

УДК 004.89:711.4:502.12

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В
УСТОЙЧИВОЙ УРБАНИЗАЦИИ: ПРОЕКТ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ
«ЕСОМАР» КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧНОГО ОБРАЗА
ЖИЗНИ В ГОРОДАХ БЕЛАРУСИ**

Антоновский Д.П., Экономика и управление, Э-109а, 3 курс, antan4439@gmail.com

Научные руководители: Краенкова К.И., к.э.н., доцент

Республика Беларусь, Kristinakraenkova@gmail.com

Савосина А.А., старший преподаватель

e-mail: BarinovaAA@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема экологических вызовов в условиях ускоренной урбанизации городов Республики Беларусь. Предлагается инновационное цифровое решение – мобильное приложение «ЕсоМар» с искусственным интеллектом. Центральным элементом приложения выступает ИИ-ассистент «ЕсоSage», который на основе анализа поведения пользователя, геолокации и обработки естественного языка формирует персонализированные рекомендации, экологические челленджи и мотивационные механизмы. Приложение сочетает технологии искусственного интеллекта с элементами геймификации и дополненной реальности (AR), что позволяет не только информировать пользователей об экологических локациях и услугах, но и активно формировать устойчивые поведенческие привычки. На основе данных Белстата проведён анализ динамики образования и переработки твердых коммунальных отходов, уровня урбанизации и существующих цифровых решений. Выполнен SWOT-анализ проекта, а также разработан количественный прогноз воздействия: при охвате 10 % населения Минска прогнозируется снижение объёма непереработанных отходов на 5–10 % и рост экологической вовлечённости населения на 15–25 %. Проект соответствует задачам государственной политики в сфере цифровизации и устойчивого развития, в частности программам «Цифровая Беларусь» и «Экология» на 2026–2030 годы, а также концепции «умных городов».

Ключевые слова: искусственный интеллект, устойчивая урбанизация, умный город, мобильное приложение, экологическое поведение, геймификация, дополненная реальность, ЕсоМар, ЕсоSage, цифровой наставник.

UDC 004.89:711.4:502.12

В условиях ускоренной урбанизации и глобальных экологических вызовов Республика Беларусь сталкивается с необходимостью поиска эффективных инструментов для перехода к устойчивому развитию городов. По данным Белстата, на 1 января 2025 г. городское население превышает 78 %, а в Минске проживает около 1 996 730 человек при общей численности страны 9 109 280 жителей [1; 2]. В 2024 году образовалось 4 263 тыс. тонн твердых коммунальных отходов, из которых использовано лишь 39,6 % [3]. Низкий уровень переработки приводит к экономическим потерям, деградации окружающей среды и упущенным возможностям циркулярной экономики.

Актуальность темы обусловлена ростом урбанизации, которая усиливает давление на городскую инфраструктуру, а также растущим интересом молодёжи 18–35 лет к экологическим вопросам при отсутствии удобных мотивационных инструментов. Государственные программы, включая «Цифровая Беларусь» и «Экология» на 2026–2030 годы, ориентируют на внедрение цифровых технологий для создания «умных городов» и улучшения экологической обстановки [4; 5].

Цель работы – научно обосновать применение искусственного интеллекта в мобильном приложении «ЕсоМар» как цифрового наставника для формирования экологичного образа жизни в городах Беларуси в контексте устойчивой урбанизации.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- проанализировать экологические вызовы урбанизированных территорий и потенциал цифровых технологий;
- разработать методологию интеграции искусственного интеллекта в приложение «EcoMap»;
- оценить ожидаемые результаты и практическую применимость проекта.

Новизна подхода заключается в сочетании ИИ-ассистента «EcoSage» (на базе NLP и анализа поведения пользователя) с элементами геймификации и дополненной реальности (AR). В отличие от существующих преимущественно справочных сервисов («Green Map», «My City»), данное решение позволяет не только информировать, но и активно формировать устойчивые экологические привычки.

Объект исследования – экологические вызовы урбанизированных территорий Беларуси.

