

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В АПК: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ ИИ-АГЕНТОВ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАЙБ-КОДИНГА

А. Л. ТАРАНОВА

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: taranova77@yandex.ru*

(Поступила в редакцию 30.04.2026)

В статье исследуется инновационный подход к автоматизации бизнес-процессов на предприятиях агропромышленного комплекса (АПК) — вайб-коддинг, представляющий собой метод создания сложных программных продуктов и мультимодальных автономных агентов искусственного интеллекта (ИИ) посредством логического семантического программирования на естественном языке. Разработана, научно обоснована и апробирована методика создания интерактивного голосового ИИ-агента для коммерческой агротехнологической (AgTech) платформы с использованием вычислительной среды Google AI Studio и мультимодальной модели Gemini 3.1 Flash. Обоснована фундаментальная экономическая целесообразность замещения традиционного жизненного цикла разработки программного обеспечения (SDLC) технологиями вайб-коддинга. Построена математическая модель оценки совокупной стоимости владения (ТСО), доказывающая снижение капитальных барьеров входа для малого и среднего агробизнеса, оптимизацию операционных издержек и минимизацию сроков вывода цифровых продуктов на рынок (Time-to-Market). Описан детализированный алгоритм системной интеграции генеративных ИИ-технологий в корпоративную архитектуру сельскохозяйственного предприятия.

Ключевые слова: искусственный интеллект, вайб-коддинг, большие языковые модели, ИИ-агенты, цифровая трансформация АПК, экономическая эффективность, автоматизация бизнес-процессов, мультимодальность.

This article explores an innovative approach to automating business processes in the agro-industrial complex (AIC) – vibe coding, a method for creating complex software products and multimodal autonomous artificial intelligence (AI) agents using logical semantic programming in natural language. A methodology for creating an interactive voice AI agent for a commercial agro-tech (AgTech) platform using the Google AI Studio computing environment and the Gemini 3.1 Flash multimodal model has been developed, scientifically substantiated, and tested. The fundamental economic feasibility of replacing the traditional software development life cycle (SDLC) with vibe coding technologies is substantiated. A mathematical model for assessing the total cost of ownership (TCO) has been developed, demonstrating the reduction of capital barriers to entry for small and medium-sized agribusinesses, optimization of operating costs, and minimization of time-to-market for digital products. A detailed algorithm for the systemic integration of generative AI technologies into the corporate architecture of an agricultural enterprise is described.

Key words: *artificial intelligence, vibe coding, large language models, AI agents, digital transformation of the agro-industrial complex, economic efficiency, business process automation, multimodality.*

Введение. Современный этап развития цифровой экономики характеризуется интенсивным переходом от классической алгоритмической автоматизации к проектированию и внедрению автономных мультимодальных агентов на базе больших языковых моделей (Large Language Models, LLM) [16, р. 2]. В Республике Беларусь ускоренная цифровая трансформация и интеграция интеллектуальных нейросетевых систем в процессы производственного и коммерческого управления агропромышленным комплексом (АПК) выступают макроэкономическим приоритетом [4, с. 75]. Стратегическим вектором данного процесса является Государственная программа «АПК Будущего» на 2026–2030 годы, детерминирующая необходимость модернизации экономических систем для повышения конкурентоспособности и экспортного потенциала отечественных сельхозпредприятий [1].

Традиционный жизненный цикл разработки программного обеспечения (Software Development Life Cycle, SDLC) для создания интеллектуальных систем сопряжен с существенными барьерами для субъектов малого и среднего предпринимательства в сфере АПК. К числу ограничивающих факторов относятся высокие транзакционные и капитальные издержки, системный дефицит высококвалифицированных IT-кадров (ML-инженеров, специалистов по работе с большими данными, backend-разработчиков) и длительный срок вывода готового цифрового продукта на рынок [22, р. 15]. Аграрный сектор исторически характеризуется меньшей нормой рентабельности по сравнению с IT-отраслью, в связи с чем содержание собственных отделов разработки (In-house) для региональных предприятий экономически нецелесообразно.

