

УДК 621.3.08

# Информационная подсистема анализа загрязнения атмосферного воздуха

В статье предлагаются направления развития системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в Республике Беларусь, а именно увеличение количества постов контроля загрязнения атмосферы в городе; расширение перечня контролируемых примесей за счет внедрения автоматизированных систем мониторинга качества атмосферного воздуха; разработка информационной подсистемы анализа атмосферного воздуха; построение безопасного маршрута следования.

**Ключевые слова:**

загрязняющие вещества, информационная система, мониторинг атмосферного воздуха, безопасный маршрут следования.

**Введение.** Одна из наиболее острых экологических проблем современности – это качество атмосферного воздуха в городах многих стран. Выбросы промышленности, энергетики и транспорта оказывают негативное воздействие на состояние атмосферного воздуха городов, на здоровье населения и на окружающую среду в целом.

Контроль за состоянием окружающей среды в комплексе, а также за ее отдельными составляющими и компонентами осуществляется в рамках государственного экологического мониторинга «Национальной системы мониторинга окружающей среды», который проводит постоянный контроль качества компонентов окружающей среды, в т. ч. и атмосферного воздуха.

В настоящее время далеко не во всех городах Республики Беларусь ведется мониторинг атмосферного воздуха. По данным Государственного



**О.П. РЯБЫЧИНА,**  
старший преподаватель кафедры программного обеспечения сетей телекоммуникаций, магистр техники и технологии



**В.А. РЫБАК,**  
заведующий кафедрой программного обеспечения сетей телекоммуникаций, к. т. н., доцент

УО «Белорусская государственная академия связи»

учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды, регулярная сеть государственной службы мониторинга загрязнения атмосферы на территории Беларуси в 2018 г. состояла из 66 стационарных постов наблюдений загрязнения атмосферы, число контролируемых городов – 19, а стационарные непрерывные измерения концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе проводились по данным 11 станций [1].

Согласно Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 года необходимо обеспечить граждан Республики Беларусь бесплатным доступом к экологической информации, жизненно важной для их безопасности [2]. Кроме того, наша страна подписала соглашения

в рамках Орхусской конвенции, которые обязывают предоставлять населению доступ к информации, предполагают участие общественности в процессе принятия решений и доступ к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды [3].

Таким образом, одной из актуальных задач развития экологического мониторинга в Республике Беларусь является увеличение количества постов контроля загрязнения атмосферы в городе, а также разработка информационной подсистемы анализа атмосферного воздуха.

**Основная часть.** Станции измерений содержания в воздухе загрязняющих веществ функционируют непрерывно и позволяют обеспечить получение оперативной информации о концентрации загрязняющих веществ в отличие от применения ручного способа отбора проб. Техническое обеспечение станции непрерывного мониторинга состоит из павильонов станций, измерительного комплекса (автоматические газоанализаторы с непрерывным циклом измерений, системы отбора проб воздуха, метеорологические датчики), системы обработки и передачи данных и систем жизнеобеспечения станций. На станциях в непрерывном режиме измеряются концентрации приземного озона  $O_3$ , диоксида серы  $SO_2$ , азота диоксида  $NO_2$ , твердых частиц, фракции размером до 10 микрон, углерода оксида  $CO$ , бензола, метеорологические параметры и др. [1].

Однако при всех положительных аспектах существующих подходов к организации мониторинга атмосферного воздуха в городе такие системы обладают целым рядом недостатков, прежде всего связанных с ограниченностью количества станций непрерывных измерений содержания в воздухе загрязняющих веществ, информационной составляющей по набору исследуемых веществ и оперативностью предоставления информации гражданам.

Авторами предлагается информационная подсистема анализа атмосферного воздуха, основу которой составляют стационарные посты непрерывного контроля загрязнения атмосферы в городе, а также беспилотные летательные аппараты (БЛА) для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, экологическая информация от которых поступает в режиме реального времени в интернет (рис. 1).



Стационарные посты контроля загрязнения атмосферы в городе устанавливаются на перекрестках и предназначены для осуществления наблюдения за состоянием атмосферного воздуха с помощью станций непрерывных измерений содержания в воздухе загрязняющих веществ. Данные стационарные посты включают устройства сбора и обработки экологической информации, например, содержат датчики температуры, влажности, давления, углекислого газа, твердых частиц и др., а также обеспечивают передачу информации в интернет в режиме реального времени.

