

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2304-022X-2024-14-4-6-23

УДК 004.9(045)

JEL C53, O15

Агент-ориентированная модель прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционное движение в разрезе федеральных округов РФ

М.М. Низамутдинов, З.А. Давлетова

Институт социально-экономических исследований УФИЦ РАН,
Уфа, Россия

АННОТАЦИЯ

Для Российской Федерации характерно крайне неравномерное распределение населения по территории страны, что способствует асимметрии экономического и социодемографического развития регионов, нехватке квалифицированных специалистов для освоения ресурсов Сибири и Дальнего Востока, увеличению глобальных рисков в целом. В связи с этим актуальным становится применение современных управленческих технологий – в частности, многоагентного имитационного моделирования, для поддержки принятия решений по управлению миграционными процессами. Поскольку основным стимулом к смене места проживания для активных граждан является инвестирование в развитие региона и обеспечение необходимых условий для комфортной жизни, **цель** исследования заключается в разработке агент-ориентированной модели прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционные потоки между федеральными округами РФ. Одной из задач, решаемых с помощью модели, является отслеживание направления движения мигрантов относительно Республики Башкортостан при изменении управляемых параметров. Проектирование имитационной модели произведено с использованием современных CASE-инструментов; в ходе работы построены UML-диаграммы, мнемосхема процесса поддержки принятия решений по управлению демографическим развитием региона. Проведены сценарные эксперименты, позволяющие прогнозировать изменения численности населения на исследуемых территориях. В рамках исследования авторы применили объектно-ориентированную методологию проектирования имитационной модели, агент-ориентированный подход для ее реализации, а также методы статистического анализа при постановке экспериментов. Разработанный в **результате** исследования инструментарий может быть использован представителями органов исполнительной власти для формирования сбалансированной политики расселения, оценки возможности и условий для освоения регионов Российской Федерации с низкой плотностью населения.

Ключевые слова: прогнозирование численности населения; миграция; агент-ориентированная модель; федеральные округа Российской Федерации; качество жизни населения; расселение; Дальний Восток; Республика Башкортостан

Для цитирования: Низамутдинов М.М., Давлетова З.А. Агент-ориентированная модель прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционное движение в разрезе федеральных округов РФ. *Управленческие науки = Management Sciences*. 2024;14(4):6-23. DOI: 10.26794/2304-022X-2024-14-4-6-23

ORIGINAL PAPER

Agent-Based Model for Forecasting the Impact of the Population Life Quality on Migration Movement in the Context of the Russian Federation Federal Districts

M.M. Nizamutdinov, Z.A. Davletova

Institute for Socio-Economic Research UFRC RAS,
Ufa, Russia

ABSTRACT

The Russian Federation is characterized by an extremely uneven distribution of the population across the country, which contributes to the asymmetry of economic and socio-demographic development of the regions, a shortage of qualified

© Низамутдинов М.М., Давлетова З.А., 2024

specialists for the development of the resources of Siberia and the Far East, and an increase in global risks in general. In this regard, the use of modern management technologies, in particular, multi-agent simulation modeling, to support decision-making on managing migration processes becomes relevant. Since the main incentive for active citizens to change their place of residence is investing in the development of the region and providing the necessary conditions for a comfortable life, the purpose of the study is to develop an agent-based model for forecasting the impact of the population life quality on migration flows between the federal districts of the Russian Federation. One of the tasks solved using the model is to track the direction of migrant movement relative to the Republic of Bashkortostan when changing the controlled parameters. The simulation model was designed using modern CASE tools; UML diagrams and a mnemonic diagram of the decision-making support process for managing the demographic development of the region were built in the course of the work. Scenario experiments were conducted to predict changes in the population size in the study areas. Within the framework of the research, the authors applied the object-oriented methodology of simulation model design, agent-based approach for its implementation, as well as an agent-oriented approach for its implementation and statistical analysis methods when setting up experiments. The toolkit developed as a result of the study can be used by the representatives of executive authorities and government officials to develop a balanced resettlement policy, assess the possibility and conditions for developing regions of the Russian Federation with low population density.

Keywords: population forecasting; migration; agent-based model; federal districts of the Russian Federation; population life quality; resettlement; Far East; Republic of Bashkortostan

For citation: Nizamutdinov M.M., Davletova Z.A. Agent-based model for forecasting the impact of the population life quality on migration movement in the context of the Russian Federation federal districts. *Upravlencheskie nauki = Management Sciences*. 2024;14(4):6-23. DOI: 10.26794/2304-022X-2024-14-4-6-23

ВВЕДЕНИЕ

Россия является крупнейшей страной в мире по территории, обладает значительными природными богатствами, что предоставляет безграничные возможности для успешного развития и процветания в условиях грамотно выстроенной политики государства. В составе Российской Федерации 8 федеральных округов, которые весьма неоднородны по уровню социально-экономического развития и существенно различаются природно-климатическими условиями. Так, около 65% территории страны — это область вечной мерзлоты, приходящаяся по большей части на Сибирский (СФО) и Дальневосточный (ДВФО) федеральные округа. При этом для России характерно крайне неравномерное распределение населения. Например, по состоянию на 1 января 2024 г. в Москве его плотность составляла 5134,64 чел./км², а в Чукотском автономном округе — 0,07 чел./км². Основными причинами такой ситуации являются как неблагоприятные климатические условия, так и отсутствие инфраструктуры или слабая ее развитость на севере и востоке страны.

Значительный разрыв в показателях плотности населения в различных регионах страны приводит к дифференциации последних в плане социально-экономического положения, поскольку основным драйвером развития территории и освоения ее природного потенциала является наличие достаточного количества кадров соответствующей квалификации. Проблема неравномерности распределения жителей выступает одной из самых

серьезных преград в успешном развитии государства и требует разработки эффективной политики расселения граждан по территориям федеральных округов [1]. В связи с этим актуальной становится задача создания инструментов, позволяющих разработать сбалансированные схемы территориального расселения. В настоящее время все более востребованным становится применение методов многоагентного имитационного моделирования, которые могут быть успешно использованы для формирования стратегических планов развития территорий [2]. К агент-ориентированным моделям обращаются многие ученые. В частности, с их помощью выполняется прогнозирование демографических показателей и занятости населения по регионам страны [3], что позволяет моделировать процессы государственного управления через изменение ряда экзогенных переменных, создавать сценарии экспериментов и выбирать оптимальные управленческие решения. В исследовании [4] представлена агент-ориентированная модель прогнозирования численности населения в имитационной среде AnyLogic. Эксперименты с ее использованием способствуют формированию прогноза изменения численности населения на перспективу до 10 лет в крупных и малых городах Республики Башкортостан.

Авторами статьи [5] предложена агент-ориентированная модель взаимодействия двух категорий населения: мигрантов и коренных жителей, которая может применяться для управления кадровым

потенциалом предприятий на основе прогнозных значений демографических и миграционных показателей. Голландские ученые представили агент-ориентированную модель внутренней миграции в условиях растущего риска прибрежных наводнений во Франции [6]. Параметры агентов определены на базе национальной статистики, модель откалибрована с учетом опроса домохозяйств о степени адаптации. Интернациональный коллектив авторов предложил агент-ориентированную модель трудовой миграции и заброшенности пахотных земель в Китае, построенную на основе данных спутниковых снимков с очень высоким разрешением, глобальной системы позиционирования, опросов домашних хозяйств и переписи населения [7]. В книге [8] представлена агент-ориентированная модель рынка труда, позволяющая описать жизненный цикл человека от рождения до выхода на пенсию.

Проблема неравномерного распределения населения проявляется не только в разрезе федеральных округов, но и на региональном уровне. Так, например, в Республике Башкортостан (РБ) существует тенденция концентрации жителей в крупных городских агломерациях, в то время как сельские территории подвержены депопуляции [9]. Кроме того, в целом в РБ наблюдается миграционный отток населения, что представляет собой негативную тенденцию для развития экономики республики. Выбытие характерно преимущественно для молодых возрастных групп — регион покидают выпускники школ с целью поступления в ведущие вузы страны либо молодые специалисты, получившие образование в Башкортостане и ищущие более высокооплачиваемые варианты трудоустройства [10].

Города федерального значения — Москва и Санкт-Петербург — являются популярными направлениями миграции для жителей РБ, что обусловлено более высоким уровнем жизни, развитой инфраструктурой, перспективами карьерного роста, широким выбором учебных заведений. РБ готовит кадры для нефтедобывающей отрасли, вследствие чего специалисты в этой области переезжают в северные регионы, где оплата труда гораздо выше, причем в основном — в Тюменскую область. Соседние с Башкортостаном Самарская и Челябинская области, Татарстан привлекательны для абитуриентов из муниципальных районов, граничащих с этими субъектами РФ. Получив там образование, молодые люди находят работу, обжа-

водятся семьями и остаются на постоянное место жительства [11].

