

# ЦИФРОВАЯ УРБАНИСТИКА

УДК 504.064.3:004.9

Научная статья

## **Наталья Петровна Садовникова**✉

д-р техн. наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28; e-mail: [n\\_sadovnikova@vstu.ru](mailto:n_sadovnikova@vstu.ru)

## **Евгений Алексеевич Пригарин**

магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28

## **Алексей Германович Финогеев**

д-р техн. наук, профессор, Пензенский государственный университет. Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, 40

## **Данила Иванович Якименко**

магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ\***

В статье описаны подходы к обработке и интерактивному представлению информации об экологии города, в том числе о загрязнении воздуха, зеленых насаждениях, шумовом загрязнении и микроклимате. В качестве исходной информации предлагается использовать данные из открытых источников. Разработанные компьютерные средства позволяют пользователям получать оперативную информацию об экологическом состоянии городской среды. Данные представлены на интерактивной онлайн-карте, что обеспечивает быстрый и удобный способ анализа информации.

**Ключевые слова:** городская среда, геопространственные данные, экологическая карта, экология города, экологический баланс, источники загрязнения, зона влияния, оценка озеленения, экосистемный анализ, городской микроклимат, урбанистика.

**Для цитирования:** Садовникова Н. П., Пригарин Е. А., Финогеев А. Г., Якименко Д. А. Визуализация данных экологического мониторинга городской среды // Социология города. 2022. № 1. С. 68—80.

DOI: 10.35211/19943520\_2022\_1-2\_68

---

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20024 (<https://rscf.ru/project/22-11-20024/>) и Волгоградской области. Результаты части «Анализ экологических факторов и источников информации» получены в рамках гранта Российского научного фонда № 20-71-10087.

## Введение

Для поддержки принятия решений по управлению развитием городской среды необходимы инструменты, позволяющие оценивать текущее ее состояние и прогнозировать возможные проблемы, влияющие на качество жизни населения. Экологическая безопасность является наиболее актуальной проблемой для большинства городов.

На данный момент доля городских жителей России составляет более 75 % населения страны. Итоги оценки качества городской среды в 1116 городах по данным за 2020 г. показали, что доля городов с благоприятной средой составляет 33,6 %<sup>1</sup>. В рамках Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»<sup>2</sup> и Национального проекта «Жилье и городская среда» (в соответствии с распоряжением Правительства РФ от 23 марта 2019 г. № 510-р федеральным проектом «Формирование комфортной городской среды») к концу 2024 г. предусмотрено сокращение количества городов с неблагоприятной средой в 2 раза<sup>3</sup>.

В процессе реализации проекта «Стратегии социально-экономического развития Волгоградской области до 2030 года» предусмотрено изменение подходов к проектированию комфортной городской среды, что, безусловно, потребует новых инструментов для анализа вариантов развития городских территорий и междисциплинарных исследований, для реализации которых необходимо создание единого подхода к обработке информации, интеграция знаний в области управления развитием территории города и внедрение новых процедур подготовки, принятия и анализа решений<sup>4</sup>.

## Проблемы экологического анализа городской среды

Городской средой называют совокупность градостроительных объектов и объектов городских инфраструктур, а также комплекс определенных условий, созданных природой или человеком в границах урбанизированной территории (Ustugova и др., 2017). Для анализа экосистемных факторов городской среды необходима научно организованная система мониторинга, позволяющая осуществлять наблюдения за состоянием окружающей среды и формировать информационную модель, на основании которой может быть произведена оценка состояния территории и анализ рисков экологической безопасности.

В качестве наиболее распространенных технологий получения данных для анализа является дистанционное зондирование Земли. На его основе получено множество решений, позволяющих реализовывать контроль экологической

<sup>1</sup> Актуальные вопросы реализации федерального проекта «Формирование комфортной городской среды». 2021. URL: <http://council.gov.ru/activity/activities/roundtables/128390/> Дата обращения: 28.11.2021.

<sup>2</sup> Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». URL: <https://digital.ac.gov.ru/> Дата обращения: 28.11.2021.

<sup>3</sup> Национальные проекты: целевые показатели и основные результаты. 2019. URL: <http://static.government.ru/media/files/p7nn2CS0pVhvQ98OOwAt2dzCIAietQih.pdf> Дата обращения: 28.11.2021.