Предмет исследования – возможности искусственного интеллекта в мобильных приложениях для решения задач устойчивой урбанизации.

Методы исследования включают анализ официальной статистики Белстата, сравнительный анализ существующих решений, моделирование социально-экономических эффектов, а также смешанные методы валидации (количественные опросы и качественные интервью).

Современные экологические проблемы в Республике Беларусь тесно связаны с процессами урбанизации и ростом потребления ресурсов. По данным Белстата, на 1 января 2025 г. городское население превышает 78 %, а в Минске проживает около 1 996 730 человек [1; 2]. В 2024 году образовалось 4 263 тыс. тонн твердых коммунальных отходов (ТКО), из которых использовано лишь 39,6 %. Предварительные данные за 2025 год показывают рост объёма ТКО и приближение уровня переработки к 48–49 % в отдельных сегментах [3; 4]. Несмотря на положительную динамику, значительная часть отходов по-прежнему захоранивается, что приводит к экономическим потерям и деградации окружающей среды.

Наибольшая нагрузка приходится на крупные города (Минск, Гродно, Брест), где высокая плотность населения сочетается с активным потреблением. Основными барьерами остаются низкая осведомлённость населения и отсутствие удобных мотивационных инструментов. Многие жители знают о необходимости сортировки и переработки, но не применяют эти практики на постоянной основе.

Анализ существующих цифровых решений показывает, что в Беларуси преобладают справочные сервисы. Платформа «Green Map» предоставляет карту экологических точек (пункты приёма вторсырья, зелёные зоны), а приложение «My City» включает отдельные экологические услуги. Однако оба решения носят преимущественно информационный характер и не используют механизмы персонализации, геймификации или искусственного интеллекта [5; 6].

Глобальные аналоги демонстрируют более высокую эффективность. Приложения типа JouleBug (геймификация с челленджами и бейджами) и Olio (обмен вещами и едой) повышают вовлечённость пользователей на 20–30 % за счёт мотивационных элементов и трекинга привычек [7].

Таким образом, в Беларуси существует чёткая ниша для инновационного сервиса, где искусственный интеллект выступает в роли цифрового наставника. Современные технологии ИИ (обработка естественного языка, анализ поведения и геолокации) позволяют не только предоставлять информацию, но и активно формировать устойчивые привычки через персонализированные рекомендации и визуальные подсказки дополненной реальности.

Проект «EcoMap» представляет собой мобильное приложение, предназначенное для формирования экологичного образа жизни в городах Беларуси. Центральным элементом решения выступает ИИ-ассистент «EcoSage», который на основе анализа

поведения пользователя, геолокации и обработки естественного языка (NLP) формирует персонализированные рекомендации, экологические челленджи и мотивационные сообщения.

Приложение объединяет несколько ключевых технологий:

- карту экологических локаций и событий;
- систему геймификации (челленджи, бейджи, таблица лидеров, скидки от партнёров);
- дополненную реальность (AR) для сканирования упаковки и визуализации процесса переработки с помощью Google ARCore.

Разработка приложения строится на принципах проектного управления и создания минимально жизнеспособного продукта (MVP). Архитектура включает фронтенд (Android с перспективой iOS), облачный бэкенд (Firebase + OpenAI API) и модуль дополненной реальности.

Методология валидации сочетает количественные и качественные методы. Количественные методы предусматривают анализ данных Белстата и моделирование эффектов на основе глобальных аналогов (JouleBug показывает рост вовлечённости на 20–30 %). Планируется проведение анкетирования 150–200 жителей Минска для оценки спроса на ИИ-функции. Качественные методы включают глубинные интервью с эко-активистами и этнографические наблюдения за экологическими мероприятиями.

Дорожная карта реализации включает следующие основные этапы: исследование рынка и сбор требований, UX/UI-дизайн, разработка MVP, интеграция ИИ и AR-модуля, пилотное тестирование и масштабирование на другие города.

