

Вестник Череповецкого государственного университета. 2023. № 1 (112). С. 11–26.
Cherepovets State University Bulletin, 2023, no. 1 (112), pp. 11–26.

Научная статья

УДК 632.15; 004.9

<https://doi.org/10.23859/1994-0637-2023-1-112-1>

Загрязнение окружающей среды: структурирование и визуализация мест загрязнений

Мария Михайловна Гладышева^{1✉}, Ксения Сергеевна Гладышева²,
Александр Петрович Шишиморов³

^{1,2,3} Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова,
Магнитогорск, Российская Федерация,

¹ mar.ser.ksuh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2239-961X>

² ksusha.glad10@gmail.com

Аннотация. Целью исследования является повышение эффективности экосистемы города и уменьшение временных затрат на формирование сравнительного анализа исследуемых компонентов в атмосферном воздухе. Представлена структура исходных данных, предоставленных лабораторией охраны окружающей среды для визуализации мест загрязнений атмосферы. Приведены проектные решения разработки программного обеспечения в виде ментальных схем и блок-схем. В результате разработано программное обеспечение с использованием географической информационной системы (ГИС) с открытым кодом и системой управления реляционными базами данных MS SQL Server, что делает ПО универсальным с возможностью использования в любой местности.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, геоинформационные системы, визуализация мест загрязнений, информационная структура загрязнения воздуха

Для цитирования: Гладышева М. М., Гладышева К. С., Шишиморов А. П. Загрязнение окружающей среды: структурирование и визуализация мест загрязнений // Вестник Череповецкого государственного университета. 2023. № 1 (112). С. 11–26.
<https://doi.org/10.23859/1994-0637-2023-1-112-1>.

Environmental pollution: structuring and visualization of contaminated areas

Maria M. Gladysheva^{1✉}, Ksenia S. Gladysheva², Alexander P. Shishimorov³,
^{1,2,3} Nosov Magnitogorsk State Technical University,

Magnitogorsk, Russia,

¹ mar.ser.ksuh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2239-961X>

² ksusha.glad10@gmail.com

Abstract. The purpose of the study is to increase the efficiency of the city ecosystem and reduce the time spent on the formation of a comparative analysis of the studied components in the atmospheric air. The authors present the structure of the initial data provided by the environmental protection

laboratory for visualization of atmospheric pollution areas. Design solutions for software development in the form of mental diagrams and block diagrams are given. As a result, special software was developed using an open source geographic information system (GIS) and a relational database management system MS SQL Server, which makes the software universally applicable in any area.

Keywords: air pollution, geoinformation systems, visualization of contaminated areas, information structure of air pollution

For citation: Gladysheva M. M., Gladysheva K. S., Shishimorov A. P. Environmental pollution: structuring and visualization of contaminated areas. *Cherepovets State University Bulletin*, 2023, no. 1 (112), pp. 11–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2023-1-112-1>.

Введение

Атмосфера – оболочка из газов, окружающая землю. Она защищает планету от жестких условий космоса, а газы, составляющие ее, необходимы для существования жизни. Примерно 95 % по весу всей атмосферы располагается до высоты 25 км; смесь газов в нижнем слое атмосферы обычно называют воздухом¹.

Атмосфера города – это единое целое, она не подразделяется на отдельные изолированные районы. Любая примесь, поступающая в атмосферу, в той или иной концентрации содержится в любой части города. Высокое загрязнение атмосферного воздуха города обусловлено высоким содержанием производственных мощностей, постоянно возрастающим влиянием автотранспорта, неблагоприятными метеорологическими условиями и рядом других факторов. В атмосферный воздух города с выбросами, как от стационарных, так и передвижных источников, поступают сотни разнообразных веществ в твердом, жидком и газообразном состоянии. Количество выбросов от каждого источника не бывает постоянным, оно зависит от технологии, режима работы предприятия и ряда других факторов.

Уральский промышленный регион России является лидером по валовым выбросам вредных веществ в атмосферу: оксида углерода, оксида меди, азота, диоксида серы, хлористого водорода, фенолов, углеводорода, свинца, хлора, формальдегида, бензапирена, ксилола.

Исследование по загрязнению окружающей среды проводилось в городе Магнитогорске Челябинской области РФ.

Автомобильные выхлопы признаны по своему составу одними из самых губительных: они образуются на уровне зоны дыхания человека, причем в основном в жилых районах. В связи с тем, что в атмосферу ежедневно выбрасываются тонны вредных веществ, рост онкологических заболеваний в г. Магнитогорске составляет в среднем 5 % в год, наблюдается очень высокий уровень врожденных пороков развития: отклонения по состоянию здоровья имеют 72 % детей. Существуют профессиональные формы рака, которые по неведомой пока причине диагностируются только в этом населенном пункте.

¹ Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология и охрана окружающей среды. Москва: КноРус, 2022. 329 с.

Естественное загрязнение появляется в результате природных процессов, а антропогенное – в результате деятельности людей. На рис. 1 показаны основные источники загрязнения.



Рис. 1. Источники загрязнения атмосферы

К числу антропогенных источников загрязнения атмосферного воздуха причисляются: промышленные источники, транспорт, сельскохозяйственное производство, энергетические установки, сжигающее ископаемое топливо. Из-за высокой плотности размещения весомый вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят коммунально-бытовые предприятия¹. В табл. 1 приведены экспертные оценки выделения некоторых вредных веществ природными и антропогенными источниками.