Решением выявленной проблемы выступает новая парадигма взаимодействия человека и вычислительных систем – «вайб-кодинг» (vibe-coding), представляющая собой семантическое программирование на естественном языке с использованием методов промпт-инжиниринга [15, р. 24825]. Данный подход позволяет профильным специалистам-управленцам, агрономам, экономистам, не обладающим навыками написания классического синтаксического кода (на языках Python, Java и др.), проектировать и внедрять сложные ИИ-агенты в бизнес-процессы [17, р. 189]. Целью данного научного исследования является экономическое обоснование эффективности

применения технологии вайб-кодинга для создания автономных мультимодальных ИИ-агентов, интегрируемых в коммерческие процессы предприятий АПК.

Анализ источников. Методологические и правовые основы цифровизации экономики и стимулирования внедрения ИТ-инноваций в Республике Беларусь закреплены в Декрете Президента № 8 «О развитии цифровой экономики» [2]. Фундаментальные аспекты технологической трансформации аграрного и промышленного секторов исследованы в трудах академика В. Г. Гусакова, аргументирующего необходимость интенсивного перехода к интеллектуальным системам управления на макро- и микроэкономическом уровнях [3, с. 45]. Специфика внедрения технологических решений для сельского хозяйства Беларуси систематизирована в трудах В. Журавлева [8, с. 62].

Вопросы комплексной оценки цифрового потенциала перерабатывающих организаций и агропредприятий подробно рассмотрены Л. В. Пакуш, А. Г. Ефименко и Е. В. Волковой [4, с. 76]. Экономические эффекты внедрения цифровых инноваций и вопросы математического моделирования в экономике исследованы И. Н. Шафранским и И. В. Шафранской [5, с. 122]. Социально-трудовые факторы цифровой среды проанализированы А. В. Пилипуком и О. А. Пашкевич [6, с. 89]. Влияние цифровизации на повышение конкурентоспособности агропромышленного производства доказано в работах Н. В. Карпович [7, с. 46]. Вопросы экономической безопасности и оценки рисков при внедрении сквозных технологий в реальный сектор освещены Е. С. Митяковым [9, с. 15].

На международном уровне архитектура и экономическое влияние больших языковых моделей являются объектом масштабных исследований. Развитие нейросетей обусловлено трансформационной архитектурой экономических инструментов, предложенной А. Васвани [10], и концепцией фундаментальных моделей, описанной Р. Боммасани [11, р. 5]. Эволюция моделей от парадигмы обучения на нескольких примерах (Т. Браун) [12] к обучению на основе инструкций (Л. Оуян) [13] позволила перейти к сложным когнитивным системам, что подтверждают эксперименты Microsoft (С. Бубек) [14, р. 12].

Макроэкономические последствия применения ИИ-агентов на рынке труда доказаны в исследованиях Т. Элунду [17, р. 4]. Рост производительности труда и качества бизнес-процессов зафиксирован С. Ноем и У. Чжаном [18, р. 190], а также Э. Бриньолфссоном [19, р. 3]. Архитектура автономных агентов систематизирована в

обзорах У. С. Чжао [16, р. 5], Л. Вана [20, р. 12] и Ц. Си [21, р. 8]. Эксперты McKinsey, в частности, М. Чуи [22, р. 22] подтверждают, что внедрение ИИ способно принести экономике существенную добавленную стоимость за счет снижения барьеров в программировании, что актуально для нетехнологических секторов.

Несмотря на наличие теоретической базы, прикладные экономические исследования, сравнивающие затраты на традиционную разработку и метод вайб-кодинга бизнес-решений в реалиях белорусского АПК, практически отсутствуют, что обуславливает актуальность проводимого исследования.

Основная часть. В рамках научного исследования применялся комплекс аналитических и эмпирических методов:

1. Системно-экономический анализ – использовался для структурирования и выявления барьеров традиционной IT-разработки в секторе малого и среднего агробизнеса [4, с. 78].

2. Метод эмпирического эксперимента – архитектурное проектирование, тестирование и развертывание мультимодального ИИ-агента в профессиональной среде Google AI Studio с использованием языковой модели Gemini 3.1 Flash посредством текстовых промптов (технологии вайб-кодинга) [23].

