



DOI: 10.22363/2312-8313-2025-12-3-366-374

EDN: BRCVKY

Научная статья / Research article

Совершенствование процедур государственного управления в сфере демографии и миграции с помощью мультиагентного Deep reinforcement learning на примере алгоритма MADDPG

А.В. Дождиков  

Институт социально-политических исследований ФНИСЦ РАН, Москва, Россия

 antondnn@yandex.ru

Аннотация. Определены основные социальные, политические и экономические риски, связанные с «перепроизводством» элиты, сокращением среднего класса с учетом неконтролируемой миграции. Для нивелирования рисков предложен общий теоретический подход оптимизации «гиперпараметров» процедур государственного управления, «ап-грейда» модели принятия управленческих решений с помощью гибридных систем, основанных на машинном обучении. Проведен эксперимент для 7 регионов с изначально случайными признаками (число регионов может быть любым). В ходе эксперимента с алгоритмом MADDPG показана возможность реализации сбалансированной миграционной, социально-экономической и ресурсной политики для произвольного числа регионов в условиях нестабильности, хаотических, шумовых процессов и межрегиональной миграции на неограниченный период времени при сохранении основных параметров среды. Обученные ИИ-алгоритмы в совместной деятельности показали рост численности населения, экономический рост и развитие территорий, рациональное использование имеющихся ресурсов (без их истощения), сбалансированную межрегиональную миграцию. Дальнейшее направление исследования предполагает подключение фактора внешней миграции и детализацию факторов межрегиональной миграции, экономического роста и потребления ресурсов в разрезе социальной структуры общества. Перспектива применения — гибридные человеко-машинные системы управления и поддержки принятия решений для сферы государственного управления.

Ключевые слова: динамика населения, миграционные потоки, избыток элиты, обучение с подкреплением, глубокое обучение, многоагентные системы, государственная политика

Благодарности. Автор выражает благодарность коллективу преподавателей OTUS курса Reinforcement Learning за полученные знания и навыки.

Заявление о конфликте интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

История статьи:

Поступила в редакцию 10.04.2025; принята к публикации 30.05.2025.

© Дождиков А.В., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования:

Дождиков А.В. Совершенствование процедур государственного управления в сфере демографии и миграции с помощью мультиагентного Deep reinforcement learning на примере алгоритма MADDPG // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Государственное и муниципальное управление. 2025. Т. 12. № 3. С. 366–374. <https://doi.org/10.22363/2312-8313-2025-12-3-366-374>

Enhancing governmental policy-making in demographics and migration through multi-agent Deep reinforcement learning: a case study with the MADDPG algorithm

Anton V. Dozhdikov  

Institute of Social and Political Studies, *FNISSC RAS, Moscow, Russian Federation*
 antondnn@yandex.ru

Abstract. The study identifies the main social, political and economic risks associated with the “overproduction” of the elite, the reduction of the middle class, considering uncontrolled migration. To mitigate the risks, a general theoretical approach is proposed to optimize the “hyperparameters” of public administration procedures, “upgrade” the decision-making model using hybrid systems based on machine learning. The experiment was conducted for 7 regions with initially random features (the number of regions can be any). During the experiment with the MADDPG algorithm, the author shows the possibility of implementing a balanced migration, socio-economic and resource policy for an arbitrary number of regions in conditions of instability, chaotic, noise processes and interregional migration for an unlimited period while maintaining the main environmental parameters. Trained AI algorithms in joint activities showed population growth, economic growth and development of territories, rational use of available resources (without their depletion), balanced interregional migration. Further direction of the research involves the inclusion of the external migration factor and detailing the factors of interregional migration, economic growth and resource consumption in the context of the social structure of society. The prospect of application are hybrid human-machine control and decision support systems for the sphere of public political administration.

Keywords: demographic structure, labor mobility patterns, overproduction of skilled professionals, sequential decision-making algorithms, neural function approximation, collaborative autonomous agents, state governance frameworks

Acknowledgments. The author expresses gratitude to the teaching staff of the OTUS course on Reinforcement Learning for the knowledge and skills acquired.

Conflicts of interest. The author declares no conflicts of interest.

Article history:

The article was submitted on 10.04.2025. The article was accepted on 30.05.2025.