Таблица 1

Выделение (10⁶г/сут) некоторых газообразных веществ

Вещество	Источник	
	Природный	Антропогенный
Диоксид серы	-	0,4
Сероводород	0,3	0,01
Оксиды азота	2	0,2
Аммиак	3	0,01
Углеводороды	2	0,2
Оксид углерода	10	1
Диоксид углерода	3000	20

¹ Другов Ю. С., Зенкевич И. Г., Родин А. А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред. Москва: Лаборатория знаний, 2020. 753 с.

Согласно данным табл. 1, природные источники выделяют больше вредных веществ, тем не менее, самым опасным является антропогенное поступление. Это связано с тем, что вредные вещества антропогенного происхождения накапливаются в зоне обитания человека¹. Различные метеорологические условия, определяющие перенос и рассеивание примесей в воздухе, оказывают большое влияние на значение концентраций вредных веществ в атмосфере. На степень и интенсивность загрязнения воздушного бассейна влияют направление и скорость ветра, влажность, количество и продолжительность осадков, циркуляция воздушных потоков. Также нежелательной, с точки зрения загрязнений приземного слоя атмосферы, является инверсия температуры.

Для состояния атмосферы в городах наибольшую опасность представляет приземная инверсия в сочетании со слабыми ветрами, т. е. ситуация «застоя воздуха». Увеличению концентраций загрязнений в атмосферном воздухе способствует влажность. Капли тумана поглощают примесь не только вблизи подстилающей поверхности, но и из вышележащих, наиболее загрязненных, слоев воздуха. Поэтому концентрация примесей сильно возрастает в слое тумана и уменьшается над ним. Растворение сернистого газа в каплях приводит к образованию кислотных дождей. Осадки вымывают примеси из атмосферного воздуха. После длительных интенсивных осадков практически не наблюдаются высокие концентрации примесей в атмосфере².

В среднем человек получает через зрение более 80 % информации. Таким образом, визуализация увеличивает способность восприятия. Основываясь на данном факте, мы применили ГИС-технологии для создания карты мест загрязнений воздуха.

Геоинформационная технология (ГИС-технология) – это совокупность приемов, способов и методов применения средств вычислительной техники, позволяющая реализовать функциональные возможности ГИС для анализа исходных данных, выполнения расчетов и представления в картографической форме полученных результатов. Эта технология объединяет преимущества визуализации и географического анализа изучаемых объектов реального мира, которые предоставляет карта, с возможностью работы с базами цифровых данных.

Актуальность данной темы исследования состоит в том, что на сегодняшний день антропогенное загрязнение атмосферного воздуха приобрело огромный размах. Это привело к серьезным экологическим, экономическим, социальным последствиям для общества. Значительно возросла необходимость мониторинга качества атмосферного воздуха в городе.

Цель данной работы – повышение эффективности экосистемы города и уменьшение временных затрат на формирование сравнительного анализа исследуемых ком-

¹ Гладышева М. М., Сомова Ю. В., Злыдарев Н. В. Программные и проектные решения для оценки рисков возникновения несчастных случаев на промышленном предприятии // Дальневосточная весна. 2021: Материалы 19-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. С. 185–188.

² Коваленко Л. В. Биохимические основы химии биологически активных веществ. Москва: Лаборатория знаний, 2020. 230 с.

понентов в атмосферном воздухе с помощью реализации программного обеспечения для визуализации мест загрязнений окружающей среды.

Заказчиком выступила лаборатория охраны окружающей среды ПАО «ММК». Итоговый продукт – «Интерактивная карта загрязнений». Данная разработка будет реализовывать просмотр меток на карте с любого устройства.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач, а именно:

1. Провести мониторинг программного обеспечения для визуализации мест загрязнений окружающей среды.
2. Осуществить программные и проектные решения программного обеспечения для визуализации мест загрязнений окружающей среды.
3. Разработать программное обеспечение для визуализации мест загрязнений окружающей среды.

В результате реализации заказчик должен получить готовый программный продукт, который позволит просмотреть карту города с отображающимися на ней данными замеров для выявления наиболее загрязненных районов города.

Основная часть

Мониторинг программного обеспечения для визуализации мест загрязнений окружающей среды. Существует множество сервисов, которые предоставляют карты загрязнения воздуха в различных единицах измерения, однако все они имеют свои достоинства и недостатки, свои особенности и свое единообразие¹. При анализе стоит учитывать как популярные сервисы, так и небольшие разработки.

На рис. 2 представлен сайт «МОСЭКОНОММОНИТОРИНГ» с картой загрязнения воздуха в Москве. Статистику по 16 загрязняющим веществам получают с 52 станций контроля. Все данные отображаются на интерактивной карте. Сейчас ни один из показателей загрязнения на сайте не превышает допустимую концентрацию. На этом сайте пользователи могут посмотреть данные о содержании загрязняющих веществ в атмосфере в режиме реального времени. Также на сайте присутствует информация обо всех контролируемых метеопоказателях: температуре, давлении, скорости, направлении ветра.

Достоинства сайта: быстрое действие и ненагроможденность интерфейса, удобный выбор загрязняющего вещества в фильтре и описание.