3. Метод математического финансового моделирования и оценки совокупной стоимости владения (TCO - Total Cost of Ownership) – применялся для сопоставления капитальных (CAPEX) и операционных (OPEX) затрат на разработку коммерческого ИИ-помощника алгоритмическим способом и с помощью генеративных нейросетей [22, р. 25].

Сущность технологии вайб-кодинга заключается в делегировании процесса написания синтаксического программного кода, верстки пользовательских интерфейсов и настройки бэкенд-инфраструктуры большой языковой модели [15, р. 24826]. В рамках данной парадигмы специалист аграрного предприятия выступает в роли проектировщика логики систем. Он формирует системные инструкции (System Instructions), задает алгоритмы поведения, сельскохозяйственный бизнес-контекст, ограничения и роли агента на естественном языке. Модель, опираясь на заложенные в нее паттерны, транслирует семантические конструкции в функциональные алгоритмы и API-запросы [21, р. 11].

Для оценки экономической эффективности подхода был проведен натурный эксперимент по созданию мультимодального автономного

агента-консультанта для коммерческой веб-платформы аграрного сектора. Задача агента: осуществлять диалог с клиентом в режиме реального времени, распознавать голосовые запросы с учетом профессиональной терминологии, анализировать потоковое видео с камеры клиента (компьютерное зрение) и проводить первичное консультирование.

Этап 1. Архитектурная настройка агента в среде Google AI Studio. Процесс разработки осуществлялся методами вайб-кодинга. В интерфейсе среды Google AI Studio была использована модель *Gemini 3.1 Flash Live Preview*, системная архитектура которой обеспечивает минимальную задержку передачи аудио- и видеоданных [23].

Посредством естественного языка агенту были заданы системные инструкции, определяющие его функциональную экспертизу. В визуальном интерфейсе были настроены параметры синтеза речи (Voice: Puck) и лимиты потребляемых токенов.

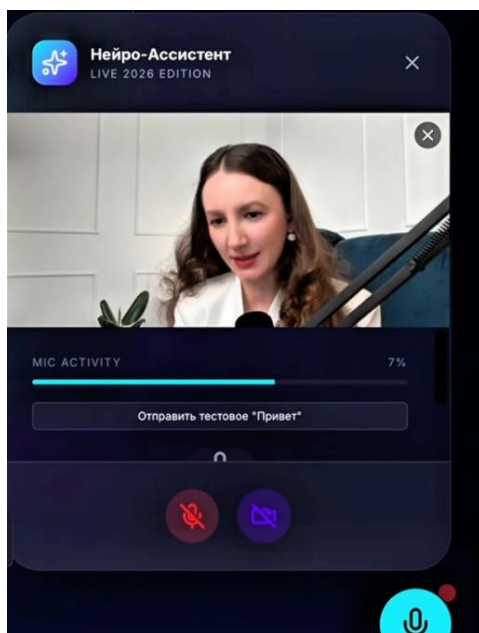


Рис. 1. Настройка системных инструкций и параметров мультимодального ИИ-агента в среде Google AI Studio

Как показано на рис. 1, агент инкапсулировал требуемую предметную экспертизу и коммуникативный профиль без необходимости дообучения (fine-tuning) на локальных серверах агропредприятия [13, р. 1879]. Системные инструкции обрабатываются in-context, что позволяет управлять поведенческим паттерном агента в процессе работы, адаптируясь под сезонные маркетинговые стратегии (период посевной или уборочной кампании) [16, р. 15].

Этап 2. Тестирование Live API и оценка мультимодального восприятия. Следующим этапом стала верификация способности сгенерированного агента воспринимать аудиальную и визуальную информацию. С использованием инструментов платформы для интеграции веб-камеры и микрофона в режиме Live API, ИИ-агент проанализировал видеопоток в реальном времени.

