

Моделирование и структурный анализ социальных сетей

А.Д. Цветкова¹, Р.А. Кочкаров², Э.А. Окунева³^{1,2,3} Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация;
¹ Odyssey Consulting Group, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Современные социальные сети характеризуются сложной неслучайной топологией, однако существующие исследования фрагментарно описывают их структурные свойства применительно к российскому сегменту, оставляя пробел в валидации классических графовых моделей. Актуальность обусловлена необходимостью разработки точных математических методов анализа для управления информационными потоками и противодействия угрозам в цифровой среде. Целью работы является моделирование и анализ структуры социальной сети «VK» с использованием графовых теорий для выявления ключевых метрик кластеризации, эффекта «малого мира» и масштабируемости. Исследование основано на анализе анонимизированного среза данных социальной сети «VK» объемом более 1 млн пользователей. Построен неориентированный граф дружеских связей. Применены алгоритмы расчета коэффициента кластеризации, распределения степеней узлов, средней длины кратчайшего пути и модульности (метод Louvain). Установлено, что сеть «VK» обладает свойствами scale-free сети с показателем степенного распределения и наличием хабов, высоким коэффициентом кластеризации ($\approx 0,52$) и малой средней длиной пути (<5 шагов), что соответствует модели Барабаши-Альберта и эффекту «малого мира». Выявлены устойчивые тематические сообщества с высокой структурной замкнутостью. Полученные результаты коррелируют с выводами работ Милгрэма, Уоттса-Строгаца и Барабаши-Альберта, подтверждая универсальность данных моделей для российских платформ. Перспективы исследования связаны с изучением динамических процессов распространения информации и применением графовых нейронных сетей для прогнозирования связей.

Ключевые слова: социальная сеть; теория графов; кластеризация; сетевой анализ; хабы; scale-free

Для цитирования: Цветкова А.Д., Кочкаров Р.А., Окунева Э.А. Моделирование и структурный анализ социальных сетей. *Цифровые решения и технологии искусственного интеллекта*. 2026;2(2):57-62. DOI: 10.26794/3030-7097-2026-2-2-57-62

Modeling and Structural Analysis of Social Networks

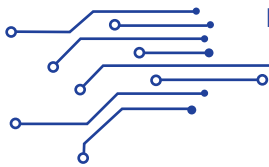
A.D. Tsvetkova¹, R.A. Kochkarov², E.A. Okuneva³^{1,2,3} Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation;
¹ Odyssey Consulting Group, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Modern social networks are characterized by a complex non-random topology; however, existing research provides only a fragmented description of their structural properties within the Russian segment, leaving a gap in the validation of classical graph models. The relevance is driven by the need to develop precise mathematical analysis methods for managing information flows and countering threats in the digital environment. The aim of the work is the modeling and structural analysis of the “VK” social network using graph theory to identify key metrics of clustering, the “small-world” effect, and scalability. The study is based on the analysis of an anonymized data sample from the “VK” social network comprising over 1 million users. An undirected graph of friendship ties was constructed. Algorithms were applied to calculate the clustering coefficient, node degree distribution, average shortest path length, and modularity using the Louvain method. It was established that the “VK” network exhibits properties of a scale-free network with a power-law degree distribution and the presence of hubs, a high clustering coefficient (≈ 0.52), and a short average path length (<5 steps), which corresponds to the Barabási–Albert model and the “small-world” effect. Stable thematic communities with high structural closure were identified. The obtained results correlate with the findings of Milgram, Watts–Strogatz, and Barabási–Albert, confirming the universality of these models for Russian platforms. Research prospects involve the study of dynamic information diffusion processes and the application of graph neural networks for link prediction.

