

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

№ 11 2025

Научный журнал

Журнал основан в 2007 году

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Электронная версия размещается на сайте <https://applied-research.ru>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Стукова Наталия Юрьевна, к.м.н.

Технический редактор Доронкина Е.Н.

Корректоры: Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

Зав. редакцией Шнуровозова Т.В.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. **Абдуллаев А.** (Душанбе); к.б.н. **Алиева К.Г.** (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. **Алоев В.З.** (Чегем-2); д.б.н., проф. **Андреева А.В.** (Уфа); к.географ.н., доцент **Аничкина Н.В.** (Москва); к.ф.-м.н. **Барановский Н.В.** (Томск); д.б.н., доцент **Белых О.А.** (Иркутск); д.т.н., проф. **Бурмистрова О.Н.** (Ухта); д.т.н., доцент **Быстров В.А.** (Новокузнецк); д.м.н., проф. **Гарбуз И.Ф.** (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. **Геворкян Э.А.** (Москва); д.х.н., проф. **Гурбанов Г.Р.** (Баку); д.ветеринар.н., доцент **Ермолина С.А.** (Киров); к.т.н. **Есенаманова М.С.** (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. **Ефремова Н.Ф.** (Ростов-на-Дону); д.м.н. **Журавковский И.П.** (Новосибирск); д.т.н., доцент **Ибраев И.К.** (Темиртау); к.т.н., доцент **Исмаилов З.И.** (Баку); д.б.н., с.н.с. **Кавцевич Н.Н.** (Североморск); д.т.н., проф. **Калмыков И.А.** (Ставрополь); д.б.н. **Кокорева И.И.** (Алматы); д.г.-м.н., доцент **Копылов И.С.** (Пермь); к.б.н., доцент **Коротченко И.С.** (Красноярск); к.с.-х.н., доцент **Кряжева В.Л.** (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент **Кульков В.Г.** (Волжский); д.б.н. **Ларионов М.В.** (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент **Леонтьев Д.Ф.** (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. **Луговской А.М.** (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. **Мельников А.И.** (Иркутск); д.т.н., проф. **Несветаев Г.В.** (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. **Никитин С.Н.** (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент **Олешко О.А.** (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. **Партноев К.** (Душанбе); к.п.н., доцент **Попова И.Н.** (Москва); д.т.н., проф. **Рогачев А.Ф.** (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент **Розыходжаева Г.А.** (Ташкент); д.г.-м.н. **Сакиев К.С.** (Бишкек); д.т.н., проф. **Сугак Е.В.** (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. **Трефилов Б.Б.** (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент **Хайдаров А.Г.** (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. **Чарышкин А.Л.** (Санкт-Петербург); д.географ.н., проф. **Чодураев Т.М.** (Бишкек); д.б.н., проф. **Шалпыков К.Т.** (Бишкек); к.х.н. **Шарифуллина Л.Р.** (Москва); д.п.н., проф. **Щирин Д.В.** (Санкт-Петербург)

ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,556

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,357

Периодичность

12 номеров в год

Учредитель, издатель и редакция

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес

105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя

410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

Типография

ООО «НИЦ Академия Естествознания»

410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

E-mail

edition@rae.ru

Телефон

+7 (499) 705-72-30

Подписано в печать

28.11.2025

Дата выхода номера

30.12.2025

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

6,25

Тираж

100 экз.

Заказ

МЖПиФИ 2025/11

Распространяется по свободной цене

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED AND FUNDAMENTAL RESEARCH

№ 11 2025

Scientific journal

The journal is based in 2007

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications. **Certificate – PI No. FS 77-60735.**

The electronic version takes places on a site <https://applied-research.ru>

CHIEF EDITOR

Stukova Natalia Yurievna, Cand. Sci. (Medical)

Technical editor Doronkina E.N.

Correctors: Galenkina E.S., Dudkina N.A.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

Head of the editorial board Shnurovozova T.V.

EDITORIAL BOARD

D.Sc., Prof. **Abdullaev A.** (Dushanbe); Cand.Sc. **Alieva K.G.** (Makhachkala); D.Sc., Cand.Sc., Prof. **Aloev V.Z.** (Chegem-2); D.Sc., Prof. **Andreeva A.V.** (Ufa); Cand.Sc., Docent **Anichkina N.V.** (Moscow); Cand.Sc. **Baranovsky N.V.** (Tomsk); D.Sc., Docent **Belykh O.A.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Burmistrova O.N.** (Ukhta); D.Sc., Docent **Bystrov V.A.** (Novokuznetsk); D.Sc., Prof. **Garbuz I.F.** (Tiraspol); D.Sc., Prof. **Gevorkyan E.A.** (Moscow); D.Sc., Prof. **Gurbanov G.R.** (Baku); D.Sc., Docent **Ermolina S.A.** (Kirov); Cand.Sc. **Yesenamanova M.S.** (Atyrau); D.Sc., Cand.Sc., Prof. **Efremova N.F.** (Rostov-on-Don); D.Sc. **Zhurakovsky I.P.** (Novosibirsk); D.Sc., Docent **Ibraev I.K.** (Temirtau); Cand.Sc., Docent **Ismailov Z.I.** (Baku); D.Sc. **Kavtsevich N.N.** (Severomorsk); D.Sc., Prof. **Kalmykov I.A.** (Stavropol); D.Sc. **Kokoreva I.I.** (Almaty); D.Sc., Docent **Kopylov I.S.** (Permian); Cand.Sc., Docent **Korotchenko I.S.** (Krasnoyarsk); Cand.Sc., Docent **Kryazheva V.L.** (Nizhny Novgorod); D.Sc., Docent **Kulkov V.G.** (Volzhsky); D.Sc. **Larionov M.V.** (Balashov); D.Sc., Cand.Sc., Docent **Leontiev D.F.** (Irkutsk); D.Sc., Cand.Sc., Prof. **Lugovskoy A.M.** (Moscow); D.Sc. **Melnikov A.I.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Nesvetaev G.V.** (Rostov-on-Don); D.Sc. **Nikitin S.N.** (p. Timiryazevsky); D.Sc., Docent **Oleshko O.A.** (Permian); D.Sc., Prof. **Partoev K.** (Dushanbe); Cand.Sc., Docent **Popova I.N.** (Moscow); D.Sc., Prof. **Rogachev A.F.** (Volgograd); D.Sc. Docent **Rozykhodzhaeva G.A.** (Tashkent); D.Sc. **Sakiev K.S.** (Bishkek); D.Sc., Prof. **Sugak E.V.** (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. **Trefilov B.B.** (Saint Petersburg); Cand.Sc., Docent **Khaidarov A.G.** (Saint Petersburg); D.Sc., Prof. **Charyshkin A.L.** (Saint Petersburg); D.Sc., Prof. **Choduraev T.M.** (Bishkek); D.Sc., Prof. **Shalpykov K.T.** (Bishkek); Cand.Sc. **Sharifullina L.R.** (Moscow); D.Sc., Prof. **Shchirin D.V.** (Saint Petersburg)

ISSN 1996-3955

Impact-factor RISQ (two-year) = 0,556

Impact-factor RISQ (five-year) = 0,357

Periodicity 12 issues per year

Founder, publisher and editors LLC PH Academy of Natural History

Mailing address 105037, Moscow, p.o. box 47

Editorial and publisher address 410056, Saratov, st. them. Chapaeva V.I., 56

Printing house LLC SPC Academy of Natural History
410035, Saratov, st. Mamontova, 5

E-mail edition@rae.ru

Telephone +7 (499) 705-72-30

Signed for print 28.11.2025

Number issue date 30.12.2025

Format 60x90 1/8

Conditionally printed sheets 6,25

Circulation 100 copies

Order МЖПиФИ 2025/11

Distribution at a free price

© LLC PH Academy of Natural History

СОДЕРЖАНИЕ

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ИСТОРИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДОБРОКАЧЕСТВЕННОЙ
ГИПЕРПЛАЗИИ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В КЫРГЫЗСКОЙ
РЕСПУБЛИКЕ

Монолов Н.К., Абдихаликов Т.Ж., Алиев Р.Р., Иманкулова А.С. 5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Мустафаев Ж.С., Мустафаева М.Б. 11

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА
МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИПЕРТИРЕОЗА У КРЫС

*Полиданов М.А., Волков К.А., Цуканова П.Б., Кашихин А.А., Капралов С.В.,
Масляков В.В., Базаров Д.В., Ванжа Я.Е., Турлыкова И.А., Хмара А.Д.* 16

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

ПРОБЛЕМЫ КОМОРБИДНОСТИ: ФОРМИРОВАНИЕ И ИСХОДЫ
С СИСТЕМНЫХ ПОЗИЦИЙ

Кац Я.А., Пархонюк Е.В. 22

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ
АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ РОЛИКОВЫХ СИСТЕМ

Взятченков И.А., Голов Е.В. 29

АРХИТЕКТУРА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ TELEGRAM-БОТА
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Ильасова А.К., Яголичев А.В. 34

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ SELENIUM-СКРИПТОВ В РЕАЛЬНЫХ
ПРОЕКТАХ

Кочетов Д.О. 39

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬЯ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАЙОНЕЗОВ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА РЫНКЕ КЫРГЫЗСТАНА

Абдурашитова Ю.А., Касымова Э.Дж. 45

CONTENTS

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

HISTORY OF SURGICAL TREATMENT OF BENIGN PROSTATIC HYPERPLASIA IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Monolov N.K., Abdikhalikov T.Zh., Aliev R.R., Imankulova A.S. 5

MATHEMATICAL MODELING OF INTEGRAL INDICATORS FOR ASSESSING POPULATION HEALTH

Mustafaev Zh.S., Mustafaeva M.B. 11

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF MODELING HYPERTHYROIDISM IN RATS

Polidanov M.A., Volkov K.A., Tsukanova P.B., Kashikhin A.A., Kapralov S.V., Maslyakov V.V., Bazarov D.V., Vanja Y.E., Turlykova I.A., Khmara A.D. 16

REVIEW

PROBLEMS OF COMORBIDITY: FORMATION AND OUTCOMES FROM A SYSTEMIC PERSPECTIVE

Kats Ya.A., Parkhonyuk E.V. 22

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLES

MODERN TYPES OF ROAD FENCING: COMPARATIVE ANALYSIS AND PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF ROLLER SYSTEMS

Vzyatchenkov I.A., Golov E.V. 29

ARCHITECTURE AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF A TELEGRAM BOT FOR AUTOMATING MATHEMATICAL CALCULATIONS

Ilyasova A.K., Yagolichev A.V. 34

REVIEW

ANALYSIS OF SELENIUM SCRIPT RELIABILITY IN REAL-WORLD PROJECTS

Kochetov D.O. 39

CHEMICAL SCIENCES

ARTICLE

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF MAYONNAISE PRODUCTS AVAILABLE ON THE KYRGYZ MARKET

Abdurashitova Yu.A., Kasymova E.Dzh. 45

СТАТЬИ

УДК 616.65-002-089(575.2)

ИСТОРИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДОБРОКАЧЕСТВЕННОЙ ГИПЕРПЛАЗИИ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

¹Монолов Н.К. ORCID ID 0000-0001-7589-5820, ²Абдихаликов Т.Ж.,

²Алиев Р.Р., ^{1,3}Иманкулова А.С. ORCID ID 0000-0003-3846-9077

¹Учреждение «Салымбеков университет», Бишкек, Кыргызстан;

²Кыргызско-Российский Славянский университет имени Б.Н. Ельцина, Бишкек, Кыргызстан;

³Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени П. Лумумбы», Москва, Российская Федерация, e-mail: aselimankul@gmail.com

Доброкачественная гиперплазия предстательной железы представляет собой хроническое прогрессирующее заболевание, которое оказывает существенное влияние на качество жизни мужчин и является значимой проблемой здравоохранения в связи с высокой распространенностью. В Кыргызской Республике актуальность исследования также обусловлена серьезной социальной и эпидемиологической проблемой, связанной с недостаточной осведомленностью населения и поздним обращением за медицинской помощью. Цель исследования – анализ исторических аспектов и основных этапов развития методов хирургического лечения доброкачественной гиперплазии предстательной железы в Кыргызской Республике. Проведен ретроспективный анализ архивных материалов, приказов Министерства здравоохранения, а также научных публикаций, монографий и диссертаций, посвященных истории и современным методам лечения заболевания. Использовались историко-системный и историко-ретроспективный методы исследования. Становление урологической службы в Кыргызской Республике началось в 1940-х гг., а до 2000-х гг. доминирующим методом лечения являлась травматичная открытая аденомэктомия. Новая эпоха началась с внедрением трансуретральной резекции простаты в 2004 г., которая стала «золотым стандартом» для аденом среднего размера. Ограничения этого метода при больших размерах предстательной железы стимулировали освоение более совершенных методик. На современном этапе, с 2019 г. активно внедрены биполярная и гольмиевая лазерная энуклеация доброкачественной гиперплазии предстательной железы. Эти операции позволяют целиком удалять ткань предстательной железы любого объема с минимальной кровопотерей и низким риском рецидива. Прогресс в хирургическом лечении доброкачественной гиперплазии предстательной железы в Кыргызстане демонстрирует успешную интеграцию мировых стандартов, что стало возможным благодаря институциональной поддержке, активному развитию частного сектора и профессионализму хирургов. Внедрение лазерных технологий кардинально изменило подходы к лечению, обеспечив населению доступ к высокотехнологичной и безопасной медицинской помощи.

Ключевые слова: доброкачественная гиперплазия предстательной железы, аденомэктомия, простатэктомия, трансуретральная резекция, ТУРП, BiLeP, HoLeP, лазерная энуклеация, исторические аспекты, хирургическое лечение, Кыргызская Республика

HISTORY OF SURGICAL TREATMENT OF BENIGN PROSTATIC HYPERPLASIA IN THE KYRGYZ REPUBLIC

¹Monolov N.K. ORCID ID 0000-0001-7589-5820, ²Abdikhaliyev T.Zh.,

²Aliev R.R., ^{1,3}Imankulova A.S. ORCID ID 0000-0003-3846-9077

¹Institution «Salymbekov University», Bishkek, Kyrgyzstan;

²Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyzstan;

³Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

«Peoples' Friendship University of Russia named after P. Lumumba», Moscow, Russian Federation, e-mail: aselimankul@gmail.com

Benign prostatic hyperplasia is a chronic, progressive disease that significantly impacts men's quality of life and represents a major public health concern due to its high prevalence. In the Kyrgyz Republic, the relevance of this research is further heightened by a serious social and epidemiological problem associated with insufficient public awareness and delayed seeking of medical care. The aim of the study is to analyze the historical aspects and main developmental stages of surgical treatment methods for benign prostatic hyperplasia in the Kyrgyz Republic. A retrospective analysis was conducted on archival materials, orders from the Ministry of Health, as well as scientific publications, monographs, and dissertations dedicated to the history and modern methods of treating the disease. Historical-systematic and historical-retrospective research methods were used. The establishment of urological services in the Kyrgyz Republic began in the 1940s, and until the 2000s, the dominant treatment method was the traumatic open adenectomy. A new era began with the introduction of transurethral resection of the prostate in 2004, which became the "gold standard" for medium-sized adenomas. Limitations of this method for large prostate volumes stimulated the adoption of more advanced techniques. At the modern stage, since 2019, bipolar and holmium laser enucleation of benign prostatic hyperplasia have been actively implemented. These operations allow for the complete removal of prostate tissue of any size with minimal blood loss and a low risk of recurrence. The progress in the surgical treatment of benign prostatic hyperplasia in Kyrgyzstan demonstrates the successful integration of global standards, which was made possible by institutional support, the active development of the private sector, and the professionalism of surgeons. The introduction of laser technologies has fundamentally changed treatment approaches, ensuring the population's access to high-tech and safe medical care.

Keywords: benign prostatic hyperplasia, adenectomy, prostatectomy, transurethral resection, TURP, BiLeP, HoLeP, laser enucleation, historical aspects, surgical treatment, Kyrgyz Republic

Введение

Доброкачественная гиперплазия предстательной железы (ДГПЖ) – хроническое прогрессирующее заболевание, существенно ухудшающее качество жизни мужчин старше 50 лет. Его патогенез связан с разрастанием периуретральной ткани простаты, вызывающим обструкцию нижних мочевых путей и комплекс симптомов (СНМП) [1, 2]. Распространенность ДГПЖ тесно коррелирует с возрастом: от 11,5% в 40–50 лет до 82–90% к 80 годам [3, 4]. Стремительный рост численности пожилого населения в мировом масштабе делает борьбу с ДГПЖ серьезным общественным вызовом [4–6].

Мировой опыт хирургии ДГПЖ накапливался постепенно и долгое время представлял собой серьезную проблему. На рубеже XIX–XX вв. стандартом лечения ДГПЖ на многие десятилетия стал метод надлобковой чреспузырной аденомэктомии, разработанный Юджином Фуллером и Питером Фрейером. В России впервые выполнил открытую аденомэктомию С.П. Федоров [1]. Однако аденомэктомия сопряжена со значительной травматизацией тканей, выраженным болевым синдромом и длительным периодом реабилитации [6–8].

Прорыв в лечении ДГПЖ стал возможен благодаря развитию эндоскопических технологий. История трансуретральной резекции предстательной железы (ТУРП) – это история миниатюризации хирургического доступа, ставшая возможной благодаря развитию эндоскопии и электрохирургии. ТУРП стало «золотым стандартом» для аденом до 80 см³ [1, 9]. Значительный технический прогресс был достигнут с введением биполярной технологии, которая позволяет проводить операции, исключая риск развития ТУР-синдрома – опасного осложнения, вызванного гипонатриемией и гиперволемией [9, 10].

Современный этап характеризуется развитием лазерных (HoLEP) и биполярных (BiLEP) энуклеаций, которые позволяют эффективно лечить железы больших размеров (свыше 80 см³) с минимальным риском рецидива и осложнений, но требует значительной оснащенности и высокого уровня мастерства хирурга [11, 12]. Методика HoLEP позволяет выделять всю гиперплазированную ткань железы, как при открытой аденомэктомии, и вылушивать простату с помощью эндоскопа [12, 13].

Одним из современных методов лечения ДГПЖ является биполярная плазмокинетическая резекция предстательной железы с низким гидравлическим давлением (Gyus Plasmakinetic). Плазмокинетическая резек-

ция приводит к меньшему числу осложнений, гемостаз сосудов достигается путем десорбции вместо обугливания, что снижает травматизацию ткани простаты; нулевому риску возникновения ТУР-синдрома, меньшему риску перфорации [10].

Помимо хирургических методов в последнее время активно развивается эмболизация артерий простаты (ЭПА) – малоинвазивный эндоваскулярный метод лечения ДГПЖ. Он позволяет избежать таких осложнений, как ретроградная эякуляция, и может быть применен у пожилых пациентов с тяжелой сопутствующей патологией [1, 10]. Таким образом, выбор оптимального метода лечения (ТУРП, HoLEP, BiLEP) определяется объемом железы, общим состоянием пациента и технической оснащенностью медицинского учреждения [1, 9].

Исследования, проведенные в Кыргызской Республике, показывают, что распространенность ДГПЖ составляет от 11,3% у мужчин до 50 лет до 80% в возрасте 70–80 лет, из них у 41% пациентов патология была выявлена впервые, что свидетельствует о массовом характере патологии и ее значимости для системы здравоохранения [4, 5, 14].

Несмотря на высокие показатели распространенности, в стране существует серьезная социальная и эпидемиологическая проблема, связанная с недостаточным уровнем осведомленности населения и поздним обращением за медицинской помощью, что приводит к несвоевременной диагностике и лечению и создает повышенные требования к качеству и доступности хирургической помощи [15]. В этих условиях критически важным является анализ исторического опыта и оценка этапов внедрения современных хирургических методов лечения ДГПЖ в условиях национальной системы здравоохранения КР.

Цель исследования – анализ исторических аспектов и основных этапов развития методов хирургического лечения доброкачественной гиперплазии предстательной железы в Кыргызской Республике.

Материалы и методы исследования

Проведен ретроспективный анализ архивных материалов и научных публикаций, включая приказы Министерства здравоохранения КР, статистические отчетные формы, архивные справки Кыргызской государственной медицинской академии имени И.К. Ахунбаева, а также научные статьи, монографии и диссертации.

В методической части использовался историко-системный и историко-ретроспективный метод исследования. Поиск и ана-

лиз проводился с учетом следующих баз данных и источников:

– Научные базы данных: PubMed, Google Scholar, eLIBRARY.RU.

– Специализированные ресурсы: официальный сайт Ассоциации урологов и андрологов Кыргызской Республики.

– Архивные материалы: архивы Минздрава КР и КГМА им. И.К. Ахунбаева.

Временной промежуток поиска: 1941–2024 гг. В процессе анализа было просмотрено более 50 источников. В окончательный список литературы включены 25 источников, являющихся наиболее релевантными для обоснования проблемы, мирового контекста и исторического развития в КР. Особое внимание уделялось публикациям, освещающим развитие урологии в Кыргызской Республике, а также работам, посвященным внедрению и сравнительной оценке эффективности и безопасности открытых, трансуретральных, лазерных и других малоинвазивных методов лечения. В статье использовались данные, предоставленные ведущими урологическими центрами Кыргызстана, отражающие статистику и результаты оперативных вмешательств за последние десятилетия.

Результаты исследования и их обсуждение

Становление урологической службы в Кыргызской Республике берет свое начало в тяжелые годы Великой Отечественной войны, когда Харьковский медицинский институт был эвакуирован в г. Фрунзе на базу Кыргызского медицинского института. В декабре 1941 г. был организован первый курс урологии, который возглавил доцент П.Л. Шупик на базе кафедры факультетской хирургии, что стало отправной точкой для развития урологии как самостоятельной дисциплины [16, 17]. Послевоенный период ознаменовался постепенным расширением урологической службы. В 1958 г. на базе НИИ туберкулеза во Фрунзе было создано фтизиоурологическое отделение на 40 коек. Далее, в 1960 г. было открыто урологическое отделение в Жалал-Абадской городской больнице, а в 1966 г. – в Ошской областной больнице, что демонстрировало стремление к децентрализации и повышению доступности специализированной помощи в регионах. В 1965 г. на базе Городской клинической больницы № 1 во Фрунзе было открыто полноценное урологическое отделение на 40 коек, которое возглавил У.Ш. Галлиев. Эта эволюция от курса, являвшегося частью общей хирургии, к выделенным отделениям и койкам отражала общемировую тенденцию к специализации в медицине [17, 18].