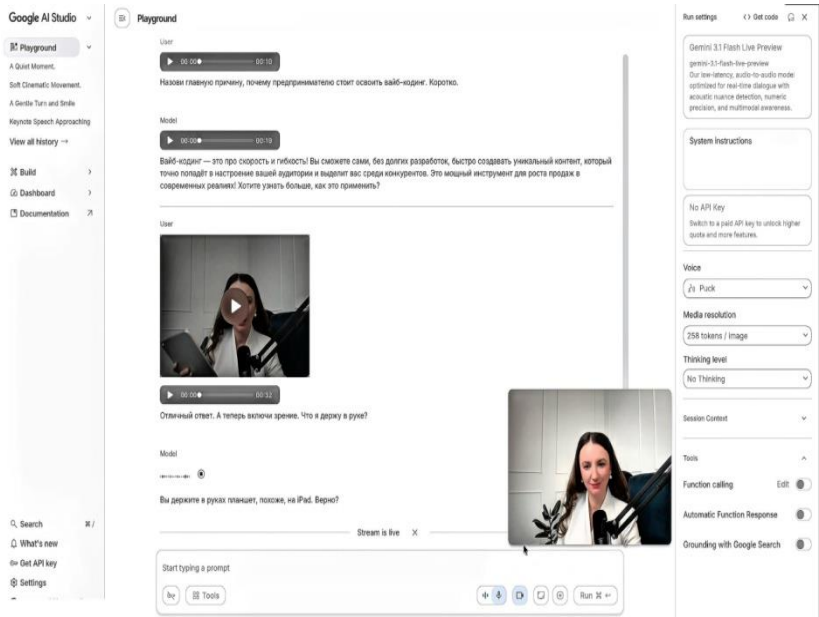


Рис. 2. Тестирование взаимодействия ИИ-агента с пользователем в режиме реального времени через Live API

В ходе тестового сеанса (рис. 2) ИИ-агент продемонстрировал способность считывать визуальный бизнес-контекст. Система

корректно идентифицировала объекты в кадре (студийное оборудование, мобильное устройство) [23].

Реализация функционала компьютерного зрения (Computer Vision) и потокового распознавания речи (Speech-to-Text) традиционными методами потребовала бы агрегации разрозненных нейросетей, аренды графических ускорителей (GPU-серверов) и написания связующего кода [17, р. 18]. Технология вайб-кодинга позволила реализовать данный процесс из единого интерфейса с минимальными временными затратами.

Этап 3. Интеграция в ИТ-инфраструктуру предприятия. На заключительном этапе сгенерированный программный код был интегрирован в графический интерфейс целевой веб-платформы в виде интерактивного виджета «Нейро-Ассистент». Визуальная стилистика была реализована с учетом принципов эргономичного дизайна интерфейсов.

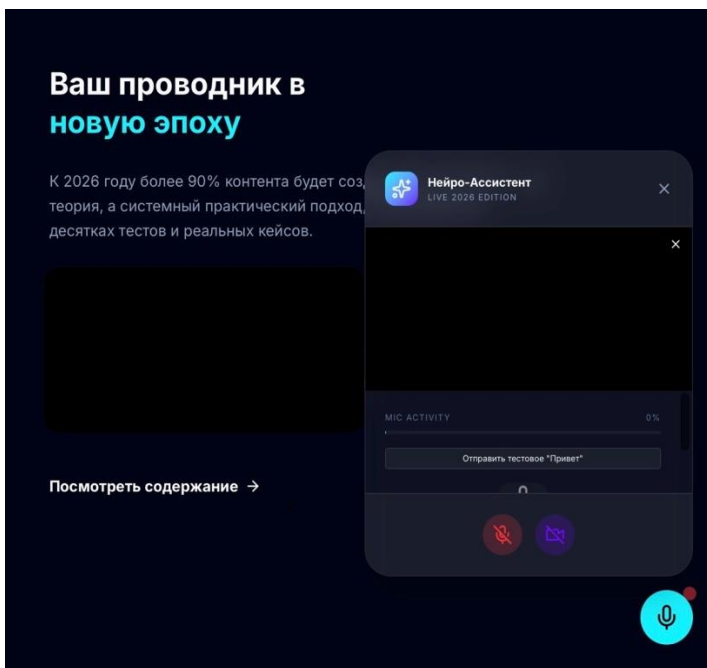


Рис. 3. Интеграция ИИ-виджета голосового ассистента в интерфейс коммерческой веб-платформы

Как показано на рис. 3, клиент (руководитель хозяйства, агроном) получил инструмент для голосового и визуального взаимодействия с интеллектуальным агентом непосредственно на сайте платформы [19, р. 22]. Агент способен инициировать коммуникацию, выявлять потребности пользователя и осуществлять маршрутизацию по этапам воронки продаж B2B-сегмента.