For citation:

Dozhdikov AV. Enhancing governmental policy-making in demographics and migration through multi-agent Deep reinforcement learning: a case study with the MADDPG algorithm. *RUDN Journal of Public Administration*. 2025;12(3):366–374. <https://doi.org/10.22363/2312-8313-2025-12-3-366-374>

Введение

Демографические и миграционные процессы без учета явлений второго-третьего порядка несут в себе риски нестабильности за счет структурных диспропорций [1]. Классический подход [2] предполагает, что политические потрясения происходят в странах с большим количеством молодежи. Но ошибочно предполагать, что в отсутствии «молодежного бугра» [3], являвшегося причиной революций «арабской весны» [4], и показателе демографического воспроизводства населения в пределах 1,4–1,5 не образуются предпосылки к кризисам: сокращение населения приводит к уменьшению экономического потенциала и «дележу» оставшегося. Аналог «молодежного бугра» имеет место в Северо-Кавказском ФО [5], а также в странах Центральной Азии, являвшихся долгое время донорами миграции [6].

Численность элиты может расти¹ и в условиях экономического спада и сокращения населения. Результат — ее «перепроизводство» [7], кризисы — если не находятся направления для экспансии по аналогии с эпохами Крестовых походов, Великих географических открытий².

Верхний сегмент среднего класса слабо подвержен мерам стимулирования. Средний сегмент среднего класса чувствителен к государственной поддержке до определенных пределов. Нижний сегмент среднего класса — очень чувствителен, меры государственной поддержки способны улучшить ситуацию, равно как и для сегмента ниже среднего класса. В отношении групп хронической бедности, прекариата [8] и маргинальных слоев зависимость требует изучения.

Для реализации демографической политики государство применяет меры как экономические (материнский капитал, льготная семенная ипотека), так и нематериальные — продвижение идей натализма [9] в контексте традиционных ценностей [10], в т.ч. запрет на пропаганду «антинаталистских» идеологий, предполагая, что они оказывают воздействие на матримониальные стратегии молодежи [11].

К настоящему времени меры прямого стимулирования стали малоэффективными: программа льготной ипотеки — причина роста цен на недвижимость, в результате которого средняя площадь новых квартир сократилась в среднем на одну комнату³. Квартира без ипотеки недоступна для среднего и нижнего среднего сегментов. Верхний сегмент общества,

¹ По данным исследования 2022 года число детей у супругов российских губернаторов составляло в среднем 2,27. Цит. по : Елена Колебакина-Усманова. «Минченко консалтинг» о женах губернаторов // Бизнес-газета. 01.07.2022. URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/552026> (дата обращения: 08.03.2025).

² См. *Дождиков А.В.* «Космические конкистадоры» Илона Маска // Плас. 07.06.2024. URL: <https://plusworld.ru/journal/2024/plas-5-313-2024/kosmicheskie-konkistadory-ilona-maski/> (дата обращения: 08.03.2025).

³ Средняя площадь квартир в Москве за 20 лет сократилась на четверть // РБК. Недвижимость. 04.10.2022. URL: <https://realty.rbc.ru/news/615ae2589a79477d48835e97> (дата обращения: 08.03.2025).

который может платить ипотеку и получает льготы, покупает инвестиционные квартиры, поддерживая высокие цены. В результате цена на квартиру (на примере Москвы) с февраля 2000 г. (19 743 р.) до февраля 2025 г. (274 856 р.) возросла в 14,66 раз⁴, опережая инфляцию. Увеличение цен (ухудшение доступности жилья) и уменьшение площади отрицательно влияют на деторождение.

Вторая проблема — дорогое «социальное воспроизводство» для среднего класса, не только в плане финансов, но и времени родителей, затрачиваемого на поддержание социального статуса и последующую передачу его детям. Поэтому методы наталистской пропаганды не работают: «Более обеспеченные семейные пары теряют больше по сравнению с менее обеспеченными супругами, поскольку их время ценится дороже»⁵.

Третья проблема — неуправляемые миграционные процессы: «новые граждане» слабо интегрируются в социум, предпочитая анклав (будущие гетто), монополизировав отдельные отрасли экономики. Но вследствие принципа равенства граждан перед законом они используют жилищные сертификаты и иные льготы в большей мере, чем «старые граждане».