Keywords: social network; graph theory; clustering; network analysis; hubs; scale-free

For citation: Tsvetkova A.D., Kochkarov R.A., Okuneva E.A. Modeling and structural analysis of social networks. *Digital solutions and artificial intelligence technologies*. 2026;2(2):57-62. DOI: 10.26794/3030-7097-2026-2-2-57-62



ВВЕДЕНИЕ

Развитие социальных сетей радикально изменило характер человеческих коммуникаций. Современные платформы, такие как «ВК», Facebook, Instagram, X(Twitter)¹, обладают сложной структурой, которую невозможно адекватно описать без использования математических моделей. Сетевой анализ, в основе которого лежит теория графов, стал важным инструментом для изучения этих структур как в академической, так и в прикладной плоскости.

Стремительный рост объема данных и усиление влияния социальных сетей на социально-экономические процессы требуют развития точных методов анализа их структурных характеристик. Сетевой анализ социальных платформ опирается на прикладную теорию графов, основы которой применимы к задачам моделирования сложных систем². Ключевыми для понимания структуры социальных сетей являются концепции эффекта «малого мира», формализованные в модели Уоттса-Строгаца [1, 2], и масштабируемости (scale-free), описываемой моделью Барабаши-Альберта [3]. Модель случайных графов Эрдёша-Реньи (Erdős-Rényi) [4], несмотря на математическую стройность, оказалась неприменимой для социальных структур из-за отсутствия в ней механизмов кластеризации и формирования хабов — страницы или пользователи с тысячами или миллионами подписчиков, через которых осуществляется основной обмен информации между пользователями. Альтернативой выступили подходы, учитывающие неслучайный характер образования связей³.

В российском сегменте социальных медиа наиболее изученной платформой является «ВК». В работах [5, 6] представлены результаты анализа ее структурных характеристик, однако объем выборки в этих исследованиях, как правило, не превышает нескольких сотен тысяч узлов, что ограничивает возможность выявления свойств масштабируемости в области «тяжелого хвоста» распределения. Вопросы визуализации сетевых структур и выделения сообществ на графе «ВК» рассматривались в [7, 8], где показана эффективность алгоритмов модульности для идентификации тематических класте-

ров. Отдельного внимания заслуживают исследования динамики распространения информации [9] и групповой активности пользователей⁴, в которых сетевые метрики связываются с поведенческими паттернами аудитории.

Современный этап развития методов сетевого анализа характеризуется переходом к более сложным архитектурам, в частности к графовым нейронным сетям, успешно применяемым в рекомендательных системах [10]. Перспективным направлением остается также анализ многокритериальных задач на предфрактальных графах [11], позволяющий учитывать иерархическую природу социальных структур.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках исследования использовался анонимизированный срез данных социальной сети «ВК», включающий информацию о более чем 1 млн пользователей и их дружеских связях. Выборка такого объема обусловлена необходимостью обеспечения статистической значимости результатов при анализе «тяжелых хвостов» распределения степеней узлов: при меньших объемах выборки свойства scale-free сетей могут проявляться недостаточно явно. На основе полученных данных был сформирован неориентированный граф $G = (V, E)$, где множество вершин V соответствует пользователям, а множество ребер E — наличию двусторонней дружеской связи между ними.

Анализ проводился с использованием языка Python и специализированных библиотек NetworkX и igraph. В качестве ключевых структурных метрик рассчитывались: распределение степеней вершин $P(k)$, средний коэффициент кластеризации C , средняя длина кратчайшего пути L (методом выборки по 10 000 случайных пар вершин в гигантской компоненте связности), а также показатели центральности — по степени и по посредничеству (с аппроксимацией на основе 1000 узлов-источников). Для выявления структурных сообществ применялся алгоритм Louvain, основанный на максимизации модульности и не требующий априорного задания числа кластеров.

Эмпирические метрики сравнивались с предсказаниями указанных выше трех моделей. Параметры модельных графов подбирались таким образом, чтобы обеспечить сопоставимость с реальной сетью по числу вершин и среднему числу ребер.

¹ Социальные сети Facebook, Instagram, X(Twitter) принадлежат компании Meta, чья деятельность признана экстремистской и запрещена на территории Российской Федерации.

² Кочкаров А.А., Яцкин Д.В., Кочкаров Р.А. Прикладная теория графов и сетевые модели. М.: КноРус; 2021. 210 с.