БЛА для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха предназначены для осуществления наблюдения за состоянием атмосферного воздуха с помощью станций измерений содержания в воздухе загрязняющих веществ в случае ухудшения экологической ситуации в местах, требующих только периодического обновления данных, экологическая информация которых передается в интернет в режиме реального времени.

В Республике Беларусь приняты нормативные правовые акты, регулирующие порядок использования БЛА (авиамоделей) [4]: Указ Президента Республики Беларусь от 25.02.2016 №81 «Об использовании авиамоделей», Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16.08.2016 г.



Рисунок 1 – Схема работы информационной подсистемы анализа атмосферного воздуха

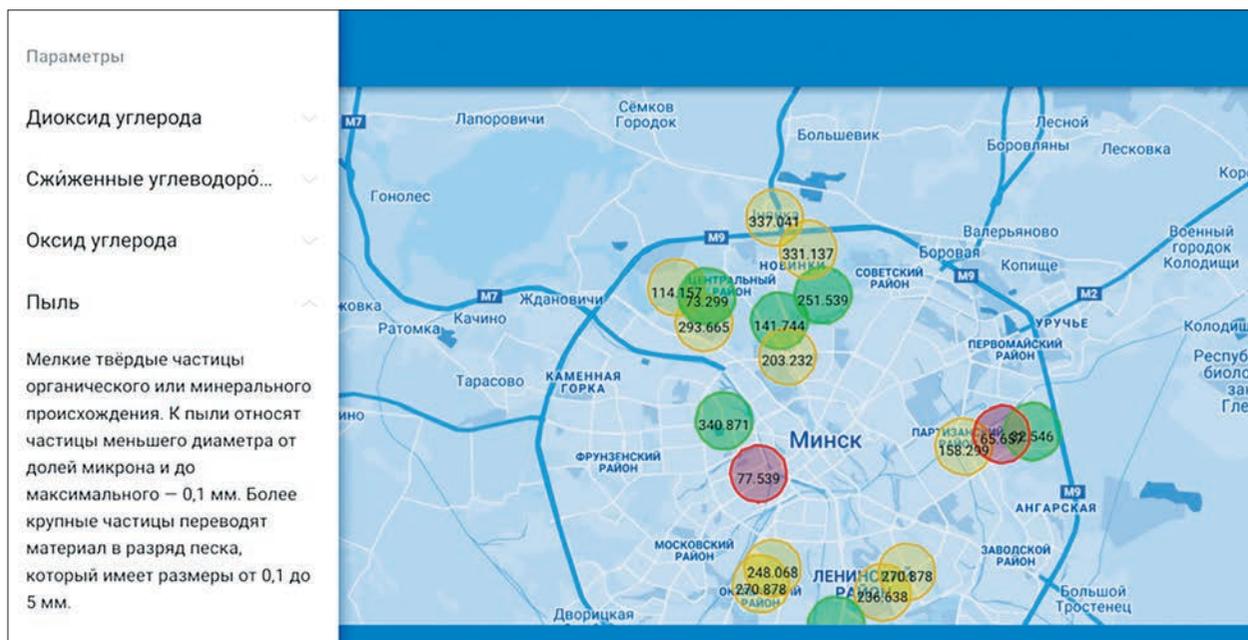


Рисунок 2 – Информационная подсистема анализа атмосферного воздуха

№ 636 «О некоторых вопросах использования авиамodelей в Республике Беларусь», Постановление Министерства обороны Республики Беларусь от 27.09.2017 № 19 «О внесении изменения в постановление Министерства обороны Республики Беларусь от 22.08.2016 №18 «Об установлении перечня зон, запрещенных для использования авиамodelей в Республике Беларусь». В частности, в правилах запрещается использование авиамodelей в пределах зон, запрещенных для использования авиамodelей, без согласования с государственными органами (организациями), в интересах которых установлены такие зоны, а также на высоте, превышающей 100 метров от уровня земной (водной) поверхности, и общей массой более 0,5 килограмма без соответствующей маркировки авиамodelей.