В России формируется два «молодежных горба» — в средах элиты и «новых граждан». Средний класс, цементирующий общество, сокращается как в относительных показателях, так и абсолютных, будучи зажатым с нескольких сторон.

В случае сценария «архаизации» вследствие разрастания «экономических анклавов» с одной стороны, и жесткой консервативной, традиционалистской государственной политики, возникает риск конфликтов как на национально-религиозной почве, так и по социально-экономическим основаниям.

Альтернативой сценарию «архаизации» является эффективное управление, динамическое маневрирование социальными льготами, стимулирующими мерами, культурной политикой, миграционными процессами. Данный подход предполагает трансляцию опыта одних территорий для других и гибкую координацию из федерального центра, выступающего в роли «критика».

Внедрение подобной методики связано с теоретическим подходом к политической системе как сложной ансамблевой модели управления и принятия политических решений [12]. Настройка ее гиперпараметров или «апгрейд» существенно улучшает производительность и метрики качества.

Для реализации государственной политики необходимо использование способного к самообучению искусственного интеллекта (ИИ). *Научная*

⁴ Индекс стоимости жилья в Москве. URL: <https://www.irm.ru/gd/s-2000-goda/> (дата обращения: 08.03.2025).

⁵ Эксперты ВШЭ: из-за роста доходов снижается вероятность рождения детей в семье // Коммерсант. Экономика. 22.12.2023. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6414088> (дата обращения: 08.03.2025).

новизна исследования заключается в применении метода Multi-Agent Deep Deterministic Policy Gradient (MADDPG), используемого для киберфизических систем и управления «роем» БПЛА, для нужд государственного управления.

Цель исследования — построить модель взаимодействия агентов-управляющих региональным развитием по набору показателей, проиллюстрировать возможность использования ИИ-инструментов для обеспечения демографического роста, стабилизации затрат ресурсов и миграционных процессов.

Материалы и методы исследования

Сложные процессы требуют применения методов глубокого обучения с подкреплением. Алгоритм используется для многоагентных динамических сред, позволяет агентам учиться взаимодействовать друг с другом: каждый обучается оптимальной стратегии, основываясь на собственных наблюдениях и действиях других, что делает метод адаптивным и гибким.

Основная проблема обучения с подкреплением у моделей типа DQN (Deep Q-Learning, [13]) — «нестатистичность» среды, градиент политики страдает от увеличения дисперсии с ростом числа агентов. Обученный один раз алгоритм трудно масштабировать (в Российской Федерации — 89 регионов). Созданная для отдельных регионов модель или наработанная политика непригодны для остальных.

Алгоритм MADDPG [14] применяется в управлении беспилотными [15] и военными системами [16], эффективен для смешанных кооперативно-конкурентных сред [17], является одним из прообразов перспективного «коллективного искусственного интеллекта» [18; 19]. MADDPG расширяет метод Deep Deterministic Policy Gradients (DDPG) для кооперативной или конкурентной работы в сложных средах. MADDPG⁶ учитывает политику действий других агентов и способен успешно обучаться политикам, требующим сложной координации между ИИ-агентами. Вводится режим тренировки с использованием ансамбля политик для каждого агента для создания устойчивых многоагентных сообществ.

Метод предполагает централизованное планирование и децентрализованное выполнение: у каждого агента есть прямой доступ к локальным наблюдениям, во время обучения все агенты управляются центральным модулем, во время тестирования он деактивируется, а агенты со своими политиками и локальными данными остаются. MADDPG включает минимакс-стратегию, которая регулирует политику каждого агента, чтобы он действовал оптимально даже в самом худшем случае.

⁶ Lowe R. Multi-agent actor-critic for mixed cooperative-competitive environments: arXiv preprint. 2020. 9 p. URL: <https://arxiv.org/abs/1706.02275> (дата обращения: 07.03.2025).

Для управления важна возможность реализации мультиагентного сотрудничества и кооперации, постановки общих целей, обмена информацией, кооперации и синхронизации действий, что гораздо эффективнее обычных методов глубокого обучения с подкреплением в условиях сложных сред [20].