Как уже говорилось выше, миграционной привлекательностью как в разрезе федеральных округов, так и по субъектам РФ обладают регионы с высоким качеством жизни. Нужно отметить, что данный показатель является интегральным и включает в себя такие факторы, как доступность образования и возможность получения квалифицированной медицинской помощи, развитость инфраструктуры, уровень доходов, состояние коммуникаций, экономики, экологии; при выборе места проживания могут иметь значение и географическое положение, и климат [12].

Зарубежные ученые отмечают тесную взаимосвязь демографических и миграционных процессов и качества жизни населения. С целью изучения последнего в Норвегии проводились исследования среди коренного населения и иммигрантов по следующим аспектам: экологический, транспортная мобильность, планирование застройки города (расположение магазинов, детских садов, школ, университетов, парковых зон) [13]. Индийские ученые отмечают, что уровень образования является важнейшим фактором, влияющим на качество жизни взрослого населения в сельских районах провинции Пенджаб [14]. В Финляндии качество жизни граждан анализировалось по шкале QoL Bref, предложенной Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), и итоги этой работы представлены в статье [15]. Исследователи, приняв состояние здоровья населения за наиболее важный показатель, использовали четырехмерную модель ВОЗ для оценки физического, психологического, социального и экологического аспектов качества жизни. При этом физическое измерение подразумевает зависимость от лекарств, подвижность, сон и работоспособность. Психологический аспект включает оценки удовлетворенности жизнью, степени ее осмысленности, внешнего вида индивида, его самоуважения и негативных чувств. Социальный фактор касается удовлетворенности социальными отношениями, социальной поддержкой и др. Экологический аспект предполагает чувство безопасности, качество среды обитания, экономическую ситуацию, доступ к необходимой информации и удовлетворенность обеспечением медицинскими услугами, транспортом и возможностями проведения досуга. Та же модель ВОЗ была использована в докладе вьетнамских

специалистов [16] для определения факторов, влияющих на качество жизни населения в прибрежных сообществах страны, страдающих от стихийных бедствий (наводнений и штормов).

Целью исследования стала разработка посредством инструментальной среды AnyLogic агент-ориентированной модели прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционные процессы, которая применена для решения двух задач. Первая связана с отслеживанием направлений миграционного оттока из РБ и его притока в республику в разрезе федеральных округов РФ. Вторая заключается в прогнозировании демографического развития федеральных округов в соответствии с решениями органов власти о комплексном развитии определенных территорий за счет реализации инвестиционных программ, обеспечивающих рост качества жизни населения.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проектирование имитационной модели

на основе объектно-ориентированного подхода

Агент-ориентированное моделирование является новым развивающимся подходом к описанию сложных социально-экономических процессов (к которым относятся миграция и воспроизводство населения), и существует множество систем для разработки моделей с его помощью. Список программного обеспечения для имитационного моделирования общего назначения возглавляет такая платформа, как AnyLogic [17]. Данный программный продукт имеет ряд неоспоримых преимуществ: он является профессиональным инструментом для агентного моделирования, интегрирован с ГИС-картами, обладает широкими возможностями для анимации и визуализации, способен обрабатывать большие данные в качестве входной информации. Проектирование имитационной модели произведено с применением CASE-инструмента Enterprise Architect и объектно-ориентированного подхода. Построены UML-диаграммы, описывающие функционал и структуру хранимых данных для разрабатываемой системы поддержки принятия решений.

С использованием MS Visio создана мнемосхема бизнес-процесса поддержки принятия решений по управлению демографическим развитием территорий (рис. 1).

Вопросами миграции населения занимается ряд государственных органов. Ключевая роль отводится

Министерству внутренних дел и его структурному подразделению — Главному управлению по вопросам миграции. Администрация Президента, Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации и Федеральная служба безопасности являются ведущими федеральными органами исполнительной власти, реализующими миграционную политику. Вспомогательные функции по ее регулированию выполняют другие министерства, службы и ведомства, например, Министерство науки и высшего образования РФ, Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики, Федеральная служба по труду и занятости, Федеральная налоговая служба, Федеральная служба государственной статистики [18].

С использованием CASE-инструмента Enterprise Architect была построена диаграмма активности поддержки принятия решений по управлению демографическим развитием территорий (рис. 2).

Агент-ориентированная модель (выступающая инструментом поддержки принятия решений) содержит базу как исходных статистических показателей для анализа, так и результатов моделирования, а также систему надстроек, представленную экзогенными переменными, которые задаются пользователем. Ядром является имитационная модель демографических и миграционных процессов, присутствует также система визуализации результатов имитации.

Государственная политика моделируется через изменение параметров, задаваемых в системе экзогенно. Рассматриваемая модель формирует прогнозы развития демографического и социально-экономического потенциала территории, в ней заложена возможность проведения сценарной оценки управленческих решений. В системе производится сверка целевых и плановых значений показателей социально-экономического развития для определения результативности проводимой государственной политики, а на случай выявления отклонений существует возможность разработки комплекса корректирующих мероприятий.

В целях описания структуры базы данных построена диаграмма классов (рис. 3).

Входными параметрами модели являются площадь территории федерального округа (либо субъекта РФ); численность и плотность населения; интегральный показатель качества жизни, учитывающий множество факторов, характеризующих как развитость региона, так и возможности обучения

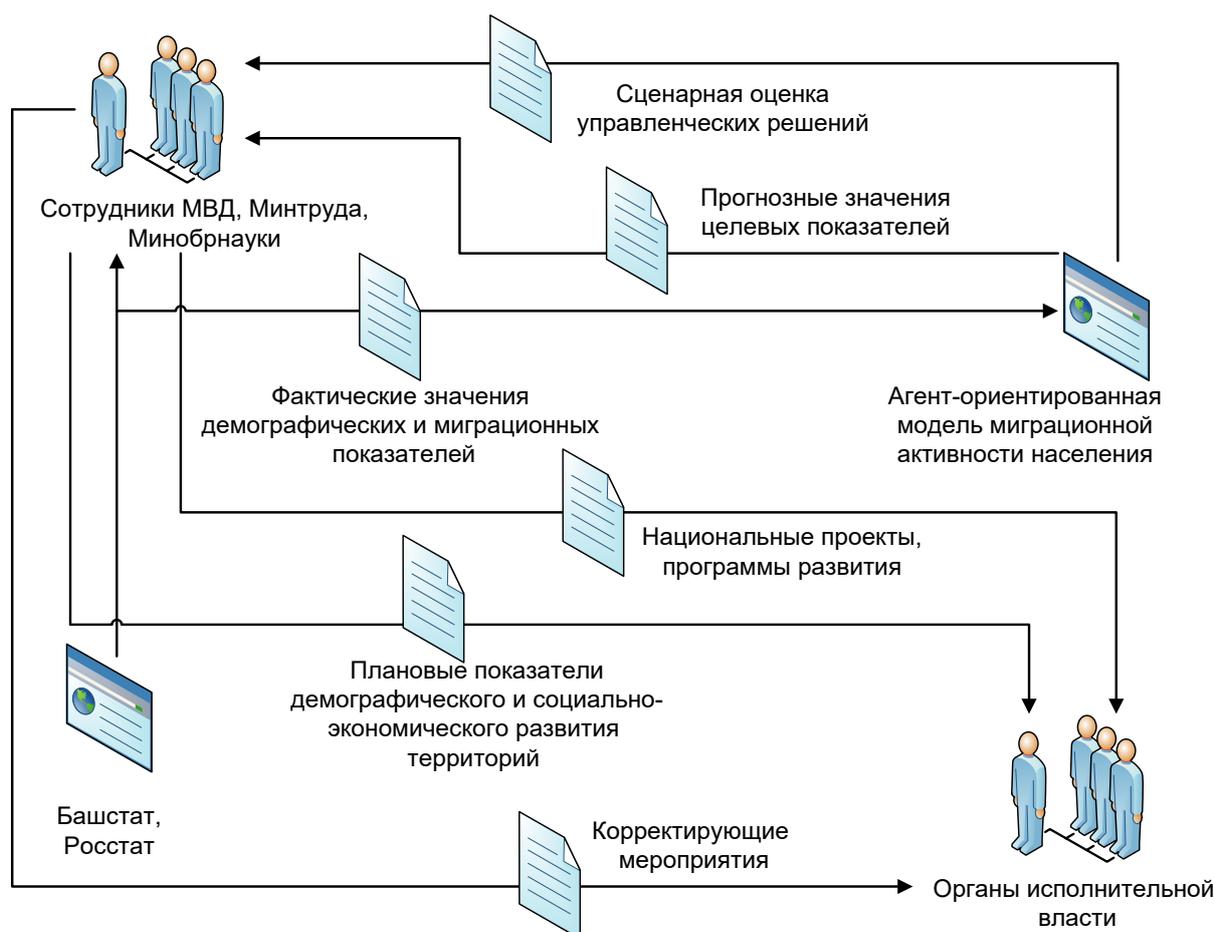


Рис. 1 / Fig. 1. Мнемосхема процесса поддержки принятия решений по управлению демографическим развитием территорий / Mnemonic diagram of the decision-making support process for managing the demographic development of the territories

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

и трудоустройства, комфортность проживания на его территории. Агент-ориентированная модель позволяет задать различные сценарии экспериментов посредством изменения трех показателей: качества жизни населения; объема инвестиций в развитие экономики и инфраструктуры региона; средней заработной платы, и оценить прогноз изменения результатов в отношении миграционных процессов. В зависимости от цели исследования для обеспечения более достоверной оценки уровня привлекательности рабочих мест в отдельно взятом субъекте (или федеральном округе) РФ в модели могут быть использованы величины медианной или модальной заработной платы. Первая не подвержена влиянию экстремально высоких или низких доходов, а вторая подходит для определения наиболее распространенного уровня заработка среди работников.