³ Чвякин В.А., Чертков А.С. Теория социальных сетей; 2023. 160 с.; Ньюман М.Э. Дж. Сети: введение. М.: Техносфера; 2020. 772 с.

⁴ Бакалов А. Анализ частоты заходов пользователей ВКонтакте в социальную сеть. Сравнение с 2-летней аудиторией. URL: <https://vc.ru/social/278271-analiz-chastoty-zahodov-polzovatelei-vkontakte-v-socialnyu-set-sravnienie-s-2-letnei-auditoriei?ysclid=mo6w4r8faw607600809>



МОДЕЛИ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ

Социальные сети характеризуются высокой кластеризацией, малой средней длиной пути и наличием узлов с высокой степенью связности (хабов). В «ВК» к хабам относятся популярные паблики, медиа и блогеры. Эти параметры объясняют быстрое и масштабное распространение контента в сети, а также формируют основу для построения аналитических моделей.

На *рисунке 1В* показана визуализация эффекта «малого мира» на примере социальной сети. Четыре кластера (оранжевый, зеленый, красный и голубой) символизируют локальные сообщества пользователей, внутри которых очень плотные связи. Между кластерами проведены редкие длинные связи, которые объединяют разные группы в единую сеть. Такая структура отражает свойства реальных социальных сетей: высокая кластеризация и малая средняя длина пути между любыми двумя участниками.

Ранняя модель случайных графов (Erdős-Rényi) предполагает равновероятные связи между узлами — *рис. 1Б*. Несмотря на математическую простоту, она плохо описывает реальные сети из-за низкой кластеризации и отсутствия хабов [1]. Все узлы графа одинаково важны, такая сеть не отражает реальной структуры социальных сетей.

На *рисунке 1Г* представлена модель Уоттса-Строгаца — это гибридный регулярный и случайный граф. В данной модели органично сочетается высокая кластеризация, присущая регулярным сетям, и короткие пути, свойственные случайным графам. В такой сети плотные локальные группы пользователей соединены несколькими случайными «длинными» связями, что эффективно отражает структуру реальных социальных сетей, например «ВКонтакте», где плотные локальные группы соединены подписками на публичные страницы.

Наиболее реалистичной моделью считается scale-free сеть Барабаша-Альберта, где формирование связей осуществляется по принципу предпочтительного присоединения. Новые пользователи склонны подключаться к популярным аккаунтам, формируя хабы. Эта модель объясняет распределение степеней и устойчивость к случайным сбоям, но уязвимость к атакам на ключевые узлы⁵. На *рисунке 1А* представлена модель Барабаша-Альберта, где хабы выделены цветом.

⁵ Ньюман М.Э. Дж. Сети: введение. М.: Техносфера; 2020. 772 с.