Предложенная методология полностью соответствует задачам Государственной программы «Цифровая Беларусь» на 2026–2030 годы и программе «Экология», особенно в части развития «умных городов» и цифровизации городской среды [4; 5; 13]. Интеграция ИИ носит не только технический, но и социально-экономический характер: персонализированные рекомендации и геймификация помогают преодолевать барьеры изменения поведения, превращая эпизодические экологические действия в устойчивые привычки.

Таким образом, «ЕсоМар» – это не просто информационный сервис, а полноценный цифровой наставник, адаптированный к белорусским реалиям и способный внести реальный вклад в устойчивое развитие городов.

Предлагаемое приложение «ЕсоМар» с ИИ-ассистентом «EcoSage» представляет собой комплексное решение, способное одновременно решать экологические, социальные и экономические задачи в условиях устойчивой урбанизации.

На основе моделирования с использованием данных Белстата и эффектов глобальных аналогов прогнозируется, что при охвате 10 % взрослого населения Минска (150–200 тыс. пользователей) объём переработанных твердых коммунальных отходов может снизиться на 5–10 % (213–426 тыс. тонн в год). Эффект будет достигнут за счёт повышения доли раздельного сбора и изменения потребительских привычек благодаря персонализированным рекомендациям и геймификации [3].

Социальный эффект проявится в росте экологической вовлечённости и грамотности населения. По данным исследований приложений с геймификацией, регулярное выполнение экологических действий может увеличиться на 15–25 % в первые месяцы использования [7]. Это особенно важно для молодёжи 18–35 лет – наиболее активной и восприимчивой к цифровым инструментам группы.

Экономическая применимость проекта включает экономию средств для пользователей за счёт партнёрских скидок, рост выручки эко-бизнесов на 10–20 % благодаря новому каналу продвижения, а также снижение государственных расходов на захоронение отходов и создание новых рабочих мест в зелёной экономике.

SWOT-анализ показал, что сильными сторонами проекта являются интеграция персонализированного ИИ-наставника, сочетание геймификации и дополненной

реальности, локальная адаптация и поддержка государственных программ. Среди слабых сторон – зависимость от внешних API, ограниченный начальный охват регионов и риск недоверия к ИИ среди старшего поколения. Возможности связаны с масштабированием на 15+ городов к 2028 году и экспортом модели в страны СНГ, а основные угрозы – появление конкурентов, регуляторные изменения и киберриски.

Для минимизации рисков предлагается внедрение принципов защиты данных (аналог GDPR), регулярное обновление алгоритмов, партнёрства с НКО и местными властями, а также поэтапный запуск с пилотом в Минске.

В долгосрочной перспективе «ЕсоМар» может стать частью экосистемы «умных городов» Беларуси, способствуя достижению ЦУР ООН 11, 12 и 13. Проект демонстрирует, как доступные технологии искусственного интеллекта способны трансформировать локальные экологические вызовы в реальные возможности устойчивого развития городов.

Проведённый анализ показал, что проект мобильного приложения «ЕсоМар» с ИИ-ассистентом «ЕсоSage» является инновационным и практически применимым решением экологических вызовов в условиях устойчивой урбанизации городов Беларуси. Высокая доля городского населения (более 78 %) и относительно низкий уровень переработки твердых коммунальных отходов (39,6 % в 2024 г.) подтверждают необходимость современных цифровых инструментов, способных не только информировать, но и формировать устойчивые экологические привычки [3].

Моделирование свидетельствует, что при охвате 10 % населения Минска (150–200 тыс. пользователей) возможно снижение объёма непереработанных отходов на 5–10 % и рост экологической вовлечённости на 15–25 %, что соответствует эффектам успешных глобальных аналогов [7]. Проект обладает выраженным социально-экономическим эффектом: повышение экологической грамотности молодёжи, рост доходов эко-бизнесов и снижение нагрузки на полигоны.

«ЕсоМар» полностью соответствует задачам государственных программ «Цифровая Беларусь» и «Экология» на 2026–2030 годы, а также концепции «умных городов». Сильными сторонами решения являются интеграция искусственного интеллекта, геймификация и дополненная реальность, а перспективы масштабирования позволяют распространить проект на 15 и более городов Беларуси с возможностью последующего экспорта в страны СНГ.