С 1960-х гг. открытая аденомэктомия стала основным и доминирующим методом хирургического лечения ДГПЖ. Операция позволяла полностью удалить гиперплазированную ткань, устраняя обструкцию мочевого пузыря [16, 19]. Несмотря на свою эффективность, она сопровождалась высокой травматичностью, значительной кровопотерей, длительным пребыванием в стационаре (до 3–4 недель) и высоким риском послеоперационных осложнений [20–22]. На протяжении многих лет, вплоть до 2000-х гг., открытая аденомэктомия оставалась основным методом хирургического лечения ДГПЖ в КР. Опыт, накопленный хирургами Кыргызской Республики, позволил достичь приемлемых результатов, однако внедрение эндовидеохирургических методов лечения, активно применяемых в развитых странах, для молодого суверенного государства стало приоритетной задачей [16].

Организация Республиканского научно-го центра урологии и андрологии (РНЦУ) в 2003 г. на базе Национального госпиталя при Минздраве КР под руководством профессора А.Ч. Усупбаева ознаменовало новую эпоху как в развитии национальной урологической службы, так и в совершенствовании хирургического лечения ДГПЖ. Этот шаг при поддержке Правительства Кыргызской Республики и Министерства здравоохранения позволил оснастить урологическую службу современным эндоскопическим и лапароскопическим оборудованием и послужило пусковым механизмом внедрения современных методов лечения пациентов с ДГПЖ, а РНЦУ стал главной клинической, научной и образовательной базой в стране [16, 17].

Одним из основных значимых методов малоинвазивных вмешательств в Кыргызской Республике стало внедрение в 2004 г. операции трансуретральной резекции простаты (ТУРП), который характеризовался отсутствием разреза, минимальной кровопотерей, коротким периодом госпитализации (до 3–5 дней) и быстрой реабилитации, что имело положительный эффект для финансирования системы здравоохранения и улучшения качества жизни пациентов [23]. ТУРП стала основным методом лечения ДГПЖ объемом до 80 см³, вытеснив открытую аденомэктомию. Внедрение этой технологии позволило расширить показания к малоинвазивной хирургии и сделать ее доступной для более широкого круга пациентов, для которых ранее открытая операция была единственным вариантом. Внедрение ТУРП в КР стало важным этапом в преодолении технологического разрыва с мировой медициной. Ограничение

данного метода при ДГПЖ объемом более 80 см³ и развитие ТУР синдрома ограничили данный метод, стимулируя внедрять более совершенные хирургические технологии [23].

Современный этап развития хирургии ДГПЖ характеризуется внедрением передовых технологий, однако этот процесс крайне неоднороден, что связано с рядом социально-экономических факторов в национальном масштабе. Недостаточный уровень государственного финансирования системы здравоохранения явился способствующим фактором к активному развитию частной системы здравоохранения в Кыргызской Республике, что создало предпосылки к внедрению современных эффективных и безопасных методов хирургического лечения ДГПЖ [18].

Настоящим прорывом в КР стало внедрение лазерных технологий в хирургическое лечение ДГПЖ. Биполярная энуклеация предстательной железы (BiLEP) – современная высокотехнологичная и малоинвазивная операция, одно из наиболее эффективных и безопасных оперативных вмешательств, особенно при больших размерах железы, впервые в КР была успешно проведена в 2019 г. в университетской клинике «ДОК» Н.К. Моноловым. Операция проводится трансуретрально, а суть метода заключается в «вылущивании» (энуклеации) аденоматозных узлов целиком, без их разрезания на мелкие части внутри простаты, с последующим измельчением и удалением из мочевого пузыря. BiLEP характеризуется эффективностью при крупных аденомах (80, 100, 150 см³ и более), минимальной кровопотерей, крайне низким риском рецидива и исключает риск ТУР-синдрома [24]. Основными побочными эффектами после BiLEP являются ретроградная эякуляция, что делает невозможным естественное зачатие, и кратковременное недержание мочи. В связи с тем, что BiLEP требует от хирурга высокого уровня мастерства и специальной подготовки, кривая обучения для этой операции достаточно длинная. Всего за 5-летний период успешно прооперировано 500 пациентов, из них ретроградная эякуляция после операции наблюдалась у 52 (10,4%) пациентов, что является характерным при применении данной методики лечения, у одного пациента отмечалось стойкое недержание мочи. Наш опыт показывает, что BiLEP показал себя как высокоэффективный и безопасный метод, обеспечивающий минимальную кровопотерю и быстрый период восстановления.

HoLEP (Holmium Laser Enucleation of the Prostate) – одна из самых современных,

эффективных и малотравматичных операций ДГПЖ, являющаяся «золотым стандартом» лечения, особенно при аденомах большого размера, была впервые в КР успешно проведена в 2020 г. в университетской клинике «ДОК» Н.К. Моноловым. Суть HoLEP заключается в трансуретральной энуклеации (вылущивании) аденоматозной ткани с помощью гольмиевого лазера через эндоскоп (резектоскоп) с камерой и световодом для гольмиевого лазера. Данная методика характеризуется минимальной кровопотерей, коротким сроком госпитализации (2–3 дня) и крайне низким риском рецидива. Результаты лечения более 1100 пациентов с ДГПЖ показали ее высокую эффективность при лечении аденом гигантских размеров (более 80 см³), что позволило полностью отказаться от открытой хирургии в этих случаях [25]. Как и в случае с BiLEP, основным нежелательным эффектом HoLEP является ретроградная эякуляция.

Таким образом, современная урология в Кыргызской Республике вступает в эру высокотехнологичных вмешательств, основанных на использовании лазерных технологий. Современные методы хирургического лечения ДГПЖ, такие как BiLEP и HoLEP, позволяют полностью энуклеировать гиперплазированные ткани простаты большого размера (более 100 см³) через уретру и характеризуются минимальной кровопотерей, быстрым восстановлением и низким риском рецидива.

Эти современные технологии пока не получили повсеместного распространения и в основном доступны в частных специализированных медицинских центрах КР. Их появление, тем не менее, свидетельствует о готовности кыргызской урологии к интеграции в мировое клиническое пространство и предвещает дальнейший переход от травматичных операций к максимально щадящим и эффективным процедурам.

История хирургического лечения ДГПЖ в Кыргызстане представляет собой динамичный процесс эволюции [16]. Дисциплина прошла этапы институционального становления с 1940-х по 1970-е гг. и получила мощный импульс к развитию в 2000-х гг. с созданием специализированных центров. Внедрение ТУРП, а затем и передовых технологий BiLEP и HoLEP значительно улучшает клинические результаты, сокращает сроки реабилитации и повышает качество жизни пациентов [22, 24, 25].

Сравнивая основные методики, следует отметить, что ТУРП остается проверенным и надежным методом для аденом среднего размера. HoLEP и BiLEP являются наиболее эффективными для лечения крупных

аденом, практически исключая риск рецидива, но при этом требуют высокого уровня мастерства хирурга и дорогостоящего оборудования [25].

Научно-практическая школа урологии Кыргызской Республики обеспечила прочный теоретический фундамент для внедрения современных технологий [16]. Несмотря на значительный прогресс, отрасль сталкивается с рядом вызовов, таких как высокая стоимость оборудования, ограничивающая его доступность в регионах, а также отсутствие роботизированной хирургии. Дальнейшее развитие научного потенциала и международное сотрудничество позволит Кыргызстану не только следовать мировым тенденциям, но и вносить собственный вклад в мировую урологию.

Заключение

История хирургического лечения доброкачественной гиперплазии предстательной железы в Кыргызской Республике является ярким примером успешного и динамичного развития медицинской дисциплины. Она демонстрирует, как, опираясь на сильную институциональную базу и высокий уровень профессионализма, страна способна преодолевать вызовы и уверенно двигаться в сторону интеграции в мировое клиническое пространство.

Хирургическое лечение доброкачественной гиперплазии предстательной железы в Кыргызской Республике прошло путь от травматичной открытой аденомэктомии к широкому внедрению высокотехнологичных эндоскопических методик.

Внедрение трансуретральной резекции, а затем биполярной и гольмиевой лазерной энуклеации кардинально изменило подходы к лечению доброкачественной гиперплазии предстательной железы, сделав его более безопасным, эффективным и малотравматичным.

Развитие эндоскопической урологии в Кыргызстане в последнее десятилетие обеспечено благодаря государственной поддержке, активному развитию частного сектора здравоохранения и позволило достичь результатов, сопоставимых с мировыми стандартами.

Список литературы

1. Мустафаев А.Т., Кызласов П.С., Дианов М.П., Мартов А.Г., Ермаков Д.В., Севрюков Ф.А. Хирургическое лечение доброкачественной гиперплазии предстательной железы: прошлое и настоящее // Урологические ведомости. 2019. Т. 9. № S1. С. 13–21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/hirurgicheskoe-lechenie-dobrokachestvennoy-giperplazii-predstatelnoy-zhelezy-proshloe-i-nastoyashee> (дата обращения: 22.10.2025). DOI: 10.17816/uroved9147-56.
2. Ye Z., Wang J., Xiao Y., Luo J., Xu L., Chen Z. Global burden of benign prostatic hyperplasia in males aged 60–

90 years from 1990 to 2019: results from the global burden of disease study 2019 // BMC Urol. 2024. Sep 5. Vol. 24 (1). P. 193. DOI: 10.1186/s12894-024-01582-w. PMID: 39237966; PMCID: PMC11376082.

3. Ahyai S.A., Gilling P., Kaplan S.A., Kuntz R.M., Madersbacher S., Montorsi F., Speakman M.J., Stief C.G. Meta-analysis of functional outcomes and complications following transurethral procedures for lower urinary tract symptoms resulting from benign prostatic enlargement // Eur Urol. 2010. Vol. 58 (3). P. 384–397. DOI: 10.1016/j.eururo.2010.06.005.

4. Кенеев Р. 2024. Эпидемиологические аспекты заболеваний предстательной железы в Кыргызской Республике // Вестник Кыргызской государственной медицинской академии имени И.К. Ахунбаева. 2013. № 3. С. 95–99. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20539548> (дата обращения: 20.10.2025). EDN: RHMDMD.

5. Усупбаев А.Ч., Стамбекова К.Н., Рысбаев Б.А., Урмат Асилбек Уулу, Турдумаматов У.Н., Мамедов З.З. Репродуктивное здоровье мужчин, проживающих в различных условиях Республики Кыргызстан // Андрология и генитальная хирургия. 2016. № 2. С. 49–51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reproduktivnoe-zdorovie-muzhchin-prozhivayuschih-v-razlichnyh-usloviyah-respubliki-kyrgyzstan> (дата обращения: 22.10.2025).

6. Wei H., Zhu C., Huang Q., Yang J., Li Y.T., Zhang Y.G., Li B.H., Zi H. Global, regional, and national burden of benign prostatic hyperplasia from 1990 to 2021 and projection to 2035. BMC Urol. 2025. Feb 19. Vol. 25 (1). P. 34. DOI: 10.1186/s12894-025-01715-9. PMID: 39972318; PMCID: PMC11837592.

7. Локшин К.Л. Обзор зарубежных публикаций по хирургическим методам лечения ДГПЖ // UroWeb.ru. 2023. URL: <https://uroweb.ru/article/obzor-zarubegnih-publikatsiy-po-hirurgicheskim-metodam-lecheniya-dgpg> (дата обращения: 22.10.2025).

8. Волков С.Н., Пушкарь Д.Ю., Колонтарев К.Б., Степанченко В.С., Терещенко В.И., Джаримок А.Р., Шевякина А.Е., Дауров М.А. Хирургическое лечение гиперплазии простаты больших размеров: сравнительный анализ результатов применения стандартной и модифицированной лапароскопической позадилоной аденомэктомии, дополненной временным пережатием внутренних подвздошных артерий и уретростомоанастомозом // Вестник урологии. 2024. № 12 (1). С. 9–18. DOI: 10.21886/2308-6424-2024-12-1-9-18.

9. Красулин В.В., Глухов В.П., Васильев К.С. Современные возможности хирургического лечения гиперплазии предстательной железы // Вестник урологии. 2019. Т. 7. № 2. С. 85–92. DOI: 10.21886/2308-6424-2019-7-2-85-92.

10. Tang Y., Li J., Pu C., Bai Y., Yuan H., Wei Q., Han P. Bipolar transurethral resection versus monopolar transurethral resection for benign prostatic hypertrophy: a systematic review and meta-analysis // J Endourol. 2014 Sep. Vol. 28 (9). P. 1107–1114. DOI: 10.1089/end.2014.0188. Epub 2014 Jun 5. PMID: 24754254; PMCID: PMC4146489.

11. Wilson L.C., Gilling P.J., Williams A., Kennett K.M., Frampton C., Westenberg A., Fraundorfer M.R. A randomised trial comparing holmium laser enucleation versus transurethral resection in the treatment of prostates larger than 40 grams: results at 2 years // European urology. 2006. Vol. 50 (3). P. 569–573.

12. Hout M., Gurayah A., Arbelaez M.C.S., Blachman-Braun R., Shah K., Herrmann T.R.W., Shah H.N. Incidence and risk factors for postoperative urinary incontinence after various prostate enucleation procedures: systemic review and meta-analysis of PubMed literature from 2000 to 2021 // World J Urol. 2022. Nov. Vol. 40 (11). P. 2731–2745. DOI: 10.1007/s00345-022-04174-1. Epub 2022 Oct 4. PMID: 36194286.

13. Sun F., Sun X., Shi Q., Zhai Y. Transurethral procedures in the treatment of benign prostatic hyperplasia: A systematic review and meta-analysis of effectiveness and complications. Medicine (Baltimore). 2018 Dec. Vol. 97 (51). P. e13360. DOI: 10.1097/MD.00000000000013360. PMID: 30572440; PMCID: PMC6320039.

14. Усупбаев А.Ч., Стамбекова К.Н., Кылычбеков М.Б., Кенеев Р.Н., Сатыбалдиев Э. Состояние мочеполювой системы мужчин, проживающих в Кыргызской Республике (по результатам Акции Недели мужского здоровья) // Вестник Кыргызской государственной медицинской академии имени И.К. Ахунбаева. 2023. № 3.С. 160–167. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54191818> (дата обращения: 22.10.2025). DOI: 10.54890/1694-6405_2023_3_160. EDN: NLVTLX.
15. Мамбетов Ж.С., Токторалиев З.Б. Эректильная дисфункция у больных с аденомой простаты // Вестник Ошского государственного университета. 2018. № 4. С. 195–198. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37074100> (дата обращения: 22.10.2025). EDN: VVXNKL.
16. Концептуальное развитие урологической и андрологической службы в Кыргызской Республике. Бишкек, 2011. 40 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=458613&pubrole=100&show_refs=1&pubcat=risc (дата обращения: 22.10.2025).
17. История кафедры урологии КГМА // Ассоциация урологов и андрологов Кыргызской Республики. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.urology.kg/kafedry/kafedra-kgma/> (дата обращения: 16.10.2025).
18. Айбашов М.Н., Касымов О.Т., Байызбекова Ж.А. Перспективы создания андрологической службы в Кыргызской Республике // Здравоохранение Кыргызстана. 2016. № 4. С. 24–27. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29751661> (дата обращения: 22.10.2025). EDN: ZBBLIN.
19. Эсекеев Б.Б., Эсекеев Б.С., Абдуллаев С.Ч., Матазов Б.А., Тойтуков М.М. Опыт применения позадилоной аденомэктомии при лечении больных с доброкачественной гиперплазией предстательной железы в Ошской области Кыргызской республики // Вестник Кыргызской государственной медицинской академии имени И.К. Ахунбаева. 2017. № 3. С. 61–64. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29855120> (дата обращения: 22.10.2025). EDN: ZDIHUL.
20. Боталаев Б.А., Курбаналиев Р.М., Абдыкалыков М.Б. Профилактика ранних осложнений при открытой аденомэктомии у больных с доброкачественной гиперплазией предстательной железы с применением модифицированного съемного шва // Вестник Кыргызской государственной медицинской академии имени И.К. Ахунбаева. 2023. № 3. С. 46–54. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54191805> (дата обращения: 22.10.2025). DOI: 10.46–544890/1694-6405_2023_3_46. EDN: TNNABZ.
21. Кожомкулова К.А., Иманкулова А.С., Усупбаев А.Ч., Маанаев Т.И., Кабаев Б.А., Садырбеков Н.Ж., Осмон У. Частота развития инфекций мочевыводящих путей в хирургической урологии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 3. С. 32–36. URL: <https://applied-research.ru/article/view?id=13363> (дата обращения: 22.10.2025). EDN: 32–36LN.
22. Мамбетов Ж.С., Токторалиев З.Б. Ведение больных после трансуретральной резекции аденомы простаты // Вестник Ошского государственного университета. 2018. № 4. С. 192–195. URL: <https://arch.kyrlibnet.kg/uploads/OS-UMAMBETOV%20G.S.pdf> (дата обращения: 22.10.2025). EDN: YZAWTB.
23. Джапаров Ж.Т., Усупбаев А.Ч., Эстебесов Н.С., Кылычбеков М.Б. Способ ведения больных с ДГПЖ в сочетании с хроническим калькулезным простатитом в послеоперационном периоде после операции ТУР. Определение критериев для своевременного удаления уретрального дренажа // Здоровье и образование в XXI веке. 2019. Т. 21. № 3.С. 13–16. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38215249> (дата обращения: 22.10.2025). EDN: ZTAHMD.
24. Jones P., Alzweri L., Rai B.P., Somani B.K., Bates C., Aboumarzouk O.M. Holmium laser enucleation versus simple prostatectomy for treating large prostates: Results of a systematic review and meta analysis // Arab journal of urology. 2016. № 14 (1). P. 50–58. DOI: 10.1016/j.aju.2015.10.001. PubMed PMID: 26966594; PubMed Central PMCID: PMC4767783.
25. Hartung F.O., Egen L., Grüne B., Netsch C., Patroi P., Kriegmair M.C., von Hardenberg J., Rassweiler-Seyfried M.C., Michel M.S., Wenk M.J., Herrmann J. Perioperative Outcomes and Complication Rates in Holmium Laser Enucleation of the Prostate Patients After Prior Prostate Biopsy-Does It Really Make a Difference? A Propensity Score Matched Analysis // J Endourol. 2024. Vol. 38 (7). P. 675–681. DOI: 10.1089/end.2024.0008. Epub 2024 May 21. PMID: 38717963.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 519.2:614.2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ¹Мустафаев Ж.С. ORCID ID 0000-0003-2425-8148,²Мустафаева М.Б. ORCID ID 0009-0009-4982-8099¹*Акционерное общество «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан, e-mail: z-mustafa@rambler.ru;*²*Некоммерческое акционерное общество "Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауезова", Шымкент, Казахстан*

Существующие методы оценки интегрального показателя здоровья населения разработаны на основе суммирования средневзвешенных арифметических групповых показателей здоровья населения. Сравнительный анализ методов оценки интегрального показателя здоровья населения показал, что их достоинством является использование методов математической статистики и теории вероятности для оценки и прогнозирования ситуации в области здравоохранения, а их недостатком – использование частных точек зрения для определения весовых коэффициентов. Цель исследования – разработка математической модели интегрального показателя для оценки состояния здоровья населения с целью оперативной оценки ситуации и принятия управленческих решений. При исследовании были использованы методы математического моделирования, базирующиеся на методе обобщенных или интегральных оценок показателей. На основе методологического подхода по созданию базы исследования и теории регрессивно-корреляционного анализа разработан интегральный показатель состояния здоровья населения. Математическая модель здоровья населения основана на амплитуде размаха статистических показателей, методе анализа ситуации, теории событий и средних величин, оценке и прогнозировании медико-демографического состояния во времени, на основе оценок тенденции изменения с использованием линейных трендов с применением программы Microsoft Excel. Разработанная математическая модель для оценки здоровья населения, базирующаяся на теории средних величин и современных методах обработки данных, основанных на системном подходе, позволяет получить большой объем информации для улучшения здоровья населения.

Ключевые слова: математическое моделирование, интегральный показатель, весовой коэффициент, здоровье населения, коэффициент регрессии, частный параметр

MATHEMATICAL MODELING OF INTEGRAL INDICATORS FOR ASSESSING POPULATION HEALTH¹Mustafaev Zh.S. ORCID ID 0000-0003-2425-8148,²Mustafaeva M.B. ORCID ID 0009-0009-4982-8099¹*Joint-stock company «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan, e-mail: z-mustafa@rambler.ru;*²*Non-profit joint-stock company "South Kazakhstan State University named after M. Auezov", Shymkent, Kazakhstan*

Existing methods for assessing the integral indicator of population health are based on the summation of weighted arithmetic averages of group health indicators. A comparative analysis of methods for assessing the integral indicator of population health showed that their advantage is the use of methods of mathematical statistics and probability theory for assessing and forecasting the situation in the field of health care, and their disadvantage is the determination of weighting coefficients for the use of private points of view. The purpose of the study is to develop a comprehensive integral indicator for assessing the health status of the population for the purpose of quickly assessing the situation and making management decisions. The study utilized mathematical modeling methods based on generalized or integrated indicator assessments. An integrated indicator of population health was developed using a methodological approach to create a research base and the theory of regression-correlation analysis. The mathematical model of population health is based on the amplitude of the range of statistical indicators, the method of situation analysis, the theory of events and average values, the assessment and forecasting of the medical and demographic state over time, based on assessments of change trends using linear trends using the Microsoft Excel program. The developed mathematical model for assessing population health, based on the theory of averages and modern data processing methods based on a systems approach, enables the collection of a large volume of information for improving population health.