¹ Гладышева М. М., Гладышева К. С. Сравнительный анализ программного обеспечения в сфере учета травматизма на предприятии // АВ ОВО... (С САМОГО НАЧАЛА...). Магнитогорск, 2021. С. 31–34.

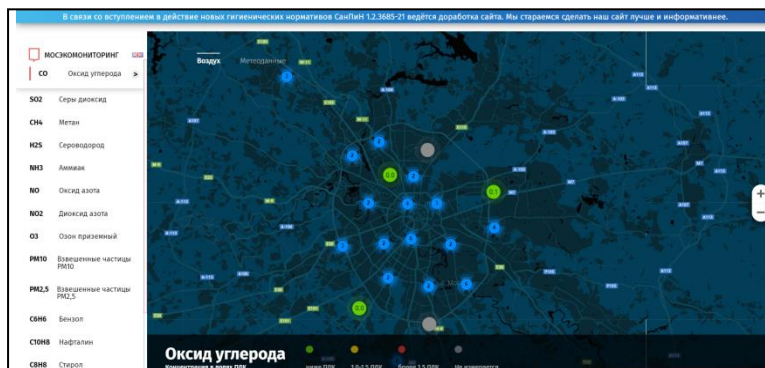


Рис. 2. Сайт «МОСЭКОНОММОНИТОРИНГ»

Недостатки: отсутствие поиска места на карте, для нахождения нужного района пользователю приходится мышкой приближать и искать нужное место или улицу. Интерфейс сайта прост в понимании и использовании, выполнен в современном стиле, предусмотрено масштабирование, однако при переключении режимов с «Воздуха» на «Метеоданные» ломается система координат, из-за этого карта выглядит неестественно и просмотр данных на ней является практически невозможным. Отсутствует кнопка геолокации, тогда как ее наличие могло бы сэкономить время пользователям, которым необходимо узнать уровень загрязнения в конкретном месте.

Интерактивная карта «SOS! Воздух» позволяет увидеть источники загрязнения воздуха по автодорогам и стационарным объектам, официальным и общественным системам мониторинга и «горячим точкам», из которых приходит больше всего жалоб (рис. 3).

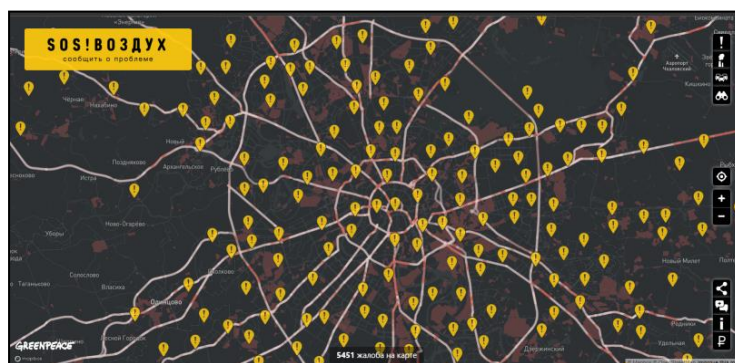


Рис. 3. Сайт «SOS! Воздух»

Интерфейс выглядит интуитивно понятно, выполнен в современном стиле, однако некоторые кнопки сложно разобрать, при наведении на них не появляется подсказка. Основной недостаток данной карты – разбросанная и неточная информация, нет описания элементов и данных об уровне загрязнения атмосферного воздуха. Есть

только возможные причины и комментарии пользователей, на многих метках информация отсутствует вовсе. Из достоинств можно выделить: большой функционал данного сайта, быстроедействие и отсутствие загрузок, интересный интерфейс и приятный дизайн.

IQAir – крупный сайт, позволяющий узнать индекс качества воздуха (AQI) и загрязнение атмосферы PM_{2.5} в мире (рис. 4). При нажатии на метку отображается панель индекса качества воздуха с точным местом и временем, а также прогноз погоды, влажность, ветер, давление, диаграмма уровня загрязнения атмосферы.

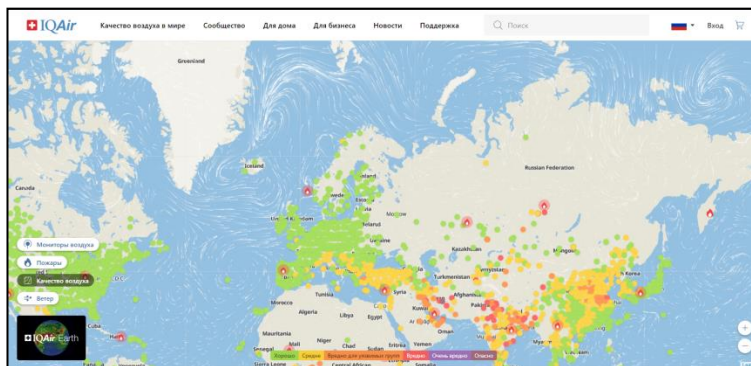


Рис. 4. Сайт «IQAir»

Интерфейс сайта прост в понимании и использовании, выполнен в современном стиле, предусмотрено множество полезных функций и фильтров. Из недостатков сайта можно выделить очень низкий уровень прогрузки карты, из-за чего сложно найти нужный город на карте, и практически полное отсутствие меток на территории РФ. Отсутствует поиск на карте мира и геолокация, не знающему точно географию человеку будет сложно найти нужный город или страну на карте.