При этом сама модель как гибкий инструментарий позволяет задействовать разнообразные варианты измерения заработной платы, обеспечивая повышение степени достоверности экспериментальных расчетов при различных постановках задач. В то же время несколько измерителей в сочетании могут быть использованы в качестве управляемых параметров модели, например, для решения задачи прогнозирования степени интенсивности миграции.

Реализация имитационной модели на базе агент-ориентированного подхода

Для прогнозирования миграционной динамики в разрезе федеральных округов в зависимости от изменения качества жизни населения и ее важнейших составляющих (таких как средняя заработная плата и инвестиции в инфраструктуру ре-

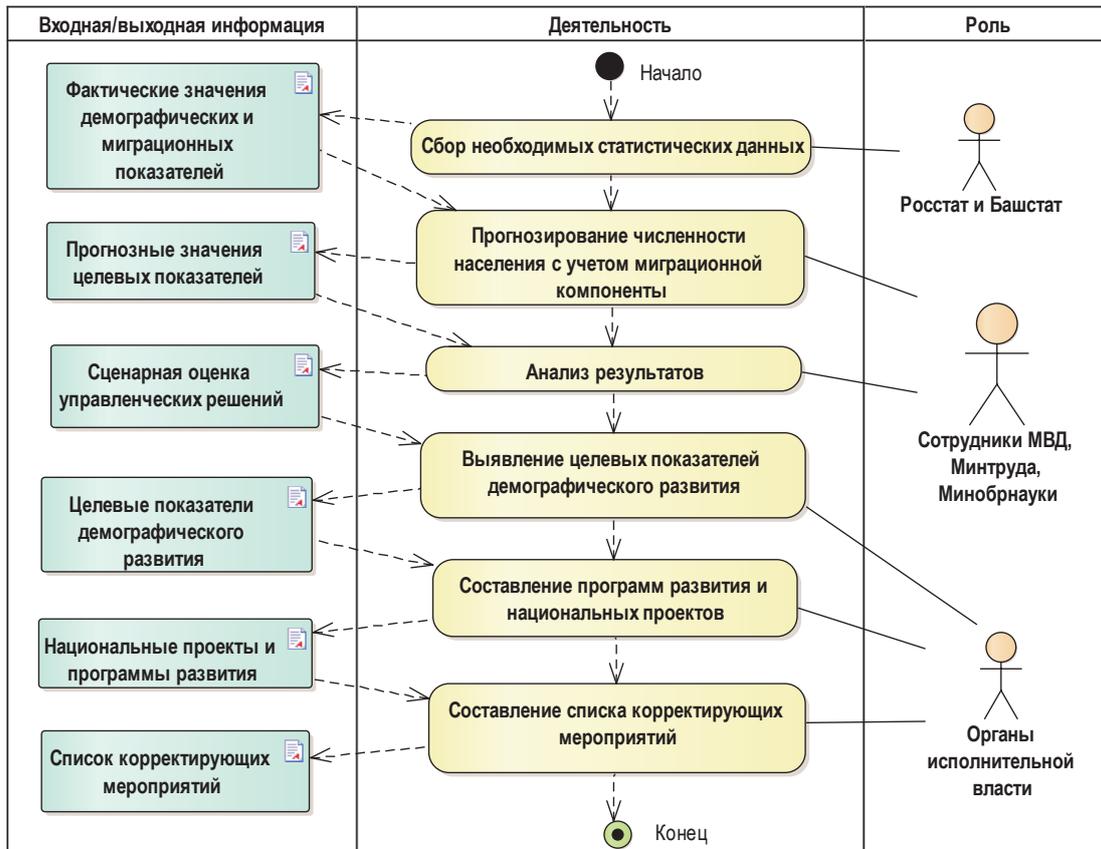


Рис. 2 / Fig. 2. Диаграмма активности поддержки принятия решений по управлению территориальным развитием / Activity diagram of decision-making support for territorial development management

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

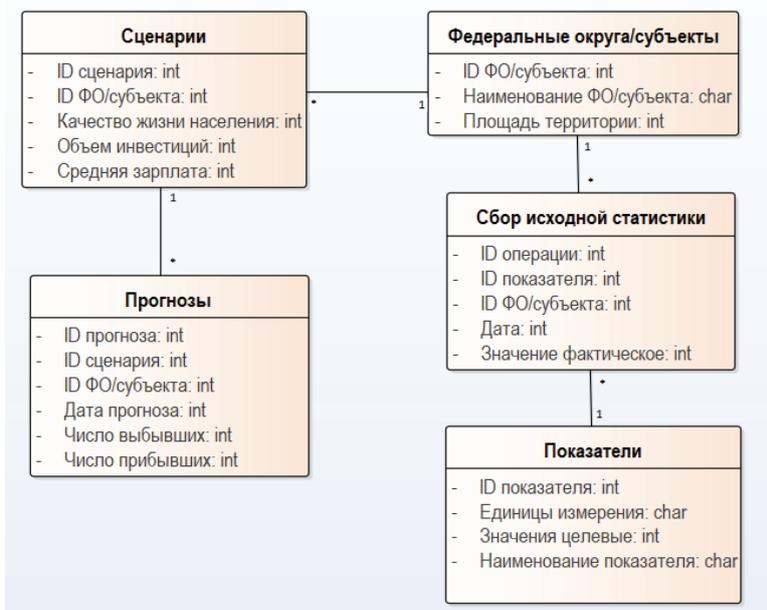


Рис. 3 / Fig. 3. Диаграмма классов поддержки принятия решений по управлению миграционными процессами / Class diagram of decision-making support for migration management

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

гиона) разработана агент-ориентированная модель, которая, по сравнению с эконометрической, является более совершенной для исследования сложных социально-экономических процессов, так как при составлении эконометрических зависимостей необходимы достаточно длинные ряды статистических данных, которые не всегда существуют. К тому же эконометрический подход дает адекватные результаты только в том случае, если экономика региона развивается равномерно, без резких спадов и подъемов. Но реальность такова, что потребность в просчете прогнозных значений оцениваемых показателей возникает при наступлении каких-либо чрезвычайных ситуаций: войн, пандемий, мировых экономических кризисов.

В случае необходимости прогнозирования динамики миграционных потоков населения в условиях резкого изменения экономической конъюнктуры в связи с военными конфликтами, международной ситуацией, колебанием цен на сырьевые ресурсы, внедрением в производство технологических инноваций потребуются предварительное обоснование плана соответствующего сценарного эксперимента, настройка управляемых параметров с целью учета наиболее критичных факторов в рамках решаемой задачи — например, таких, как уровень безработицы, накопленной инфляции, стоимости нефти на мировом рынке и др.

В агент-ориентированной модели присутствуют агенты: жители, предприятия, образовательные учреждения, регионы.

Для агента «Житель» (рис. 4) характерно два основных состояния: удовлетворен либо не удовлетворен качеством жизни в регионе, причем первостепенную роль в их определении играет размер заработной платы.

Переходы срабатывают при неудовлетворенности уровнем жизни; увольнении с предприятия и потере заработка; в случае снижения или, наоборот, повышения уровня доходов.

На качество жизни населения в регионе влияет уровень экономического развития, выражающийся в росте валового регионального продукта, который обеспечивает функционирование местных предприятий.

На рис. 5 изображена диаграмма состояний агента «Предприятия» (растущее, стабильное, нестабильное). Деятельность предприятий приводит либо к росту, либо к падению уровня прибыли, что показано на диаграмме состояний. В первом случае

появляется потребность в найме дополнительных сотрудников, во втором предприятия начинают увольнять персонал и искать способы сокращения расходов, в том числе и посредством миграции в регионы с более дешевыми рабочей силой, материальными ресурсами, арендой.