Keywords: mathematical modeling, integral indicator, weighting coefficient, population health, regression coefficient, partial parameter

Введение

В настоящее время водосборная территория речных бассейнов, являющаяся пространственным базисом народонаселения и природопользования и выполняющая важные социальную, экологическую и экономическую функции, в связи с нарушением естественных геологических, био-

логических и гидрохимических процессов в результате антропогенной деятельности, перешла в активную стадию «сукцессии», которая привела к последовательным и необратимым изменениям в среде обитания человека в пространственных и временных аспектах и которая требует нормирования. В условиях «жесткой» антропогенной де-

тельности на водосборных территориях речных бассейнов, как объектах комплексного обустройства, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности человека, возникает необходимость разработки моделей интегральной оценки здоровья населения, позволяющих дать этому качественному явлению качественную оценку. Актуальность таких научных исследований связана со стохастическим характером возникновения и распространения заболеваний населения, требующих построения интегрального показателя, обеспечивающего единую оценку здоровья населения [1–3], на основе различных статистических методов с использованием медико-демографических показателей, позволяющих оценить темп и направленность изменения не только отдельных видов заболеваемости населения, но и спрогнозировать их временные аспекты, для разработки мероприятий по обеспечению улучшения здоровья населения.

Цель исследования – разработка математической модели интегрального показателя для оценки состояния здоровья населения с целью оперативной оценки ситуации и принятия управленческих решений.

Задача исследования – научное обоснование методологии построения математических моделей с использованием методов математической статистики, теории вероятности и агрегирования частных показателей для решения многопараметрических задач, обусловленных по выбору вида заболеваемости населения, разработка интегрального индекса здоровья населения, позволяющего их спрогнозировать во временных аспектах.

Материалы и методы исследования

Методы исследования поставленных задач основаны на материалистической теории научного познания, основанной на методах математической статистики, теории вероятности и средних значений.

Существует большое количество научных работ для оценки состояния здоровья населения с использованием интегральных индикаторов, базирующихся на построении многопараметрических моделей, среди которых следует выделить работы В.А. Медик и М.С. Толмачева [4], А.Г. Кулак [5], В.В. Мешечкина и Н.И. Богатыревой [6], базирующихся на теории математической статистики и теории вероятности.

В работе Б.Ф. Кирьянова [7], где для расчета интегрального показателя состояния общественного здоровья используются многопараметрические модели интегрального показателя (IP), одновременно учи-

тывающий весовой коэффициент по видам заболеваемости:

$$IP_i = \sum_{i=1}^n WC_i \cdot SI_i, \quad (1)$$

где WC_i – весовые коэффициенты; SI_i – i -ый показатель системы или i -ая переменная параметров, характеризующих состояние системы; n количество переменных показателей.

Для сравнительного анализа и оценки здоровья населения удобно использовать нормированный интегральный показатель $\overline{IP}_i \in [0;1]$ и все показатели здоровья населения $\overline{SI}_i \in [0;1]$, которые представляются в относительных величинах, то есть в виде безразмерных величин.

Одним из фундаментальных направлений в области оценки здоровья населения является направление, развиваемое в работах А.Г. Кулака, где индекс здоровья населения [8] сформирован на основе методики Index-Numbers [9], базирующейся на «теории средних величин» известного английского статистика А. Боули [10]. Предложенная математическая модель здоровья населения А.Г. Кулака базируется на IndexNumbers и показателях, предлагаемых Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) с использованием статистической информации организации здравоохранения, где в подготовительном этапе рассчитываются стандартизированные значения этих показателей для приведения исходных данных до сопоставимого вида по следующему выражению [8, с. 71]:

$$SV_{ij} = IVV_{ij} / MVV_{maxj}, \quad (2)$$

где SV_{ij} – стандартизированное значение j -го показателя в i -м интервале времени ($j = 1, m, i = 1, n$); IVV_{ij} – исходные значения переменных; MVV_{maxj} – максимальное значение j -го показателя за весь исследуемый период.

Проведенный анализ существующих подходов к математическому моделированию интегрального показателя здоровья населения показал, что в целом они разработаны на основе данных статистики показателей заболеваемости и инвалидности, физического развития населения, обеспеченности здравоохранения и образованности населения и факторов окружающей среды.

Результаты исследования и их обсуждение

Алгоритм построения интегральных показателей здоровья населения, основанных на статистических показателях здравоохра-

нения, системе линейных алгебраических уравнений, базирующихся на теории регрессивно-корреляционного анализа, который состоит из пяти последовательных этапов, где в зависимости от решаемых задач, применяются различные методы исследования.

Первый этап. Обоснование системы важнейших медико-статистических показателей, влияющих на здоровье человека, установления источников информации для ее сбора, оценивается достоверность и надежность исходных статистических данных, для создания базы исследования.

Второй этап. На основе многолетних важнейших медико-статистических показателей, для выявления тенденции их изменения, с использованием корреляционно-регрессионного анализа, анализа временных рядов, статистических графиков и таблиц, определяются следующие статистические показатели:

– виды линейных уравнений трендов показателя заболеваемости населения:

$$\begin{aligned} PH_i &= \alpha \cdot SNY_i + b; \\ PH_i &= -\alpha \cdot SNY_i + b; \\ PH_i &= \alpha \cdot SNY_i - b, \end{aligned} \quad (3)$$

где PH_i – годовые показатели заболеваемости населения на 100 тыс. человек; α – коэффициент регрессии; b – показатель, характеризующий увеличение следующего значения временного ряда; SNY_i – номер периода или порядковый номер года;

– среднеарифметическое значение годовых показателей заболеваемости населения ($AAPH_i$), определяется как число, равное всем числам множества, деленное на их количество:

$$AAPH_i = (1/n_i) \sum_{i=1}^n PH_i, \quad (4)$$

где n_i – количество лет за периоды;

– модульный коэффициент годовых показателей заболеваемости населения ($MSCPH_i$), безразмерная характеристика, отношение какой-либо варьирующейся (изменяющейся) во времени величины к его среднеарифметическому значению:

$$MSCPH_i = PH_i / AAPH_i. \quad (5)$$

Третий этап. Для количественного представления значимости медико-статистического показателя обычно используются весовые коэффициенты интегрального показателя здоровья населения, базирующиеся на математической теории важности критериев, составляющей одно из направлений теории принятия решения, выбор ко-

торых обеспечивается на основе их парного сравнения в условиях полной определенности [11; 12]. Основой для расчета весовых коэффициентов каждого медико-статистического показателя является амплитуда/размах статистических показателей ($RSIPH_i$), характеризующих разность максимальных и минимальных значений признаков в совокупности здоровья населения:

$$RSIPH_i = PH_{maxi} - PH_{mini},$$

где $RSIPH_i$ – амплитуда размах статистических показателей здоровья населения; PH_{maxi} , PH_{mini} – соответственно максимальное и минимальное значения i -го показателя, характеризующего здоровье населения.

Для обобщения характеристики различия медико-статистического показателя здоровья населения с помощью абсолютных показателей, выраженных в единицах, не всегда возможно и в этих случаях для сравнительной оценки степени различия используются относительные показатели размаха статистических показателей здоровья населения, выраженные в относительных единицах в виде коэффициента относительного разброса показателей здоровья населения ($RSCPH_i$) по следующей формуле:

$$RSCPH_i = (PH_{maxi} - PH_{mini}) / PH_{maxi}. \quad (6)$$

На основе коэффициента относительного разброса статистических показателей можно определить весовой коэффициент линейных моделей интегрального показателя здоровья населения по следующему выражению:

$$WCPYI_i = RSCPH_i / \sum_{i=1}^n RSIPH_i, \quad (7)$$

где $WCPYI_i$ – весовой коэффициент показателей здоровья населения; n_i – число показателей здоровья населения.

Значения весовых коэффициентов показателей здоровья населения определяются таким образом, чтобы их алгебраическая сумма равнялась единице, то есть

$$\sum_{i=1}^n WCPYI_i = 1,0 \quad [13; 14].$$

Четвертый этап. В качестве метода исследования для математического моделирования интегрального показателя здоровья населения используется метод обобщенных или интегральных оценок показателей, характеризующих неоднородными количественными и весовыми параметрами, базирующихся на теории событий и анализа ситуации, где согласно В.Е. Минакеру [15],

в качестве интегральной оценки принимается арифметическая сумма оценок частных параметров здоровья населения:

$$IAPH_i = \sum_{i=1}^n PPPH_i = PPPH_1 + PPPH_2 + PPPH_3 + \dots + PPPH_i, \quad (8)$$

где $IAPH_i$ – интегральная оценка частных параметров здоровья населения; $PPPH_i$ – оценка i -го параметра здоровья населения.

Медико-статистические показатели имеют неодинаковую важность для здоровья населения, и для решения этих особенностей частных параметров здоровья населения возникает необходимость во введении коэффициентов весомости параметров, тогда формула для интегральной оценки частных параметров здоровья населения принимает следующий вид:

$$IAPH_i = \sum_{i=1}^n (PPPH_i) \cdot WCPYI_i = WCPYI_1 \cdot PPPH_1 + WCPYI_2 \cdot PPPH_2 + \\ + WCPYI_3 \cdot PPPH_3 + \dots + WCPYI_i \cdot PPPH_i, \quad (9)$$

где $WCPYI_i$ – весовой коэффициент i -го параметра здоровья населения.

Изложенные выше результаты сопоставительного анализа существующих методов построения интегральной оценки частных параметров здоровья населения показали возможность использования для оценки здоровья населения интегрального показателя ($IPPH_i$), который определяется на основе суммирования средневзвешенных арифметических показателей частных параметров здоровья населения:

$$IPPH_i = \sum_{i=1}^n RSIPH_i \cdot WCPYI_i, \quad (10)$$

где $WCPYI_i$ – весовой коэффициент показателей здоровья населения; n_i – количество показателей здоровья населения.

Пятый этап. При количественной и качественной оценке интегрального показателя здоровья населения ($IPPH_i$), в связи с существованием на практике разнонаправленных тенденций изменения во времени, необходимо выявить причинно-следственные связи основных факторов, влияющих на показатели здоровья населения (PH_i). Для оценки причинно-следственных связей основных факторов можно использовать их амплитуды колебания ($\Delta IPPH_i$) в рассматриваемых промежутках времени (PT_i):

$$\Delta IPPH_i = IPPH_i^{max} - IPPH_i^{min}, \quad (11)$$

где $IPPH_i^{max}$ – максимальное значение $IPPH_i$ в рассматриваемом промежутке времени; $IPPH_i^{min}$ – минимальное значение $IPPH_i$ в рассматриваемом промежутке времени.

При этом изменение интегрального показателя здоровья населения ($IPPH_i$) в соответствии с разбросом статистических показателей от $IPPH_i^{min}$ до $IPPH_i^{max}$, будет изме-

няться пропорционально вкладам весового коэффициента ($WCPYI_i$) показателей здоровья населения (PH_i).

Таким образом, предложенный подход для оценки интегрального показателя здоровья населения, базирующийся на теории регрессивно-корреляционного анализа, амплитуды размаха статистических показателей, метода анализа ситуации, теории событий и интегрального показателя, как обобщающей характеристики здоровья населения, может быть использован для решения проблем здравоохранения при наличии соответствующих статистических материалов.

Заключение

В результате проведенного исследования выполнена систематизация и структурный анализ существующих методов оценки здоровья населения, с позиции использования их для решения комплексной задачи здравоохранения, на основе всех частных параметров здоровья, представленных в соответствующих статистических сборниках.

Временные ряды здоровья населения, полученные на основе государственных статистических данных, как случайные величины, зависящие от времени и начальных условий, требуют определить среднеарифметическое значение годовых показателей заболеваемости населения, виды линейных уравнений трендов показателя заболеваемости населения и модульный коэффициент годовых показателей заболеваемости населения с использованием метода тенденций.

При этом динамике заболеваемости во времени свойственна не только стохастическая составляющая, но также и детерми-

нированная составляющая в виде тренда, с разнонаправленными (положительными и отрицательными) трендами и их функциональные зависимости в виде корреляционно-линейных уравнений с двумя переменными, служащие научной основой для прогнозирования медико-демографического состояния региона.

Использование метода обобщенных или интегральных оценок показателей, характеризующих неоднородными количественными и весовыми параметрами, основанных на теории событий и анализе ситуаций с использованием математического моделирования интегрального показателя здоровья населения, позволяет учесть все виды заболеваемости, представленные в государственных статистических сборниках, и преобразовать их в единый показатель, удобный для прогнозирования их тенденций в пространственных и временных аспектах.

Рассмотренные в работе подходы по созданию базы исследования и методологические подходы, направленные на разработку алгоритма расчета интегрального показателя с применением теории регрессивно-корреляционного анализа, амплитуды размаха статистических показателей, метода анализа ситуации, теории событий и средних величин, позволяющие оценить и спрогнозировать медико-демографическое состояние во времени, на основе оценки тенденции изменения с использованием линейных трендов.

Список литературы

1. Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Цинкер М.Ю., Чигвинцев В.М., Бабина С.В., Кучуков А.И. Каскадная модель для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью в результате контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 11. С. 27–36. DOI: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-27-36.
2. Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б., Васюнина А.Е., Васильев М.Д. Методические подходы к измерению общественного здоровья как медико-социального ресурса и потенциала общества // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 7–15. DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-11-7-15.
3. Смелов П.А. Теоретические подходы к статистической оценке характеристики здоровья населения // Врач-аспирант.

2015. № 2.1 (69). С. 170–177. URL: <http://www.sbook.ru/vrasp/contents/val5691sd.pdf> (дата обращения: 02.09.2025).

4. Медик В.А., Токмачев М.С. Математическая статистика в медицине в 2 т. Т. 1: учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2023. 471 с. ISBN: 978-5-534-07590-8.

5. Кулак А.Г. Обоснование методики моделирования интегральной оценки здоровья для пространственных и динамических сопоставлений // Новые горизонты – 2015: сборник материалов Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума (Минск, 26–27 ноября 2015 г.). Минск: БНТУ, 2015. С. 107–109. [Электронный ресурс]. URL: <https://rep.bntu.by/handle/data/40866> (дата обращения: 21.10.2025).

6. Мешечкин В.В., Богатырева Н.И. Математическое моделирование задачи повышения уровня здоровья населения Кемеровской области с применением интегрального показателя // Вестник КемГУ. 2011. № 3 (47). С. 76–85. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-zadachi-povysheniya-urovnya-zdorovya-naseleniya-keмеровской-области-s-primeneniem-integralnogo/viewer> (дата обращения: 21.10.2025).

7. Кирьянов Б.Ф., Токмачев М.С. Математические модели в здравоохранении: монография. Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2009. 305 с. ISBN 978-5-89896-357-6.

8. Кулак А.Г. Статистическая оценка и сравнительный анализ здоровья населения в регионах // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. Магнитогорск: Издательство МГТУ им. Г.И. Носова, 2016. № 1 (6). С. 79–88. EDN: WAICKR.

9. Diewert W Erwin and Alice O Nakamura IIndex number concepts, measures and decompositions of productivity growth // Journal of Productivity Analysis. 2003. Vol. 19 (2). P. 127–159. DOI: 10.1023/A:1022897231521.

10. Трофимова Е.А., Кисляк Н.В., Гилёв Д.В. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие / под общ. ред. Е.А. Трофимовой. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 160 с. ISBN 978-5-7996-2317-3.

11. Подиновский В.В., Потапов М.А. Чувствительности решений многокритериальных задач по параметрическим частным отношением предпочтения // Автоматика и телемеханика, 2019. № 7. С. 142–154. DOI: 10.1134/S0005231019070079.

12. Кулак А.Г. Статистический анализ и моделирование показателей здоровья населения Республики Беларусь: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Минск, 2010. 26 с.

13. Макарова И.Л. Анализ методов определения весовых коэффициентов в интегральном показателе общественного здоровья // Символ науки. 2015. № 7. С. 87–94. EDN: UCVXVR.

14. Макарова И.Л. Определение интегрального показателя общественного здоровья // Новое слово в науке: перспективы развития. 2016. № 4–2 (10). С. 128–139. EDN: XRIDPD.

15. Алферьев Д.А., Кремин А.Е., Родионов Д.Г., Величенкова Д.С. К методологии проверки интегральных оценок социально-экономических объектов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14. № 6. С. 86–106. DOI: 10.15838/esc. 2021.6.78.5.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИПЕРТИРЕОЗА У КРЫС

¹Полиданов М.А., ²Волков К.А., ¹Цуканова П.Б., ¹Кашихин А.А., ²Капралов С.В.,
²Масляков В.В., ³Базаров Д.В., ⁴Ванжа Я.Е., ²Турлыкова И.А., ²Хмара А.Д.

¹Частное учреждение образовательная организация высшего образования Университет «Реавиз»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: maksim.polidanoff@yandex.ru;

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный медицинский университет
имени В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Российская Федерация;

³Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный
центр хирургии им академика Б.В. Петровского», Москва, Российская Федерация;

⁴Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения
«Городская Больница № 9», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Гипертиреоз – состояние, характеризующееся избыточной выработкой гормонов щитовидной железы. Для изучения механизмов развития гипертиреоза и поиска эффективных методов лечения, несомненно, важно проводить эксперименты на лабораторных моделях. Цель исследования. Экспериментально обосновать способ моделирования гипертиреоза у крыс. Для проведения эксперимента использовались 15 взрослых крыс породы стандарт массой 200-250 г. Все животные содержались в стандартных условиях вивария при температуре 22 °С, относительной влажности воздуха 55% и 12-часовом световом цикле. Гипертиреоз был индуцирован путем прямого введения суспензии левотироксина натрия в 0,9% растворе хлорида натрия в концентрации 0,94 мкг/мл непосредственно в ткань щитовидной железы через малоинвазивный доступ путем пункции щитовидной железы иглой инсулинового шприца в теоретически рассчитанной и экспериментально подтвержденной дозе 0,0125 мл/г. В течение 14 дней за крысами наблюдали. С целью выявления признаков гипертиреоза каждые три дня проводили взвешивание крыс для оценки динамики изменения массы тела и проводили тест «открытого поля». Кроме того, на 1-й и 14-й день эксперимента из хвостовой вены брали кровь для анализа уровня тироксина, трийодтиронина и тиреотропного гормона. Экспериментально было подтверждено, что заявляемый способ вызывает развитие гипертиреоза у крыс, что проявляется характерными физиологическими и морфологическими изменениями и может служить основой для дальнейших исследований в области эндокринологии и фармакологии. Способ моделирования гипертиреоза у крыс в эксперименте характеризуется тем, что предварительно анестезированной крысе через малоинвазивный доступ в ткань щитовидной железы иглой инсулинового шприца вводят суспензию левотироксина натрия в 0,9% растворе хлорида натрия в концентрации 0,94 мкг/мл в дозе 0,0125 мл/г.

Ключевые слова: гипертиреоз, щитовидная железа, гормоны щитовидной железы, левотироксин натрия, моделирование, эксперимент

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF MODELING HYPERTHYROIDISM IN RATS

¹Polidanov M.A., ²Volkov K.A., ¹Tsukanova P.B., ¹Kashikhin A.A., ²Kapralov S.V.,
²Maslyakov V.V., ³Bazarov D.V., ⁴Vanja Y.E., ²Turlykova I.A., ²Khmara A.D.

¹Private institution of higher education University "Reaviz", Saint Petersburg,
Russian Federation, e-mail: maksim.polidanoff@yandex.ru;

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State Medical
University named after V.I. Razumovsky", Saratov, Russian Federation;

³Federal State Budgetary Scientific Institution "Russian Scientific Center of Surgery
named after Academician BV Petrovsky", Moscow, Russian Federation;

⁴St. Petersburg State Budgetary Institution City Hospital № 9, Saint Petersburg, Russian Federation

Hyperthyroidism is a condition characterized by excessive production of thyroid hormones. To study the mechanisms of hyperthyroidism development and to find effective methods of treatment, it is undoubtedly important to conduct experiments on laboratory models. Purpose of the study. To experimentally substantiate the method of modeling hyperthyroidism in rats. For the experiment, 15 adult Standard rats weighing 200–250 g were used. All animals were kept in standard vivarium conditions at a temperature of 22 °C, relative humidity of 55%, and a 12-hour light cycle. Hyperthyroidism was induced by direct administration of a suspension of levothyroxine sodium in 0,9% sodium chloride solution at a concentration of 0,94 µg/ml directly into the thyroid tissue through a minimally invasive access by puncturing the thyroid gland with an insulin syringe needle at a theoretically calculated and experimentally confirmed dose of 0,0125 ml/g. The rats were observed for 14 days. In order to identify signs of hyperthyroidism, the rats were weighed every three days to assess changes in body weight and an «open field» test was performed. In addition, on the 1st and 14th days of the experiment, blood was taken from the tail vein to analyze the levels of thyroxine, triiodothyronine, and thyroid-stimulating hormone. It was experimentally confirmed that the claimed method causes the development of hyperthyroidism in rats, which is manifested by characteristic physiological and morphological changes and can serve as a basis for further studies in the field of endocrinology and pharmacology. The method of modeling hyperthyroidism in rats in the experiment, characterized by the fact that the pre-anesthetized rat through a minimally invasive access into the thyroid tissue with the needle of an insulin syringe is injected with a suspension of levothyroxine sodium in 0,9% sodium chloride solution at a concentration of 0,94 µg/ml at a dose of 0,0125 ml/g.

Keywords. Hyperthyroidism, thyroid, thyroid hormones, sodium levothyroxine, modeling, experiment

Введение

Гипертиреоз – состояние, характеризующееся избыточной выработкой гормонов щитовидной железы (тироксина и трийодтиронина), что приводит к ускорению метаболизма и различным физиологическим изменениям в организме [1; 2]. Ткань щитовидной железы заполнена преимущественно сферическими тиреоидными фолликулами [3]. Каждый фолликул представляет собой слой кубовидных клеток (тиреоцитов), окружающих полость, заполненную коллоидом, главной составляющей которого является белок тиреоглобулин (ТГ) [4-6]. Клетки обращены внутрь полости апикальными поверхностями, на которых имеются микроворсинки, проникающие в коллоид. Между фолликулами располагаются кровеносные капилляры [7; 8].

Для изучения механизмов развития гипертиреоза и поиска эффективных методов лечения, несомненно, важно проводить эксперименты на лабораторных моделях.