<sup>4</sup> Пояснительная записка к проекту закона Волгоградской области «О стратегии социально-экономического развития Волгоградской области до 2030 года». URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/ae1e4d7fadbfd3eafa648091dc5cb576/zapiska.pdf> Дата обращения: 28.11.2021.

безопасности, автоматизировать процедуры кадастровой оценки, анализировать варианты использования территорий. Например, в проектах (Zhang и др., 2016; Cheang и др., 2017) представлены решения для сбора информации о состоянии зеленых насаждений города, контроля уровня загрязнения окружающей среды. В статье (Taleai и др., 2005) авторы предлагают внедрение системы поддержки принятия пространственных решений, которая объединяет ГИС с аналитическими моделями для оценки различных типов землепользования.

Платформы, объединяющие наборы инструментов анализа данных о климате и состоянии окружающей среды, позволяют моделировать состояния воздуха на ближайшие сутки на основе данных с датчиков с применением методов машинного обучения и прогнозирования (Birant, 2011).

Для анализа экологической безопасности используются интерактивные карты. Например, в рамках проекта «Зеленый патруль» реализуется анализ экологического состояния субъектов Российской Федерации. Данные для карты формируются на основе информационных материалов из различных источников (СМИ, органы власти, общественные организации, экспертные организации, хозяйствующие субъекты и инициативные группы граждан)\*.

Основным недостатком существующих подходов к экологическому анализу городской среды является отсутствие единой методологии количественной оценки факторов, влияющих на экосистему города. Чаще всего используют усредненные данные, которые не всегда объективно отражают реальное положение дел. В связи с этим **целью данной работы** является разработка технологии сбора и визуализации данных экологического мониторинга (загрязнения воздуха, озеленения, шумления, климатических данных). В качестве исходной информации предлагается использовать данные из открытых источников и данные, полученные в ходе реализации проектов лаборатории UCLab (Парыгин и др., 2018; Попова, 2019; Рашевский и др., 2021).

## Анализ экологических факторов и источников информации

**1. Озеленение городских территорий.** Озеленение — совокупность работ, связанных с созданием и использованием растительных насаждений. Следует отметить, что разговоры о зеленых насаждениях как о чуть ли не единственных источниках кислорода для дыхания жителей городов не имеют под собой абсолютно никаких научных оснований. Содержание кислорода в атмосфере сохраняется на уровне 21 % в течение последних 200 млн лет (Golubev и др., 2018). Функции зеленых насаждений в городах заключаются в другом — очищении атмосферного воздуха от химического загрязнения, их благоприятном воздействии на городской климат и снижении уровня шума. Это очень важно понимать для выработки грамотной, научно обоснованной стратегии развития системы озеленения города.

Для выполнения своих защитных функций зеленые насаждения должны иметь вполне определенную конструкцию. Загущенные посадки деревьев мало помогают самоочищению атмосферы. Под их кронами воздух застаивается, переувлажняется, создаются благоприятные условия для размножения в воздухе патогенных микроорганизмов. Кроме того, только под свето- и воздухопроницаемыми кронами формируется полноценный травянистый покров, защищающий почву от переуплотнения, пересыхания и пыления.

---

\* Карта экологического рейтинга. URL: <http://www.greenpatrol.ru/ru/projects>. Дата обращения 28.11.2021.

Территории с зелеными насаждениями характеризуются низким уровнем поглощенной и отраженной радиации, а также достаточно сильным ночным выхолаживанием и низкой способностью к накоплению тепла. Так, в зависимости от периода вегетации зеленых насаждений в городской среде может снижаться температура и повышаться влажность воздуха (Kitses, 2017), что можно использовать для управления микроклиматом. Таким образом, анализ озеленения позволяет получать актуальную информацию для оценки состояния территории и принятия решений по ее модернизации с учетом влияния на микроклимат и экологию города.

Управление развитием системы озеленения, как правило, проводится в соответствии с проектом благоустройства территории, который составлен с учетом современных требований. Однако состояние зеленых насаждений далеко не всегда соответствует описанному в отчетах и планах застройки. В связи с этим существует проблема объективной оценки озелененности территории на основе доступной информации (Парыгин, 2021). Для оценки степени озеленения территории предлагается использовать методы классификации участков территории на основе методов распознавания актуальных спутниковых снимков с использованием нейронной сети.