Результаты исследования

Для эксперимента использован фреймворк машинного обучения для языка Python с открытым исходным кодом PyTorch, создана динамическая модель среды без детализации на отдельные социально-экономические показатели: население зависит от привлекательности реализуемых в городах политик; экономический рост связан с населением и текущей политикой; ресурсы истощаются пропорционально экономической активности.

Функция вознаграждения агентов включает: награду за поддержание баланса населения, экономического роста, устойчивости ресурсов, согласованности действий с соседями. Агенты учатся балансировать между привлечением населения и сохранением ресурсов; формируются кластеры регионов с согласованными политиками: система приходит к состоянию динамического равновесия с умеренными колебаниями показателей, обусловленными случайными факторами.

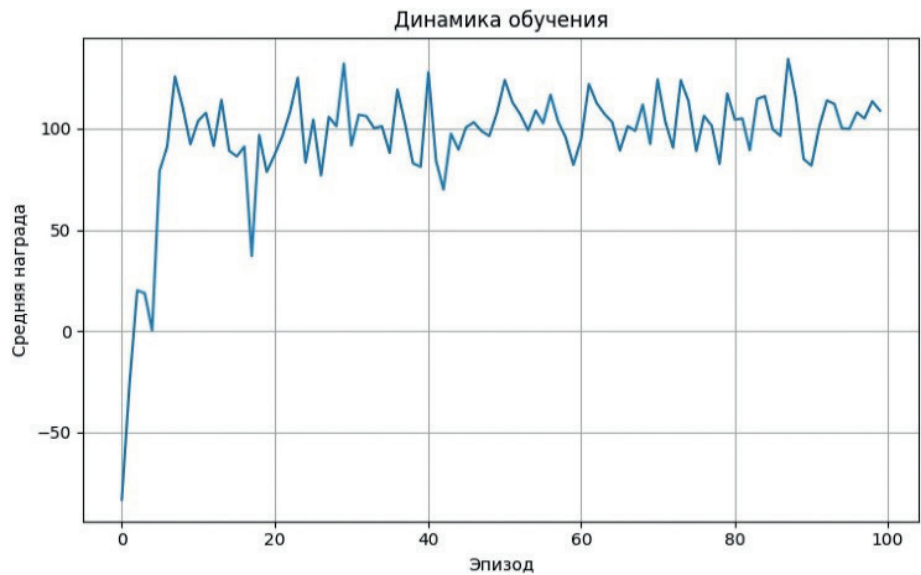
Сгенерировано 7 профилей регионов (число может быть любым). Обучение осуществлялось в течение 100 эпох на 200 шагов в каждой, так как задача требует поддержания баланса в долгосрок. Псевдослучайные показатели на старте зафиксированы, и результаты эксперимента могут быть воспроизведены.

В коде⁷ представлены: модель среды, включающая создание рандомных профилей регионов (с численностью населения от 0,5 до 1,5), механизм расчета миграционных потоков, факторы экономического роста и потребления ресурсов, функция награды. Создана архитектура актор-критик, предполагающая децентрализованную политику для каждого агента, принимающего решения и централизованную функцию ценности для критика. Реализован класс MADDPG, имеющий функцию добавления хаотических эффектов, создание агентов по числу регионов.

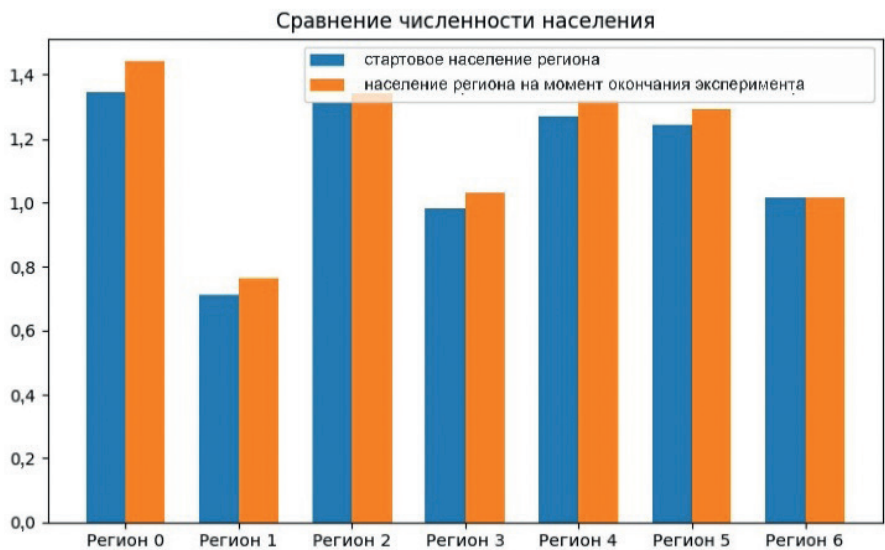
После 20 эпизода ИИ-система обучилась (суммарная награда примерно равна 100) и смогла поддерживать это состояние на протяжении оставшихся эпох. На графике (рис. а) приведена функция награды и относительно стабильное «плато» обучения после 20-го эпизода.