Информационная подсистема контроля атмосферного воздуха базируется на использовании нескольких инструментов [5]. Так, аппаратная часть системы позволяет в рамках одной станции проводить анализ нескольких загрязнителей и получать реальную картину рассеивания примесей от различных источников. Помимо этого, она включает GPS-трекер для передачи информации о местоположении стационарного поста непрерывного контроля загрязнения атмосферы или БЛА и предоставляет интерфейс для передачи данных для обработки.

Программная часть системы включает в себя клиент-серверное приложение для обработки полученных данных, их визуализации и позволяет в режиме реального времени отображать экологическую информацию в интернете.



Рисунок 3 – Поля загрязненности г. Минска оксидом углерода (CO) по состоянию на 11.00 18.05.2018

Информационная подсистема получает данные с датчиков прибора, анализирует состав воздуха и отображает на карте города в интернете числовое значение и цветное обозначение содержания вредных загрязняющих веществ в атмосфере в соответствии с предельно допустимыми концентрациями загрязняющих веществ [6] в атмосферном воздухе населенных пунктов, а также показывает минимальные и максимальные пороговые значения концентрации загрязняющих веществ, допустимую динамику их изменения (рис. 2).

Вычисление концентрации загрязняющих веществ в точках, построение полей загрязняющих веществ и прогнозирования возможных состояний происходит с использованием интерполяционных и экстраполяционных математических моделей. На основании расчетных данных строятся поля загрязняющих веществ и наносятся на карту города, реализуемую с помощью ГИС (рис. 3).

Обобщенный анализ рисков о качественном и количественном влиянии негативных факторов на состояние здоровья населения и статистические поля распределения концентраций загрязняющих веществ используются для оповещения населения об экологической ситуации. Пользователь информационной подсистемы получает возможность просматривать аналитическую сводку в виде таблиц или графиков, а также выбирать оптимальный маршрут пути следования в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха в городской среде (рис. 4). Если экологическая обстановка на пути следования изменилась в режиме онлайн, то маршрут перестраивается и предлагается альтернативный вариант [5]. Участники движения выбирают оптимальный маршрут. Например, для пешеходов это может быть путь с минимизацией неблагоприятного воздействия на здоровье при прочих равных условиях. Для водителей информация о сильно загрязненном воздухе на определенном участке дороги может служить сигналом к его объезду, чтобы не усугублять сложившуюся опасную ситуацию [7].

Построение безопасного маршрута пути следования осуществляется на основе алгоритмов построения оптимального пути по вершинам графа с учетом степени загрязненности воздуха. Выбран

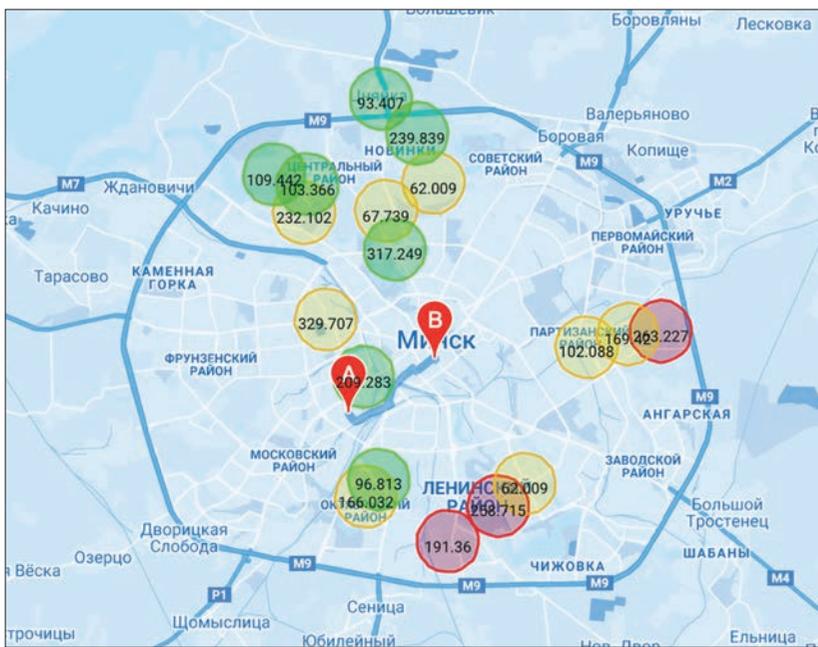


Рисунок 4 – Маршрут пути следования в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха

усовершенствованный метод нахождения оптимального безопасного маршрута следования по алгоритму Дейкстры с учетом загрязненности воздуха в городе при наличии альтернативных (множества возможных) маршрутов. Критериями оптимальности являются загрязненность воздуха, длина маршрута и время. В процессе поиска определяется оптимальный с учетом загрязненности воздуха и минимальной длины маршрут. Если искомый маршрут существует, то метод гарантирует его нахождение с большой долей вероятности.