Так, уже известен способ моделирования гипертиреоза [9], включающий пересечение диафрагмального нерва с последующей имплантацией его конца в ткань щитовидной железы. С целью введения животного в состояние тиреотоксического криза путем создания в организме избыточного количества гормонов щитовидной железы, через 2-3 мес. после имплантации нерва ткань щитовидной железы подвергают механическому разрушению.

Однако, несмотря на определённую эффективность данного способа, он имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, использование местной анестезии с низкой концентрацией новокаина (0,025%) может быть недостаточным для полноценного обеспечения анестезии в ходе сложного хирургического вмешательства, что повышает риск стресса и болевого шока у животных, а также может влиять на результаты эксперимента. Во-вторых, необходимость двукратного хирургического вмешательства увеличивает риск развития послеоперационных осложнений, таких как инфекция, воспаление или нарушение функции окружающих тканей, что может отрицательно сказаться на выживаемости подопытных особей и вносить дисбаланс в исследуемые параметры. В-третьих, механическое травмирование щитовидной железы зажимом Кохера может вызывать неспецифическое воспаление и фиброз, что затрудняет интерпретацию гормональных изменений и патоморфологических данных, поскольку эти изменения могут быть обусловлены не только гипертиреозом, но и посттравма-

тической реакцией ткани. Кроме того, длительный период наблюдения (2-3 месяца) делает модель трудоёмкой и менее воспроизводимой в краткосрочных исследованиях. Наконец, использование собак вместо более распространённых лабораторных животных (например, крыс или мышей) ограничивает доступность модели и усложняет её стандартизацию.

Известен способ моделирования тиреотоксикоза и коллоидного зоба [10], согласно которому животному внутрижелудочно вводят тиреотом в еженедельно возрастающей дозе, начиная с 25 до 200 мкг/кг, в течение 6 недель с последующим определением функциональной активности щитовидной железы. Способ обеспечивает создание такой патологии щитовидной железы, которая позволяет получить в крови и периферических органах клиническую картину гиперфункции щитовидной железы, а в тиреоидной паренхиме создать патологию коллоидного зоба.

Несмотря на то, что способ моделирования тиреотоксикоза и коллоидного зоба позволяет достичь выраженной гиперфункции щитовидной железы и морфологических изменений в её ткани, он имеет ряд потенциальных недостатков. Во-первых, длительное внутрижелудочное введение тиреотома в возрастающих дозах (от 25 до 200 мкг/кг) в течение 6 недель является трудоёмким и требует строгого контроля за каждым этапом введения, что может снижать воспроизводимость модели в разных лабораториях. Во-вторых, индивидуальная вариабельность метаболизма препарата у животных может приводить к неоднородности модели – у некоторых особей может развиваться недостаточно выраженный тиреотоксикоз или, напротив, чрезмерная стимуляция щитовидной железы, что затрудняет стандартизацию исследований. В-третьих, отсутствие хирургического контроля над состоянием щитовидной железы и уровнями гормонов в динамике введения препарата может ограничивать точность оценки развития патологии. Кроме того, сам механизм моделирования, основанный исключительно на фармакологическом воздействии, не воспроизводит возможных иммунных или нейрогуморальных компонентов, характерных для некоторых форм клинического гипертиреоза у человека, что снижает адекватность данной модели для изучения определённых патофизиологических аспектов заболевания.

Известен способ создания экспериментальной модели карциномы Льюиса в условиях гипертиреоза [11], согласно которому самкам и самцам мышей C57BL/6 в течение

пяти дней вводят внутривенно лекарственное вещество лиотиронин в дозировке 20 мкг/100 г в 0,5 мл физиологического раствора с понедельника по пятницу 1 раз в день, затем подкожно перевивают карциному Льюиса в дозе 2 млн клеток в 0,5 мл физиологического раствора.

Преимущество способа заключается в возможности установить усиление злокачественного потенциала опухоли за счёт стимуляции её роста и снижения продолжительности жизни животных, изучать патогенез онкологического процесса в условиях коморбидной патологии, что особенно актуально для онкологической клиники, а также разрабатывать и тестировать адекватные терапевтические воздействия на опухоль, при этом предложенный метод является экономичным, воспроизводимым и доступным для использования в лабораторной практике.

Однако данный способ имеет ряд потенциальных ограничений. Во-первых, отсутствие детального описания метода индукции гипертиреоза у мышей снижает воспроизводимость эксперимента и затрудняет его сравнение с другими моделями. Во-вторых, не указаны конкретные параметры подтверждения гипертиреоза (например, уровни ТЗ, Т4, ТТГ), что сильно усложняет оценку степени выраженности эндокринного дисбаланса и его стабильности на протяжении всего исследования. В-третьих, использование карциномы Льюиса – агрессивной и быстро растущей опухоли – на фоне системного тиреотоксикоза может приводить к чрезмерной нагрузке на организм животных, что потенциально усиливает общее состояние истощения и сокращает срок наблюдения, ограничивая возможность изучать долгосрочные эффекты взаимодействия гипертиреоза и опухолевого роста. Кроме того, не рассмотрены возможные половые различия в ответе на комбинацию гипертиреоза и опухолевой патологии, несмотря на то что исследование проводилось на мышах обоего пола, что снижает информативную ценность модели в аспекте половых особенностей течения заболевания.

Цель исследования – экспериментально обосновать способ моделирования гипертиреоза у крыс.

Материалы и методы исследования

Для проведения эксперимента использовались 15 взрослых крыс породы стандарт массой 200-250 г. Все животные содержались в стандартных условиях вивария при температуре 22 °С, относительной влажности воздуха 55% и 12-часовом све-

товом цикле. Крысы получали стандартный рацион и воду *ad libitum*. Гипертиреоз был индуцирован (смоделирован) путем прямого введения суспензии левотироксина натрия (L-T₄) [13, с. 201] в 0.9% растворе хлорида натрия в концентрации 0,94 мкг/мл непосредственно в ткань щитовидной железы через малоинвазивный доступ путем пункции щитовидной железы иглой инсулинового шприца в теоретически рассчитанной и экспериментально подтвержденной дозе 0,0125 мл/г.

Малоинвазивный доступ размером 1 см обеспечен вертикальным разрезом кожного покрова, подкожно-жировой клетчатки и мышечного слоя. После введения суспензии непосредственно в ткань щитовидной железы вертикальный разрез ушивали послойно (мышечный слой, подкожно-жировая клетчатка, кожный покров) с последующим наложением асептической повязки на место оперативного вмешательства для создания асептических условий и предупреждения занесения инфекции.

Все оперативные вмешательства сопровождали с использованием золетил-ксилазинового наркоза по следующей схеме: золетил 0,3 мг в/м, ксиланит 0,8 мг в/м из расчета на 100 г массы тела животного продолжительностью от 30 минут до 1 часа, в зависимости от длительности оперативного малоинвазивного вмешательства. Наркоз верифицировали по исчезновению реакции на болевые раздражители (укол лапы лабораторного животного) и угнетению роговичного рефлекса. За период использования золетил-ксилазинового наркоза не было выявлено ни одного случая гибели крыс от остановки дыхания или сердечной деятельности, а также пробуждения во время операции зарегистрировано не было.

В течение 14 дней за крысами наблюдали. С целью выявления признаков гипертиреоза каждые три дня проводили взвешивание крыс для оценки динамики изменения массы тела и проводили тест «открытого поля» [12, с. 32]. Кроме того, на 1-й и 14-й день эксперимента из хвостовой вены брали кровь для анализа уровня тироксина (Т4), трийодтиронина (Т3) и тиреотропного гормона (ТТГ). После окончания проведения эксперимента на 14-й день крысы были эвтаназированы, щитовидные железы извлечены и зафиксированы в 10%-ном формалине для последующей гистологической обработки и микроскопического исследования.

Разрешение на проведение исследования отражено локальным этическим комитетом (ЛЭК) ЧУОО ВО «Медицинский

университет «Реавиз» (протокол ЛЭК номер 12 от 03.12.2024). Условия содержания в виварии лабораторных животных регламентированы РД-АПК 3.10.07.02-09 «Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений», Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.04.2016 г. № 199н «Об утверждении правил надлежащей лабораторной практики», ГОСТ 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными.

Результаты исследования и их обсуждение

У крыс, получавших суспензию, наблюдалось значительное снижение массы тела (на 70 г) по сравнению с началом эксперимента. К концу 14-го дня разница в массе тела между периодами достигла максимума (120-180 г). В тесте «открытого поля» крысы с гипертиреозом проявляли повышенную активность и повышенную тревожность по сравнению с началом эксперимента. Концентрация Т4 и Т3 в крови крыс была зна-

чительно выше, а ТТГ понижен вследствие патофизиологических механизмов, связанных с подавлением секреции тропных гормонов из-за повышенной концентрации Т3 и Т4, что обусловлено ускоренными биохимическими процессами [14, с. 7] (табл. 2) по сравнению с началом проведения эксперимента (табл. 1), что подтверждает успешность индукции гипертиреоза.

Гистологический анализ, представленный на рисунке, показал пролиферативные изменения фолликулярного эпителия щитовидной железы с инвагинацией и уменьшением содержания коллоида, увеличением числа кровеносных сосудов и минимальной лимфоцитарной инфильтрацией в строму, что характерно для функциональной гиперплазии щитовидной железы.

Полученные результаты [15] свидетельствуют о том, что прямое введение суспензии в щитовидную железу успешно моделирует состояние гипертиреоза у крыс, вызывая характерные физиологические и морфологические изменения. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего изучения патогенеза гипертиреоза и разработки новых терапевтических подходов.

Таблица 1

Результаты анализа крови на гормоны щитовидной железы и тиреотропного гормона до начала эксперимента (на 1-й день проведения эксперимента)

№ крысы	Т3 (нмоль/л) по результатам исследования на 1-й день эксперимента (норма = $1,5 \pm 0,05$)	Т4 (нмоль/л) по результатам исследования на 1-й день эксперимента (норма = $25,0 \pm 5,5$)	Тиреотропный гормон, мг на 1 мг белка по результатам исследования на 1-й день эксперимента (норма = $30,0 \pm 5,0$)
1	1,48	27,3	32,1
2	1,52	20,1	28,4
3	1,45	29,8	35,6
4	1,55	22,5	26,7
5	1,5	26,0	30,0
6	1,53	31,2	33,3
7	1,47	19,0	31,5
8	1,51	24,5	29,2
9	1,5	28,0	30,5
10	1,49	23,7	27,8
11	1,54	25,5	34,0
12	1,46	18,9	25,1
13	1,54	30,4	31,9
14	1,5	24,8	29,6
15	1,51	26,3	30,8

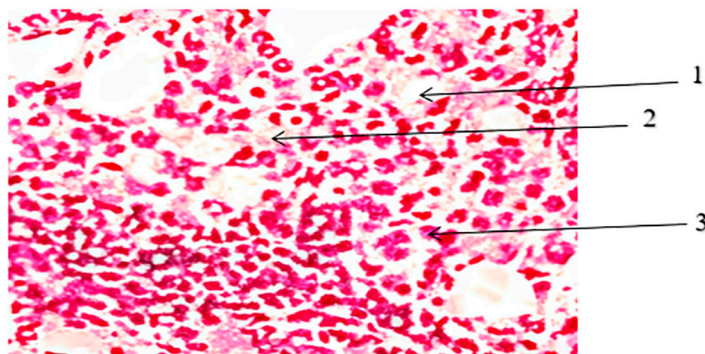
Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 2

Результаты анализа крови на гормоны щитовидной железы и тиреотропного гормона после завершения эксперимента (на 14-й день проведения эксперимента)

№ крысы	T3 (нмоль/л) по результатам исследования на 14-й день эксперимента (норма = 1,5)	T4 (нмоль/л) по результатам исследования на 14-й день эксперимента (норма = 25,0±5,5)	Тиреотропный гормон (мг на 1 мг) белка по результатам исследования на 14-й день эксперимента (норма = 30,0±5,0)
1	2,8	52,0	12,5
2	3,1	60,2	9,7
3	2,6	45,0	14,0
4	3,3	65,6	8,1
5	4,96	50,0	14,4
6	3,0	58,3	16,6
7	2,95	47,5	15,0
8	3,2	62,1	12,9
9	3,26	43,0	14,7
10	3,33	68,0	12,8
11	4,8	50,0	14,2
12	2,7	51,0	11,0
13	3,2	49,9	9,8
14	2,7	63,5	15,4
15	3,3	47,2	20,0

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.



Морфология смоделированного гипертиреоза у крыс:

1 – пролиферативные изменения фолликулярного эпителия щитовидной железы с инвагинацией и уменьшением содержания коллоида; 2 – увеличение количества кровеносных сосудов; 3 – небольшое количество лимфоцитов. Окраска Г/Э, ув. х 200
Источник: фото микропрепарата получено авторами самостоятельно в ходе исследования

Заключение

Таким образом, экспериментально подтверждено, что разработанный способ вызывает развитие гипертиреоза у крыс, что проявляется характерными физиологическими и морфологическими изменениями и может служить основой для дальнейших исследований в области эндокринологии и фармакологии.

Список литературы

1. Сергалиева М.У., Абдулкадырова Э.И., Ясенявская А.Л. Экспериментальные модели патологий щитовидной железы // Астраханский медицинский журнал. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-modeli-patologiiy-schitovidnoy-zhelezy> (дата обращения: 01.06.2025).
2. Чартаков К., Разаков Б.Ю. Экспериментальные модели патологии щитовидной железы // Мировая наука. 2024. № 4 (85). С. 80-83. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-modeli-patologiiy-schitovidnoy-zhelezy> (дата обращения: 01.06.2025).

3. Chaker L., Cooper D.S., Walsh J.P., Peeters R.P. Hyperthyroidism // *Lancet*. 2024. Vol. 403. № 10428. P. 768-780. DOI: 10.1016/S0140-6736(23)02016-0.
4. Lee S.Y., Pearce E.N. Hyperthyroidism: A Review // *JAMA*. 2023. Vol. 330. № 15. P. 1472-1483. DOI: 10.1001/jama.2023.19052.
5. Hughes K., Eastman C. Thyroid disease: Long-term management of hyperthyroidism and hypothyroidism // *Aust J Gen Pract*. 2021. Vol. 50. № 1-2. P. 36-42. DOI: 10.31128/AJGP-09-20-5653.
6. Kim H.J., McLeod D.S.A. Subclinical Hyperthyroidism and Cardiovascular Disease. *Thyroid*. 2024. Vol. 34. № 11. P. 1335-1345. DOI: 10.1089/thy.2024.0291.
7. Giovanella L. Update on diagnosis and treatment of hyperthyroidism // *Q J Nucl Med Mol Imaging*. 2021. Vol. 65. № 2. P. 89-90. DOI: 10.23736/S1824-4785.21.03351-3.
8. Tsai K., Leung A.M. Subclinical Hyperthyroidism: A Review of the Clinical Literature // *Endocr Pract*. 2021. Vol. 27. № 3. P. 254-260. DOI: 10.1016/j.eprac.2021.02.002.
9. Авторское свидетельство SU 903951, МПК G09B23/28, опубл. 07.02.1982. Заявка № 2878324 от 22.01.1980. Неймарк М.И. Способ моделирования гипертиреоза. URL: <https://patenton.ru/patent/SU903951A1> (дата обращения: 31.05.2025).
10. Патент RU 2357296, МПК G09B23/28, опубл. 27.05.2009. Заявка № 2007143562/14 от 27.11.2007. Айвазова А.С., Колхир В.К. Способ моделирования тиреотоксикоза и коллоидного зоба. URL: <https://patenton.ru/patent/RU2357296C1> (дата обращения: 31.05.2025).
11. Патент RU 2824963, МПК A61B17/00, G09B23/28, опубл. 16.08.2024. Кит О.И., Франциянц Е.М., Каплиева И.В., Шихлярова А.И., Нескубина И.В., Васильева Е.О., Трепятики Л.К., Качесова П.С., Погорелова Ю.А., Черярина Н.Д., Ишонина О.Г. Способ создания экспериментальной модели карциномы Льюиса в условиях гипертиреоза. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2824963C1/ru> (дата обращения: 31.05.2025).
12. Синдаков Д.Б. Методика и методология физиологического эксперимента. Материалы для спецкурса: учеб.-метод. пособие для студентов кафедры физиологии человека и животных биологического факультета Белорусского государственного университета. Мн.: БГУ, 2007. 70 с. УДК 591.1:612(075.8).
13. Харкевич Д.А. Фармакология. 13-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. 752 с. ISBN: 978-5-9704-6820-3.
14. Скударнова И.М., Соболева Н.В., Мычка Н.В. Гормоны щитовидной железы: пособие для врачей / ЗАО «Вектор-Бест». Кольцово: ЗАО «Вектор-Бест», 2006. 32 с. URL: <http://www.zavlab.ru/files/pdf/gormon.pdf> (дата обращения: 31.05.2025).
15. Заявка на патент РФ № 2025114776 от 30.05.2025. Петрунькин Р.П., Волков К.А., Полиданов М.А., Цуканова П.Б., Кашихин А.А., Капралов С.В., Кравченко А.Р., Масляков В.В., Кулигин А.В., Графова Е.В., Ванжа Я.Е., Хмара А.Д., Гавруков Д.С., Турлыкова И.А., Фрейтаг А.А., Котенко Е.Н. Способ моделирования гипертиреоза у крыс в эксперименте. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet (дата обращения: 31.05.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 616.1/.4-031.14-02-036.8

**ПРОБЛЕМЫ КОМОРБИДНОСТИ: ФОРМИРОВАНИЕ
И ИСХОДЫ С СИСТЕМНЫХ ПОЗИЦИЙ****Кац Я.А., Пархонюк Е.В.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Саратов, Российская Федерация,
e-mail: ele7230@yandex.ru*

Темп развития патологии, вероятность неблагоприятного результата и прогноза при коморбидных состояниях во многом определяются чрезмерным фиброгенезом и склерозированием поврежденных органов вне зависимости от характера заболевания. Основной целью исследования было привлечь внимание медицинского сообщества к общим механизмам склеротического процесса, участвующим в формировании коморбидности. В ходе проведенного анализа представленного научного публикационного материала в свободном доступе и в специализированных электронных базах Cyberleninka, e-Library, PubMed, Google Scholar были изучены 75 научных работ за период с 1970 по 2024 г., из которых были отобраны 32 источника. Проведен анализ данных русскоязычной и англоязычной литературы по выявлению возможных причин увеличения распространенности коморбидности и сложности ее диагностики. Рассмотрены общие патогенетические закономерности, участвующие в формировании коморбидности. Особое внимание уделено механизмам развития органосклерозов в ответ на различные повреждения и их сочетание. На основании проведенного исследования авторы посчитали возможным свести понятие коморбидности к концепции хронической склеротической болезни, в развитии которой чрезмерный фиброгенез является ведущим механизмом вне зависимости от нозологической составляющей. Предложена методология диагностики потенциальных возможностей избыточного склерозирования на самых ранних этапах.

Ключевые слова: множественные хронические заболевания, коморбидность, мультиморбидность, хроническая склеротическая болезнь, фиброгенез, склероз, диагностика, антифибротическая терапия

**PROBLEMS OF COMORBIDITY: FORMATION
AND OUTCOMES FROM A SYSTEMIC PERSPECTIVE****Kats Ya.A., Parkhonyuk E.V.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky” of the Ministry of Health
of the Russian Federation, Saratov, Russian Federation, e-mail: ele7230@yandex.ru*

The rate of pathology development, the likelihood of an unfavorable outcome and prognosis in comorbid conditions are largely determined by excessive fibrogenesis and sclerosis of damaged organs, regardless of the nature of the disease. The main purpose of the study was to draw the attention of the medical community to the general mechanisms of the sclerotic process involved in the formation of comorbidity. During the analysis of the presented scientific publication material in the public domain and in specialized electronic databases Cyberleninka, e-Library, PubMed, Google Scholar, 75 scientific papers from 1970 to 2024 were studied, from which 32 literary sources were selected. The analysis of data from the Russian-language and English-language literature has been carried out to identify possible causes of an increase in the prevalence of comorbidity and the complexity of its diagnosis. The general pathogenetic patterns involved in the formation of comorbidity are considered. Special attention is paid to the mechanisms of organosclerosis development in response to various injuries and their combination. Based on the conducted research, the authors considered it possible to reduce the concept of comorbidity to the concept of chronic sclerotic disease, in the development of which excessive fibrogenesis is the leading mechanism, regardless of the nosological component. A methodology for diagnosing the potential for excessive sclerosis at the earliest stages is proposed.

Keywords: multiple chronic diseases, comorbidity, multimorbidity, chronic sclerotic disease, fibrogenesis, sclerosis, diagnosis, antifibrotic therapy

Введение

Значительные изменения внешних условий, улучшение качества жизни и достижения медицины привели, как ни странно, к неоднозначным, порой парадоксальным эффектам, что требует дополнительного осмысления. Как известно, в современном мире увеличение общей продолжительности жизни вследствие старения населения совместно с неблагоприятным влиянием

факторов окружающей среды привело к накоплению в популяции значительной массы лиц с коморбидными состояниями, которые экспертами ВОЗ определены как главная причина инвалидизации и смертности населения [1–3]. Но в таком случае чем объяснить, что наряду с ростом общей заболеваемости, пандемией так называемых неинфекционных заболеваний (сердечно-сосудистых, онкологических, болезней ор-

ганов дыхания, сахарного диабета и др.]) и нарастанием коморбидной патологии [4–6] – продолжительность жизни и постарение населения продолжают неуклонно расти. Обращает на себя внимание существование еще одного парадокса, заключающегося в том, что в условиях множественных хронических заболеваний (МХЗ) и коморбидности и несмотря на увеличение активности и количества факторов риска (частота и длительность стрессовых состояний, характера диетических предпочтений, курение, ожирение, возраст) отмечается не ухудшение, а улучшение качества жизни пациентов [7]. В то же время сложившаяся ситуация стала достаточно весомым поводом для того, чтобы профилактику и лечение хронических неинфекционных заболеваний ВОЗ обозначила приоритетным проектом второго десятилетия XXI в., направленного на повышение качества жизни населения мира [8, с. 24].