Математическое моделирование экономической эффективности (TCO). Для расчета экономического эффекта (E) от внедрения технологии вайб-кодинга по сравнению с классической разработкой (SDLC), была построена финансовая математическая модель оценки совокупной стоимости владения ИТ-продуктом (Total Cost of Ownership – TCO) [9, с. 125]. Совокупная стоимость владения при традиционной разработке (TCO_{trad}) выражается формулой:

$$TCO_{trad} = \sum_{i=1}^n (W_i \times T_i) + C_{infra} + C_{maint},$$

где W_i – рыночная ставка оплаты труда ИТ-специалиста i -го профиля (Project Manager, Frontend, Backend, ML-инженер);

T_i – время, затраченное специалистом i -го профиля (в часах);

C_{infra} – первоначальные и регулярные капитальные затраты на серверную инфраструктуру (GPU-вычисления, серверное окружение);

C_{maint} – затраты на последующее техническое обслуживание.

Совокупная стоимость владения при разработке методом вайб-кодинга (TCO_{vibe}) выражается формулой:

$$TCO_{vibe} = C_{subs} + \sum_{j=1}^m (P_j \times V_j) + (W_{ba} \times T_{setup}),$$

где C_{subs} – фиксированная стоимость бизнес-подписки на облачные платформы генеративного ИИ;

P_j – стоимость j -го токена при обращении к API LLM (операционные расходы, OPEX);

V_j – объем потребляемых токенов;

W_{ba} – ставка руководителя проекта со стороны предприятия АПК;

T_{setap} – время, затраченное на формирование системных промптов и интеграцию (вайб-кодинг).

Прямой экономический эффект (E) внедрения определяется как разность совокупной стоимости владения:

$$E = TCO_{trad} - TCO_{vibe}$$

Моделирование подтверждает инвестиционную привлекательность вайб-кодинга. Традиционная разработка мультимодального бизнес-агента требует команды узкопрофильных специалистов. Срок разработки составляет от 30 до 45 рабочих дней [22, р. 28]. При использовании вайб-кодинга проектная команда сокращается до одного специалиста (W_{ba}), а срок реализации (T_{setap}) оптимизируется до 1–2 рабочих дней [18, р. 25].

Капитальные затраты при традиционном подходе (TCO_{trad}) формируются за счет фонда оплаты труда команды и закупки мощностей, в то время как затраты при вайб-кодинге (TCO_{vibe}) сводятся к краткосрочной занятости специалиста предприятия и затратам на API. Прямой экономический эффект на этапе инвестиций (снижение капитальных издержек) достигает 95 % [22, р. 30].

Сокращается показатель Time-to-Market: агропредприятие получает возможность проверять бизнес-гипотезы и внедрять ИИ-сервисы в сжатые сроки, что критично в условиях сезонности сельскохозяйственного производства. Косвенный экономический эффект заключается в автоматизации первичной коммуникации с клиентами, что позволяет оптимизировать загрузку персонала и снизить постоянные операционные издержки коммерческой деятельности [20, р. 191].

Заключение. Проведенное исследование доказывает, что технология вайб-кодинга выступает значимым экономическим драйвером цифровой трансформации бизнеса в различных секторах экономики. Передача функций проектирования ИТ-архитектуры генеративным нейросетям делает создание мультимодальных

интеллектуальных систем доступным для малых и средних предприятий АПК без привлечения масштабных ИТ-ресурсов [17, р. 21].

Экспериментально подтверждено и математически обосновано, что разработка автономного голосового ИИ-агента с функцией компьютерного зрения методом вайб-кодинга в среде Google AI Studio обеспечивает существенное снижение капитальных затрат и сокращает сроки вывода продукта на рынок.

Интеграция интеллектуальных агентов в практику отечественного бизнеса в рамках реализации Государственной программы «АПК Будущего» на 2026–2030 годы будет способствовать повышению производительности труда, оптимизации издержек и ускорению включения белорусских сельскохозяйственных компаний в цифровую экономику.