**2. Качество воздуха городской среды.** Чистый воздух необходим для здоровья и благополучия человека. Несмотря на ужесточение экологического законодательства, загрязнение воздуха остается серьезной угрозой экологической безопасности города. Недавние эпидемиологические исследования показали, что в Европе сотни тысяч преждевременных смертей связаны с загрязнением воздуха. Всемирная организация здравоохранения занимается проблемой загрязнения воздуха и его воздействием на здоровье человека более 40 лет.

Оценка рисков для окружающей среды и здоровья человека может быть реализована только на основе комплексного анализа качества воздуха. В статье «Качество городской среды: восприятие и измерения в трех городах Великобритании» (Моогге и др., 2006) представлены результаты многолетних исследований, связанных с мониторингом и анализом качества воздуха города. Мониторинг окружающей среды на открытом воздухе включал интенсивный мониторинг городской дорожной системы в ряде мест (у обочины) каждого городского центра. Уровни шума (дБА), угарного газа (CO, ppm), температуры (°C) и твердых частиц (TSP, PM<sub>2.5</sub>) отслеживались на нескольких участках в районах исследования в течение летнего и зимнего периодов. Пункты мониторинга были специально расположены рядом с жилыми помещениями участников исследования, чтобы можно было сравнивать данные. Участки мониторинга обеспечивали ряд условий (высокий / низкий трафик / пешеходные зоны и смешанное землепользование). Был разработан и использован специальный прибор для анализа шума и качества воздуха Streetbox. Met One E-Sampler (монитор светорассеивания аэрозолей) использовался для контроля твердых частиц. Средняя температура, уровни CO и PM измерялись с 15-минутными интервалами, однако средние уровни шума (Leq) измерялись с разными интервалами (15 мин, 3 мин или 1 мин) в зависимости от используемого Streetbox.

Такой способ сбора данных может применяться в небольших городах и требует серьезных вложений средств.

**3. Климатический анализ городской среды.** Ухудшение качества окружающей среды крупных городов обусловлено не только ростом техногенного загрязнения, но и местными климатическими изменениями на их территории. Климатический фактор — один из основных показателей комфортности городской среды. Температурные аномалии снижают качество жизни и уровень общественного здоровья населения, а резкие изменения погоды негативно сказываются на адаптационных механизмах организма человека, в результате чего усиливается влияние других неблагоприятных факторов окружающей среды.

Регулирование микроклимата в городской среде является важной градостроительной задачей, решение которой возможно путем применения планировочных решений застройки и конструктивных особенностей зданий, использования различных по своим теплофизическим свойствам материалов для отделки фасадов зданий, искусственных покрытий, озеленения и других элементов благоустройства, способствующих созданию комфортных микроклиматических условий в застройке.

В статье Э. В. Сазонова и И. В. Поповой (Сазонов, Попова, 2017) проводится анализ и оценка климатообразующих свойств подстилающей поверхности городской среды с использованием геоинформационных технологий. Это электронная карта-основа, разработанная в среде ArcGIS в виде 14 векторных тематических слоев, характеризующих функциональное зонирование, особенности рельефа, параметры улично-дорожной сети и характер застройки. В качестве топоосновы использовались генеральный план городского округа города Воронежа и аэрофотоснимки территории города.

**4. Шумовое загрязнение городской среды.** Шум и вибрация, создаваемые транспортом и различными объектами городской инфраструктуры, относятся к физическим факторам, оказывающим вредное воздействие на городскую среду. Шум является одним из главных загрязнителей городской среды с выраженным влиянием на самочувствие населения.

Под шумовым загрязнением (зашумлением) понимается процесс роста уровня шума и вибрации выше установленных нормативов. Его относят к техногенным негативным процессам, влияющим на санитарно-гигиеническое и, в случае вибрации, на инженерно-строительное состояние городских земель. Степень проявления шумового загрязнения земель оценивается по эквивалентному уровню звука на обследуемой территории, измеренному в децибелах. Интенсивность процесса представлена в табл. 1.