Следующая важная проблема, с которой сталкивается современный практикующий врач, это существующая несогласованность в определении и терминологии коморбидности. В одной и той же публикации можно встретить употребление двух-трех терминов при описании одних и тех же состояний. Существует более семи различных синонимов коморбидности, хотя некоторые из них имеют другие значения. Справедливо считать, что «отсутствует общепринятый термин для обозначения патологии (МХЗ, множественные хронические состояния, плюриморбидность, коморбидность, полиморбидность); нет единого перечня заболеваний, позволяющего определить степень отягощенности пациента МХЗ и его прогноз; не разработаны стандарты лечения; нет специалистов, координирующих действия врачей различного профиля для оказания квалифицированной помощи этой группе пациентов; не созданы специализированные отделения для госпитализации. Эти проблемы, наряду с большими экономическими затратами, необходимыми для обслуживания пациентов с МХЗ, являются ощутимым бременем для всех стран» [7; 9; 10]. И это несмотря на то, что в конце XX в. произошла эволюция взглядов на необходимость индивидуализации и целостного подхода к пациенту, особенно при наличии у него комбинированной патологии. Появились многочисленные работы, затрагивающие разные стороны этой проблемы [10–12]. Однако ни в России, ни за рубежом так и не сформировалось ни единой терминологии, ни единого понимания явления коморбидности [13; 14].

В связи с вышеизложенным при дальнейшем представлении взглядов на ком-

плексную патологию, имеющуюся у одного пациента, из семи существующих синонимов авторы будут использовать понятие «коморбидность», которое применяется наиболее часто в широкой практике. Под термином «коморбидность» подразумевается, что у пациента имеют место два и более заболеваний, связанных патогенетически «и/или совпадающих по времени у одного пациента, при условии, что активность каждого из них не имеет значения» [15; 16]. При этом одно из взаимодействующих заболеваний может быть выделено как основное или «индексное» [11; 14; 17].

Учитывая, с одной стороны, отсутствие в мировой науке единой теории, объясняющей закономерности и механизмы формирования коморбидности, а с другой, наличие множественности сочетанной патологии и большую клиническую значимость, следует полагать необходимой и своевременной интенсификацию ее изучения с использованием системного подхода.

При этом «синтропию нозологий необходимо учитывать для проведения целенаправленной профилактики, адекватного лечения и прогнозирования осложнений. Вместе с тем следует отметить, что на сегодняшний день большинство исследований носят преимущественно мононозологический характер и большинство руководств разработано для изучения отдельных заболеваний. Это вызывает наибольшие трудности при ведении больных с коморбидной патологией, так как не позволяет в полной мере проанализировать факторы риска, прогнозы развития сочетанных заболеваний, эффективно решать вопросы их профилактики и эффективного лечения» [18, с. 56; 19].

Цель исследования – привлечь внимание медицинского сообщества к общим механизмам, участвующим в формировании коморбидности, каковыми являются чрезмерный фиброгенез и склерозирование поврежденных органов вне зависимости от характера нозологии, что во многом определяет темп развития патологии и вероятность неблагоприятного результата и прогноза при сочетанных поражениях, связанных с коморбидностью.

Задача исследования – предложить методологию диагностики чрезмерного фиброгенеза на ранних этапах, что может помочь сориентироваться в выявлении групп риска и планировании ранней антифибротической терапии.

Материалы и методы исследования

При выполнении работы авторы руководствовались рекомендациями по подготовке современных обзоров в соответствии

с протоколом Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) [20; 21]. Проведен системный анализ отобранного на основании соответствия содержания работ исследуемому вопросу научного публикационного материала в свободном доступе и в специализированных электронных базах Cyberleninka, e-Library, PubMed, Google Scholar. Всего в ходе исследования были изучены 75 научных трудов за период с 1970 по 2024 г., из них 32 литературных источника, как наиболее полно отражающие изучаемую проблему, были отобраны для публикации. В список литературы был включен ряд научных трудов старше 10 лет, так как они содержат информацию, необходимую для более глубокого понимания исследуемого вопроса.

Результаты исследования и их обсуждение

По мнению авторов, многокомпонентность и сложность взаимодействий и взаимосвязей, составляющих коморбидность, определяют необходимость применять несколько измененную методологию диагностики. Сохраняя алгоритм работы врача, сделан акцент на необходимость применять при диагностике не только системный подход и системный анализ каждого заболевания, формирующего коморбидность, но и интегративизм – как один из методических приемов. Последний предполагает суммарный анализ данных, полученных при использовании всего комплекса методов, включая генетические, биохимические, антропологические, конституционные, иммунологические и др., позволяющие получить представление не только о заболевании, но и о состоянии больного в целом. Такой подход включает, как один из важнейших компонентов, особый порядок анализа. Учитывается и анализируется весь комплекс сложных этиологических и патогенетических переплетений, обусловленных наличием нескольких заболеваний, входящих в коморбидность. Совокупность полученных данных определяет возможность выявления, понимания и создания особого индивидуального образа не только основного или ведущего заболевания, но и образ больного в целом [22].

К основным причинам увеличения встречаемости коморбидности можно отнести:

1. Некоторое увеличение частоты эпидемий инфекционных и возникновение эпидемий неинфекционных заболеваний, являющихся чаще всего основой формирования сочетанной патологии.

2. Диссонанс в степени и темпах эволюции всех участников формирования патоло-

гических процессов, что вызвало нарастание десинхронизов, дезадаптационных процессов, темпов эволюции самих болезней.

3. Масштабные демографические сдвиги, свидетельствующие о старении населения.

4. Недолечивание острых процессов, что способствует трансформации их в хронические формы, создающие фундамент для возникновения коморбидности.

Неуклонный рост распространенности коморбидности, в свою очередь, определяет необходимость:

1. Выявления причин увеличения количества больных с сочетанной патологией.

2. Выявления общих закономерностей, определяющих формирование коморбидности.

3. Уточнения принципов профилактики формирования, диагностики и направлений лечения коморбидных состояний.

Трудности диагностики коморбидных состояний можно объяснить не только изменением объема и характера информации, но и необходимостью изменения характера клинического мышления в связи с действием закономерностей не одного, а нескольких процессов, составляющих коморбидность, нарастанием объема разнообразной информации, включая числовые значения многочисленных методик, данные химико-биологического и технического характера, применяемых при сборе информации о больном и болезнях, что, несомненно, усложняет деятельность врача. Сложность диагностики при наличии коморбидности также может быть обусловлена развитием особых структурных и/или функциональных взаимосвязей или «взаимопроникновений», что является основой для формирования абсолютно новых патологических функциональных систем или новых комбинаций заболеваний, существенно меняющих целостный образ больного.

Многолетний клинический опыт позволил сформулировать основные положения и принципы диагностики коморбидности, к которым можно отнести следующие:

1. Выявление основных критериев диагностики, включающих данные об этиологии, развитии заболевания, органопатологографии и эффекта от специфической терапии.

2. Каждый из полученных критериев диагностики используется для сравнения с аналогичным критерием, который имеет-ся при классическом (эталонном) варианте болезни, предполагаемой у больного. Чем больше совпадений с эталоном, тем большая вероятность правильности заключения.

3. Для точности органной диагностики применяется синдромный метод.

4. Нозологическая диагностика включает описанный критериальный принцип с использованием методов интегратизма, сравнения, системного подхода и системного анализа.

5. Для составления «образа» коморбидного больного следует использовать синергетический и интегративный подходы с включением кибернетических методов анализа и синтеза информации.

Органная диагностика, основанная на синдромном принципе, предполагает применение системного подхода и системного анализа для получения информации о состоянии основных функциональных систем организма (или систем обеспечения). К таковым относятся функциональные системы кислородного (ФСКО), гемодинамического (ФСГО) и энергетического (ФСЭО) обеспечения. В ряде случаев к ним относят также функциональные системы противовирусной (ФСПВЗ) и противоинойфекционной защиты (ФСПИЗ). Именно основные функциональные системы организма (при участии соответствующих функциональных подсистем) характеризуют все изменения внутренней среды в процессе развития типичных патофизиологических реакций, связанных с воспалением, повреждением, склерозом и т.д. (рис. 1).



Рис. 1. Роль факторов внешней и внутренней среды в формировании типичных патофизиологических процессов:

ФСКО – функциональная система кислородного обеспечения, ФСГО – функциональная система гемодинамического обеспечения, ФСЭО – функциональная система энергетического обеспечения, ФСПИЗ – функциональная система противоинойфекционной защиты
Примечание: составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Значение системного подхода при изучении работы ФС трудно переоценить, так как по совокупности основных параметров их деятельности можно не только в значи-

тельной степени получить организменную характеристику, но и некоторые данные об особенностях жизнедеятельности организма в целом. При оценке деятельности ФС наряду с системным подходом должен быть использован и системный анализ их элементов и интегральных показателей, позволяющий выявить не только поврежденные звенья и выраженность изменений внутрисистемных и межсистемных связей, но и пути, возможность и степень компенсации нарушенных функций.

Особая значимость данных о работе функциональных систем проявляется при необходимости получения сведений о состоянии организма на разных этапах развития болезни и/или при формировании коморбидности. В условиях коморбидности, вне зависимости от количества болезней и их активности, ФС не только отражают степень жизнеспособности организма в целом, но и выявляют наиболее поврежденные звенья, возможность (или невозможность) их компенсаций за счет внутрисистемного или межсистемного функционирования.

Неоценимое значение показатели работы ФС приобретают при характеристике этапов развития заболеваний, особенно периодов разгара заболеваний и в восстановительный период, а при хронических процессах – периодов рецидива или ремиссий. Одной из особенностей морфологической динамики при коморбидности является часто постепенное, но всегда значительно в большей степени выраженное развитие фиброзных или склеротических изменений тканей и органов. В период *формирования* и прогрессирования коморбидности системный, а затем и интегративный анализ состояния ФС дает возможность составить организменную характеристику с выявлением повреждений в виде фиброзов и органосклерозов. При этом для характеристики заключительных этапов повреждений органов в виде развития органосклерозов дополнительно используются показатели функциональных подсистем: коллагенообразования и коллагенолиза. На этапе развития коморбидности образование органосклерозов заслуживает особого внимания. Дело в том, что именно в этот период продолжающиеся повреждения при хроническом течении заболеваний, входящих в коморбидность (иногда даже микроповреждения), являются зонами активации склерозирования, которое начинает развиваться по своим законам, часто вне связи с закономерностями основного заболевания, что определяет формирование особого состояния («государство в государстве»), названного авторами *хронической склеротической болезнью (ХСБ)*.

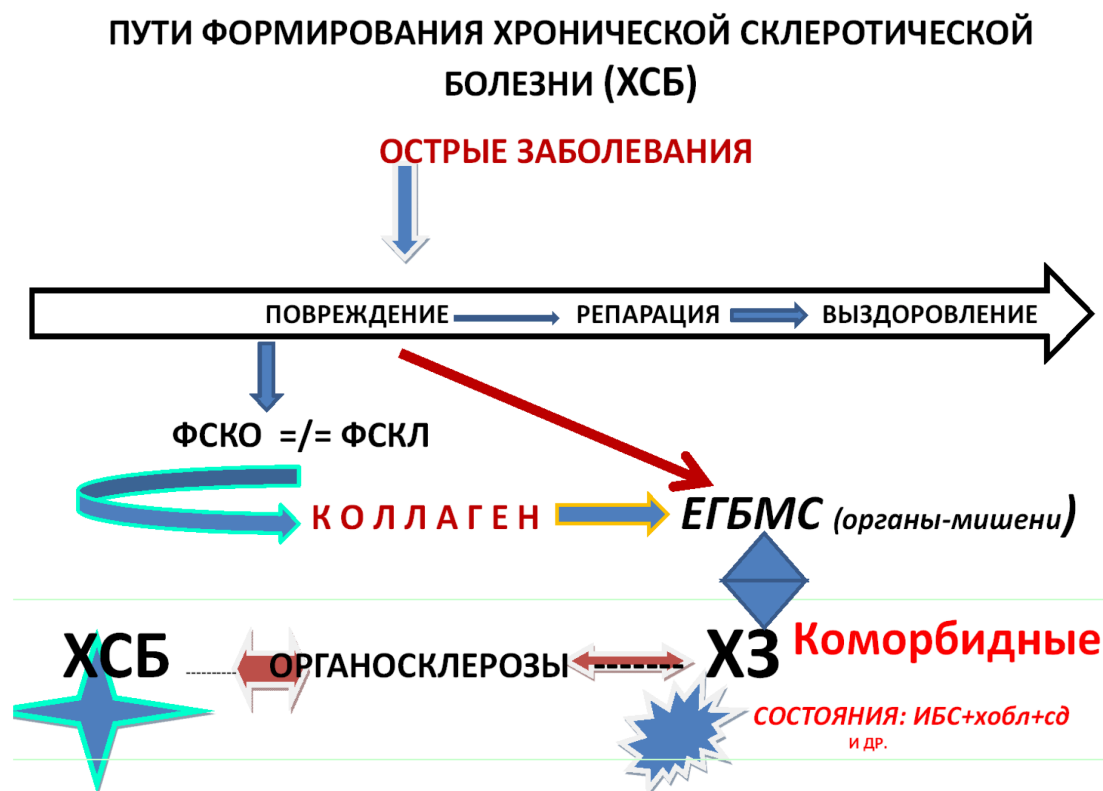


Рис. 2. Пути формирования хронической склеротической болезни: ХСБ – хроническая склеротическая болезнь, ФСКО – функциональная система коллагенообразования, ФСКЛ – функциональная система лизиса коллагена, ЕГБМС – единый генетико-биохимико-морфологический субстрат, ХЗ – хронические заболевания, ИБС – ишемическая болезнь сердца, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, СД – сахарный диабет
Примечание: составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Таким образом, хроническая склеротическая болезнь – наднозологическое понятие, включающее в себя гетерогенную группу состояний и заболеваний, характеризующихся прогрессирующим повреждением органов и тканей, с формированием склероза (фиброза, цирроза, рубца), вторичным развитием органных и организменных дисфункций вплоть до терминальных состояний [22]. Выделение из однотипных состояний и привлечение внимания к ХСБ связано с тем, что ее формирование, степень выраженности и прогрессирование чаще всего происходит в заключительный период течения основного заболевания и во многом не только подтверждает исключительную значимость фиброгенеза и органосклерозов, но и определяет темп развития и особенности клинических проявлений финального этапа [23; 24]. Кроме того, обоснованность выделения концепции ХСБ связана с наличием генетически обоснованных общих типовых реакций на повреждение и единых механизмов замещения повреждений соединительной тканью с формированием скле-

роза (фиброза, склероза, рубца). Учитывая то, что без коллагенового белка невозможно склерозирование, необходимо иметь в виду значение состояния нейро-гормональной регуляции и обмена коллагена, его синтеза и распада [25–27]. При этом важно отметить, что начальные расстройства коллагенового обмена в виде преобладания синтеза над распадом откликаются не только чрезмерной реакцией на склерозирование в поврежденном органе или ткани, но и развитием переноса дисфункции с единственного органа на другие с развитием полиорганности дисфункций [27], дисфункции звеньев «интегративно-регуляторной мегасистемы организма – нейро-эндокринно-иммунной системы» [28]. Понятно, что описанные изменения не только определяют сущность организации ХСБ, но и являются основой для возможной пролонгации и хронизации процессов, входящих в коморбидность, участвуя в формировании коморбидности как таковой. Известно, что в настоящее время чаще всего коморбидность формируют именно хронические воспалительные за-

болевания, поэтому наибольшее внимание уделяется изучению системного воспаления. Хроническое системное воспаление является патологическим процессом, который играет существенную роль при развитии повреждений и фиброгенеза во многих хронических сердечно-сосудистых заболеваниях, составляющих коморбидность [29–31]. В ряде популяционных исследований показано, что при хроническом воспалении запускается каскад патологических реакций, составляющих порочный круг с участием основных звеньев: системное воспаление, гипоксия, активация свободнорадикального окисления, повреждение эндотелия сосудов, нарушение микроциркуляции [32], с последующим замещением повреждения соединительной тканью, чрезмерным фиброгенезом и склерозированием. В связи с этим при диагностике ХСБ огромное значение следует придавать поиску маркеров и показателей, характеризующих как склерозирование, так и состояние единого генетико-биохимико-морфологического субстрата (ЕГБМС). Суммарный анализ всех показателей дает возможность получить представление о состоянии функциональных систем обеспечения, отдельных звеньев функциональных систем коллагенообразования и коллагенолиза, склеротического процесса в целом, наиболее поврежденных звеньях мегасистемы и потенциальных возможностях целенаправленной терапии (рис. 2).

Заключение

Таким образом, в настоящее время может быть представлена общая картина коморбидности как существования у одного больного разных повреждений, обусловленных различными комбинациями болезней. Однако при всем наличии разнообразных и многообразных повреждений большинство из них заканчивается замещением соединительной тканью с формированием органосклерозов. Сегодня следует констатировать, что если с острыми состояниями медицина научилась в целом ряде случаев успешно бороться, то в случаях хронических заболеваний, а особенно их сочетаний у одного больного, то есть, иными словами, в условиях коморбидности успехи более скромные. Следует признать, что если смертность от инфаркта миокарда снизилась в течение последних 10–20 лет значительно, то в случаях с кардиосклерозами успехов почти нет. Такая же ситуация отмечается при хронических заболеваниях почек (нефросклерозах), печени (фиброз и цирроз печени), легких (пневмосклерозах), и этот список может быть продолжен.

Другими словами, при всех и особенно при коморбидных состояниях тяжелый финал определяется количеством и степенью выраженности органосклерозов, по сути особенностями течения хронической склеротической болезни. Предлагаемая концепция ХСБ и методологический подход к ее распознаванию не только определяют методы и способы ранней диагностики и выявления групп риска, но и позволяют наметить пути терапевтических вмешательств.

Список литературы

1. Оганов Р.Г., Драпкина О.М. Полиморбидность: закономерности формирования и принципы сочетания нескольких заболеваний у одного пациента // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2016. Т. 15. № 4. С. 4–9. DOI: 10.15829/1728-8800-2016-4-4-9.
2. Драпкина О.М., Концевая А.В., Калинин А.М., Авдеев С.Н., Агальцов М.В., Алексеева Л.И., Алмазова И.И., Андреев Е.Ю., Антипушина Д.Н., Балана Ю.А., Берис С.А., Будневский А.В., Гайнитдинова В.В., Гаранин А.А., Горбунов В.М., Горшков А.Ю., Григоренко Е.А., Джонова Б.Ю., Дроздова Л.Ю., Друк И.В., Елиашевич С.О., Елисеев М.С., Жарылкасынова Г.Ж., Забровская С.А., Имаева А.Э., Камилова У.К., Каприн Н.П., Кобалава Ж.Д., Корсунский Д.В., Куликова О.В., Курехян А.С., Кутишенко Н.П., Лавренова Е.А., Лопатина М.В., Лукина Ю.В., Лукьянов М.М., Люсина Е.О., Мамедов М.Н., Марданов Б.У., Мареев Ю.В., Марцевич С.Ю., Митковская Н.П., Мясников Р.П., Небиеридзе Д.В., Орлов С.А., Переверзева К.Г., Поповкина О.Е., Потиевская В.И., Скрипникова И.А., Смирнова М.И., Сооронбаев Т.М., Торопцова Н.В., Хайлова Ж.В., Хороненко В.Э., Чашин М.Г., Черник Т.А., Шальнова С.А., Шаповалова М.М., Шепель Р.Н., Шептулина А.Ф., Шишкова В.Н., Юлдашова Р.У., Явлов И.С., Якушин С.С. Коморбидность пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями в практике врача-терапевта. Евразийское руководство // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2024. № 23 (3). С. 113–418. DOI: 10.15829/1728-8800-2024-3996.
3. Skou S.T., Mair F.S., Fortin M., Guthrie B., Nunes B.P., Miranda J.J., Boyd C.M., Pati S., Mtenga S., Smith S.M. Multimorbidity // Nat. Rev. Dis. Primers. 2022. Vol. 8 (1). P. 1–64. DOI: 10.1038/s41572-022-00376-4.
4. World Health Organization. Noncommunicable diseases progress monitor. 2020. World Health Organization, 2020. 236 p.
5. Артемьева Г.Б., Гехт И.А. Некоторые демографические тенденции в Рязанской области // Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова. 2012. № 3. С. 78–82. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-demograficheskie-tendentsii-v-ryazanskoy-oblasti/viewer> (дата обращения: 22.10.2025).
6. Русанова Н.Е., Камынина Н.Н. Коронавирус и преждевременная смертность от неинфекционных заболеваний в России // Народонаселение. 2021. Т. 24. № 3. С. 123–134. DOI: 10.19181/population.2021.24.3.10.
7. Асфандиярова Н.С. Множественные хронические заболевания // Клиническая геронтология. 2018. № 3–4. С. 58–64. DOI: 10.26347/1607-2499201803-04058-064.
8. Никуличев Ю.В. Глобальное здоровье: Аналитический обзор / РАН. ИНИОН. Центр научно-информационного исследования глобальных и региональных проблем. Отд. проблем европейской безопасности. М., 2018. 68 с. [Электронный ресурс]. URL: https://xn--hlaaobe.xn--plai/site/assets/files/3109/global_noe_zdorov_e.pdf (дата обращения: 11.10.2025). ISBN 978-5-248-00886-5.
9. Sambamoorthi U., Xi Tan, Deb A. Multiple Chronic Conditions and Healthcare Costs among Adults // Expert Rev. Pharmacoecon Outcomes Res. 2015. № 15 (5). P. 823–832. DOI: 10.1586/14737167.2015.1091730.