Таким образом, разработка «ЕсоМар» демонстрирует, как доступные цифровые технологии могут трансформировать локальные экологические проблемы в реальный вклад в устойчивое развитие городов. Реализация подобных студенческих инициатив способствует повышению качества городской среды и формированию экологически ответственного общества.

Список источников

1. Белстат. Образование отходов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovmestnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/i-othody/i-1-obrazovanie-othodov/> (дата обращения: 20.03.2026).
2. Белстат. Использование отходов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovmestnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/i-othody/i-3-ispolzovanie-otkhodov/> (дата обращения: 20.03.2026).
3. Белстат. Статистический обзор «День охраны окружающей среды, 2025» [Электронный ресурс]. URL: https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-pdf/oficial_statistika/statobzor-okr_sreda-2025.pdf (дата обращения: 20.03.2026).
4. Белстат. Численность населения на 1 января 2025 г. по областям и г. Минску [Электронный ресурс]. URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/ssrd->

- mvf_2/natsionalnaya-stranitsa-svodnyh-dannyh/naselenie_6/chislennost-naseleniya1_yan_poobl/ (дата обращения: 20.03.2026).
5. Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mpt.gov.by/ru/gosudarstvennaya-programma-cifrovoe-razvitie-belarusi-na-2021-2025-gody> (дата обращения: 20.03.2026).
 6. О Государственной программе «Цифровое развитие Беларуси» : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 02.02.2021 № 66 [Электронный ресурс]. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100066> (дата обращения: 20.03.2026).
 7. Погудо П. А. Роль искусственного интеллекта в развитии экологически устойчивых городов Беларуси // Электронная библиотека БГУ. 2024. URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/327307/1/184-188.pdf> (дата обращения: 20.03.2026).
 8. Копейкина В. А. Использование искусственного интеллекта для экологического менеджмента в малом бизнесе // Репозиторий БНТУ. 2025. URL: <https://rep.bntu.by/handle/data/155965> (дата обращения: 20.03.2026).
 9. Панченко К. И. Будущее искусственного интеллекта в промышленной экологии // Репозиторий БГУИР. 2023. URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/51797> (дата обращения: 20.03.2026).
 10. World Urbanization Prospects [Электронный ресурс] / United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. URL: <https://population.un.org/wup/> (дата обращения: 20.03.2026).
 11. Sustainable Apps Market Report [Электронный ресурс] / Grand View Research. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/sustainable-apps-market> (дата обращения: 20.03.2026).
 12. The AI moment for sustainability [Электронный ресурс] / McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/the-ai-moment-for-sustainability> (дата обращения: 20.03.2026).
 13. JouleBug. Impact on Sustainability [Электронный ресурс]. URL: <https://www.joulebug.com/> (дата обращения: 20.03.2026).
 14. Green Map Belarus [Электронный ресурс]. URL: <https://greenmap.by/> (дата обращения: 20.03.2026).
 15. My City Belarus [Электронный ресурс]. URL: <https://moygorod.by/>

УДК 004.415.53

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ НА ФИЗИЧЕСКОМ УРОВНЕ

Галимова Е.Ю., кандидат технических наук, доцент кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург
galim81@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются ключевые аспекты физического тестирования устройств Интернета вещей (IoT). С учётом стремительного роста числа IoT-устройств и расширения сфер их применения, особое внимание уделяется необходимости проверки аппаратных компонентов, датчиков и встроенного программного обеспечения в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации. Описаны основные направления тестирования на физическом уровне, включая проверку функциональности, надёжности, энергопотребления и устойчивости к внешним воздействиям. Рассматриваются современные инструменты и методики, такие как использование симуляторов, эмуляторов, измерительных приборов и климатических камер. Подчёркивается важность комплексного подхода к тестированию для обеспечения высокого качества и безопасности IoT-решений.