**Таблица 1.** Интенсивность шумового загрязнения

Уровень шума, дБ	Степень загрязнения
≤34	Зашумление комфортное
35—50	Нормальное
51—60	Среднее
61—70	Сильное
>70	Чрезвычайное

За точку отсчета наличия процесса зашумления принято критическое значение уровня звука в помещениях выше 24 дБА, на территории города — выше 34 дБА. Жилые помещения, уровень звука в которых превышает 70 дБА в дневное время и 55 дБА в ночное, считаются аварийными, а их эксплуатация недопустимой (Поршакова, Акимова, 2016).

Следовательно, для анализа шумового загрязнения городской территории необходимо определение уровня шума в области поиска, а также его дальнейшая оценка согласно критериям интенсивности шумового загрязнения.

**5. Жизненный цикл данных, необходимых для экосистемного анализа.** В процессе экосистемного анализа данные, получаемые и обрабатываемые внутри разрабатываемой системы, проходят несколько этапов так называемого жизненного цикла. Для инициации экосистемного анализа городской среды необходимо осуществить сбор данных на основании выбранной пользователем области поиска. Так, данные собираются путем обращения к сторонним API (качество воздуха, климатические данные), а также ресурсам, полученным с помощью сервисов, разработанных лабораторией UCLab ВолгГТУ (данные о шумовом загрязнении, озеленение).

### Реализация системы визуализации данных экосистемного анализа городской среды

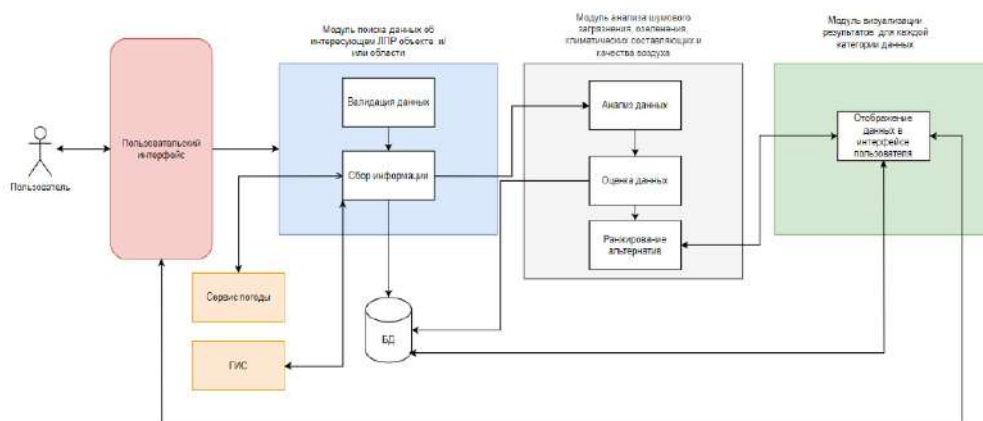
Экологическую информацию, полученную в результате мониторинга городской среды, необходимо представлять в наиболее подходящем для анализа виде. Одним из наиболее эффективных способов представления такой информации являются экологические карты. Следовательно, визуализация данной информации призвана объединить все данные на единой картографической основе. Архитектура системы визуализации включает в себя 4 модуля:

- модуль сбора данных в заданной области;
- модуль анализа данных (шумового загрязнения, озеленения, климатических факторов и качества воздуха);
- модуль визуализации результатов для каждой категории данных.

Также предусмотрена интеграция с внешними системами:

- ГИС (получение геоданных и информации об озеленении, качестве воздуха);
- сервис погоды (получение климатических данных).

В общем виде архитектура представлена на рис. 1.