Результаты эксперимента показали общий прирост населения (рис. б), при этом поддерживался устойчивый рост экономики, баланс миграционных процессов и не допускалось исчерпание ресурсов.

⁷ Код и результаты в открытом доступе. URL: https://github.com/AntonDozhdikov/AntonDozhdikov/blob/main/Demography_MADDPG.ipynb (дата обращения: 07.03.2025).



а



б

Динамика обучения ИИ-агентов (а), состояния регионов по численности населения на начало и окончание эксперимента (б)

Источник: выполнено А.В. Дождиковым в среде Python с помощью фреймворка для работы с нейросетями PyTorch при реализации класса MADDPG.

Заключение

Базовым ограничением эксперимента выступает время обучения и производительность оборудования, включая графические ускорители. Стратегия преодоления ограничений предусматривает распараллеливание обучения, либо изменение архитектуры, например, 2–3-этапное обучение: сначала

обучается несколько «агентов инноваций», далее к ним добавляются необученные, с которыми первые делятся опытом. Второй вариант предполагает разделение регионов на группы подобия по социально-экономическим признакам с помощью стандартных методов кластеризации с обучением представителей и последующим распространением опыта.

ИИ-агент управления регионом, основываясь на собственном опыте и опыте соседей, сможет: предсказать миграционные тренды, разработать инициативы для улучшения демографических показателей; моделировать сценарии, направленные на улучшение условий жизни; адаптировать стратегию миграции; оптимизировать снабжение ресурсами и сектор услуг; гибко реагировать на изменения спроса на услуги и планировать развитие инфраструктуры; организовывать взаимодействие с другими ИИ, обмениваясь данными и опытом.

Метод MADDPG предоставляет инструментарий для управления социальными процессами. Интеграция многоагентных систем в управление позволяет государственным ведомствам более гибко и эффективно реагировать на изменения в демографии и миграции, подобный класс методов может стать ключевым элементом в управлении, создавая устойчивые и адаптивные системы. Реализация модели «актор-критик» в MADDPG соответствует структуре государственного управления в Российской Федерации: «критик» — федеральный центр, «акторы» — агенты управления в округах и регионах, что создает возможность «апгрейда» процедур управления и принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинькина Ю.В., Шульгин С.Г. Молодежные бугры как фактор социально-политической нестабильности // Вестник Московского университета. Серия 27: Глобалистика и геополитика. 2020. № 1. С. 41–52. <https://doi.org/10.56429/2414-4894-2020-31-1-41-52> EDN: DREPPQ
2. Goldstone J.A. Revolution and rebellion in the early modern world. Berkeley : University of California Press, 1991. 608 p.
3. Нефедов С.А. «Молодежный бугор» и первая русская революция // Социологические исследования. 2015. № 7 (375). С. 140–147. EDN: UCFOCB
4. Коротаев А.В., Исаев Л.М. Революция бугров и разломов // Эксперт. 2012. № 30/31 (462). Спецвыпуск. С. 7–10.
5. Муртузалиева Д.Д., Симагин Ю.А., Ванькина И.Н. Динамика численности населения северокавказских регионов России в 2010–2022 годах // Народонаселение. 2022. Т. 25. № 3. С. 33–45. <https://doi.org/10.19181/population.2022.25.3.3> EDN: BSBPER
6. Акрамов Ш.Ю., Блиничкина Н.Ю. Демографическая безопасность в контексте международной миграции // ДЕМИС. Демографические исследования. 2023. Т. 3. № 2. С. 28–39. <https://doi.org/10.19181/demis.2023.3.2.2> EDN: CESKQP
7. Turchin P. Political instability may be a contributor in the coming decade // Nature. 2010. Vol. 463. P. 608. <https://doi.org/10.1038/463608a>
8. Попов А.В. От precarious занятости к прекариату // Социологические исследования. 2020. № 6. С. 155–160. <https://doi.org/10.31857/S013216250009300-3> EDN: YOXAYW

