниями дыхательной системы.

Таблица 1 – результаты наблюдений в крупных промышленных центрах РБ

Город	Индекс качества атмосферного воздуха в 2020 году	Индекс качества атмосферного воздуха в 2024 году	Тенденция изменений
Новополоцк	Очень хорошее / Хорошее	Очень хорошее / Хорошее	Улучшение, снижение загрязняющих веществ
Минск	Очень хорошее / Хорошее	Очень хорошее / Хорошее	Стабильно хорошее, снижение загрязнения
Мозырь	Удовлетворительное / Хорошее	Хорошее	Улучшение, снижение выбросов

К техническим методам защиты относятся развитие и массовое распространение бытовых очистителей воздуха. Снижение их стоимости сделало их доступными для всех слоев населения. Важную роль играют датчики качества воздуха, позволяющие оперативно получать данные о состоянии атмосферы. Установка таких датчиков в жилых районах, на промышленных объектах и в общественных местах позволит вовремя принимать меры по минимизации вредного воздействия загрязняющих веществ.

Одно из важнейших направлений – мониторинг за соблюдением санитарных и экологических нормативов предприятиями. Стимулирование внедрения современных фильтрующих систем и экологических методов производства сокращает выбросы вредных веществ в атмосферу.

С помощью Интернет вещей (IoT) повышается уровень защиты населения. Планируется разработать автоматизированные системы мониторинга качества воздуха для офисных зданий. Несколько датчиков, установленных на разной высоте, отслеживают уровень загрязнения. При превышении ПДК система автоматически:

- закрывает окна, предотвращая попадание загрязненного воздуха внутрь;
- включает очистители воздуха;
- отправляет уведомления сотрудникам о необходимости принять меры защиты.

Аналогичная система может быть внедрена в транспортных средствах. При обнаружении загрязненного воздуха автоматически закрываются окна, активируется внутренняя вентиляция и встроенный очиститель воздуха.

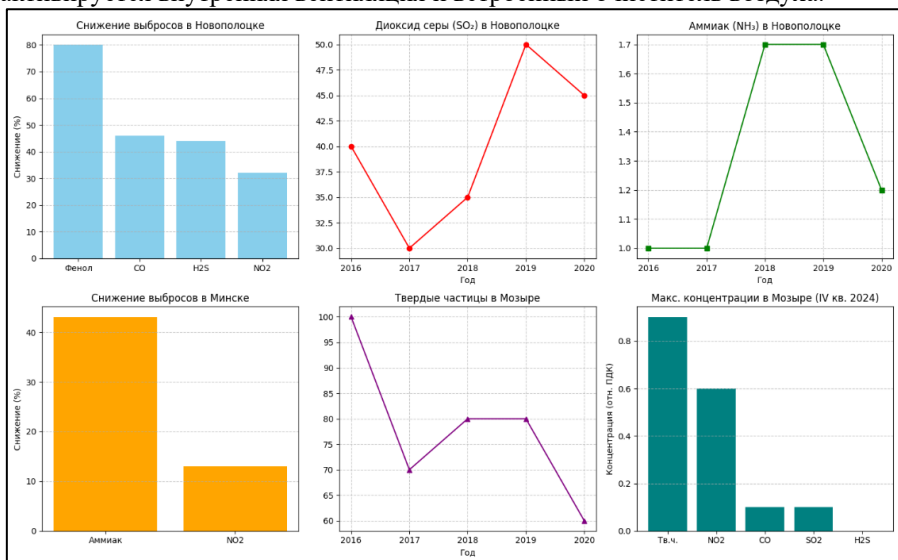


Рисунок 1 – результаты наблюдений в крупных промышленных центрах РБ

Выводы. Качество воздуха оказывает прямое влияние на здоровье человека. Из-за его прозрачности люди не осознают, что вместе с кислородом вдыхают опасные частицы. Они становятся причиной развития различных заболеваний, в первую очередь органов дыхания. Мониторинг и контроль качества воздуха особенно важны для крупных промышленных центров, где наблюдаются значительные выбросы загрязняющих веществ. Современные информационные и технические методы позволяют не только оперативно выявлять нарушения, но и автоматически минимизировать воздействие вредных веществ. Развитие и внедрение таких систем обеспечит более эффективную защиту здоровья населения и улучшение экологической обстановки.

Литература:

1. Как загрязнение воздуха разрушает наше здоровье - <https://www.who.int/ru/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health>. (Дата доступа: 15.02.2025)

2. Ежегодник состояния атмосферного воздуха. 2020 - <https://rad.org.by/articles/vozduh/ezhegodnik-sostoyaniya-atmosferного-vozduha-2020-god>. (Дата доступа: 15.02.2025)

3. Состояние атмосферного воздуха в 4 квартале 2024 года - <https://rad.org.by/articles/vozduh/sostoyanie-atmosferного-vozduha-v-4-kvartale-2024-goda>. (Дата доступа: 15.02.2025)

УДК 621.313

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ОБРАЗОВАНИЯ ДИГЕСТАТА БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рышкевич Я.В., студент

Научный руководитель Зеленуха Е.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Проведена оценка потенциала образования дигестата биогазовых технологий из отходов животноводства в Республике Беларусь. Полученные результаты учитывают данные по поголовью сельскохозяйственных животных, объему образования суточного количества органических отходов, условий содержания и других факторов.

Ключевые слова: биогазовые технологии, органические отходы животноводства, потенциал получения дигестата, уменьшение воздействия на окружающую среду.

К перспективному направлению возобновляемой энергетики относятся биогазовые технологии. Использование биогаза имеет значительные энергетические и экологические преимущества. Так, целевое сжигание биогаза позволяет предотвратить выбросы активных парниковых газов – метана и аммиака – в атмосферу, а биогазовые установки выполняют функцию очистных сооружений на производственных объектах, производящих органические отходы.

Согласно данным [1], на территории Республики Беларусь функционируют 37 биогазовых комплексов, общей установленной мощностью 53,682 МВт, которые можно условно разделить на две основные категории по используемым технологиям и оборудованию.

Первая категория биогазовых комплексов использует газопоршневые агрегаты. Основным сырьем для них являются твердые бытовые отходы, из которых производят свалочный газ. Установки интенсифицируют процесс метаногенеза, позволяют очистить его от примесей и получить газообразное топливо постоянного состава, при этом, уменьшаются объемы твердых бытовых отходов на полигонах. Среди биогазовых комплексов данной категории можно выделить КУПП «Брестский мусороперерабатывающий завод», г. Брест; СЗАО «ТелДаФакс Экотех МН», Минская область; полигон