10. Гордеев А.В., Галушко Е.А., Насонов Е.Л. Концепция мультиморбидности в ревматологической практике // Научно-практическая ревматология. 2014. Т. 52. № 4. С. 362–365. DOI: 10.14412/1995-4484-2014-362-365.
11. Feinstein A.R. Pre-therapeutic classification of comorbidity in chronic diseases // *Chronic Diseases*. 1970. Vol. 23 (7). P. 455–468. DOI: 10.1016/0021-9681(70)90054-8.
12. Лупанов В.П. Несердечно-сосудистая коморбидность при хронических коронарных синдромах (обзор новых Европейских рекомендаций – 2019 по диагностике и лечению хронических коронарных синдромов // Медицинский совет. 2020. № 14. С. 90–96. DOI: 10.21518/2079-701X-2020-14-90-96.
13. Оганов Р.Г., Симаненков В.И., Бакулин И.Г., Бакулина Н.В., Барбаш О.Л., Бойцов С.А., Болдуева С.А., Гарганеева Н.П., Дощин В.Л., Каратеев А.Е., Котовская Ю.В., Лида А.М., Лукьянов М.М., Морозова Т.Е., Переверзев А.П., Петрова М.М., Поздняков Ю.М., Сыров А.В., Тарасов А.В., Ткачева О.Н., Шальнова С.А. Коморбидная патология в клинической практике. Алгоритмы диагностики и лечения // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019. Т. 18. № 1. С. 5–66. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-1-5-66.
14. Тарловская Е.И. Коморбидность и полиморбидность – современная трактовка и насущные задачи, стоящие перед терапевтическим сообществом (обзор) // Кардиология. 2018. Т. 58. № 9. С. 29–38. DOI: 10.18087/cardio.2562.
15. Белялов Ф.И. Лечение болезней в условиях коморбидности. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 544 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.studentlibrary.ru/ru/doc/ISBN97859704401000002.html?SSr=07E809105F380> (дата обращения: 16.09.2025).
16. Ho I.S.S., Azcoaga-Lorenzo A., Akbari A., Davies J., Khunti K., Kadam U.T., Lyons R., McCowan C., W Mercer S., Nirantharakumar K., Stanisewska S., Guthrie B. Measuring multimorbidity in research: a Delphi consensus study // *BMJ Med*. 2022. Vol. 1 (1). DOI: 10.1136/bmjmed-2022-000247.
17. Драпкина О.М., Шутов А.М., Ефремова Е.В. Коморбидность, мультиморбидность, двойной диагноз – синонимы или разные понятия? // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019. Т. 18. № 2. С. 65–69. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-2-65-69.
18. Севостьянова Е.В. Системные механизмы формирования коморбидности у пациентов с соматической патологией: дис. ... докт. мед. наук. Новосибирск, 2023. 317 с.
19. Nicholson K., Liu W., Fitzpatrick D., Hardacre K.A., Roberts S., Salerno J., Stranges S., Fortin M., Mangin D. Prevalence of multimorbidity and polypharmacy among adults and older adults: a systematic review // *Lancet Healthy Longev*. 2024. Vol. 5 (4). P. e287–e296. DOI: 10.1016/S2666-7568(24)00007-2.
20. Белобородов В.А., Воробьев В.А., Семинский И.Ж., Калыгин А.Н. Порядок выполнения систематического обзора и метаанализ по протоколу PRISMA // Система менеджмента качества: опыт и перспективы. 2023. № 12. С. 5–9. EDN: RSMJTG.
21. Page M.J., Moher D., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E., Chou R., Glanville J., Grimshaw J.M., Hróbjartsson A., Lalu M.M., Li T., Loder E.W., Mayo-Wilson E., McDonald S., McGuinness L.A., Stewart L.A., Thomas J., Tricco A.C., Welch V.A., Whiting P., McKenzie J.E. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews // *BMJ*. 2021. Vol. 372. n160. DOI: 10.1136/bmj.n160.
22. Кац Я.А., Пархонюк Е.В., Скрипцова С.А. Склеротическая болезнь, интегративная диагностика и пути решения проблем хронизации и лечения болезней (обзор) // Саратовский научно-медицинский журнал. 2015. № 11 (3). С. 268–274. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/skleroticheskaya-bolezni-integrativnaya-diagnostika-i-puti-resheniya-problem-hronizatsii-i-lecheniya-bolezney/viewer> (дата обращения: 20.10.2025).
23. Стрелкова Т.Н. Клиническое значение оценки метаболизма обмена коллагена при пиелонефритах у детей // Медицинский альманах. 2012. № 2 (21). С. 216–217. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskoe-znachenie-otsenki-metabolitov-obmena-kollagena-pri-pielonefritah-u-detey> (дата обращения: 23.10.2025).
24. Nguyen B.L., Fihbein M.C., Chen L.S., Chen P.S., Masroor S. Histopathological substrate for chronic atrial fibrillation in humans // *Heart Rhythm*. 2009. Vol. 6 (4). P. 454–460. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.01.010.
25. Мартынов А.И., Нечаева Г.И., Акатова Е.В., Вершинина М.В., Викторова И.А., Громова О.А., Дроина О.В., Друк И.В., Дубилей Г.С., Ильиных А.А., Кудинова Е.Г., Лисиченко О.В., Логинова Е.Н., Лялюкова Е.А., Нагаева Т.А., Надей Е.В., Плотникова О.В., Пономарева Д.А., Семенкин А.А., Смольнова Т.Ю., Степура О.Б., Суворова А.В., Трошин И.Ю., Шупина М.И., Яковлев В.М. Национальные рекомендации Российского научного медицинского общества терапевтов по диагностике, лечению и реабилитации пациентов с дисплазиями соединительной ткани // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2016. № 11 (1). С. 2–76. DOI: 10.14300/mnnc.2016.11001.
26. Parsons C.J., Tackashima M., Rippe R.A. Molecular mechanisms of hepatic fibrogenesis // *J. Gastroenterol. Hepatol*. 2007. Vol. 22 (1). P. 79–84. DOI: 10.1111/j.1440-1746.2006.04659.x.
27. Козлов В.К. Перспективы триадического интегративного подхода в современной медицине // Биокосмологическая эволюционная циклическая триадиность – триединство и трехмерность научных методологий: тезисы докладов второго международного семинара по биокосмологии (г. Великий Новгород, 24–27 июля 2011 г.) / Под ред. К.С. Хруцкого. Великий Новгород: Издательство Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого, 2011. С. 12–19. [Электронный ресурс]. URL: <https://biocosmology.org/wp-content/uploads/2021/07/AbstractBook.pdf> (дата обращения: 20.10.2025). ISBN 978-5-89896-4146.
28. Мехтиев С.Н., Степаненко В.В., Зиновьева Е.Н., Мехтиева О.А. Современные представления о фиброзе и методах его коррекции // Фарматека. 2014. № 6 (279). С. 80–87. URL: https://www.mekhtiev.ru/images/articles/fibroz_pecheni.pdf (дата обращения: 20.10.2025).
29. Ruparel N., Chai J.T., Fisher E.A., Choudhury R.P. Inflammatory processes in cardiovascular disease: A route to targeted therapies // *Nat. Rev. Cardiol*. 2017. Vol. 14. P. 133–144. DOI: 10.1038/nrcardio.2016.185.
30. Friedman E., Shorey C. Inflammation in multimorbidity and disability: an integrative review // *Health Psychol*. 2019. Vol. 38 (9). P. 791–801. DOI: 10.1037/hea0000749.
31. Barcena M.L., Aslam M., Pozdniakova S., Norman K., Ladilov Y. Cardiovascular inflammation: mechanisms and translational aspects // *Cells*. 2022. Vol. 11 (6). P. 1010. DOI: 10.3390/cells11061010.
32. Адашева Т.В., Саморукова Е.И., Долбин С.С., Ли В.В., Задионченко В.С., Высоцкая Н.В. Хроническая обструктивная болезнь легких и артериальная гипертензия: существуют ли особенности ведения пациентов? // Русский медицинский журнал. 2020. № 3. С. 33–38. URL: https://www.rmj.ru/articles/kardiologiya/Hronicheskaya_obstruktivnaya_bolezny_legkih_i_arterialnaya_gipertenziya_suschestvuyut_li_osobennosti_vedeniya_pacientov/ (дата обращения: 18.10.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

СТАТЬИ

УДК 656.05

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ РОЛИКОВЫХ СИСТЕМ

Взятченков И.А., Голов Е.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: ilyavzyatchenkov@yandex.ru*

В данной статье представлен обзор современных видов дорожных ограждений, применяемых в транспортной инфраструктуре для повышения уровня пассивной безопасности дорожного движения и снижения тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий. Рассмотрены конструктивные особенности, принципы работы и эксплуатационные характеристики парапетных, барьерных, тросовых, а также роликовых дорожных ограждений, используемых на автомобильных дорогах различных категорий. Проведен сравнительный анализ основных показателей, таких как эффективность, долговечность, стоимость обслуживания и ремонтпригодность, а также определены оптимальные условия для применения каждого из типов дорожных ограждений в зависимости от категории автомобильной дороги, интенсивности движения транспорта, рельефа местности, а также климатических факторов. Отдельное внимание уделено соответствию ограждений действующим национальным и международным стандартам, а также их роли в формировании безопасной и устойчивой дорожной инфраструктуры. Особое внимание уделено роликовым дорожным ограждениям, как инновационному типу энергопоглощающих барьеров, которые, в свою очередь, позволяют преобразовывать кинетическую энергию удара во вращательное движение роликов, тем самым снижая перегрузки, риск разворота, а также степень повреждения автомобиля и травмирования участников дорожного движения.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, транспортная инфраструктура, средства индивидуальной мобильности

MODERN TYPES OF ROAD FENCING: COMPARATIVE ANALYSIS AND PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF ROLLER SYSTEMS

Vzyatchenkov I.A., Golov E.V.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering”,
Saint Petersburg, Russian Federation, e-mail: ilyavzyatchenkov@yandex.ru*

This article provides an overview of modern types of road barriers used in transport infrastructure to increase the level of passive road safety and reduce the severity of the consequences of road accidents. The design features, principles of operation and operational characteristics of parapet, barrier, cable, and roller road fences used on highways of various categories are considered. A comparative analysis of the main indicators, such as efficiency, durability, cost of maintenance and maintainability, was carried out, and the most optimal conditions for the use of each type of road barriers were determined, depending on the category of highway, traffic intensity, terrain, and climatic factors. Special attention is paid to the compliance of fences with current national and international standards, as well as their role in the formation of a safe and sustainable road infrastructure. Special attention is paid to roller road barriers as an innovative type of energy-absorbing barriers, which in turn allow the kinetic energy of impact to be converted into rotational motion of the rollers, thereby reducing overloads, the risk of U-turns, as well as the degree of damage to the car and injury to road users.

Keywords: road safety, transport infrastructure, individual mobility devices

Введение

Одной из ключевых проблем транспортной инфраструктуры является обеспечение безопасности дорожного движения. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях гибнет более 1,3 млн чел., при этом значительная часть смертей связана с выездами транспортных средств за пределы проезжей части [1]. Дорожные ограждения представляют собой инженерные сооружения, предназначенные для предотвращения таких выездов, уменьшения последствий столкновений и защиты участ-

ников движения. Современные требования к ограждениям включают не только прочность и устойчивость, но и способность поглощать энергию удара, снижая нагрузку на пассажиров и транспортные средства.

Цель исследования – провести сравнительный анализ распространенных типов дорожных ограждений и оценить перспективы внедрения роликовых систем.

Материал и методы исследования

Анализ выполнен на основе нормативных документов и сравнительного анализа конструктивных решений дорожных ограж-

дений без проведения экспериментальных испытаний. Проблема обеспечения пассивной безопасности дорожного движения остается актуальной ввиду высокого уровня тяжелых последствий при выезде транспортных средств за пределы проезжей части.

В работе использованы аналитические методы, включающие изучение нормативных требований, анализ конструктивных решений и составление эксплуатационных характеристик дорожных ограждений. Рассмотрены барьерные, парапетные, тросовые и роликовые системы; проанализировано, какие конструктивные особенности определяют их направляющую функцию, способность поглощения удара, ремонтпригодность и применимость на дорогах разных категорий и в различных условиях эксплуатации [2–4]. Установлено, что традиционные системы обеспечивают удержание автомобиля, но сопровождаются высокими вторичными повреждениями, тогда как роликовые системы потенциально снижают нагрузку на транспортное средство за счет преобразования энергии столкновения во вращение роликов [5, 6].

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно ГОСТ 33127, дорожные ограждения подразделяются на несколько основных типов в зависимости от конструктивных и функциональных характеристик:

- барьерные;
- парапетные;
- тросовые;
- комбинированные.

Барьерный тип дорожных ограждений наиболее распространенный, его основу составляют стальные профильные балки, закрепленные на опорных стойках (рис. 1).

Конструкции бывают одно-, двух- и трехволновыми. Они отличаются хорошей ремонтпригодностью: поврежденные секции можно заменить без демонтажа всей линии. Важным элементом конструкции являются дистанционные держатели, которые позволяют контролировать деформацию при столкновении и предотвращают выброс транспортного средства за пределы проезжей части. Современные модели снабжаются усиленными соединительными элементами и дополнительными отбойными планками, что повышает их устойчивость к многократным ударам. Использование горячего цинкования обеспечивает долговечность и коррозионную стойкость конструкции в различных условиях эксплуатации. Однако их недостатком является жесткость конструкции, которая нередко приводит к значительным повреждениям автомобиля и травмам пассажиров при столкновении [7].

Парапетные ограждения применяются преимущественно на автомагистралях и скоростных трассах, их конструкция, за счет геометрической формы (наклонных граней) и высокого значения собственной массы, обеспечивает устойчивость к ударам тяжелого транспорта (рис. 2).

При столкновении происходит отклонение автомобиля вверх и в сторону, что снижает вероятность переворота. При этом парапетные системы практически не требуют обслуживания и имеют длительный срок службы, однако основным их недостатком является низкая способность к поглощению энергии удара, а в условиях российского климата использование бетона требует применения морозостойких и влагостойких добавок [8, 9].

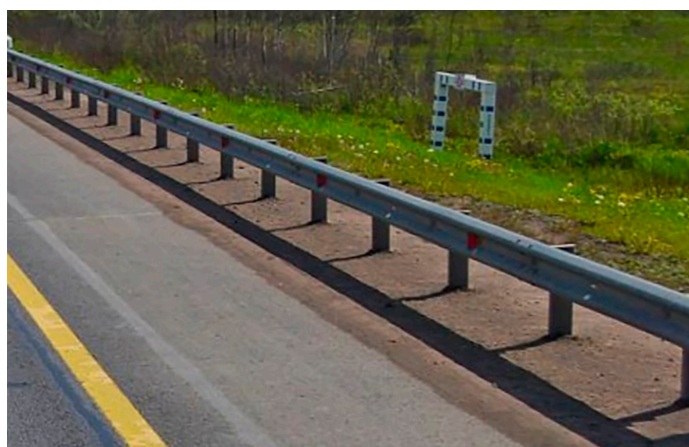


Рис. 1. Барьерное дорожное ограждение

Примечание: составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования



Рис. 2. Парапетное дорожное ограждение

Примечание: составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования



Рис. 3. Тросовое дорожное ограждение

Примечание: составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Тросовые ограждения представляют собой систему из нескольких стальных тросов, натянутых между стойками (рис. 3). Они способны эффективно поглощать энергию удара благодаря упругим свойствам тросов [10]. Основным преимуществом этого типа ограждений является снижение силы удара и мягкое удержание транспортного средства на полосе движения, однако тросовые конструкции требуют частого обслуживания и регулярных проверок, также такие ограждения не всегда подходят для участков с интенсивным движением тяжелых грузовых автомобилей, так как могут не выдержать силы удара при столкновении [11, 12].

Существующие типы дорожных ограждений предотвращают съезд автомобиля с проезжей части, но в большинстве случаев влекут за собой большой урон автомобилю и участникам дорожного движения после столкновения, поэтому эта область обеспечения безопасности дорожного движения нуждается в развитии [13, 14].

Роликовые системы как инновационное решение

Наиболее перспективное решение предложили специалисты из Южной Кореи, они разработали тип дорожного ограждения с роликовой системой (рис. 4).

Роликовые дорожные ограждения представляют собой комбинированную систему состоящую из металлических стоек и вращающихся полиуретановых или полиэтиленовых роликов. Принцип их работы основан на преобразовании силы удара во вращательное движение роликов, что позволяет значительно снизить энергию столкновения и изменить траекторию движения автомобиля. Такая система поглощает удар при столкновении в трех точках: опоре, раме и самом ролике. Удар принимается верхним и нижним элементами рамы, далее преобразуется во вращательную энергию, за счет чего автомобиль возвращается на необходимую траекторию с минимально возможным количеством повреждений [15].



Рис. 4. Роликовое дорожное ограждение

Примечание: составлен авторами на основе источника [2]

Преимущества и недостатки видов дорожного ограждения

Тип ограждения	Преимущества	Недостатки
Барьерные	<ul style="list-style-type: none"> – Относительно простая установка и ремонт. – Хорошее соотношение стоимости и эффективности. – Деформируются при ударе, снижая энергию столкновения. – Возможность замены отдельных секций 	<ul style="list-style-type: none"> – Подвержены коррозии (при нарушении цинкового покрытия). – Требуют периодического осмотра и обслуживания. – Могут стать причиной вторичных повреждений автомобилей
Парапетные	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая прочность и долговечность. – Минимальные затраты на обслуживание. – Устойчивость к погодным и механическим воздействиям 	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая жесткость конструкции, травмоопасность. – Большая масса, сложный монтаж. – Низкая энергоемкость поглощения удара
Тросовые	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая гибкость и хорошее энергопоглощение. – Снижают вероятность переворота автомобиля. – Простота демонтажа и замены секций 	<ul style="list-style-type: none"> – Требуют частой регулировки натяжения. – Меньшая удерживающая способность в сравнении с другими типами дорожного ограждения. – Повышенные эксплуатационные расходы при интенсивном трафике
Роликовые	<ul style="list-style-type: none"> – Преобразуют энергию удара во вращательное движение. – Повышают визуальное восприятие границ проезжей части. – Обеспечивают более мягкое столкновение. – Легко ремонтируются 	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая сложность установки. – Недостаточная адаптация к климатическим условиям России. – Необходимость в испытаниях и сертификации. – Меньший опыт эксплуатации по сравнению с традиционными системами

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Каждый из представленных видов дорожных ограждений имеет свои достоинства и недостатки, приведенные в таблице.

Сравнение основных типов ограждений показывает, что каждая система имеет определенную сферу применения: металличе-

ские и бетонные конструкции целесообразны на автомагистралях и участках с интенсивным движением, где требуется высокая удерживающая способность, а тросовые и роликовые системы более эффективны на опасных поворотах, спусках и эстакадах,

где важны мягкость и направляющий эффект для столкновения.

Заключение

Роликовые дорожные ограждения представляют собой перспективное направление развития средств пассивной безопасности. Их внедрение позволяет снизить тяжесть последствий столкновения за счет преобразования кинетической энергии во вращательное движение и мягкого перенаправления транспортного средства. Однако для их широкого применения необходима адаптация конструкций к климатическим условиям эксплуатации, проведение полномасштабных испытаний и нормативная сертификация. Применение роликовых ограждений целесообразно рассматривать как дополнение к традиционным системам на участках повышенной аварийности, где требуется снижение риска вторичных повреждений и травматизма.

Список литературы

1. McClanahan D., Albin R.B., Milton J.C. Washington State Cable Median Barrier In-Service Study // 83 rd Annual Meeting of the National Transportation Research Board / Washington D. C. 2004. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/228771574_Washington_State_Cable_Median_Barrier_In-Service_Study (дата обращения: 22.09.2025).
2. Пахомов Е.А., Огурцов Г.Л., Демидова В.К. Роль дорожных ограждений в обеспечении безопасности дорожного движения // Неделя науки ИСИ. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. С. 241–243. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=66541110> (дата обращения: 22.09.2025).
3. Катюмов Р.А., Хайруллин Л.Р., Попов М.М., Хамитов А.Р. Методика оценки удерживающей способности дорожного ограждения // Известия КГАСУ. 2016. № 3 (37). С. 143–149. URL: https://izvestija.kgasu.ru/files/3_2016/143_149_Kaiumov_Khairullin.pdf (дата обращения: 22.09.2025).
4. Ширков Д.А., Романова Л.Н., Сорокина З.А. Классификация дорожных ограждений, нормативные документы, регламентирующие качество дорожных ограждений // Современные тенденции в научной деятельности. Астрахань: Научный центр «Олимп», 2017. С. 474–475. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32310358> (дата обращения: 22.09.2025).
5. Лыпов М.В. Дорожные ограждения для автомобилей – важнейший элемент обустройства автомобильных дорог, влияющий на безопасность дорожного движения // Журнал автомобильных инженеров. 2014. № 3 (86). С. 33–37. URL: <https://www.aae-press.ru/j0086/index.htm> (дата обращения: 22.09.2025). EDN: SNGMHX.
6. Павлова Л.Н., Бураковская К.А., Весов А.И. Устройство осевого дорожного ограждения на автомобильных дорогах, имеющих две полосы для движения транспорта // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 61–3. С. 53–56. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43074445> (дата обращения: 22.09.2025).
7. Евтюков С.С., Голов Е.В. Направления определения затрат кинетической энергии на деформацию анизотропных тел // XIV Международная научно-практическая конференция (г. Оренбург, 20–22 ноября 2019 г.). Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. С. 543–547. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42340972> (дата обращения: 22.09.2025).
8. Евтюков С.С., Голов Е.В. Выбор коэффициентов при определении затрат кинетической энергии на деформацию автомобиля // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1 (72). С. 152–157. URL: <https://vestnik.spbgasu.ru/article/vybor-koefficientov-pri-opredelenii-zatrat-kineticheskoy-energii-na-deformatsiyu-avtomobilya> (дата обращения: 07.09.2025).
9. Голов Е.В., Евтюков С.С., Васильев Я.В. Дифференцирование жесткости передней части автомобиля // Информационные технологии и инновации на транспорте. 2020. С. 293–299. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44029542> (дата обращения: 07.10.2025).
10. Сорокина Е.В., Голов Е.В., Евтюков С.С. Специфика образования факторов риска ДТП в подсистеме «Автомобильная дорога» // Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 1–3 (84). 82–93. URL: <https://rucont.ru/efd/925157> (дата обращения: 07.09.2025).
11. Сторожев С.А., Логинов В.Ю., Аристархова А.Н. Влияние сертификации дорожных ограждений на безопасность дорожного движения // Безопасность дорожного движения. 2022. № 2. С. 52–56. URL: https://xn--90aga7a7b.xn--b1aew.xn--p1ai/upload/site1097/document_journal/BDD_2-2022_polnyy.pdf (дата обращения: 07.09.2025).
12. Васильев Я.В., Евтюков С.С., Шуляр П.В. Анализ практики дорожно-транспортных экспертиз по ДТП с наездами на дорожные ограждения и элементы дорожного обустройства // Грузовик. 2025. № 3. С. 44–49. URL: https://www.mashin.ru/eshop/journals/gruzovik_stroitel_no-dorozhnyie-mashiny-avtobus-trolleybus-tramvaj/?j_author=%D0%92%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%B5%D0%B2%20%D0%AF%D0%92. DOI: 10.36652/1684-1298-2025-3-44-49 (дата обращения: 07.09.2025).
13. Загарин Д.А., Барашков А.А., Лыпов М.В. Исследование процесса удержания автомобиля дорожным ограждением и механизма защиты человека при данном ДТП // Журнал автомобильных инженеров. 2010. № 2 (61). С. 50–54. URL: <https://www.aae-press.ru/j0061/index.htm> (дата обращения: 07.09.2025). EDN: RWCPXZ.
14. Жиганов И.А. Влияние дорожных ограждений на безопасность дорожного движения // Молодые исследователи – регионам. Вологда: Вологодский государственный университет, 2019. С. 202–204. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39969306> (дата обращения: 07.09.2025).
15. Fukun Xia, Vu Hoang Le, Dong Ruan, Hing-Ho Tsang, John Wheatland, Shanqing Xu Design optimization of roadside safety roller barriers // Engineering Structures. 2024. № 317. URL: <https://discovery.dundee.ac.uk/en/publications/design-optimisation-of-roadside-safety-roller-barriers/> (дата обращения: 07.09.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Работа выполнена в рамках темы НИР № 7С25 при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ.