Aircms.online – система общественного мониторинга качества воздуха (рис. 5).

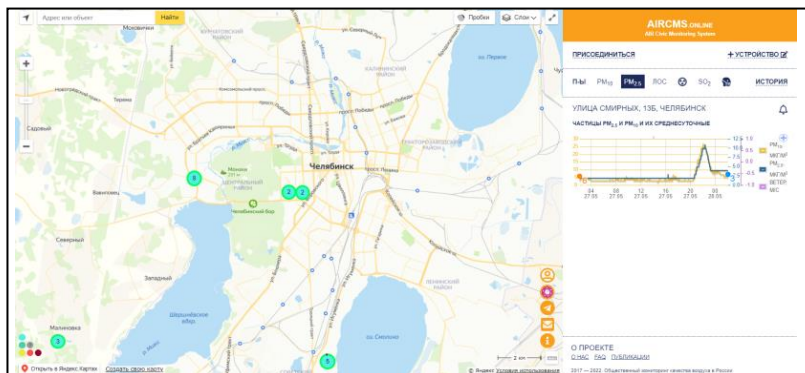


Рис. 5. Сайт «Aircms.online»

Важная часть платформы – это аналитика, в том числе предиктивная. Если правильно использовать много неточных данных, то можно существенно повысить качество выводов и об источниках загрязнений, и о последствиях выбросов. Из достоинств можно выделить большой функционал, представленный на сайте, быстрое действие и отсутствие загрузок. Среди недостатков данного сайта можно сразу выделить нагроможденность различными иконками и лишней информацией, сайт разработан только для мониторинга на ПК, при уменьшении экрана страница сайта отображается некорректно. Интерфейс неоднозначный и требует времени для понимания.

В табл. 2 приведен сравнительный анализ продуктов, предназначенных для визуализации мест загрязнений окружающей среды.

Таблица 2

**Сравнение программных продуктов, предназначенных
для визуализации мест загрязнений окружающей среды**

Наименование критерия	Наименование программного продукта			
	МОСЭКОМОНИТОРИНГ	SOS!Воздух	IQAir	Aircms.online
Удобство пользовательского интерфейса	✓	✗	✓	✓
Широкий функционал	✓	✓	✓	✓
Наличие замеров химических элементов	✓	✗	✗	✗
Просмотр мест загрязнений в г. Магнитогорске	✗	✗	✓	✗

В ходе исследования был разработан продукт специально для лаборатории охраны окружающей среды ПАО «ММК» города Магнитогорска. Его назначением является удобное представление информации о загрязнении воздуха в городе в виде интерактивной карты, где имеется возможность просмотра текущего местоположения, поиска на карте (района, улицы, дома, подъезда и т. д.).

Программные и проектные решения программного обеспечения для визуализации мест загрязнений окружающей среды. Для программного обеспечения была разработана ментальная карта входной и выходной информации, представленная на рис. 6.

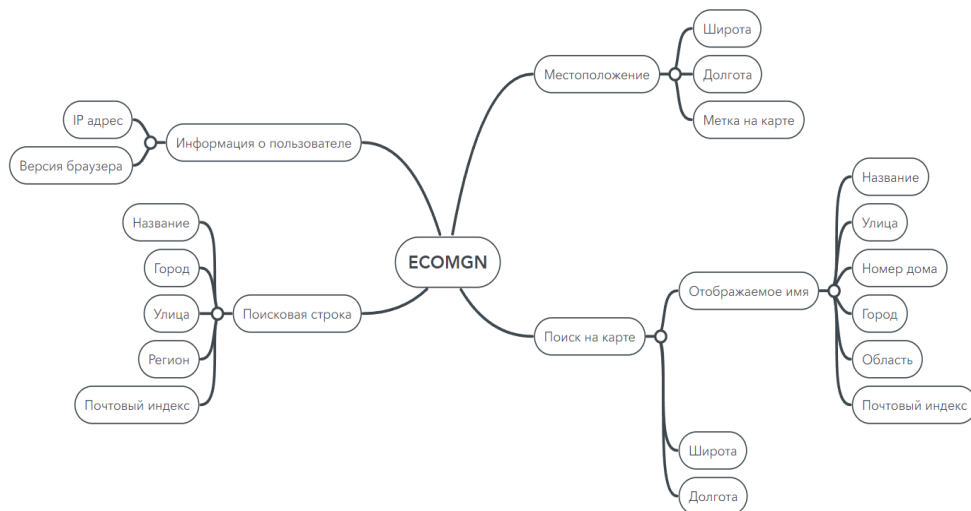


Рис. 6. Ментальная карта программного обеспечения

Условно-постоянной входной информации в программном обеспечении нет, переменная входная информация включает в себя:

- информацию о пользователе – подразумевается IP адрес пользователя и версия браузера, которая пригодится для работоспособности функций;
- данные, введенные в поисковую строку пользователем для поиска необходимого адреса на карте: название места, города, улицы, региона, почтовый индекс.

Переменная выходная информация включает:

- местоположение пользователя в виде широты, долготы и метки на карте;
- результат выполнения поиска на карте в виде широты, долготы и отображаемого текста, который включает в себя название места, города, улицы, региона, почтовый индекс.