Список литературы

1. Государственная программа «АПК Будущего» на 2026–2030 годы [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by>.
2. О развитии цифровой экономики: Декрет Президента Респ. Беларусь, 21 дек. 2017 г., № 8 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – № 149. – 1/17415.
3. Гусаков, В. Г. Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2024. – 126 с.
4. Пакуш, Л. В. Особенности развития процесса цифровой трансформации экономики Беларуси и оценка цифрового потенциала перерабатывающих организаций АПК / Л. В. Пакуш, А. Г. Ефименко, Е. В. Волкова // Проблемы экономики. – 2025. – № 1 (40). – С. 74–82.
5. Шафранский, И. Н. Формирование цены реализации мясной продукции с использованием экономико-математических моделей / И. Н. Шафранский, И. В. Шафранская // Проблемы экономики. – 2025. – № 1 (40). – С. 121–132.
6. Пилипук, А. В. Социально-трудовые факторы и условия устойчивого роста деловой активности и предпринимательской инициативы в регионах Беларуси и России / А. В. Пилипук, О. А. Пашкевич // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2021. – № 2. – С. 88–96.
7. Карпович, Н. В. Цифровизация как фактор повышения конкурентоспособности агропромышленного производства / Н. В. Карпович // Веснік Беларускага дзяржаўнага эканамічнага ўніверсітэта. – 2023. – № 1. – С. 45–55.
8. Журавлёв, В. Цифровизация сельского хозяйства в Республике Беларусь: технологические решения для развития / В. Журавлёв // Аграрная экономика. – 2024. – № 3. – С. 60–70.
9. Митяков, Е. С. Мониторинг экономической безопасности: трансформация в условиях цифровой экономики / Е. С. Митяков // Развитие и безопасность. – 2022. – № 3. – С. 14–25.

10. Vaswani, A. Attention is all you need / A. Vaswani [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – Vol. 30. – P. 5998-6008.
11. Bommasani, R. On the opportunities and risks of foundation models / R. Bommasani [et al.] // arXiv preprint arXiv:2108.07258. – 2021. – P. 1–214.
12. Brown, T. Language Models are Few-Shot Learners / T. Brown [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2020. – Vol. 33. – P. 1877–1901.
13. Ouyang, L. Training language models to follow instructions with human feedback / L. Ouyang [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2022. – Vol. 35. – P. 27730–27744.
14. Bubeck, S. Sparks of Artificial General Intelligence: Early experiments with GPT-4 / S. Bubeck [et al.] // arXiv preprint arXiv:2303.12712. – 2023. – P. 1–154.
15. Wei, J. Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models / J. Wei [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2022. – Vol. 35. – P. 24824–24837.
16. Zhao, W. X. A Survey of Large Language Models / W. X. Zhao [et al.] // arXiv preprint arXiv:2303.18223. – 2023. – P. 1–96.
17. Eloundou, T. GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models / T. Eloundou [et al.] // arXiv preprint arXiv:2303.10130. – 2023. – P. 1–34.
18. Noy, S., Zhang, W. Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence / S. Noy, W. Zhang // Science. – 2023. – Vol. 381, Issue 6654. – P. 187–192.
19. Brynjolfsson, E. Generative AI at Work / E. Brynjolfsson, D. Li, L. R. Raymond // National Bureau of Economic Research. – 2023. – Working Paper No. 31161.
20. Wang, L. A Survey on Large Language Model based Autonomous Agents / L. Wang [et al.] // Frontiers of Computer Science. – 2023. – Vol. 18. – P. 1–26.
21. Xi, Z. The Rise and Potential of Large Language Model Based Agents: A Survey / Z. Xi [et al.] // arXiv preprint arXiv:2309.07864. – 2023. – P. 1–32.
22. Chui, M. The economic potential of generative AI: The next productivity frontier / M. Chui [et al.] // McKinsey & Company. – 2023. – P. 1–68.
23. Google AI Studio Documentation [Electronic resource] // Google for Developers. – Mode of access: <https://ai.google.dev/aistudio>. – Date of access: 02.05.2026.