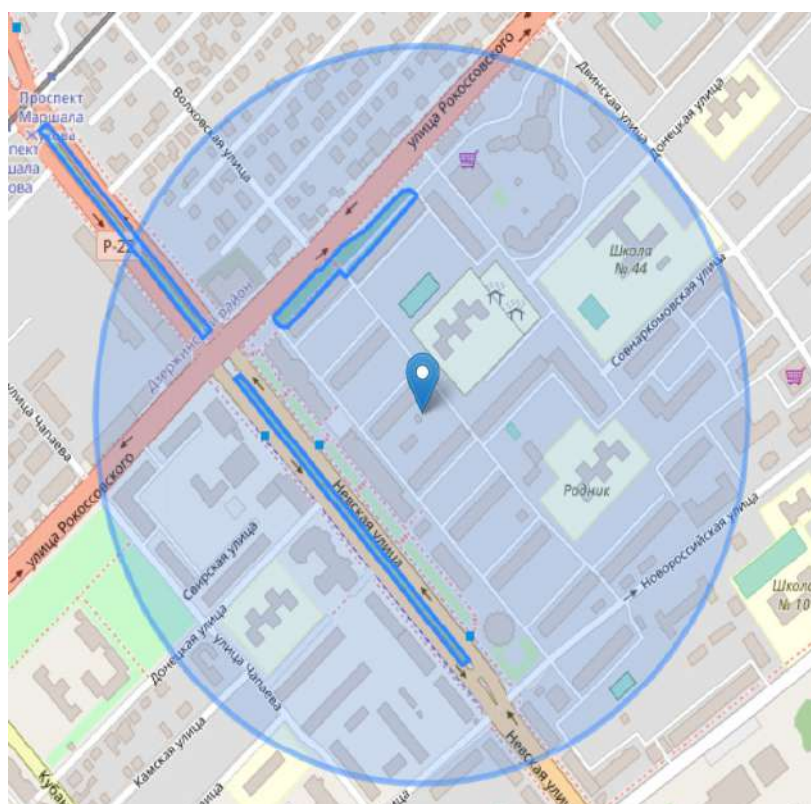


**Рис. 1.** Архитектура системы визуализации данных экосистемного анализа городской среды

Интерфейс системы реализован с помощью библиотеки Ant Design, позволяющей пользоваться готовыми стилями и экранными формами, тем самым упрощая разработку и уменьшая временные затраты.

Следующим этапом разработки было добавление интерактивной карты в приложение. Для этого необходима библиотека React-leaflet, позволяющая взаимодействовать компонентам React.js с картами OpenStreetMap.

Выбор области поиска на карте реализован с помощью библиотеки React-leaflet-draw. Для работы с объектами на интерактивной карте OpenStreetMap используется библиотека Overpass. Для обращения к Overpass необходимо сформировать тело запроса с описанием входных данных. Поиск происходит в области в виде окружности. После установки центра и указания радиуса формируется JSON файл с описанием объектов в зоне поиска (рис. 2).



**Рис. 2.** Отображение парковых зон на карте

Для извлечения климатических данных и данных о загрязнении воздуха используется сервис OpenWeatherMap.

На данном этапе было решено извлекать следующие климатические данные: температура, давление, скорость ветра. Для работы с данными о загрязнении воздуха необходимы данные, представленные в табл. 2. Интегральный показатель — индекс качества воздуха AQI варьирует от 1 до 5 (1 — хорошо, 2 — удовлетворительно, 3 — умеренно, 4 — плохо, 5 — очень плохо).

Для сбора данных для мониторинга озеленения использован следующий метод:



- 1) получение снимков исследуемой территории;
- 2) подготовка изображения к анализу (определение зоны распознавания и формирование изображения);
- 3) обучение нейронной сети;
- 4) классификация снимка исследуемой территории;
- 5) формирование зоны покрытия (создание контура для полученной маски класса и привязка контура к координатам на цифровой карте).

**Таблица 2.** Данные о загрязнении воздуха

Название	Описание
CO	Концентрация оксида углерода в воздухе
NO	Концентрация оксида азота в воздухе
NO <sub>2</sub>	Концентрация диоксида азота в воздухе
O <sub>3</sub>	Концентрация озона в воздухе
SO <sub>2</sub>	Концентрация диоксида серы в воздухе
NH <sub>3</sub>	Концентрация аммиака в воздухе
PM <sub>2.5</sub>	Концентрация мелкодисперсных частиц в воздухе
PM <sub>10</sub>	Концентрация крупных твердых частиц в воздухе

В результате получаем достаточно точную информацию о наличии зеленых насаждений (рис. 3).



**Рис. 3.** Определение деревьев в смешанном городском ландшафте: *а* — исходный спутниковый снимок; *б* — определение зеленых насаждений с помощью классификатора LandProber\_1.0.2

Для определения уровня шума используются данные, полученные с помощью приложения, разработанного для измерения шумовых характеристик. На рис. 4 показан пример отображения уровня шума в мобильном приложении.