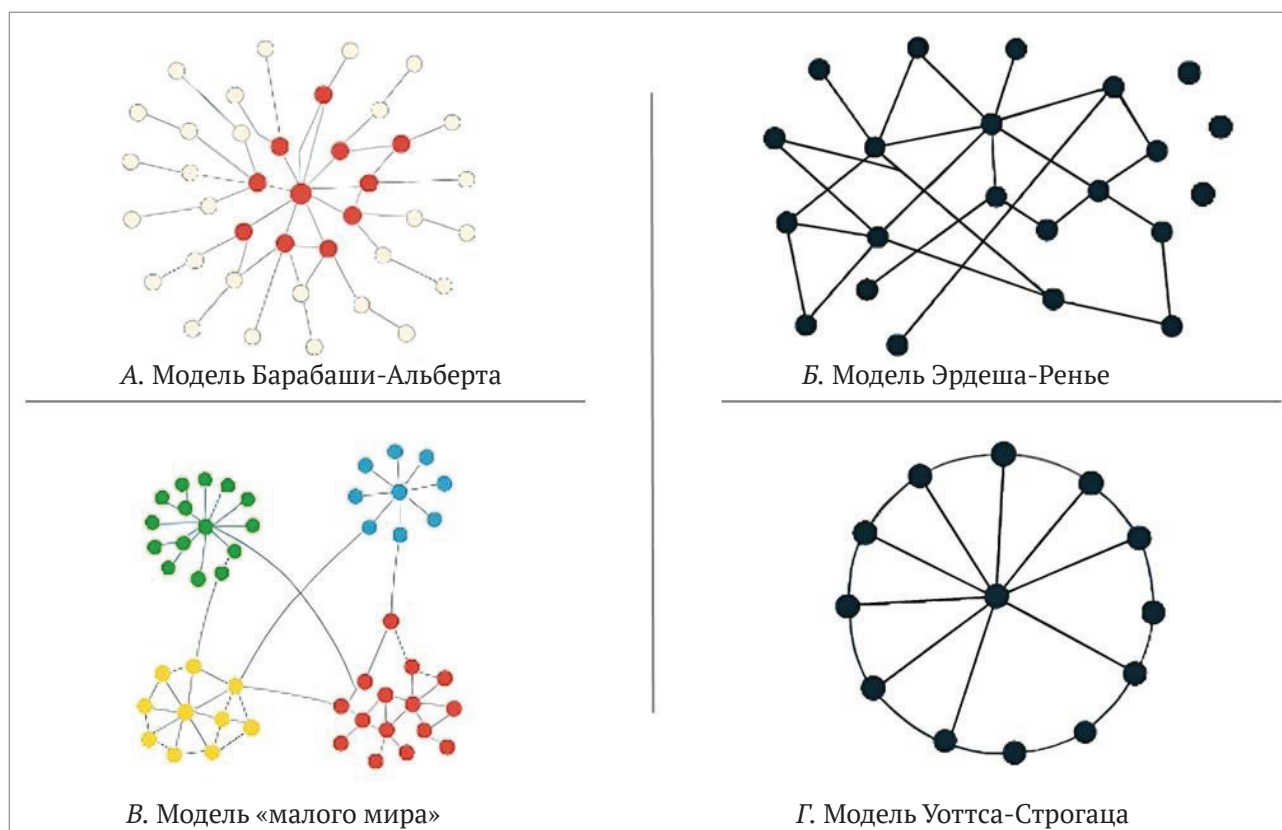


Рис. 1 / Fig. 1. Визуализация моделей на примере социальной сети / Visualization of Models Using the Example of a Social Network

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



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате эмпирического анализа сети «ВК» установлено следующее:

1. Сеть «ВК» имеет ярко выраженный степенной характер (scale-free) с наличием хабов, что подтверждает сходство с моделью Барабаши-Альберта.

2. Среднее значение коэффициента кластеризации для сети «ВК» составило $\sim 0,52$, что свидетельствует о наличии плотных локальных сообществ — типично для социальных сетей и значительно выше, чем у случайных графов.

3. Средняя длина кратчайшего пути оказалась меньше 5 шагов, что согласуется с эффектом «малого мира» (Милгрэм, Уоттс-Строгац) и указывает на высокую доступность информации в сети.

4. Основная масса пользователей входит в единую гигантскую компоненту, что делает сеть хорошо связанной и пригодной для широкого распространения информации.

5. С помощью алгоритма Louvain были обнаружены крупные тематические и локальные сообщества (школы, вузы, регионы), обладающие высокой когерентностью и структурной замкнутостью.

Эмпирические данные подтверждают применимость теоретических графовых моделей к реальной платформе.

Практическое применение результатов — в маркетинге, распространении контента, выявлении ботов и предсказании поведения пользователей. Более поздние исследования [5] показали, что через паблики с аудиторией >100 тыс. контент распро-

страняется с наибольшей скоростью, а для предсказания поведения пользователей применяются графовые нейронные сети (GNN) [8]. Сетевой анализ используется в маркетинге для выбора инфлюенсеров, таргетинга и сегментации аудиторий.