Кроме информационной, подсистема мониторинга включает подсистемы организационного, правового и методического обеспечения, определяющие организационные структуры мониторинга, порядок предоставления, обработки информации и методы анализа.

Организация сети стационарных постов наблюдения на перекрестках в городе и использование БЛА для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в случае ухудшения экологической ситуации в местах, требующих только периодического обновления данных, экологическая информация от которых поступает в режиме реального времени в интернет, позволит получать информацию не только о концентрации загрязняющих веществ, но и о месте их локализации, а также обеспечит граждан Республики Беларусь бесплатным доступом к экологической информации, жизненно важной для их безопасности.

**Заключение.** Современная сеть мониторинга атмосферного воздуха Республики Беларусь

проводит измерения концентраций различных загрязняющих веществ. Тем не менее существует ряд проблем, связанных с техническим оборудованием станций мониторинга, недостаточным обеспечением аналитических лабораторий современными средствами измерений. Более того, система мониторинга Белгидромета и ее методы с ручным отбором проб не отвечают современным требованиям по передаче оперативной информации о загрязнении атмосферы.

С учетом актуальности проблемы загрязнения атмосферного воздуха указанные недостатки свидетельствуют о необходимости развития и модернизации сети мониторинга в Республике Беларусь, внедрения автоматизированных систем непрерывного измерения содержания основных загрязняющих веществ, разработки новых и пересмотра

существующих методов измерения, а также совершенствования средств обработки, хранения и передачи информации.

Следует отметить, что существующая сеть наблюдений за качеством атмосферного воздуха в городе не позволяет решать обозначенную задачу выбора оптимального пути вследствие отсутствия соответствующих объективных и своевременных карт. Предлагаемая нами информационная подсистема позволит анализировать состояние атмосферного воздуха, вследствие чего пользователь получит достоверную информацию в режиме реального времени об уровне загрязнения окружающей среды и сможет построить безопасный маршрут пути следования. Также использование полученных результатов позволит построить на их основе систему поддержки принятия управленческих решений.

---

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rad.org.by/>. – Дата доступа: 23.12.2018.
2. «Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minpriroda.gov.by/ru/nsur2020-ru/>. – Дата доступа: 25.12.2018.
3. Орхусская конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aarhusbel.com/conven/> – Дата доступа: 23.01.2019.
4. Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2017/november/26539/>. – Дата доступа: 12.01.2019.
5. **Рябычина, О.П.** Автоматизированная система визуализации результатов мониторинга атмосферного воздуха / О.П. Рябычина, Е.А. Бут-Гусаим // Современные средства связи: материалы XXIII международной научно-технической конференции. – Минск: УО БГАС, 2018.
6. Гигиенический норматив содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе, обладающих эффектом суммации. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.03.2015 № 33.
7. **Амро, Р.** Мобильный комплекс для экологической диагностики и мониторинга / Амро Р., Рыбак В.А., Рябычина О.П. // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 16-й Международной научно-технической конференции, 2018 г., Минск; редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск, 2018. – С. 212
8. **Волкодаева, М.В.** О развитии системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха / М.В. Волкодаева, А.В. Киселев // Записки Горного института. 2017. Т. 227. С. 589-596. DOI: 10.25515/PMI.2017.5.589.

---

*The article proposes directions for the development of an environmental monitoring system for the quality of atmospheric air in the Republic of Belarus, namely an increase in the number of posts controlling air pollution in the city; an increase in the list of controlled impurities through the introduction of automated systems for monitoring air quality; development of an information subsystem of the analysis of atmospheric air; building a safe route.*

Получено 04.02.2019.