При загрузке веб-страницы пользователь будет видеть автоматически приближенную карту города Магнитогорска. Поскольку на карте отображено достаточно большое количество меток, пользователю будет сложно выбрать нужный, для этого придется приближать карту к нужному району, чтобы метки рассредоточились и перестали «налипать» друг к другу. Для облегчения восприятия визуальной информации было принято решение добавить интерактивные кластеры, которые формируются в зависимости от приближения карты и района города. При нажатии на кластер карта автоматически приближается и обрисовывает метки проводимых замеров в формате svg. Для удобного просмотра карты были добавлены функции масштабирования, просмотра геолокации, поиск.

Блок-схема работы программного обеспечения представлена на рис. 7.

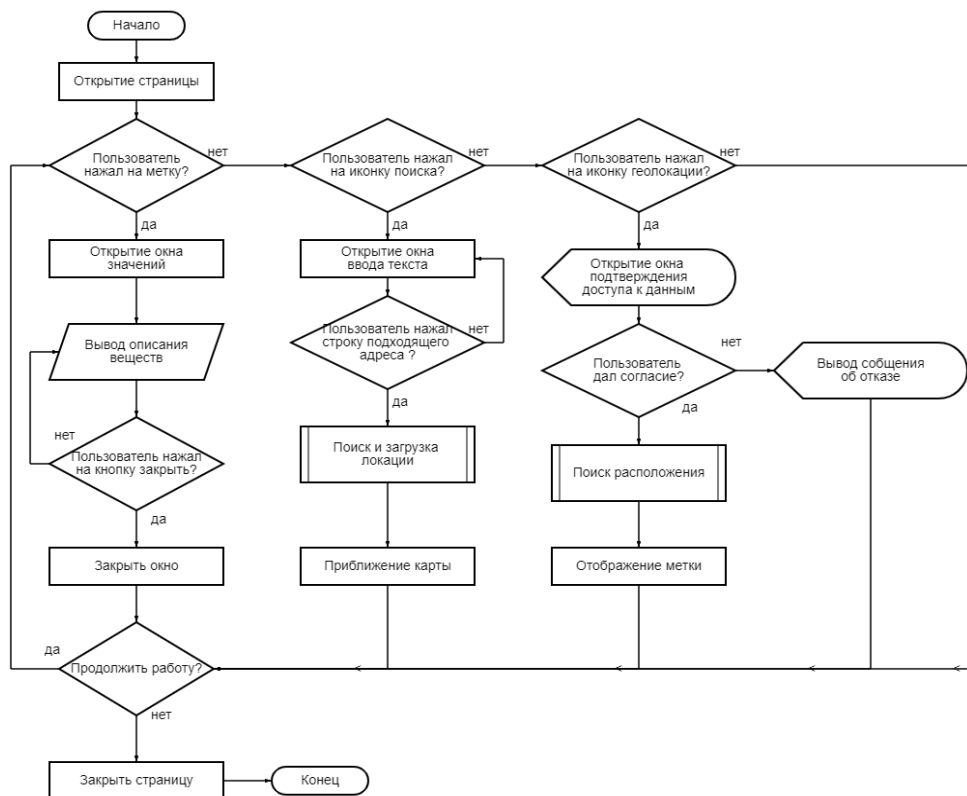


Рис. 7. Блок-схема работы программного обеспечения

Данная карта обладает следующим функционалом:

1. Поиск на карте: например, адрес места, подпись координаты.
2. Масштабирование карты колесиком или нажатием кнопок «плюс» и «минус».
3. Геолокация, отображение текущего местоположения пользователя.
4. Просмотр меток.

Программное обеспечение позволит удобно рассмотреть расположенные метки без излишнего приближения карты до нужного города и просмотреть данные о веществах, загрязняющих атмосферу.

Функция просмотра геолокации позволит увидеть текущее расположение пользователя на интерактивной карте. Если пользователь отказал в доступе, то система выведет сообщение о неудачной ошибке отображения. Функция поиска позволит отобразить введенный пользователем город, район, улицу и т. д. Если пользователь ввел неверные данные, то система выведет пользователю сообщение, что такого места не удалось найти.

Базой данных называется совокупность сведений, организованных в соответствии с концептуальной структурой, описывающей характеристики этих данных и взаимо-

отношения между ними¹. В рамках данной работы рассматривается реляционная база данных MS SQL Server.

Спроектированная база данных состоит из следующих таблиц: `geometry_columns`, `spatial_ref_sys`, `data`. При создании пространственной базы данных автоматически создаются две таблицы метаданных: `SPATIAL_REF_SYS` и `GEOMETRY_COLUMNS`. Они создаются в соответствии со спецификацией “Open Geospatial Consortium Simple Features for SQL specification”, выпущенной OGC и описывающей стандартные типы объектов ГИС², функции для манипуляции ими и набор таблиц метаданных. Схема метаданных таблиц представлена на рис. 8.