На рис. 6 представлена имитационная модель, созданная в среде AnyLogic. Отображена карта Российской Федерации с 8 федеральными округами, а также один из субъектов — Республика Башкортостан.

Агенты, представляющие коренное население, на карте показаны голубыми точками, агенты-мигранты — красными. При помощи выпадающего меню можно сравнивать показатели численности и плотности населения, средней заработной платы, объема инвестиций, количества предприятий по федеральным округам. Для того, чтобы задать управляемые параметры, следует выделить интересующий федеральный округ (либо регион) и задать величину изменения объема инвестиций, средней заработной платы, а также интегрального показателя качества жизни. В процессе имитации можно построить диаграммы, иллюстрирующие интенсивность миграционных потоков и соотношение между числом коренных жителей и прибывших в регион мигрантов.

На отдельном листе «Статистика» ведется расчет прогнозных значений количества выбывших из региона и прибывших в него, а также миграционного прироста/убыли населения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ статистических данных по миграции и качеству жизни в РБ и РФ

Агентство стратегических инициатив разработало региональный социальный стандарт, согласно которому в каждом регионе страны должен быть создан Совет по качеству жизни¹, поскольку повышение этого показателя является приоритетной задачей Правительства Российской Федерации. Такой орган был создан в Республике Башкортостан в 2023 г. Стандарт предусматривает внедрение человекоцентричной культуры в государственное управление. Сфера применения докумен-

¹ Региональный социальный стандарт. Официальный сайт Агентства стратегических инициатив. URL: <https://files-ice.asi.ru/iblock/946/946d0385e1f6780979bcdbb98fff7b95/Regionalnyy-sotsialnyy-standart.pdf> (дата обращения: 15.08.2024).

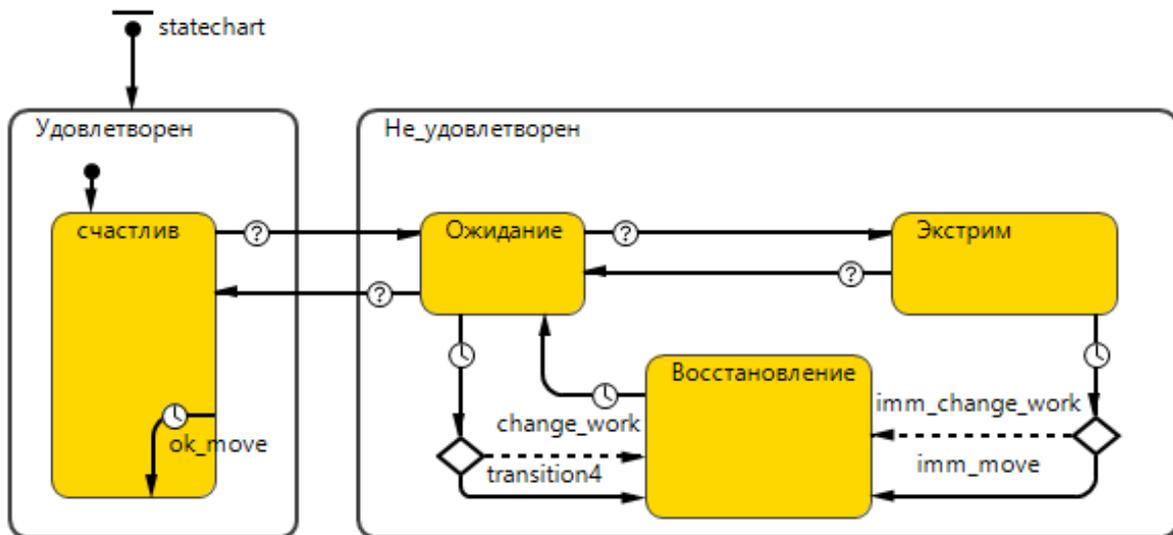


Рис. 4 / Fig. 4. Диаграмма состояний агента «Житель», построенная в AnyLogic / State diagram of the agent “Resident” built in AnyLogic

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

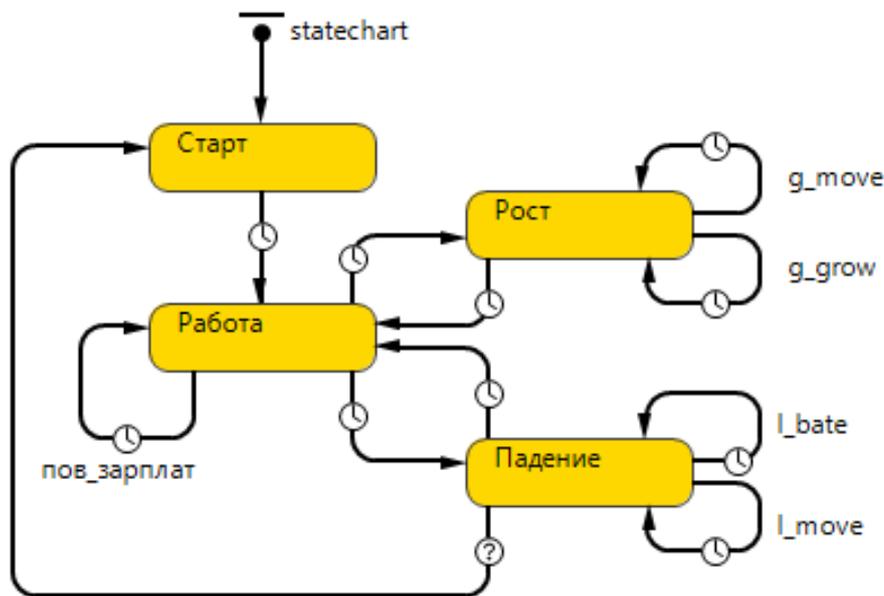


Рис. 5 / Fig. 5. Диаграмма состояний агента «Предприятие», построенная в AnyLogic / State diagram of the agent “Enterprise” built in AnyLogic

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

та включает такие направления, как здравоохранение, социальное обслуживание, образование, культура, развитие и благоустройство городской среды.

Для проведения сценарных экспериментов используются данные по качеству жизни населения,

публикуемые Центром экономических исследований «РИА Рейтинг». В отличие от оценок Росстата, ориентированных преимущественно на анализ доходов, расходов, покупательской способности граждан, доступности жилья и др., в предлагаемой РИА Рейтинг методике расчета интегрального