Financing: The work was carried out within the framework of the research topic № 7С25 with the financial support of a grant from Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

АРХИТЕКТУРА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ TELEGRAM-БОТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Ильясова А.К., Яголичев А.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный технический университет», Астрахань,
Российская Федерация, e-mail: Ilyasova77@mail.ru*

При всем разнообразии онлайн-приложений актуальной проблемой остается существование ограниченного количества бесплатных сервисов с поддержкой русскоязычного интерфейса, способных использовать интегрированный подход для комплексного решения математических задач. Целью исследования является создание многофункционального Telegram-бота, способного автоматизировать решение широкого спектра математических задач и повысить доступность вычислений для пользователей. Для реализации бота использованы языки программирования JavaScript и Python, а также специализированные библиотеки для символьных и численных вычислений, генерации графических представлений и организации взаимодействия между компонентами через WebSocket. В ходе исследования реализованы функции решения уравнений, вычисления производных и интегралов, построения графиков, выполнения матричных операций и статистического анализа данных. Особое внимание уделено удобству пользовательского интерфейса, поддержке ввода выражений в естественной форме, а также возможности сохранения истории запросов и результатов. Проведенная апробация показала эффективность предложенного подхода и перспективность дальнейшего развития интеллектуальных образовательных сервисов на основе мессенджер-платформ. Разработанный Telegram-бот может стать востребованным инструментом поддержки обучения и самообразования для студентов, инженеров и научных работников, способствуя развитию цифровых образовательных технологий.

Ключевые слова: Telegram-бот, автоматизация, математические вычисления, LaTeX, WebSocket, символьные вычисления, образовательные технологии, Python, JavaScript, пользовательский интерфейс, чат-бот, искусственный интеллект

ARCHITECTURE AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF A TELEGRAM BOT FOR AUTOMATING MATHEMATICAL CALCULATIONS

Ilyasova A.K., Yagolichev A.V.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Astrakhan State Technical University", Astrakhan, Russian Federation,
e-mail: Ilyasova77@mail.ru*

Among the wide variety of online applications, the limited number of free services with Russian-language interfaces capable of using an integrated approach to comprehensively solving mathematical problems remains a pressing issue. The goal of this research is to create a multifunctional Telegram bot capable of automating the solution of a wide range of mathematical problems and increasing the accessibility of computations for users. The bot was implemented using JavaScript and Python programming languages, as well as specialized libraries for symbolic and numerical calculations, generating graphical representations, and organizing interactions between components via WebSocket. The research included functions for solving equations, calculating derivatives and integrals, plotting graphs, performing matrix operations, and statistical data analysis. Particular attention was paid to the user interface's usability, support for entering expressions in natural form, and the ability to save a history of queries and results. The pilot study demonstrated the effectiveness of the proposed approach and its potential for the further development of intelligent educational services based on messenger platforms. The developed Telegram bot could become a sought-after tool for students, engineers, and researchers, contributing to the development of digital educational technologies.

Keywords: Telegram bot, automation, mathematical computations, LaTeX, WebSocket, symbolic computation, Python, educational technologies, JavaScript, user interface, chatbot, artificial intelligence

Введение

В современном мире представлен большой выбор приложений и веб-ресурсов, предназначенных для автоматизации решения широкого спектра математических задач различной сложности. Однако актуальной проблемой остается существование ограниченного количества сервисов, способных использовать интегрированный подход для комплексного их решения. Анализ существующих математических он-

лайн-приложений показал, что многие такие платформы предоставляют расширенные возможности только платно или не поддерживают интерфейс на русском языке. Создание Telegram-бота, способного решать широкий спектр математических задач, является актуальным и перспективным направлением в сфере образовательных технологий. Такой инструмент может стать персональным помощником для студентов, инженеров, научных работников и всех, кто

сталкивается с вычислениями в своей деятельности. Он позволит оперативно получать результаты, экономить время на поиск и использование разрозненных онлайн-сервисов и программных пакетов, а также повысить эффективность решения. А.И. Абрамова в своей статье «Использование Telegram-бота в образовательном процессе вуза» [1] отмечает, что подобный подход обладает значительными преимуществами и облегчает процесс обучения студентов. Аналогичное мнение выражено в статье Б.С. Горячкина, Д.А. Галичия, В.С. Цапия, В.В. Бурашникова, Т.Ю. Крутова «Эффективность использования чат-ботов в образовательном процессе» [2]. Авторы подчеркивают, что при грамотной разработке бота, включающей добавление необходимых студентам функций, определение стиля общения бота, обеспечение использования только проверенных сервисов и библиотек, можно создать эффективного и полезного помощника для студентов.

Функционал предлагаемого приложения включает в себя решения алгебраических уравнений, вычисление производных и интегралов, построение графиков функций, выполнение матричных операций, решение задач линейной алгебры и статистического анализа данных [3–5]. Важным аспектом является возможность обработки математических выражений, вводимых пользователем в естественной форме, что значительно упрощает взаимодействие с ботом.

Разработка интуитивно понятного и удобного интерфейса является одним из ключевых аспектов. Бот должен предоставлять пользователю четкие инструкции по использованию, предлагать различные опции и параметры для решения задач и отображать результаты вычислений в структурированном виде. Также важно обеспечить возможность сохранения истории запросов и результатов, что позволит вернуться к предыдущим вычислениям для их сравнения. Создание такого приложения способствует развитию образовательных и научных инструментов, обеспечивая удобный и эффективный способ решения математических задач.

Целью исследования является разработка многофункционального Telegram-бота для автоматизации решения широкого спектра математических задач.

Задачи исследования:

- проанализировать и выбрать библиотеки Node.js и Python для реализации Telegram-бота;
- реализовать основные математические функции, включая решение уравнений, вычисление производных и интегралов;

- разработать удобный пользовательский интерфейс с поясняющими сообщениями;

- обеспечить вывод решений в формате LaTeX и интеграцию Python-библиотек для генерации изображений;

- организовать взаимодействие компонентов через WebSocket.

Материалы и методы исследования

Реализация Telegram-бота осуществляется с использованием языков программирования JavaScript и Python, что обусловлено необходимостью интеграции инструментов для символьных вычислений, генерации графических представлений и обеспечения взаимодействия с пользователем. [6, 7]. Основная логика работы бота реализована на платформе Node.js, где посредством менеджера пакетов npm были установлены и использованы следующие библиотеки: Node.js Telegram Bot API, path, fs, Nerdamer, Algebrite, Math.js [8, 9]. Библиотека Node.js Telegram Bot API обеспечивает обработку запросов и взаимодействие с Telegram API, path и fs используются для работы с файловой системой, а Nerdamer, Algebrite и Math.js – для выполнения символьных и численных математических вычислений различной сложности [10, 11].

Для генерации изображений с решениями в формате LaTeX применяются библиотеки Python: Matplotlib, SymPy и ге. Matplotlib и SymPy обеспечивают построение и визуализацию математических выражений, а библиотека ге используется для обработки и валидации входных данных с помощью регулярных выражений.

Взаимодействие между компонентами, реализованными на JavaScript и Python, организовано с использованием технологии WebSocket. Для этого в Python-скрипте, отвечающем за создание изображений, были задействованы библиотеки asyncio и websockets, а на стороне Node.js – библиотека ws [12].

Алгоритм работы компонентов реализован следующим образом: после получения команды от пользователя и выполнения соответствующих вычислений на стороне Node.js, данные задачи и полученный результат передаются на Python-сервер посредством WebSocket. В Python-скрипте эти данные преобразуются в изображение, которое сохраняется на сервере. После завершения процесса генерации изображения Python-сервер отправляет уведомление о готовности файла, и Node.js-скрипт пересылает полученное изображение пользователю в Telegram, обеспечивая автоматизацию процесса и наглядное представление результатов вычислений, существенно повышая удобство использования разрабатываемого программного продукта [13].

Взаимодействие с Telegram-ботом реализуется посредством интуитивно понятного интерфейса, предусматривающего выбор одной из основных функциональных возможностей: решение алгебраических уравнений степеней I–III, вычисление производных функций, определенных и неопределенных интегралов, упрощение алгебраических выражений, построение графиков, выполнение матричных операций, а также решение задач линейной алгебры и статистического анализа данных. Для каждой из указанных задач предус-

мотрен пошаговый ввод исходных данных с последующей генерацией результатов в текстовом и графическом форматах. Такой подход обеспечивает широкую доступность сервиса для пользователей с различным уровнем подготовленности и способствует повышению эффективности выполнения математических вычислений [14, 15].

Результаты исследования и их обсуждение

Фрагмент части кода с описанием.

Решение кубических уравнений

```
function thirdDegree(a, b, c, d) {
  if (isNaN(+a) || isNaN(+b) || isNaN(+c) || isNaN(+d)) {
    return "Неправильный ввод данных";
  } else {
    const p = (3 * a * c - b ** 2) / 3 * a ** 2;
    const q = (2 * b ** 3 - 9 * a * b * c + 27 * a ** 2 * d) / 27 * a ** 3;
    const Q = (p / 3) ** 3 + (q / 2) ** 2;
    const alpha = math.cbrt(math.sum(-q / 2, math.sqrt(Q)));
    const beta = math.cbrt(math.subtract(-q / 2, math.sqrt(Q)));
    const y1 = math.sum(alpha, beta);
    const y2 = math.sum(math.divide(math.multiply(-1, y1), 2), math.multiply(math.sqrt(3), math.
multiply(math.divide(math.subtract(alpha, beta), 2), math.complex(0, 1))));
    const y3 = math.subtract(math.divide(math.multiply(-1, y1), 2), math.multiply(math.sqrt(3), math.
multiply(math.divide(math.subtract(alpha, beta), 2), math.complex(0, 1))));
    let x1, x2, x3;
    if (Q < 0) {
      x1 = y1.re - b / (3 * a);
      x2 = y2.re - b / (3 * a);
      x3 = y3.re - b / (3 * a);
    } else if (Q.toFixed(5) === 0) {
      x1 = y1 - b / (3 * a);
      x2 = y2.re - b / (3 * a);
      x3 = y3.re - b / (3 * a);
    } else {
      x1 = y1 - b / (3 * a);
      x2 = math.subtract(y2, math.divide(b, math.multiply(3, a))).toString();
      x3 = math.subtract(y3, math.divide(b, math.multiply(3, a))).toString();
    }
    const answer = [x1, x2, x3];
    for (let i = 0; i < answer.length; i++) {
      if (typeof answer[i] === "string") {
        const number = answer[i].slice(0, answer[i].length - 1);
        if (number.includes(".") && number.split(".").pop().length >= 5 && (number.split(".").pop().
includes("99999") || number.split(".").pop().includes("00000"))) {
          answer[i] = math.round(+number) + "i";
        }
      } else {
        const stringRoot = String(answer[i]);
        const fixedStringRoot = String(answer[i].toFixed(5));
        if (stringRoot.includes(".") && stringRoot.split(".").pop().length >= 5 && (fixedStringRoot.
split(".").pop().includes("99999") || fixedStringRoot.split(".").pop().includes("00000"))) {
          answer[i] = math.round(answer[i]);
        }
      }
    }
  }
  return answer;
}
```


Функция `thirdDegree` реализует алгоритм для вычисления всех корней кубического уравнения. Входные параметры – коэффициенты уравнения проверяются на корректность: если хотя бы один из них не является числом, функция сообщает о неправильном вводе данных. Основная часть алгоритма основана на методе Кардано, который позволяет аналитически находить корни кубического уравнения. Сначала вычисляются параметры, выражающие уравнение в депрессированном виде, а также дискриминант, определяющий тип корней (действительные или комплексные). Проверяется его знак, и на этом основании вычисляются корни уравнения (выполняется обратная замена). Если величина имеет отрицательный знак, то все три корня являются действительными, а значит, достаточно будет взять только действительную часть

переменных (в таком случае мнимая часть будет равна нулю). Если равна нулю, то имеем дело с повторяющимися действительными корнями. Важно отметить, что из-за погрешности может оказаться не непосредственно нулем, а крайне близким к нему числом, поэтому в условии проверяется на соответствие нулю только целая часть числа и первые пять знаков после запятой. Если величина больше нуля, то в результате получаем один вещественный корень и два сопряженных комплексных корня. По этой причине в вычислении их значений используются функции из библиотеки `Math.js`. В конце остается лишь округлить числа, имеющие в десятичной записи большое количество чисел 0 или 9.

Для решения квадратных уравнений написана функция `secondDegree`, использующая формулу дискриминанта.

```
function secondDegree(a, b, c) {
  if (isNaN(+a) || isNaN(+b) || isNaN(+c)) {
    return "Неправильный ввод данных";
  } else {
    const d = b ** 2 - 4 * a * c;
    if (d > 0) {
      if (Math.sqrt(d) % 1 === 0) {
        return ['${(-b - Math.sqrt(d)) / 2 * a}', '${(-b + Math.sqrt(d)) / 2 * a}'];
      } else {
        return [Algebrite.run(`${-b} - sqrt(${d}) / 2 * ${a}`), Algebrite.run(`${-b} + sqrt(${d}) / 2 * ${a}`)];
      }
    } else if (d === 0) {
      const x = -b / 2 * a;
      return [x];
    } else {
      if (Math.sqrt(d) % 1 === 0) {
        return ['${(-b - Math.sqrt(-d)) / 2 * a}i', '${(-b + Math.sqrt(-d)) / 2 * a}i'];
      } else {
        return [Algebrite.run(`${-b} - sqrt(${d}) / 2 * ${a} * i`), Algebrite.run(`${-b} + sqrt(${d}) / 2 * ${a} * i`)];
      }
    }
  }
}
```

Также осуществляется проверка возможности извлечения корня из дискриминанта. В случаях, когда извлечение корня невозможно, применяется функция упрощения выражения из библиотеки `Algebrite`.

Разработанный бот функционирует на персональном сервере, его идентификатор – `@UniversalMathBot`. Полученные результаты подтверждают эффективность предложенного подхода и демонстрируют перспективность дальнейшего развития интеллектуальных образовательных сервисов на основе мессенджер-платформ.

Заключение

В ходе проведенного исследования была реализована программная архитектура многофункционального бота, предназначенного для автоматизации решения широкого спектра математических задач. Разработанный бот сочетает в себе современные алгоритмы символьных и численных вычислений, интуитивно понятный интерфейс и возможность визуализации решений в формате `LaTeX`. Интеграция технологий `Node.js` и `Python`, а также использование `WebSocket` для межязыкового взаимодействия обеспе-

чили гибкость и расширяемость программного продукта.

В перспективе планируется расширение функционала бота за счет внедрения модулей машинного обучения для распознавания рукописных формул и интеллектуального анализа ошибок пользователей. Особое внимание будет уделено обеспечению безопасности данных и масштабируемости системы для поддержки большого количества одновременных пользователей. Кроме того, планируется интеграция с внешними образовательными платформами и создание API для сторонних разработчиков, что позволит использовать бота в различных учебных и исследовательских проектах. Таким образом, реализованный Telegram-бот может стать эффективным инструментом поддержки обучения и самообразования в области математики, способствуя развитию цифровых образовательных технологий.

Список литературы

1. Абрамова А.И. Использование telegram-бота в образовательном процессе вуза // Вестник науки. 2022. № 1 (46). Т. 3. С. 150–153. URL: <https://www.vestnik-nauki.pf/article/5148> (дата обращения: 14.10.2025). ISSN: 2712-8849.
2. Горячкин Б.С., Галичий Д.А., Цапий В.С., Бурашников В.В., Крутов Т.Ю. Эффективность использования чат-ботов в образовательном процессе // E-Scio. 2021. № 4 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-ispolzovaniya-chat-botov-v-obrazovatelnom-protsesse> (дата обращения: 14.10.2025).
3. Ураев Д.А. Классификация и методы создания чат-бот приложений // International scientific review. 2019. № LXIV. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-i-metody-sozdaniya-chat-bot-prilozheniy> (дата обращения: 14.10.2025).
4. Шилова С.А., Крючкова А.А. Лингводидактический потенциал чат-ботов // Иностранные языки в контексте межкультурной коммуникации. 2021. № XIII. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lingvodidakticheskiy-potentsial-chat-botov> (дата обращения: 14.10.2025).
5. Трашкова С.М. Информационные технологии в образовании: теоретико-правовые аспекты // Современные образовательные технологии в мировом учебно-воспитательном пространстве. 2016. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-obrazovanii-teoretiko-pravovye-aspekty> (дата обращения: 14.10.2025).
6. Федотов В.А. Разработка информационной системы для оптового склада на языке программирования Python // Форум молодых ученых. 2021. № 2 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-informatsionnoy-sistemy-dlya-optovogo-sklada-na-yazyke-programmirovaniya-python> (дата обращения: 14.10.2025).
7. Байдыбеков А.А., Гильванов Р.Г., Молодкин И.А. Современные фреймворки для разработки web-приложений // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2020. № 4 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-freymvorki-dlya-razrabotki-web-prilozheniy> (дата обращения: 14.10.2025).
8. Винокурова Д.В. Выбор оптимального языка программирования для генерации математических задач // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2024. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-optimalnogo-yazyka-programmirovaniya-dlya-generatsii-matematicheskikh-zadach> (дата обращения: 14.10.2025).
9. Акишин Б.А. Особенности решения математических задач в среде Python // ДМ. 2019. № 49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-resheniya-matematicheskikh-zadach-v-srede-python> (дата обращения: 14.10.2025).
10. Тестов В.А., Попков Р.А. Исследовательское обучение математике и системы компьютерной алгебры // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1. Математика. Механика. Информатика. 2024. № 4 (53). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovatel'skoe-obucheniye-matematike-i-sistemy-kompyuternoy-algebry> (дата обращения: 14.10.2025).
11. Валинурова А.А., Балабанова Н.В., Маценков И.А. Алгоритм разработки telegram-бота – продуктивного помощника современного бизнеса // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2023. № 2 (74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-razrabotki-telegram-bota-produktivnogo-pomoschnika-sovremennogo-biznesa> (дата обращения: 14.10.2025).
12. Lykova K.G., Schuchka T.A., Gnezdilova N.A. The use of stochastic approaches in computational modeling of professional tasks in the training of future personnel in the field of physical education and sports // Theory and Practice of Physical Culture. 2025. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/the-use-of-stochastic-approaches-in-computational-modeling-of-professional-tasks-in-the-training-of-future-personnel-in-the-field> (дата обращения: 14.10.2025).
13. Макаров И.С., Ларин Д.В., Воробьева Е.Г., Емелин Д.П., Карташов Д.А. Влияние асинхронных и многопоточных моделей обработки запросов на производительность серверных веб-приложений // Программные системы и вычислительные методы. 2025. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-asinhronnyh-i-mnogopotochnyh-modeley-obrabotki-zaprosov-na-proizvoditelnost-servernykh-veb-prilozheniy> (дата обращения: 14.10.2025).
14. Васькин В.А., Шибайкин С.Д., Никулин В.В. Разработка и оптимизация бота в Telegram для эффективного управления задачами на предприятии // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2024. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-optimizatsiya-bota-v-telegram-dlya-effektivnogo-upravleniya-zadachami-na-predpriyatii> (дата обращения: 14.10.2025).
15. Одилов З.Р. Изучение информационных технологий и использование современного компьютерного программного обеспечения // E-Scio. 2021. № 4 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-informatsionnyh-tehnologiy-i-ispolzovanie-sovremennogo-kompyuternogo-programmnogo-obespecheniya> (дата обращения: 14.10.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 004.415.5:004.05

**АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ SELENIUM-СКРИПТОВ
В РЕАЛЬНЫХ ПРОЕКТАХ****Кочетов Д.О.***Независимый исследователь и инженер по тестированию программного обеспечения,
Москва, Российская Федерация, e-mail: k.dmi2016@yandex.ru*

Статья посвящена критической проблеме нестабильных автоматизированных тестов в Selenium WebDriver, которые периодически завершаются сбоем без изменения исходного кода и существенно снижают надежность процессов непрерывной интеграции и доставки. Цель исследования заключается в анализе данных факторов и разработке практических рекомендаций по повышению устойчивости Selenium-скриптов в промышленных проектах. Работа выполнена в формате прикладного исследования с элементами систематизированного обзора литературы. Для поиска публикаций использованы международные и отечественные библиографические базы, охватывающие период с 2014 по 2025 г.; проанализировано 52 источника, из которых отобрано 15, наиболее полно отражающих современные подходы к стабилизации автоматизированного тестирования. Анализируются коренные причины флейковости, включая асинхронную природу структуры веб-страницы, нестабильные локаторы элементов и внешние инфраструктурные факторы. Предложен комплексный методологический подход, включающий: систему явных ожиданий специфических инвариантов пользовательского интерфейса, стратегии построения стабильных локаторов с использованием специальных атрибутов данных элементов интерфейса, ответственное применение ретраев и мониторинг ключевых метрик надежности. Особое внимание уделяется системе метрик для количественной оценки стабильности тестов, включая долю нестабильных тестов, частоту повторных запусков и среднее время восстановления. Работа содержит практические рекомендации по интеграции решений в тестовые пайплайны. Результаты исследования представляют ценность для инженеров по тестированию и разработчиков, стремящихся повысить надежность процессов автоматизированного тестирования.