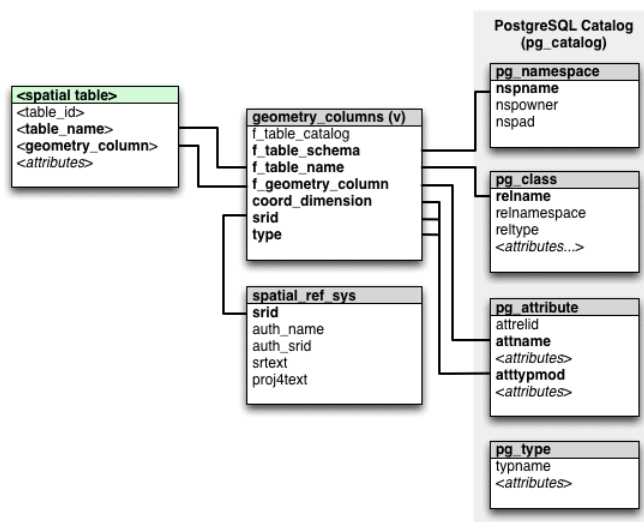


Рис. 8. Схема пространственных метаданных

Таблица `GEOMETRY_COLUMNS` хранит информацию о таблицах базы данных, содержащих пространственную информацию³. Ее заполнение осуществляется вручную либо как итог выполнения специальной процедуры OGC `AddGeometryColumn()`.

Таблица `SPATIAL_REF_SYS` содержит числовые идентификаторы и текстовые описания систем координат, используемых в пространственной базе данных. Одним из полей этой таблицы является поле `SRID` – уникальный идентификатор, однозначно определяющий систему координат. `SRID` представляет из себя числовой код, которому соответствует некоторая система координат. Например, распространенный код EPSG 4326 соответствует географической системе координат WGS84.

¹ Белявский А. Б., Егорова Л. Г., Кухта Ю. Б. Базы данных. Проектирование баз данных. Магнитогорск: МГТУ, 2011. URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=915.pdf&show=dcatalogues/1/1118902/915.pdf&view=true> (дата обращения: 28. 10. 2022).

² Волк В. К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление и администрирование. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 244 с.

³ Картавцева Е. Н. Графическая обработка результатов полевых измерений с использованием САПР и ГИС-технологий. Томск: ТГАСУ, 2021. 140 с.

Разработка программного обеспечения для визуализации мест загрязнений окружающей среды. В настоящее время ГИС – одна из современных перспективных технологий, которую многие организации внедряют в свою производственную деятельность как инструмент, усовершенствующий бизнес-процессы предприятий.

Программное обеспечение для визуализации предоставленных замеров было реализовано в геоинформационной системе QGIS. QuantumGIS (QGIS) – это дружественная к пользователю географическая информационная система (ГИС) с открытым кодом, распространяющаяся под GNUGeneralPublicLicense. QGIS является проектом OpenSourceGeospatialFoundation (OSGeo). Она работает на Linux, Unix, MacOSX, Windows и Android, поддерживает множество векторных, растровых форматов, баз данных и обладает широкими возможностями¹.

Основные модули разрабатываются командой разработчиков QGIS и автоматически входят в каждый новый релиз программы. Написаны они на языках программирования C++ и Python. В данной работе использовались основные модули, такие как: qgis2web иQuickMapServices.

Модуль qgis2web создает веб-карту из текущего проекта QGIS в формате OpenLayers, Leaflet или Mapbox GL JS. Он воспроизводит как можно больше аспектов проекта, включая слои, стили (в том числе категоризированные и градуированные) и экстенд. qgis2web делает все возможное, чтобы интерпретировать проект QGIS и экспортировать HTML, Javascript и CSS для создания веб-карты, максимально приближенной к проекту QGIS.

После загрузки сайта на странице появляется автоматически приближенная карта города Магнитогорска с кластерным отображением меток (рис. 9). На основной метке написано количество сгруппированных меток, в зависимости от их числа метка окрашивается в соответствующий цвет. При нажатии на кластер карта приближается и отрисовывает места замеров.

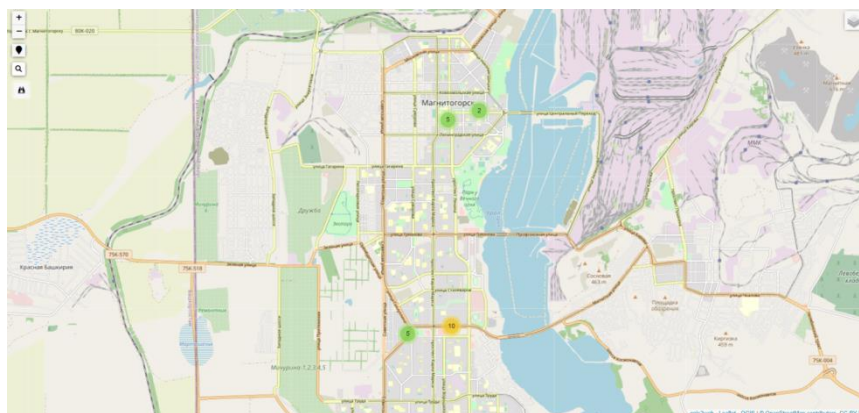


Рис. 9. Главная страница сайта

¹ Сидиков Ф. У. Геоинформационная система: перспективы, рациональное использование программного обеспечения ArcGIS // Молодой ученый. 2012. № 4 (39). С. 86.