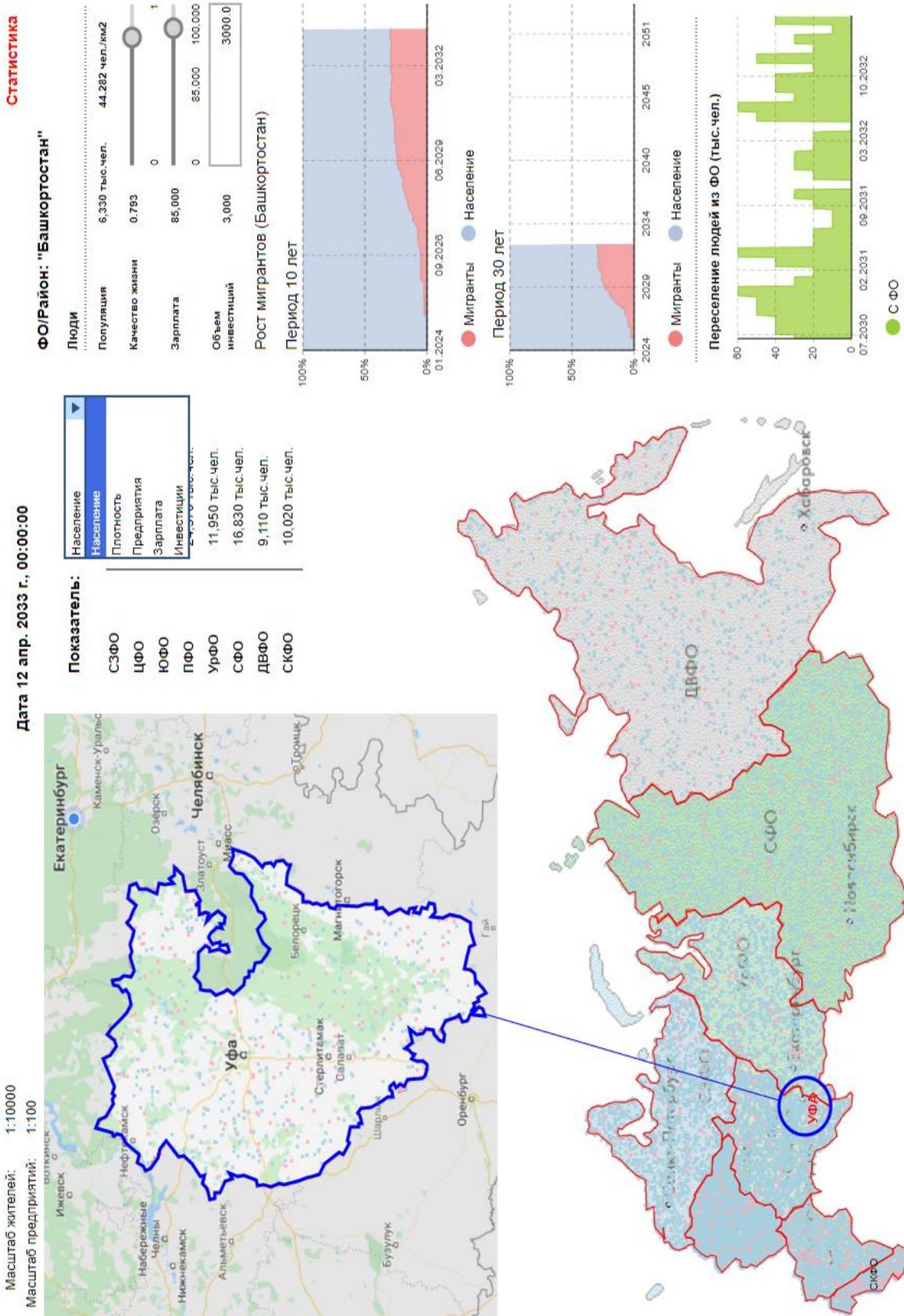


Рис. 6 / Fig. 6. Агент-ориентированная модель прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционные процессы в разрезе федеральных округов / Agent-based model for forecasting the impact of life quality on migration processes by Federal districts

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

показателя качества жизни населения используется информация как Росстата, так и Минздрава России, Минфина России, Банка России и других открытых источников. Оценка производится на основе 66 показателей, объединенных в 11 групп; рейтинговый балл выставляется по 100-балльной шкале. В то же время данная методика, кроме перечисленных критериев, учитывает экологические, климатические условия, безопасность проживания, здоровье населения и уровень образования, обеспеченность объектами социальной инфраструктуры, освоенность территории и развитость транспортной инфраструктуры и др. Таким образом формируется наиболее полный и точный набор данных для оценки качества жизни и уровня миграционной привлекательности территорий, необходимый для приводимых нами исследований.

РИА Рейтинг ежегодно готовит рейтинги регионов по качеству жизни. В течение пяти последних лет в них традиционно лидируют Москва, Санкт-Петербург и Московская область. Республика Башкортостан в 2023 г. заняла 19-е место, улучшив свои позиции по сравнению с пятью последними годами (в 2020 г. РБ была на 29-м месте).

В табл. 1 представлены результаты расчетов рейтинговых оценок некоторых регионов Российской

Федерации за последние пять лет — в нее, наряду с показателями ведущих регионов, для сравнения были включены данные Красноярского края и Республики Саха (Якутия). Это крупнейшие субъекты Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, имеющие самые низкие показатели плотности населения в стране.

Также в табл. 1 показаны значения среднемесячных номинальных заработных плат работников по выбранным регионам за период с января по май 2024 г. При этом по ДВФО в целом за тот же период средняя зарплата составляла 91 970 руб., по СФО — 72 574 руб. Таким образом, можно сделать вывод, что данный показатель — важный, но не решающий критерий формирования интегрального показателя качества жизни населения, поскольку в крупнейших субъектах этих федеральных округов рейтинговый балл по качеству жизни оказался достаточно низким, несмотря на достаточно высокий уровень доходов. Это связано с отсутствием в данных регионах инфраструктуры, а также с тяжелыми климатическими условиями.

В табл. 1 также содержатся сведения об объемах инвестиций в основной капитал [18]. Для ДВФО этот показатель составляет 2 512 408 млн руб., для СФО — 2 823 190 млн руб., для Центрального феде-

Таблица 1 / Table 1

Показатели качества жизни населения / Indicators of the population life quality

Регион / Region	Рейтинговые баллы по качеству жизни / Rating points of the life quality					Средняя заработная плата в 2024 г., руб. / Average salary in 2024, rub.	Инвестиции в основной капитал в 2022 г., руб. / Investments in fixed capital in 2022, rub.
	Год / Year						
	2019	2020	2021	2022	2023		
Москва	79,2	82,1	81,3	82,9	83,6	152 859	5 917 986
Санкт-Петербург	77,3	80,6	80,2	82,3	82,3	101 892	997 478
Московская область	74,5	76,1	75,8	78,2	79,9	91 809	1 329 379
Республика Саха (Якутия)	37,9	39,1	39,2	42	44,3	119 338	616 285
Красноярский край	46,7	45,3	48	52,2	54	89 627	747 818
Республика Башкортостан	50,4	50	53,6	58,2	61,5	62 957	512 388

Источник / Source: составлено авторами на основе данных Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13238> (дата обращения: 12.08.2024), URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries# (дата обращения: 12.08.2024); сетевого издания РИА Новости. URL: https://ria.ru/20240212/kachestvo_zhizni-1926120093.html (дата обращения: 12.08.2024) / compiled by the authors based on the Rosstat data. <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13238> (accessed on 12.08.2024), URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries# (accessed on 12.08.2024); RIA Novosti. URL: https://ria.ru/20240212/kachestvo_zhizni-1926120093.html (accessed on 12.08.2024).

рального округа (ЦФО) — 9 367 418 млн руб. Разрыв в финансировании ЦФО (и особенно Москвы) по сравнению с другими федеральными округами чрезвычайно велик, что говорит о неравномерном развитии инфраструктуры в центре и на периферии и, конечно же, это служит причиной оттока населения в направлении центра.

Согласно показателям миграционного прироста (убыли) в РБ можно сделать вывод, что коренные жители покидают республику, а прибывают в нее мигранты из Центральной Азии, Армении, Вьетнама, Турции с целью трудоустройства. Ситуация была иной только в 2021 г., что связано со снятием пандемийных ограничений (табл. 2).

Официальная статистика касательно миграции в разрезе федеральных округов Российской Федерации показывает, что наиболее привлекательными для мигрантов являются Центральный, Южный и Северо-западный федеральные округа (табл. 3). Что касается ДВФО, то здесь обстановка тревожная, поскольку наблюдается отток коренного населения; трудовых же мигрантов из других стран регион не интересуется, что свидетельствует о необходимости принятия управленческих решений по изменению текущего положения дел.

Сценарные эксперименты по прогнозированию миграции в РБ

Для прогнозирования миграционной ситуации в РБ с учетом изменения качества жизни, объемов инвестиций и средней заработной платы были проведены эксперименты с использованием имитационной модели по сценарным параметрам, заданным в табл. 4.

Разработанная агент-ориентированная модель позволяет строить долгосрочные прогнозы. При выполнении сценария № 2 мы видим увеличе-

ние доли прибывшего населения на 20% в течение 10 лет. Если текущая ситуация по выбранным показателям не изменится (т.е. будет выполняться сценарий № 1), поток мигрантов не остановится, но уменьшится до 11%. Сценарий № 3 предполагает значительный рост инвестиций в регион — в 6 раз по сравнению с текущим значением при сохранении того же уровня заработной платы. Интенсивное развитие инфраструктуры способно повысить миграционный прирост на 29%. Согласно сценарию № 4 объем инвестиций в развитие республики увеличится в 2 раза, средняя заработная плата вырастет до 100 тыс. руб., а процент мигрантов достигнет 19%. Таким образом, можно сделать вывод, что вложение инвестиций в развитие инфраструктуры региона играет большую роль в повышении его миграционной привлекательности.

На рис. 7 мы видим распределение агентов-мигрантов (отмечены красными точками) и агентов-местных жителей (изображены в виде голубых точек).

Интенсивность окрашивания карты РБ позволяет судить о привлекательности Башкортостана для приезжей рабочей силы.

Сценарные эксперименты по прогнозированию миграции в ДВФО

Для прогнозирования миграционной картины в ДВФО был проведен ряд экспериментов, параметры которых представлены в табл. 5.

При выполнении сценария № 1 будет зафиксирован миграционный отток из ДВФО — численность населения снизится в течение 10 лет еще на 20%.