**Рис. 4.** Экран отображения шума в точке замера

После добавления записей в базу данных становится возможным их использование для сравнения и анализа. Для управления данными используется СУБД MongoDB во взаимодействии с графическим интерфейсом Atlas. Отличительной чертой MongoDB является стабильность работы, простота переноса данных, простота изменения данных, индексирование, агрегирование, специальные типы коллекций и отсутствие ключей, что характерно для NoSQL СУБД. Примеры разработанного интерфейса системы визуализации данных мониторинга городской среды представлены на рис. 5 и 6.

После добавления данных пользователь может просмотреть выбранные объекты и получить результаты анализа и оценки данных. На рис. 6 представлен пример отображения информации о шумовом загрязнении в выбранной точке.

### **Заключение**

Таким образом, разработан подход к визуализации данных экологического мониторинга городской среды. Представление данных на интерактивной карте позволит жителям городов наблюдать актуальное состояние окружающей среды, а отраслевым специалистам — проводить сравнительный

анализ с точной географической привязкой в сопоставлении с другими территориями, а также рассчитывать интегральные показатели по совокупности факторов антропогенного воздействия.

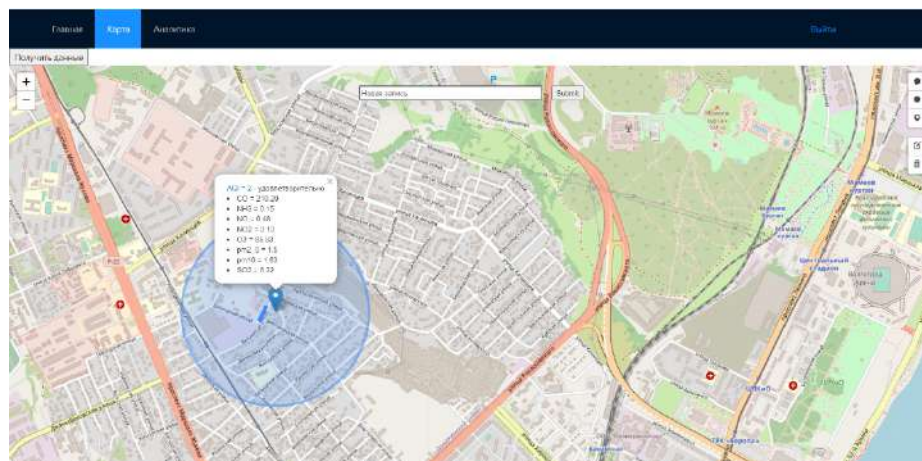


Рис. 5. Вывод данных о качестве воздуха в Волгограде

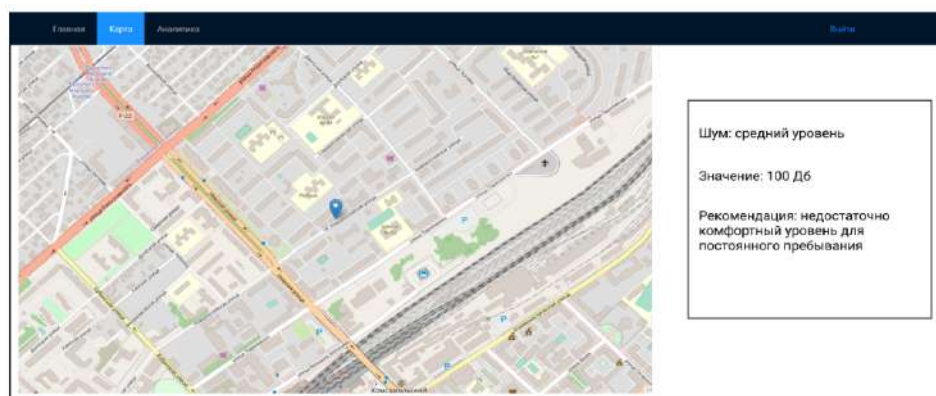


Рис. 6. Экран отображения информации о шумовом загрязнении

### Благодарности

Авторы выражают благодарность коллегам по лаборатории UCLab за участие в разработке проекта UrbanBasis.com.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Парыгин Д. С. Управляемое данными развитие урбанизированных территорий. Волгоград, 2021.

Парыгин Д. С., Садовникова Н. П., Голубев А. В., Недоступов А. О., Финогеев А. Г. Подходы к визуализации экологической информации на карте города // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2018. № 5 (215). С. 60—64.