Также сетевой анализ используется не только в кибербезопасности — для выявления ботов и фейковых аккаунтов с помощью анализа аномальной активности и структуры связей, но и в управлении информацией — для блокировки дезинформации и прогнозирования кризисных ситуаций.

ВЫВОДЫ

Анализ структурных характеристик социальных сетей, таких как кластеризация, эффект малого мира и масштабируемость, позволяет более глубоко понять поведение цифровых сообществ. Использование моделей Уоттса-Строгаца и Барабаши-Альберта дает возможность строить реалистичные симуляции и проводить эффективный сетевой анализ. Практическое применение этих моделей в маркетинге, кибербезопасности и аналитике делает их незаменимыми в условиях современной цифровой среды.

Вместе с тем за пределами настоящего исследования остались вопросы динамики изменения сети во времени, идентификации бот-сетей и учета направленности и веса связей. Перспективы дальнейших исследований связаны с переходом к динамическим и взвешенным графовым моделям, а также с интеграцией методов машинного обучения для анализа кросс-платформенных взаимодействий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Milgram S. The small world problem. *Psychology Today*. 1967;1(1):60-67. URL: <https://snap.stanford.edu/class/cs224w-readings/milgram67smallworld.pdf>
2. Watts D., Strogatz S. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*. 1998;393:440-442. URL: <https://doi.org/10.1038/309182020;393:440-442>
3. Barabási A.-L., Albert R. Emergence of scaling in random networks. *Science*. 1999.286(5439):509-12. URL: <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
4. Erdős P., Rényi A. On the evolution of random graphs. *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences*. 2021;5:17-61.
5. Галаганова С.Г., Турусина Т.В. Технологии анализа социальных сетей с целью выявления социальных трендов. *Человеческий капитал*. 2023;1(169):121-136. URL: <https://doi.org/10.25629/HC.2023.01.14>
6. Журина А.А., Кочкаров А.А., Кочкаров Р.А. Анализ структурных характеристик социальных сетей. *Социальные сети и Интернет-технологии*. 2023;21(5):63-72. URL: <https://doi.org/10.18127/j20700814-202305-08>
7. Кочкаров Р.А., Черкасов В.В., Тимошенко А.В., Кочкаров А.А., Мартынов Н.С., Бодров А.О. Структурно-графовая визуализация социальных сетей и исследование сообществ в них. *Социальные сети и Интернет-технологии*. 2021;8(1):169-176. URL: <https://www.elibrary.ru/sgdrqn>
8. Кочкаров А.А., Калашников Н.В., Кочкаров Р.А. Сравнительный анализ алгоритмов выявления сообществ в сложных сетевых системах на примере социальных сетей. *Программные продукты и системы*. 2020;(2):349-356. URL: <https://doi.org/10.15827/0236-235X.130.349-356>



9. Бадрызлов В.А. Оценка эффективности распространения информации в социальных сетях с использованием имитационного моделирования. *Креативная экономика*. 2018;12(9):1359-1372. URL: <https://doi.org/10.18334/ce.12.9.39389>
10. Ying R., He R., Chen K., Eksombatchai P., Hamilton W.L., Leskovec J. Graph Convolutional Neural Networks for Web-Scale Recommender Systems. In KDD '18: The 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining, August 19–23, 2018, London, United Kingdom. NY: ACM. URL: <https://doi.org/10.1145/3219819.3219890>
11. Кочкаров Р.А., Кочкаров А.А., Сенникова Л.И. Классификация многокритериальных задач на многовзвешенных предфрактальных графах. В сб.: *Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики*. Воронеж: Издательский дом ВГУ; 2017:112-119. URL: <https://www.elibrary.ru/zgpfej>