При реализации сценария № 2 объем инвестиций согласно прогнозу увеличится в 2 раза, средняя заработная плата — на 30%; интегральный пока-

Таблица 2 / Table 2

Миграционный прирост (убыль) в Республике Башкортостан / Migration increase (decrease) in the Bashkortostan Republic

Виды миграции / Types of migration	2024 (январь — май) / 2024 (January — May)	2023	2022	2021
Межрегиональная, чел.	-995	-2451	-1860	5855
Международная, чел.	2295	1531	381	9024

Источник / Source: разработано автором по данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан. URL: <https://02.rosstat.gov.ru/folder/25491?ysclid=m0p3q9k7h6318966351> (дата обращения: 15.08.2024) / developed by the author based on data from territorial body of the Federal state statistics service for the Republic of Bashkortostan. URL: <https://02.rosstat.gov.ru/folder/25491?ysclid=m0p3q9k7h6318966351> (accessed on 15.08.2024)

Таблица 3 / Table 3

**Миграционный прирост (убыль) в разрезе федеральных округов за 2023 г. /
Migration growth (loss) by federal districts for 2023**

Федеральный округ / Federal District	Миграционный прирост, всего прибывших на 10 тыс. чел. населения / Migration increase, total, arrived per 10 thousand people population	Из него за счет передвижений / From it due to movements:			
		в пределах России, всего прибывших на 10 тыс. чел. населения / From it due to movements, arrived per 10 thousand people population	международных, всего прибывших на 10 тыс. чел. населения / international, total arrivals per 10 thousand people. population	в том числе / including:	
				со странами СНГ, всего прибывших на 10 тыс. чел. населения / with CIS countries, total arrivals per 10 thousand people. population	с другими зарубежными странами, всего прибывших на 10 тыс. чел. населения / with other foreign countries, total arrivals per 10 thousand people. population
Центральный	122 406	76 869	45 537	42 485	3 052
Северо-Западный	35 691	30 339	5 352	4 534	818
Южный	53 024	46 106	6 918	5 023	1 895
Северо-Кавказский	-10 401	-10 104	-297	-252	-45
Приволжский	-723	-16 738	16 015	14 859	1 156
Уральский	27 514	1 020	26 494	26 655	-161
Сибирский	-9 704	-20 116	10 412	10 012	400
Дальневосточный	-14 178	-13 699	-479	-3 277	2 798

Источник / Source: разработано автором по данным Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13283> (дата обращения: 15.08.2024) / developed by the author based on the data of Rosstat. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13283> (accessed on 15.08.2024)

Таблица 4 / Table 4

**Сценарные параметры моделирования для РБ /
Scenario modeling parameters for the Republic of Bashkortostan**

Сценарный параметр / Scenario parameter	Сценарий № 1 / Scenario No 1	Сценарий № 2 / Scenario No 2	Сценарий № 3 / Scenario No 3	Сценарий № 4 / Scenario No 4
Объем инвестиций в основной капитал, млрд руб.	500	1000	3000	1000
Заработная плата, руб.	63 000	80 000	80 000	100 000
Качество жизни ^а	0,6	0,8	0,8	0,8

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Примечание / Note: а — качество жизни не имеет единиц измерения (безразмерная величина), т.е. интегральный показатель от 0 до 1 / quality of life has no units of measurement (dimensionless value), that is, an integral indicator from 0 to 1

затель качества жизни — на 30%, а миграционная ситуация улучшится на 12%. Но для огромной территории Дальнего Востока этот приток рабочей силы будет недостаточным.

Сценарий № 3 предусматривает увеличение инвестиций в ДВФО в три раза и выплаты среднемесячной

заработной платы аналогичной той, которую получают в Москве. В этом случае количество мигрантов возрастет на 25%.

Выполнение сценария № 4 предполагает установку всех регулируемых показателей на уровне московских, включая объем инвестиций

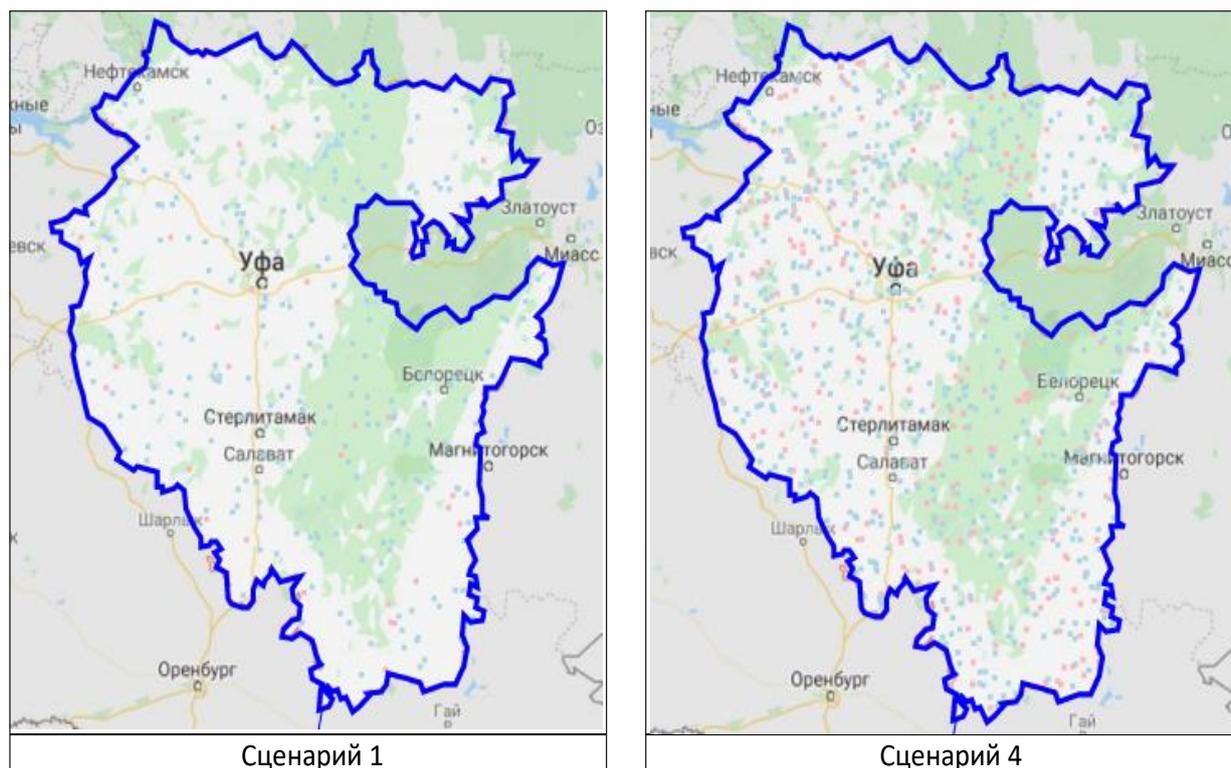


Рис. 7 / Fig. 7. Распределение агентов-мигрантов по территории РБ при различных сценарных условиях /
Distribution of migrant agents across the territory of the Republic of Bashkortostan under different scenario conditions

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

в инфраструктуру. В этом случае мы видим рост численности населения на 45%. На рис. 8 представлены сравнительные результаты реализации сценариев № 1 и 4 при условии минимальных и максимальных значений управляемых параметров. Сценарий № 4 показывает привлечение большего количества агентов-мигрантов, также демонстрирует, что повышение качества жизни способствует росту численности коренного населения.

Цена потребительской корзины в ДВФО превышает среднероссийский уровень, что связано с тяжелыми климатическими условиями и особенностями производства продуктов, следовательно, рост качества жизни чувствителен к увеличению доходов граждан. Низкое качество оказываемых медицинских и образовательных услуг, плохая транспортная доступность оказывают сильное влияние на отток населения. Остановить отъезд коренных жителей, а также привлечь квалифицированных специалистов для развития и освоения территории позволят инвестиционные вливания в инфраструктуру региона.

ВЫВОДЫ

Разработанная агент-ориентированная модель предназначена для прогнозирования внутренней трудовой и образовательной миграции, где под мигрантами понимаются граждане РФ. Анализ законодательной базы показал, что правовое регулирование развивается и совершенствуется в отношении прибывающих в страну иностранных граждан, в то время как вопросам контроля внутренней миграции не уделяется должного внимания. Предлагаемая агент-ориентированная модель должна стать надежным подспорьем в принятии эффективных управленческих решений для координирования перемещения населения по территории государства.