Попова И. В. Климатическая классификация городских ландшафтов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2019. № 3(10). С. 76—86.

Поршакова А. Н., Акимова М. С. Мониторинг и охрана городской среды: учеб. пособие по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры». Пенза: ПГУАС, 2016.

*Рашевский Н. М., Садовникова Н. П., Ерещенко Т. В., Куликов М. А.* Постановка задачи принятия решений для организации работы мобильных постов наблюдения за качеством атмосферного воздуха // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. 2021. № 2(36). С. 32—37.

*Сазонов, Э. В., Попова И.В.* Архитектурно-климатический анализ городской среды (на примере Г. Воронежа) // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2017. № 4(3). С. 61—69.

*Birant D.* Comparison of Decision Tree Algorithms for Predicting Potential Air Pollutant Emissions with Data Mining Models // Journal of Environmental Informatics. 2011. Vol. 17. No.1. P. 46.

*Cheang E. K., Cheang T. K., Tay Y. H.* Using convolutional neural networks to count palm trees in satellite images // arXiv preprint arXiv:1701.06462. 2017 (дата обращения: 28.11.2021).

*Golubev A., Sadovnikova N., Parygin D., Glinyanova I., Finogeev A., Shcherbakov M.* Woody plants area estimation using ordinary satellite images and deep learning // Communications in Computer and Information Science. 2018. Vol. 858. P. 302—313. DOI: 10.1007/978-3-030-02843-5\_24.

*Kitses W.* Влияние озеленения и благоустройства на микроклимат. 2017. URL: <http://www.socialcompas.com/2017/11/27/vliyanie-ozeleneniya-i-blagoustrojstva-na-mikroklimat/> Дата обращения 28.11.2021.

*Moore G., Croxford B., Adams M., Refaee M., Cox T.J., Sharples S.* Urban Environmental Quality: Perceptions and Measures in Three UK cities // The sustainable city IV: urban regeneration and sustainability. 2006. DOI: 10.2495/SC060751.

*Taleai M., Mesgari M. S., Sharifi M. A., Sliuzas R. V.* A spatial decision support system for evaluation various land uses in built up urban area. 26th Asian Conference on Remote Sensing and 2nd Asian Space Conference, ACRS 2005.

*Ustugova S., Parygin D., Sadovnikova N., Yadav V., Prikhodkova I.* Geoanalytical System for Support of Urban Processes Management Tasks // Communications in Computer and Information Science. 2017. Vol. 754. P. 430—440.

*Zhang C., Yan J., Li C., Rui X., Liu L., Bie R.* On estimating air pollution from photos using convolutional neural network // MM 2016. Proceedings of the 24th ACM International Conference on Multimedia. 2016. P. 297—301. DOI: [10.1145/2964284.2967230](https://doi.org/10.1145/2964284.2967230).

Research Article

**Natalia P. Sadovnikova**✉

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia; e-mail: [n\\_sadovnikova@vstu.ru](mailto:n_sadovnikova@vstu.ru)

**Evgeniy A. Prigarin**

Master Degree Student, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia; e-mail: [jeims1999@mail.ru](mailto:jeims1999@mail.ru)

**Alexey G. Finogeev**

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Penza State University. 40, Krasnaya st., Penza, 440026, Russia; e-mail: [alexeyfinogeev@gmail.com](mailto:alexeyfinogeev@gmail.com)

**Danila I. Yakimenko**

Master Degree Student, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia; e-mail: [Qest1212@gmail.com](mailto:Qest1212@gmail.com)

## VISUALIZATION OF ENVIRONMENTAL MONITORING DATA FOR THE URBAN ENVIRONMENT

**Abstract.** The article describes approaches to processing and interactive presentation of information about the ecology of the city, including air pollution, green spaces, noise pollution and microclimate. It is proposed to use data from open sources as initial information. The developed computer tools allow users to receive operational information about the ecological state of the urban environment. The data is presented on an interactive online map, which provides a fast and convenient way to analyze information.

**Keywords:** urban environment, geospatial data, ecological map, city ecology, ecological balance, pollution sources, influence zone, greening assessment, ecosystem analysis, urban microclimate, urban studies.