9. Клушт М.А. Проблемы семьи и рождаемости в ценностных конфликтах 2010-х гг. // Социологические исследования. 2021. № 5. С. 36–46. <https://doi.org/10.31857/S013216250014119-3> EDN: TAKIRG
10. Свадьбина Т.В., Немова О.А. Российская семья как хранитель и транслятор традиционных национальных ценностей // Вестник Мининского университета. 2023. Т. 11. № 4 (45). С. 14. <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2023-11-4-14> EDN: EHHNCH
11. Благорожева Ж.О., Шаповалова И.С. Влияние альтернативных ценностей и установок на матримониальные стратегии молодежи // Социальная политика и социология. 2024. Т. 23. № 2 (151). С. 30–39. <https://doi.org/10.17922/2071-3665-2024-23-2-30-39> EDN: HTXQXM
12. Дожди́ков А.В. Политическая система как модель машинного обучения // Технологии социально-гуманитарных исследований. 2024. № 2 (6). С. 9–24. EDN: MTPDDQ
13. Li Sh. Reinforcement learning for sequential decision and optimal control. 1st ed. Singapore : Springer, 2023. 460 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-7784-8>
14. Fu X., Wang H., Xu Z. Cooperative pursuit strategy for multi-UAVs based on DE-MADDPG algorithm // Acta Aeronautica et Astronautica Sinica. 2022. Vol. 43. № 5. P. 325311. <https://doi.org/10.7527/S1000-6893.2021.25311> EDN: XBKXBQ
15. Liu Bo., Wang Sh., Li Q., Zhao X., Pan Yu., Wang Ch. Task assignment of UAV swarms based on deep reinforcement learning // Drones. 2023. Vol. 7. № 5. P. 297. <https://doi.org/10.3390/drones7050297> EDN: STKSJG
16. Li W., Chen X., Yu W., Xie M. Multiple unmanned aerial vehicle coordinated strikes against ground targets based on an improved multi-agent deep deterministic policy gradient algorithm // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part I: Journal of Systems and Control Engineering. 2024. <https://doi.org/10.1177/09596518241291185> EDN: WXEFO
17. Wei X., Huang X., Yang L.F. et al. Hierarchical RNNs-based transformers MADDPG for mixed cooperative-competitive environments // Journal of Intelligent and Fuzzy Systems. 2022. Vol. 43. № 1. P. 1011–1022. <https://doi.org/10.3233/JIFS-212795> EDN: HLEHUN
18. Wang Zh., Guo Ya., Li N., Hu Sh., Wang M. Autonomous collaborative combat strategy of unmanned system group in continuous dynamic environment based on PD-MADDPG // Computer Communications. 2023. Vol. 200. P. 182–204. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2023.01.009> EDN: ROHQW
19. Zhao M., Wang G., Fu Q. et al. MW-MADDPG: A meta-learning based decision-making method for collaborative UAV swarm // Frontiers in Neurorobotics. 2023. Vol. 17. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2023.1243174> EDN: NPYWPK
20. Chen Zh. DQN-MADDPG Coordinating the multi-agent cooperation // Highlights in Science, Engineering and Technology. 2023. Vol. 39. P. 1141–1145. <https://doi.org/10.54097/hset.v39i.6720> EDN: XKQISV

Информация об авторе:

Дожди́ков Антон Валентинович — кандидат политических наук, старший научный сотрудник, кафедра ЮНЕСКО, Институт социально-политических исследований ФНИСЦ РАН, Россия, 119333, Москва, ул. Фотиевой, д. 6, корп. 1 (ORCID: 0000-0002-1069-1648) (SPIN-код: 2208-1891) (e-mail: antondnn@yandex.ru).