Для Республики Башкортостан в целом характерны такие явления, как старение жителей, отток молодежи, снижение рождаемости. Все это негативно влияет на развитие отраслей экономики, связанных с потреблением — строительства, торговли, жилищно-коммунального хозяйства. Рост экономики невозможен в обстановке резкого сокращения внутреннего потребления

Таблица 5 / Table 5

**Сценарные параметры моделирования для Дальневосточного федерального округа /
Scenario modeling parameters for the Far Eastern Federal District**

Сценарный параметр / Scenario parameter	Сценарий № 1 / Scenario No 1	Сценарий № 2 / Scenario No 2	Сценарий № 3 / Scenario No 3	Сценарий № 4 / Scenario No 4
Объем инвестиций, млрд руб.	2500	5000	7000	9000
Заработная плата, руб.	92 000	120 000	150 000	150 000
Качество жизни ^а	0,45	0,6	0,8	0,8

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Примечание / Note: а – качество жизни не имеет единиц измерения (безразмерная величина), т.е. интегральный показатель от 0 до 1 / quality of life has no units of measurement (dimensionless value), that is, an integral indicator from 0 to 1

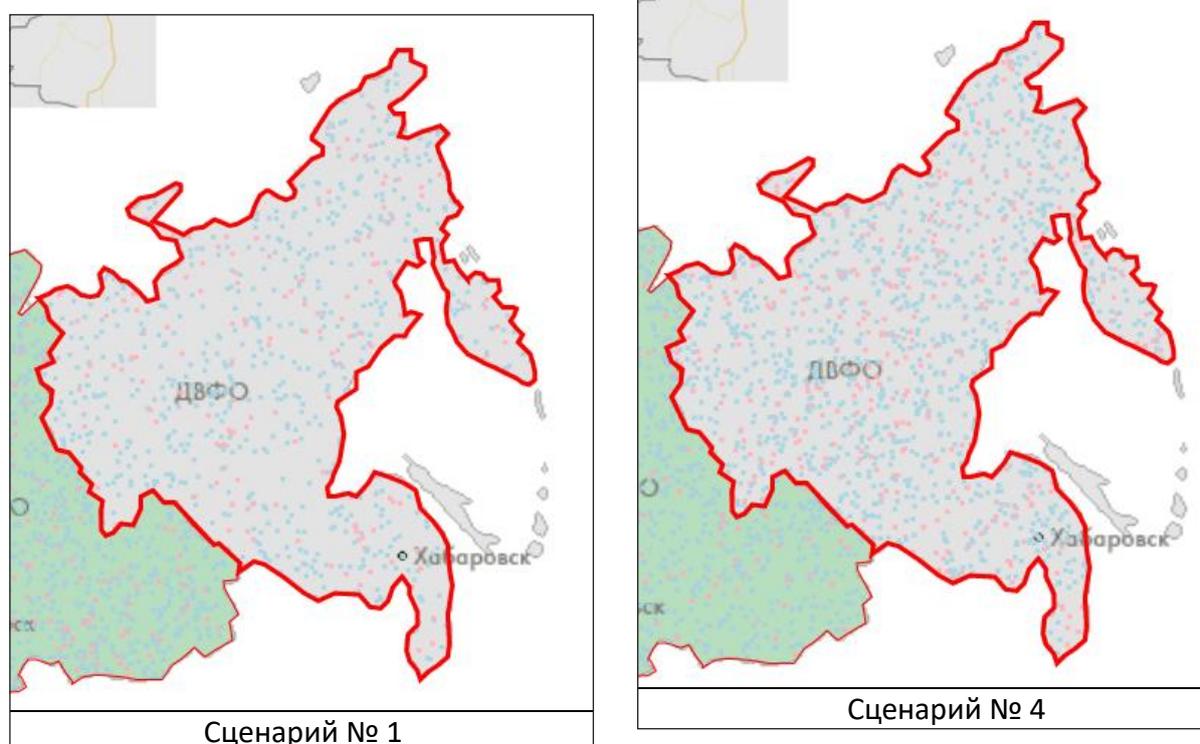


Рис. 8 / Fig. 8. Распределение агентов-мигрантов по территории ДВФО при различных сценарных условиях / Distribution of migrant agents on the territory of the Far Eastern Federal District under various scenario conditions

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

при отсутствии квалифицированных трудовых ресурсов.

В РБ значительно уменьшилось количество студентов вследствие сокращения приема в вузы, что стало причиной оттока молодежи из-за трудностей с получением образования. Соответственно уменьшилась численность профессорско-преподавательского состава в учебных учреждениях вследствие миграции высококвалифицированных кадров. Создание

инновационных научно-образовательных проектов, обеспечивающих возможность получения профессии, которая обладает конкурентными преимуществами на рынке труда, могло бы решить эту проблему.

Для прекращения миграционного оттока требуется расстановка приоритетов территориального развития республики, направленных на формирование комфортной для населения среды обитания, обеспечение возможности для самореализации

людей при условии доступности в местах их проживания социально значимых услуг.

В исследовании [19] отмечается, что внутренняя образовательная миграция способствует депопуляции Сибири и Дальнего Востока, поскольку наиболее талантливая молодежь уезжает в Москву и Санкт-Петербург для получения образования и уже не возвращается обратно. Это порождает так называемый «эффект домино», когда вслед за детьми регион покидают их родители, близкие родственники, друзья. Такая ситуация представляет угрозу безопасности восточной части страны. Для решения проблемы образовательной миграции на Дальнем Востоке целесообразно открывать филиалы ведущих Московских и Санкт-Петербургских высших учебных заведений, проводить обмен студентами между вузами.

Повышению рождаемости будут способствовать выдача льгот и субсидий на приобретение жилья, специальные условия по ипотеке, сокращение процентной ставки в зависимости от количества рожденных в семье детей. Также немаловажна про-

филактика репродуктивного здоровья молодежи, расширение спектра генетических обследований молодых семей.

Создание новых рабочих мест с достойной оплатой труда позволит привлечь квалифицированных специалистов и стимулировать трудовую мобильность. Повышение заработной платы послужит для жителей Дальнего Востока стимулом к получению образования и развитию домохозяйства. На данный момент наблюдается ситуация, когда соотношение доходов и расходов для большинства населения неадекватно. Эффективной мерой для улучшения демографии региона могло бы стать освобождение работников с определенным стажем от уплаты подоходного налога. Разумеется, все инфраструктурные и социальные программы требуют значительных финансовых вливаний. При этом статистика показывает огромный разрыв в объемах инвестиций в центральные области страны и в периферию. Устранение подобных диспропорций могло бы способствовать успеху проведения политики сбалансированного территориального расселения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках государственного задания УФИЦ РАН № 075–00570–24–01 на 2024 г. и на плановый период 2025 и 2026 гг.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences No. 075–00570–24–01 for 2024 and for the planning period of 2025 and 2026.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Крицкая А. А., Шумилина А. Б., Дряев М. Р. Обзор проблематики неравномерности расселения жителей по территориям федеральных округов российской федерации и формирование индексов рациональности как инструментов демографической политики государства. *The Scientific Heritage*. 2021;(63–5):21–31. DOI: 10.24412/9215–0365–2021–63–5–21–31
2. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. Агент-ориентированные модели как инструмент апробации управленческих решений. *Управленческое консультирование*. 2016;(12):16–25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agent-orientirovannye-modeli-kak-instrument-aprobatsii-upravlencheskih-resheniy>
3. Кузнецова О. И. Разработка имитационной модели Российской Федерации для прогнозирования показателей в сфере демографии и труда. *Искусственные общества*. 2022;17(4):5. DOI: 10.18254/S 207751800023565–0
4. Низамутдинов М. М., Гайсина А. Ш., Давлетова З. А. Агент-ориентированная модель прогнозирования численности населения по городам Республики Башкортостан. *Экономика и управление: научно-практический журнал*. 2023;(6):161–167. DOI: 10.34773/EU.2023.6.30
5. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Бекларян Г. Л., Акопов А. С., Стрелковский Н. В. Моделирование миграционных и демографических процессов с использованием FLAME GPU. *Бизнес-информатика*. 2022;16(1):7–21. DOI: 10.17323/2587–814X.2022.1.7.21
6. Tierolf L., Haer T., Botzen W.J.W., et al. A coupled agent-based model for France for simulating adaptation and migration decisions under future coastal flood risk. *Scientific Reports*. 2023;13:4176. DOI: 10.1038/s41598–023–31351-y