REFERENCES

1. Milgram S. The small world problem. *Psychology Today*. 1967;1(1):60-67. URL: <https://snap.stanford.edu/class/cs224w-readings/milgram67smallworld.pdf>
2. Watts D., Strogatz S. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*. 1998;393:440-442. URL: <https://doi.org/10.1038/309182020;393:440-442>
3. Barabási A.-L., Albert R. Emergence of scaling in random networks. *Science*. 1999.286(5439):509-12. URL: <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
4. Erdős P., Rényi A. On the evolution of random graphs. *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences*. 2021;5:17-61.
5. Galaganova S.G., Turusina T.V. Technologies for analyzing social networks in order to identify social trends. *Human Capital*. 2023;1(169):121-136. (In Russ.). URL: <https://doi.org/10.25629/HC.2023.01.14>
6. Zhurina A.A., Kochkarov A.A., Kochkarov R.A. Analysis of structural characteristics of social networks. *Social Networks and Internet Technologies*. 2023;21(5):63-72. (In Russ.). URL: <https://doi.org/10.18127/j20700814-202305-08>
7. Kochkarov R.A., Cherkasov V.V., Timoshenko A.V., Kochkarov A.A., Martynov N.S., Bodrov A.O. Structural graph visualization of social networks and community research in them. *Social Networks and Internet Technologies*. 2021;8(1):169-176. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/sgdrqn>
8. Kochkarov A.A., Kalashnikov N.V., Kochkarov R.A. Comparative analysis of algorithms for identifying communities in complex network systems using the example of social networks. *Software Products and Systems*. 2020;(2):349-356. (In Russ.). URL: <https://doi.org/10.15827/0236-235X.130.349-356>
9. Badryzlov V.A., Sideltsev V.V. Evaluation of the effectiveness of information dissemination in social networks using simulation. *Creative Economy*. 2018;12(9):1359-1372. (In Russ.). URL: <https://doi.org/10.18334/ce.12.9.39389>
10. Ying R., He R., Chen K., Eksombatchai P., Hamilton W.L., Leskovec J. Graph Convolutional Neural Networks for Web-Scale Recommender Systems. In KDD '18: The 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining, August 19-23, 2018, London, United Kingdom. NY: ACM. URL: <https://doi.org/10.1145/3219819.3219890>
11. Kochkarov R.A., Kochkarov A.A., Sennikova L.I. Classification of multicriteria problems on multi-weighted prefractal graphs. In: *Actual Problems of Applied Mathematics, Computer Science and Mechanics*. Voronezh: VSU Publishing House; 2017:112-119. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/zgpfej>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Анастасия Дмитриевна Цветкова — магистрант Института открытого образования, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; младший консультант Odyssey Consulting Group, Москва, Российская Федерация

Anastasia D. Tsvetkova — Master's student at the Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; Junior Consultant at Odyssey Consulting Group, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0009-0002-4025-1907>

232431@edu.fa.ru



Расул Ахматович Кочкаров — кандидат экономических наук, заместитель декана по научной работе, доцент кафедры искусственного интеллекта факультета информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Rasul A. Kochkarov — Cand. Sci. (Econ.), Deputy Dean for Research, Associate Professor of the Department of Artificial Intelligence, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-3186-3901>

rkochkarov@fa.ru

Эвелина Александровна Окунева — ассистент кафедры математики и анализа данных факультета информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Evelina A. Okuneva — assistant of the Department of Mathematics and Data Analysis, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0009-0006-4385-4462>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:

eaokuneva@fa.ru

Заявленный вклад авторов:

А.Д. Цветкова — аннотация, сравнительный анализ технологических решений для разработки мобильной автоматизированной инкассаторской системы.

Р.А. Кочкаров — разработка общей концепции статьи, исследование существующих подходов и технологических решений автоматизации инкассационного процесса.

Э.А. Окунева — введение, выводы, список источников.

Authors' declared contributions:

A. D. Tsvetkova — abstract, comparative analysis of technological solutions for developing a mobile automated cash collection system.

R. A. Kochkarov — development of the overall concept of the article; research into existing approaches and technological solutions for automating the cash collection process.

E. A. Okuneva — introduction, conclusion, references.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила 19.01.2026; после рецензирования 02.03.2026; принята к публикации 13.03.2026.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 19.01.2026; revised on 02.03.2026 and accepted for publication on 13.03.2026.

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