**For citation:** Sadovnikova N. P., Prigarin E. A., Finogeev A. G., Yakimenko D. I. (2022) Visualization of environmental monitoring data for the urban environment. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 1, pp. 60—72 (In Russian). DOI: 10.35211/19943520\_2022\_1-2\_68

The research has been supported by Russian Science Foundation (RSF) and the Volgograd Region (<https://rscf.ru/en/project/22-11-20024/>). The results of part *Analysis of Environmental Factors and Sources of Information* were obtained from the Russian Science Foundation (RSF) grant No. 20-71-10087

**Acknowledgments.** The authors express their gratitude to their colleagues in the UCLab for participating in the development of the UrbanBasis.com project.

### REFERENCES

- Birant D. (2011) Comparison of Decision Tree Algorithms for Predicting Potential Air Pollutant Emissions with Data Mining Models. *Journal of Environmental Informatics*, vol. 17, no. 1, p. 46.
- Cheang E. K., Cheang T. K., Tay Y. H. (2017) Using convolutional neural networks to count palm trees in satellite images. *arXiv preprint*. URL: <https://arxiv.org/abs/1701.06462>. (accessed: 28.11.2021).
- Golubev A., Sadovnikova N., Parygin D., Glinyanova I., Finogeev A., Shcherbakov M. (2018) Woody plants area estimation using ordinary satellite images and deep learning. *Communications in Computer and Information Science*, vol. 858, pp. 302—313. DOI: 10.1007/978-3-030-02843-5\_24
- Moore G., Croxford B., Adams M., Refaee M., Cox T.J., Sharples S. (2006) Urban Environmental Quality: Perceptions and Measures in Three UK cities. *The sustainable city IV: urban regeneration and sustainability*. DOI: 10.2495/SC060751.
- Parygin D. S. (2021) *Upravlyаемое данными развитие урбанизированных территорий* [Data-driven urban development]. Volgograd (in Russian).
- Parygin D. S., Sadovnikova N. P., Golubev A. V., Nedostupov A. O., Finogeev A. G. (2018) Approaches to visualization of environmental information on a city map. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Izvestiya VSTU], no. 5, pp. 60—64 (in Russian).
- Popova I. V. (2019) Climatic classification of urban landscapes. *Zhilishbnoe bozjajstvo i kommunal'naya infrastruktura* [Zhilishchnoe khozyaistvo i kommunal'naya infrastruktura], 2019, no. 3, pp. 76—86 (in Russian).

Porshakova A. N., Akimova M. S. (2016) *Monitoring i okhrana gorodskoi sredy: ucheb. posobie po napravleniiu podgotovki 21.03.02 «Zemleustroistvo i kadastry»* [Monitoring and protection of the urban environment: manual for 21.03.02 “Land management and cadastres”]. Penza (in Russian).

Rashevskij N. M., Sadovnikova N. P., Ereshhenko T. V., Kulikov M. A. (2021) [Formulation of the decision-making problem for management of mobile air quality monitoring stations. *Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspiia: nauchno-tehnicheskii zhurnal* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region], no. 2, pp. 32—37 (in Russian).

Sazonov E. V., Popova I. V. (2017) Architectural climatic analysis of the urban environment (on the example of Voronezh City). *Zhilyshchnoe hozyaistvo i kommunal'naiia infrastruktura* [Housing and utilities infrastructure], no. 4, pp. 61—69 (in Russian).

Taleai M., Mesgari M. S., Sharifi M. A., Sliuzas R. V. (2005) A spatial decision support system for evaluation various land uses in built up urban area. *26th Asian Conference on Remote Sensing and 2nd Asian Space Conference, ACRS 2005*. Pp. 483—492.

Ustugova S., Parygin D., Sadovnikova N., Yadav V., Prihodkova I. (2017) Geoanalytical system for support of urban processes management tasks. *Communications in Computer and Information Science*, vol. 754, pp. 430—440.

Zhang C., Yan J., Li C., Rui X., Liu L., Bie R. (2016) On estimating air pollution from photos using convolutional neural network. *MM 2016. Proceedings of the 24th ACM International Conference on Multimedia*. Pp. 297—301. DOI: 10.1145/2964284.2967230.

Поступила в редакцию 10.12.2021  
Принята в печать 07.03.2022

Received: 10.12.2021  
Accepted for publication: 07.03.2022