7. Zhang Q., Tao S., Walsh S. J., et al. Agent-based modeling of the effects of conservation policies on social-ecological feedbacks between cropland abandonment and labor migration. *Landscape Ecology*. 2023;38(12):4247–4263. DOI: 10.1007/s10980-022-01575-w
8. Boulahbel-Bachari S., El Saadi N. Understanding the labor market from the bottom up with an agent-based model. In: Silhavy R., Silhavy P., Prokopova Z., eds. *Software engineering application in systems design (CoMeSySo-2022)*. Cham: Springer-Verlag; 2023:754–769. (Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 596). DOI: 10.1007/978-3-031-21435-6_65
9. Гайнанов Д. А., Атаева А. Г. Сбалансированное пространственное развитие Республики Башкортостан: проблемы и перспективы. *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*. 2019;(1):7–15. DOI: 10.17122/2541-8904-2019-1-27-7-15
10. Хилажева Г. Ф., Шамсутдинова Н. К., Утяшева И. Б., Прудников В. Б., Адигамова О. Ф., Ягафарова Д. Г. Миграционный отток из Башкортостана в контексте перераспределения человеческого капитала. *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*. 2017;(4):165–173. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/migratsionnyy-ottok-iz-bashkortostana-v-kontekste-pereraspredeleniya-chelovecheskogo-kapitala>
11. Лештаева А. А., Вишневецкая Н. Г. Миграция в республике Башкортостан. *Скиф. Вопросы студенческой науки*. 2017;(9):1–4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/migratsiya-v-respublike-bashkortostan>
12. Низамутдинов М. М., Давлетова З. А. Концептуальная модель прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционные и демографические процессы. *Экономика и управление: научно-практический журнал*. 2024;(1):150–155. DOI: 10.34773/EU.2024.1.27
13. Alvarez A. L., Müller-Eie D. Neighbourhood conditions and quality of life among local and immigrant population in Norway. *International Journal of Community Well-Being*. 2022;5(4):753–776. <https://doi.org/10.1007/s42413-022-00183-5>
14. Kasaudhan S., Saraswathy K. N., Chaudhary V. Quality of life and its sociodemographic determinants: A population-based study from rural Punjab, India. *Discover Social Science and Health*. 2024;4(1):26. DOI: 10.1007/s44155-024-00085-1
15. Mäki-Opas T., Pieper R., Vaarama M. Exploring the capability approach to quality of life in disadvantaged population groups. *Scientific Reports*. 2022;12:15248. DOI: 10.1038/s41598-022-18877-3
16. Nguyen G. T., Tran T. B., Le D. D., et al. Determining the factors impacting the quality of life among the general population in coastal communities in central Vietnam. *Scientific Reports*. 2024;14:6986. DOI: 10.1038/s41598-024-57672-0
17. Брагин А. В., Бахтизин А. Р., Макаров В. Л. Современные программные средства агент-ориентированного моделирования. *Искусственные общества*. 2022;17(4):12. DOI: 10.18254/S 207751800023501-0
18. Трифонова К. В. Система органов исполнительной власти в сфере миграции: актуальные проблемы и пути решения. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Юридические науки*. 2021;7(4):89–99. DOI: 10.29039/2413-1733-2021-7-4-89-99
19. Трофимов Е. А. Новые подходы к внутренней образовательной миграции. *Baikal Research Journal*. 2023;14(1):258–266. DOI: 10.17150/2411-6262.2023.14(1).258-266

REFERENCES

1. Kritskaya A. A., Shumilina A. B., Dryaev M. R. Review of the problem of uneven settlement of residents across the territories of the federal districts of the Russian Federation and the formation of indices of rationality as tools of the demographic policy of the state. *The Scientific Heritage*. 2021;(63-5):21–31. (In Russ.). DOI: 10.24412/9215-0365-2021-63-5-21-31
2. Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Sushko E. D. Agent-based models as a means of testing of management solutions. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie = Administrative Consulting*. 2016;(12):16–25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agent-orientirovannyye-modeli-kak-instrument-aprobatsii-upravlencheskih-resheniy> (In Russ.).
3. Kuznetsova O. I. Development of a simulation model of the Russian Federation for predicting indicators in the field of demography and labor. *Iskusstvennye obshchestva = Artificial Societies*. 2022;17(4):5. (In Russ.). DOI: 10.18254/S 207751800023565-0

4. Nizamutdinov M.M., Gaisina A. Sh., Davletova Z.A. Agent-based model of population forecasting by cities of the Republic of Bashkortostan. *Ekonomika i upravlenie: nauchno-prakticheskii zhurnal = Economics and Management: Research and Practice Journal*. 2023;(6):161–167. (In Russ.). DOI: 10.34773/EU.2023.6.30
5. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Beklaryan G.L., Akopov A.S., Strelkovskii N.V. Simulation of migration and demographic processes using FLAME GPU. *Business informatics*. 2022;16(1):7–21. (In Russ.: *Biznes-informatika = Business informatics*. 2022;16(1):7–21. DOI: 10.17323/2587–814X.2022.1. 7.21).
6. Tierolf L., Haer T., Botzen W.J.W., et al. A coupled agent-based model for France for simulating adaptation and migration decisions under future coastal flood risk. *Scientific Reports*. 2023;13:4176. DOI: 10.1038/s41598–023–31351-y
7. Zhang Q., Tao S., Walsh S.J., et al. Agent-based modeling of the effects of conservation policies on social-ecological feedbacks between cropland abandonment and labor migration. *Landscape Ecology*. 2023;38(12):4247–4263. DOI: 10.1007/s10980–022–01575-w
8. Boulahbel-Bachari S., El Saadi N. Understanding the labor market from the bottom up with an agent-based model. In: Silhavy R., Silhavy P., Prokopova Z., eds. *Software engineering application in systems design (CoMeSySo-2022)*. Cham: Springer-Verlag; 2023:754–769. (Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 596). DOI: 10.1007/978–3–031–21435–6_65
9. Gaynanov D.A., Ataeva A.G. Balanced spatial development of the Republic of Bashkortostan: Problems and prospects. *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya: Ekonomika = Bulletin USPTU. Science, Education, Economy. Series: Economy*. 2019;(1):7–15. (In Russ.). DOI: 10.17122/2541–8904–2019–1–27–7–15
10. Hilazheva G.F., Shamsutdinova N.K., Utyasheva I.B., Prudnikov V.B., Adigamova O.F., Yagafarova D.G. Migration outflow from Bashkortostan in the context of redistribution of human capital. *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya: Ekonomika = Bulletin USPTU. Science, Education, Economy. Series: Economy*. 2017;(4):165–173. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/migratsionnyy-ottok-iz-bashkortostana-v-kontekste-pereraspredeleniya-chelovecheskogo-kapitala> (In Russ.).
11. Leshtaeva A.A., Vishnevskaya N.G. Migration in the Republic of Bashkortostan. *Skif. Voprosy studentcheskoi nauki = Sciff. Issues of Students' Science*. 2017;(9):1–4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/migratsiya-v-respublike-bashkortostan> (In Russ.).
12. Nizamutdinov M.M., Davletova Z.A. Conceptual model for predicting the impact of population life quality on migration and demographic processes. *Ekonomika i upravlenie: nauchno-prakticheskii zhurnal = Economics and Management: Research and Practice Journal*. 2024;(1):150–155. (In Russ.). DOI: 10.34773/EU.2024.1.27
13. Alvarez A.L., Müller-Eie D. Neighbourhood conditions and quality of life among local and immigrant population in Norway. *International Journal of Community Well-Being*. 2022;5(4):753–776. <https://doi.org/10.1007/s42413–022–00183–5>
14. Kasaudhan S., Saraswathy K.N., Chaudhary V. Quality of life and its sociodemographic determinants: A population-based study from rural Punjab, India. *Discover Social Science and Health*. 2024;4(1):26. DOI: 10.1007/s44155–024–00085–1
15. Mäki-Opas T., Pieper R., Vaarama M. Exploring the capability approach to quality of life in disadvantaged population groups. *Scientific Reports*. 2022;12:15248. DOI: 10.1038/s41598–022–18877–3
16. Nguyen G.T., Tran T.B., Le D.D., et al. Determining the factors impacting the quality of life among the general population in coastal communities in central Vietnam. *Scientific Reports*. 2024;14:6986. DOI: 10.1038/s41598–024–57672–0
17. Bragin A.V., Bakhtizin A.R., Makarov V.L. Modern software tools for agent-based modeling. *Iskusstvennye obshchestva = Artificial Societies*. 2022;17(4):12. (In Russ.). DOI: 10.18254/S 207751800023501–0
18. Trifonova K.V. The system of law enforcement in the field of migration: System analysis. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Yuridicheskie nauki = Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Juridical Science*. 2021;7(4):89–99. (In Russ.). DOI: 10.29039/2413–1733–2021–7–4–89–99
19. Trofimov E.A. New approaches to internal educational migration. *Baikal Research Journal*. 2023;14(1):258–266. (In Russ.). DOI: 10.17150/2411–6262.2023.14(1).258–266

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



Марсель Малихович Низамутдинов — кандидат технических наук, доцент, заведующий сектором экономико-математического моделирования, Институт социально-экономических исследований УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Marsel M. Nizamutdinov — Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof., Head of the Sector of Economic and Mathematical Modeling, Institute for Socio-Economic Research, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-5643-1393>

marsel_n@mail.ru



Зульфия Альфировна Давлетова — кандидат технических наук, старший научный сотрудник сектора экономико-математического моделирования, Институт социально-экономических исследований УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Zulfiya A. Davletova — Cand. Sci. (Tech.), Senior Researcher, Sector of Economic and Mathematical Modeling, Institute for Socio-Economic Research, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

<https://orcid.org/0009-0008-4389-2113>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:

davletova11@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила в редакцию 27.09.2024; после рецензирования 05.11.2024; принята к публикации 19.11.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 27.09.2022; revised on 05.11.2024 and accepted for publication on 19.11.2024.

The authors read and approved the final version of the manuscript.