В верхнем левом углу располагаются кнопки масштабирования карты, геолокации и поиск замера. На сайте предусмотрен поиск местоположения. При этом запрашивается доступ к данным о местоположении пользователя. В случае одобрения система приближает карту и показывает маркер на карте в соответствии с местоположением пользователя. В случае отказа выдает ошибку в всплывающем окне.

При работе в поисковой строке пользователю необходимо ввести запрос о месте или адресе. Программа автоматически показывает пользователю доступные адреса с этим запросом (рис. 10). На сайте предусмотрена возможность приближения к метке, расположенной по заданному адресу. Это происходит автоматически при нажатии на адрес.

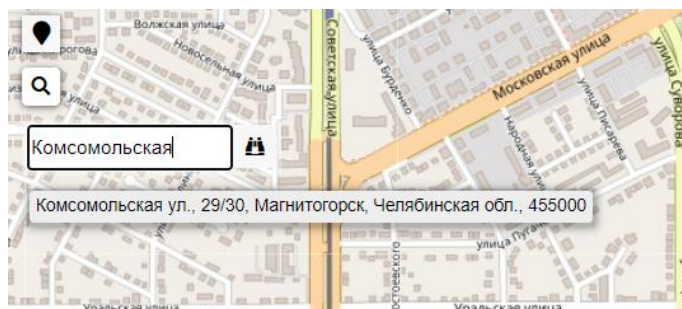


Рис. 10. Поисковая строка с выбором адреса

При работе с метками программа отображает окно с данными о месте и времени замера, данные о концентрации веществ, а также широту и долготу (рис. 11).

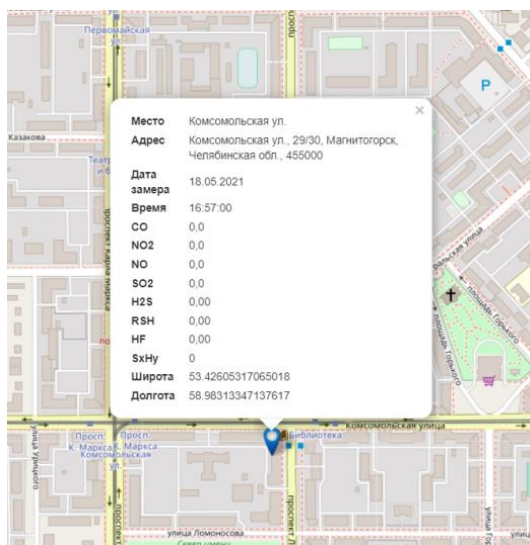


Рис. 11. Информация о замере

В ходе работы протестированы такие функции, как: масштабирование карты, поиск замера с помощью запроса и поиск местоположения.

Выводы

Анализ развития и использования геоинформационных технологий в настоящее время показал рост и востребованность на мировом рынке. Эта технология объединяет преимущества визуализации и географического анализа изучаемых объектов реального мира, которые предоставляет карта, с возможностью работы с базами цифровых данных.

Авторами исследования был проведен мониторинг существующего программного обеспечения для визуализации мест загрязнений окружающей среды, который свидетельствует о множестве различных сервисов, позволяющих узнать индекс качества воздуха и загрязнение атмосферы в режиме реального времени. Отсутствие удобного продукта показывает необходимость разработки интерактивной карты загрязнений, которая была внедрена на ПАО «ММК» города Магнитогорска.

Программные и проектные решения доработанной интерактивной карты загрязнений позволяют ознакомиться со структурой моделируемой системы, свойствами ее элементов и причинно-следственными связями, присущими системе, которые являются существенными для достижения цели моделирования.

Успешная эксплуатация программного обеспечения для визуализации мест загрязнений окружающей среды в городе Магнитогорске доказывает его универсальность, данное программное обеспечение может быть использовано в любом месте Российской Федерации и за ее пределами.

Список источников

Белявский А. Б., Егорова Л. Г., Кухта Ю. Б. Базы данных. Проектирование баз данных. URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=915.pdf&show=dcatalogues/1/1118902/915.pdf&view=true> (дата обращения: 28.10.2022).

Волк В. К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление и администрирование. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 244 с.

Гладышева М. М., Гладышева К. С. Сравнительный анализ программного обеспечения в сфере учета травматизма на предприятии // АВ ОВО... (С САМОГО НАЧАЛА...). Магнитогорск, 2021. С. 31–34.

Гладышева М. М., Камелькова Д. В. Разработка автоматизированной системы для учета виктимного поведения на промышленном предприятии // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: Тезисы докладов 78-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, 2020. С. 386.

Гладышева М. М., Сомова Ю. В., Злыдарев Н. В. Программные и проектные решения для оценки рисков возникновения несчастных случаев на промышленном предприятии // Дальневосточная весна – 2021: Материалы 19-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. С. 185–188.

Другов Ю. С., Зенкевич И. Г., Родин А. А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред. Москва: Лаборатория знаний, 2020. 753 с.

Картавцева Е. Н. Графическая обработка результатов полевых измерений с использованием САПР и ГИС-технологий. Томск: ТГАСУ, 2021. 140 с.

Коваленко Л. В. Биохимические основы химии биологически активных веществ. Москва: Лаборатория знаний, 2020. 230 с.

Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология и охрана окружающей среды. Москва: КноРус, 2022. 329 с.

Сидиков Ф. У. Геоинформационная система: перспективы, рациональное использование программного обеспечения ArcGIS // Молодой ученый. 2012. № 4 (39). С. 86.

References

Beliavskii A. B., Egorova L. G., Kukhta Iu. B. *Bazy dannykh. Proektirovanie baz dannykh* [Databases. Database design]. Available at: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=915.pdf&show=dcatalogues/1/1118902/915.pdf&view=true> (accessed: 28.10.2022).

Volk V. K. *Bazy dannykh. Proektirovanie, programmirovaniye, upravleniye i administrirovaniye* [Databases. Design, programming, management and administration]. St Petersburg: Lan', 2022. 244 p.

Gladysheva M. M., Gladysheva K. S. Sravnitel'nyi analiz programmno obeshcheniia v sfere ucheta travmatizma na predpriatii [Comparative analysis of software in the field of recording injury rate at the enterprise]. *Ab ovo... (S samogo nachala...)* [Ab ovo... (From the very beginning...)]. Magnitogorsk, 2021, pp. 31–34.

Gladysheva M. M., Kamel'kova D. V. Razrabotka avtomatizirovannoi sistemy dlia ucheta viktimnogo povedeniia na promyshlennom predpriatii [Development of an automated system for recoding victimized behavior at an industrial enterprise]. *Aktual'nye problemy sovremennoi nauki, tekhniki i obrazovaniia: tezisy dokladov 78-i mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Topical problems of modern science, technology and education: Proceedings of the 78th international scientific and technical conference]. Magnitogorsk: Izdatel'stvo Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova, 2020. 386 p.

Gladysheva M. M., Somova Iu. V., Zlydarev N. V. Programmnye i proektnye resheniia dlia otsenki riskov vozniknoveniia neschastnykh sluchaev na promyshlennom predpriatii [Software and design solutions for assessing the risks of accidents at an industrial enterprise]. *Dal'nevostochnaia vesna – 2021: Materialy 19-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii po problemam ekologii i bezopasnosti* [Far Eastern Spring – 2021: Proceedings of the 19th International research and practice conference on environmental and safety problems]. Komsomol'sk-na-Amure: Komsomol'skii-na-Amure gosudarstvennyi universitet, 2021, pp. 185–188.

Drugov Iu. S., Zenkevich I. G., Rodin A. A. *Gazokhromatograficheskaiia identifikatsiia zagriaznenii vozdukh, vody, pochvy i biosred: prakticheskoe* [Gas chromatographic identification of air, water, soil and bio sphere pollution: practical issues]. Moscow: Laboratoriia znaniy, 2020. 753 p.

Kartavtseva E. N. *Graficheskaiia obrabotka rezul'tatov polevykh izmerenii s ispol'zovaniem SAPR i GIS-tekhnologii* [Graphical processing of field measurement results using CAD and GIS technologies]. Tomsk: TGASU, 2021. 140 p.

Kovalenko L. V. *Biokhimicheskie osnovy khimii biologicheskii aktivnykh veshchestv* [Biochemical foundations of chemistry of biologically active substances]. Moscow: Laboratoriia znaniy, 2020. 230 p.

Korobkin V. I., Peredel'skii L. V. *Ekologiya i okhrana okruzhaiushchei sredy* [Ecology and environmental protection]. Moscow: KnoRus, 2022. 329 p.

Sidikov F. U. Geoinformatsionnaia sistema: perspektivy, ratsional'noe ispol'zovanie programmno obeshcheniia ArcGIS [Geoinformation system: perspectives, rational use of ArcGIS software]. *Molodoi uchenyi* [Young researcher], 2012, no. 4 (39), p. 86.

Сведения об авторах

Мария Михайловна Гладышева – доцент кафедры вычислительной техники и программирования, кандидат педагогических наук, <https://orcid.org/0000-0002-2239-961X>, mar.ser.ksuh@gmail.com, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова (д. 38, пр. Ленина, 455000 Магнитогорск, Челябинская область, Россия); **Maria M. Gladysheva** – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of Computer Engineering and Programming Department, <https://orcid.org/0000-0002-2239-961X>, mar.ser.ksuh@gmail.com, Nosov Magnitogorsk State Technical University (38, pr. Lenina, 455000 Magnitogorsk, Russia).

Ксения Сергеевна Гладышева – студент, ksusha.glad10@gmail.com, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова (д. 38, пр. Ленина, 455000 Магнитогорск, Челябинская область, Россия); **Ksenia S. Gladysheva** – Student, ksusha.glad10@gmail.com, Nosov Magnitogorsk State Technical University (38, pr. Lenina, 455000 Magnitogorsk, Russia).

Александр Петрович Шишиморов – ассистент кафедры информатики и информационной безопасности, alexander.shishimoroff@mail.ru Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова (д. 38, пр. Ленина, 455000 Магнитогорск, Челябинская область, Россия); **Alexander P. Shishimorov** – Assistant of the Department of Informatics and Information Security, alexander.shishimoroff@mail.ru, Nosov Magnitogorsk State Technical University (38, pr. Lenina, 455000 Magnitogorsk, Russia).

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 09.11.2022; одобрена после рецензирования 01.12.2022; принята к публикации 05.12.2022.

The article was submitted 09.11.2022; Approved after reviewing 01.12.2022; Accepted for publication 05.12.2022.