Ключевые слова: нестабильные тесты, надежность автоматизированного тестирования, Selenium WebDriver, стабильные локаторы, метрики стабильности, CI/CD

**ANALYSIS OF SELENIUM SCRIPT RELIABILITY
IN REAL-WORLD PROJECTS****Kochetov D.O.***Independent researcher and quality assurance-engineer, Moscow, Russian Federation,
e-mail: k.dmi2016@yandex.ru.*

The article addresses the critical issue of unstable automated tests in Selenium WebDriver, which intermittently fail without any changes to the source code and significantly reduce the reliability of continuous integration and delivery processes. The aim of the study is to analyze these factors and develop practical recommendations for improving the stability of Selenium scripts in industrial projects. The work is conducted as an applied study with elements of a systematic literature review. International and domestic bibliographic databases covering the period from 2014 to 2025 were used to search for publications; 52 sources were analyzed, of which 15 were selected as most representative of current approaches to stabilizing automated testing. The study analyzes the root causes of instability, including the asynchronous nature of the web page structure (Document Object Model), unstable element locators, and external infrastructural factors. A comprehensive methodological approach is proposed, which includes a system of explicit waits for user interface invariants, strategies for constructing stable locators using special data attributes, responsible use of retries, and monitoring of key reliability metrics. Particular attention is paid to a system for the quantitative assessment of test stability, including indicators such as the proportion of unstable tests, retry frequency, and mean time to recovery. The paper provides practical recommendations for integrating these solutions into test pipelines. The results of the study are of value to test engineers and developers seeking to improve the reliability of automated testing processes.

Keywords: flaky tests, reliability of automated testing, Selenium WebDriver, stable locators, stability metrics, CI/CD

Введение

Selenium WebDriver является фактически стандартом для автоматизации end-to-end (E2E) тестирования веб-интерфейсов благодаря кроссплатформенной поддержке браузеров, развитой экосистеме инструментов и глубокой интеграции в конвейеры непрерывной интеграции и доставки (CI/CD). Однако ценность E2E-покрытия, обеспечивающего проверку системы в целом, сопря-

жена с высокими рисками нестабильности тестов. Основные источники этой нестабильности включают асинхронную природу Document Object Model (DOM), высокую динамику одностраничных приложений (SPA) и инфраструктурные факторы, такие как задержки в сети или нагрузка на серверы. В современных исследованиях отмечается, что стабильность тестов критически зависит от качества локаторов и стратегий

ожидания элементов [1, 2]. Официальная документация Selenium подчеркивает, что ключом к созданию устойчивых тестов является применение корректных стратегий ожидания загрузки элементов и использования надежных методов их поиска.

Проблема надежности автоматизированных тестов является центральной в обеспечении качества программного обеспечения, и ее ключевым аспектом выступает феномен нестабильных, или так называемых flaky-тестов. Flaky-тест определяется как тест, который способен демонстрировать как успешный, так и неуспешный исход при абсолютно неизменном коде тестируемого приложения и самом коде теста. Эта недетерминированность напрямую подрывает возможность однозначной интерпретации результатов тестирования и разрушает доверие разработчиков к процессу непрерывной интеграции (CI/CD пайплайну) [3].

В последние годы наблюдается рост исследований, направленных на изучение причин возникновения flaky-тестов и методов повышения стабильности E2E-тестов в реальных промышленных проектах [4, 5]. Эти работы подчеркивают важность применения корректных стратегий ожидания, устойчивых локаторов и мониторинга метрик стабильности для обеспечения доверия к результатам автоматизированного тестирования.

Цель исследования – анализ коренных причин нестабильности Selenium-скриптов и разработка практических рекомендаций по повышению их устойчивости в промышленных проектах, включая стратегическое применение явных ожиданий, построение стабильных локаторов и мониторинг метрик стабильности тестов [1, 6, 7].

Материал и методы исследования

Исследование выполнено в формате систематизированного обзора литературы, направленного на обобщение современных подходов к повышению стабильности Selenium-скриптов и снижению числа нестабильных тестов в проектах с CI/CD-интеграцией. Поиск источников проводился с использованием ключевых слов на русском и английском языках: «нестабильные тесты», «flaky tests», «Selenium WebDriver reliability», «explicit waits», «stable locators», «CI/CD test automation». Отбор публикаций осуществлялся в международных и отечественных библиографических базах данных – ACM Digital Library, IEEE Xplore, SpringerLink, Scopus, eLibrary и CyberLeninka. В анализ включались работы, опубликованные в период с 2016 по 2025 г., что позволило учесть как фундаментальные исследования, так

и практические решения последних лет, применяемые в промышленной автоматизации тестирования. В общей сложности рассмотрено 52 источника, из которых 15 были отобраны для детального анализа. В обзор включались статьи, содержащие результаты эмпирических исследований, статистику по нестабильности тестов, а также описания практических методик по повышению надежности тестовых сценариев. В поле внимания вошли публикации, посвященные выбору и настройке локаторов, управлению ожиданиями элементов, влиянию инфраструктурных факторов (задержек, загрузки браузера), а также интеграции стратегий стабилизации тестов в конвейеры непрерывной интеграции. Исключались источники, ограниченные модульным тестированием, не содержащие экспериментальной части или конкретных практических рекомендаций. Для подготовки настоящего систематического обзора использованы современные принципы, изложенные в протоколе PRISMA 2020 [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Многочисленные эмпирические исследования систематически анализируют коренные причины нестабильности. Установлено, что основные источники нестабильности заключаются в проблемах асинхронности и состояний гонки (race conditions), связанных с некорректными стратегиями ожидания загрузки элементов в пользовательском интерфейсе. Эти выводы подтверждаются обзором T. Amjed, где UI- и инфраструктурные причины флейков классифицированы в многоголосом обзоре [4]. Дополнительно, анализ последних промышленных кейсов показывает, что использование data-атрибутов и CSS-селекторов позволяет добиться наибольшей устойчивости тестов без ущерба для покрытия [1]. Значительный вклад вносят нестабильные и хрупкие локаторы элементов, которые теряют свою актуальность при изменениях в структуре DOM-дерева [9]. Дополнительными факторами риска являются неконтролируемые зависимости от внешней инфраструктуры, состояния сети, сторонних сервисов, а также взаимное влияние тестов друг на друга при определенном порядке их выполнения. Следует особо подчеркнуть, что для UI-тестов, в особенности веб-приложений, совокупное негативное влияние этих факторов является наиболее выраженным по сравнению с другими уровнями тестирования [10].

Для эффективного управления проблемой нестабильных тестов необходима комплекс-

ная система метрик, позволяющая количественно оценивать уровень стабильности и эффективность применяемых мер. В таблице приведен комплексный подход к устранению нестабильности тестов, включая стратегические направления, конкретные меры и соответствующие метрики эффективности. Ряд современных исследований и практических руководств подчеркивает необходимость использования метрик Flaky Test Rate (FTR), Retry Rate и MTTR для объективной оценки стабильности тестов в CI/CD [4, 11]. В работе Olianias et al. (2025) демонстрируется, что визуализация FTR и Retry Rate в CI-дэшбордах повышает скорость реагирования команд на флейковые тесты [12].

Ключевые метрики включают:

– Flaky Test Rate (FTR): процент тестов, проявляющих нестабильное поведение за определенный период времени.

– Retry Rate: среднее количество повторных запусков, необходимых для получения стабильного результата.

– Mean Time To Detect (MTTD): среднее время обнаружения нестабильного теста.

– Mean Time To Repair (MTTR): среднее время устранения коренной причины нестабильности.

– False Positive Rate: процент ложных срабатываний в общем количестве падений.

– Регулярный мониторинг этих метрик позволяет объективно оценивать эффективность стратегий борьбы с нестабильностью и принимать обоснованные решения по оптимизации тестовых процессов.

Практические последствия распространения flaky-тестов носят крайне негативный характер и имеют серьезные операционные издержки. К ним относится значительное увеличение времени обратной связи (feedback time) для разработчиков из-за необходимости многократных пере-

запусков тестовой сборки для верификации результатов, а также рост числа ложных срабатываний (false positives), которые требуют бесполезной траты времени на анализ несуществующих дефектов. Это подтверждается отчетами промышленных компаний по CI/CD, где массовые повторные прогоны приводят к значительной потере доверия к автотестам [4, 5].

Широко распространенная практика маскировки проблемы путем массового использования повторных прогонов приводит к накоплению большого количества избыточной статистики, которая затрудняет анализ реальных проблем. Как следствие, кульминацией этих проблем становится полная или частичная потеря доверия разработчиков к автотестам как к надежному инструменту.

Для обеспечения стабильности тестовых скриптов настоятельно рекомендуется системное использование механизмов явных ожиданий, таких как WebDriverWait в сочетании с ExpectedConditions (или их аналогами на выбранном языке программирования). Ключевой принцип заключается в том, чтобы дожидаться достижения конкретного целевого инварианта состояния элемента, а не произвольной задержки. К наиболее критически важным ожидаемым условиям относятся: visibilityOf (видимость элемента), elementToBeClickable (готовность элемента к взаимодействию), presenceOfElementLocated (присутствие элемента в DOM-дереве), invisibilityOf (исчезновение элемента) и stalenessOf («устаревание» элемента, например, при обновлении DOM). Категорически не рекомендуется смешивать данный подход с неявными ожиданиями (implicit waits) на уровне сессии, так как это приводит к непредсказуемому наложению таймаутов и существенно снижает детерминированность поведения теста [7].

Комплексный подход к устранению нестабильности тестов

Стратегическое направление	Конкретные меры	Метрики эффективности
Стабильные локаторы	Использование data-атрибутов (data-testid), приоритет CSS над XPath, избегание позиционных селекторов	Снижение количества StaleElementReferenceException [1, 7]
Явные ожидания	Применение WebDriverWait с ExpectedConditions, отказ от Thread.sleep()	Уменьшение времени выполнения тестов [1, 13]
Контролируемые ретрай	Ограниченное количество попыток (2–3), экспоненциальная задержка между попытками	Снижение Retry Rate [4, 11]
Мониторинг и анализ	Регулярный расчет FTR, ведение реестра flaky-тестов, анализ root-причин	Снижение MTTR, уменьшение количества тестов в карантине [4, 12]

Примечание: составлена автором на основе анализа литературных источников, официальной документации Selenium и собственных наблюдений в рамках исследования

Рекомендации по правильной настройке ожиданий подробно описаны в официальной документации Selenium и индустриальных best-practice руководствах [1, 2].

Пример корректной реализации на Java:

```
WebDriverWait wait = new WebDriverWait(driver, Duration.ofSeconds(10));
WebElement btn = wait.until(ExpectedConditions.elementToBeClickable(
    By.cssSelector("[data-testid='checkout-submit']")));
btn.click();
```

К числу распространенных антипаттернов, которых следует избегать, относятся: использование «жестких» пауз (Thread.sleep), попытки взаимодействия с невидимыми элементами, ожидание лишь факта присутствия элемента в DOM без проверки его готовности к клику, а также смешение стратегий неявных и явных ожиданий, что ведет к непредсказуемым суммарным задержкам.

Стратегия повторных запусков реализуется на двух основных уровнях: локально на уровне тестового фреймворка и глобально на уровне конвейера CI/CD. На уровне фреймворка для Python-проектов, использующих pytest, применяется плагин pytest-rerunfailures с указанием количества повторов (--reruns) и, опционально, задержки между ними через конфигурацию в pytest.ini. В экосистеме Java для TestNG типичным решением является реализация интерфейса IRetryAnalyzer или использование специализированных listener'ов для автоматизации прогонов.

Крайне важен принцип ответственного применения данной стратегии. Прогоны позволяют смягчить «шум» от случайных флейков, но они не должны маскировать реальные дефекты в коде. Это подтверждается анализом причин флейковости и практических рекомендаций по их смягчению, а также в обзорах по best-practice масштабируемой автоматизации, где подчеркивается ответственность за настройку ретраев и ограничение их использования [2, 4]. Для оценки влияния внешних факторов на проявление флейков и корректной интерпретации повторов полезно учитывать результаты экспериментов по влиянию вычислительных ресурсов [11]. Кроме того, исследования по анализу UI-flaky тестов рекомендуют обязательно фиксировать нестабильные тесты (с помощью меток или помещения в карантин) и проводить их триаж и root-cause анализ до того, как ретрай станут повсеместной практикой [14]. Необходимо обязательно фиксировать факт нестабильности теста (через систему меток или карантин), собирать статистику по срабатываниям, ограничивать максимальное количество попыток (N) и использовать экспоненциальную задержку (back-off) между

ними, а также проводить постоянный триаж и анализ коренных причин флейковости.

Выбор и конструирование устойчивых локаторов базируется на нескольких ключевых принципах. Наивысший приоритет имеют стабильные и уникальные атрибуты элемента: в первую очередь ID (при условии его гарантированной стабильности), а затем CSS-селекторы, основанные на неизменяемых атрибутах. Наиболее эффективной практикой является включение в продуктовый код специальных атрибутов-хуков для тестирования (таких как data-testid или data-qa), что полностью развязывает тест от изменений в верстке или стилях. Следует избегать сложных XPath-выражений, жестко завязанных на структуру DOM-дерева и позиционные индексы; допускается использование лишь относительно коротких XPath, построенных от стабильных «якорных» элементов [7].

Данные рекомендации напрямую поддерживаются официальной документацией Selenium и best-practice руководствами ведущих индустриальных провайдеров.

Корректная настройка временных параметров является необходимым компонентом стабильности. Необходимо явно и адекватно настраивать таймауты загрузки страницы (pageLoadTimeout) и выполнения асинхронных скриптов (scriptTimeout). В сценариях, предполагающих динамическое обновление интерфейса (например, после AJAX-запроса или навигации), следует избирательно использовать ожидание условия stalenessOf(element) по отношению к старому элементу непосредственно перед попыткой поиска его обновленной версии в DOM. Это гарантирует, что последующие операции будут выполняться с актуальным состоянием элемента, а не с его устаревшей ссылкой, что предотвращает классические ошибки типа StaleElementReferenceException.

Для устойчивого управления качеством тестирования и достижения предсказуемости процессов непрерывной интеграции необходимы операциональные и объективно измеряемые метрики. Ключевой количественной мерой является Flake Rate (FR) – процент запусков, в которых тест демонстрировал нестабильное поведение, вычисляемый как отношение числа флей-

ковых исходов к общему числу запусков, умноженное на 100 %. Альтернативной оценкой может служить Flakiness Rate, определяемый как доля неконсистентных результатов на заданном интервале наблюдения, методология которого варьируется в зависимости от поставщика аналитики. Для глубинного анализа необходимо отслеживать Failure Rate применительно именно к флейковым тестам, а также строить тренды проявления нестабильности в разрезе отдельных тестов, модулей или компонентов системы, что поддерживается современными системами CI-телеметрии.

Метрика MTTR-test-flake (Mean Time To Repair) отражает среднее время, затрачиваемое на устранение причины флейка или перевод теста в карантин с момента его обнаружения, что характеризует скорость реакции команды. Retry ratio, или среднее количество повторных запусков, необходимое для достижения успешного прохождения тестов, служит индикатором общей стабильности пайплайна; его рост является четким сигналом деградации надежности. Quarantine count, или количество тестов, временно исключенных из основного прогона, также требует мониторинга. Длительное нахождение теста в карантине без анализа и устранения первопричин указывает на системные риски, которые маскируются, а не решаются. Современные исследования подчеркивают необходимость регулярного анализа этих метрик в контексте CI/CD, поскольку именно визуализация MTTR и Retry Ratio позволяет оперативно выявлять деградацию стабильности пайплайна [2, 13].

Для стратегического планирования тестового покрытия критически важна метрика Coverage-vs-Stability, анализирующая соотношение доли end-to-end тестов к модульным и интеграционным, а также их соответствующий вклад в общий Flake Rate; это позволяет следовать рекомендациям по сокращению доли «тяжелых» E2E-тестов, вносящих наибольший вклад в нестабильность. Подобные подходы активно применяются в промышленной практике крупных компаний, где осуществляется приоритизация тестов на основе показателя Coverage-vs-Stability [12, 15].

Все перечисленные метрики должны собираться автоматически непосредственно в процессе CI (с использованием build scans или дашбордов) и быть доступными для детального анализа с декомпозицией по типам тестов, используемым фреймворкам, компонентам системы и тестовым окружениям. Для автоматизированного сбора таких показателей используются встроенные средства CI-платформ (например, Jenkins

Build Scans, GitLab Analytics, Azure DevOps Insights) а ключевые метрики (FR, MTTR-flake, Retry Ratio, Quarantine Count) должны регулярно отображаться на дашбордах и анализироваться командами на совещаниях по качеству для своевременного принятия корректирующих действий [14, 15].

Для системного повышения стабильности автотестов командам рекомендуется придерживаться следующих принципов [16]. При проектировании тестов необходимо использовать исключительно явные ожидания (explicit waits), настроенные на конкретные и проверяемые инварианты состояния пользовательского интерфейса (например, кликабельность, видимость), и полностью избегать смешения стратегий неявных (implicit) и явных ожиданий в рамках одной сессии. Краеугольным камнем устойчивости является применение стабильных локаторов, поэтому для этого целесообразно внедрять в продуктовый код специализированные атрибуты (такие как data-testid или data-qa) для ключевых элементов, что обеспечивает полную независимость тестов от изменений в верстке, и избегать использования хрупких XPath-выражений, зависящих от абсолютной позиционной структуры DOM. Инженерия тестовых окружений должна включать эмуляцию реалистичных сетевых условий (через DevTools Protocol) и обеспечение контроля над ресурсами (CPU, память) раннеров в CI-системе для минимизации внешнего шума.

В результате тестовый контур становится не только технически устойчивым, но и управленчески предсказуемым, что напрямую снижает риск сбоев в поставке продукта.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что проблема нестабильных тестов (flaky tests) остается одной из ключевых в индустрии автоматизации тестирования. Несмотря на развитие инструментальных решений, коренные причины флейковости по-прежнему связаны с асинхронностью DOM, отсутствием детерминированных ожиданий и зависимостью тестов от нестабильной инфраструктуры.

На основании анализа источников показано, что комплексный подход, включающий оптимизацию локаторов, внедрение метрик стабильности (FR, MTTR, Retry Ratio) и системную работу с техническим долгом тестов, позволяет существенно повысить устойчивость CI/CD-пайплайнов и доверие к результатам автотестов.

Практические рекомендации, изложенные в работе, направлены на формирование

культуры ответственности за стабильность тестовой инфраструктуры и развитие аналитического подхода к мониторингу метрик надежности. В совокупности это создает предпосылки для перехода к интеллектуальным системам анализа качества и дальнейшего применения методов машинного обучения для адаптивного сопровождения тестов.

Список литературы

1. Nass M., Alegroth E., Feldt R., Leotta M., Ricca F. Similarity-based web element localization for robust test automation // *Proceedings / article (ACM / arXiv)*. 2022. URL (arXiv): <https://arxiv.org/pdf/2208.00677> (дата обращения: 13.10.2025).
2. Joe D. Best Practices for Scalable Test Automation with Selenium // *International Journal of Advanced and Innovative Research*. 2022. Vol. 11. Is. 1. P. 918–928. URL: https://www.researchgate.net/publication/383914679_Best_Practices_for_Scalable_Test_Automation_with_Selenium (дата обращения: 13.10.2025).
3. Shruti A., Nitin Ch. Exploring the Benefits and Challenges of Automated Testing // *Journal of Software Engineering and Systems Testing*. 2023. P. 1–15. URL: <https://admin.mantechpublications.com/index.php/JoSEST/issue/view-File/6553/7156> (дата обращения: 13.10.2025).
4. Amjed T., Shawn R., Jens D., Negar H., Lu Zh. Test flakiness' causes, detection, impact and responses // *Journal of Systems and Software*. 2023. P. 112186. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121223002327> (дата обращения: 13.10.2025). DOI: 10.1016/j.jss.2023.112187.
5. Balsam S., Mishra D. Web application testing – Challenges and opportunities // *Journal of Systems and Software*. 2024. P. 112186. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121224002309> (дата обращения: 13.10.2025). DOI: 10.1016/j.jss.2024.112186.
6. Артюхова А.С. Проблемы автоматизации тестирования и подходы к их решению // *CETERIS PARIBUS*. 2016. № 10. С. 5–11. URL: <https://elibrary.ru/wxqkzd?ysclid=mi0egewyvm564870742> (дата обращения: 13.10.2025). EDN: WXQKZD.
7. Ткачев А.В., Иртегов Д.В. Методика автоматического тестирования развивающегося веб-приложения // *Журнал информационных технологий*. 2019. Т. 17. Вып. 3. С. 78–91. URL: <https://journals.nsu.ru/jit/archive/2019/vypusk-3-tom-17-2019/razdel/metodika-avtomaticheskogo-testirovaniya-razvivayushchegosya-veb-prilozheniya/> (дата обращения: 13.10.2025). DOI: 10.25205/1818-7900-2019-17-3-93-110.
8. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E., Chou R., Glanville J., Grimshaw J.M., Hróbjartsson A., Lalu M.M., Li T., Loder E.W., Mayo-Wilson E., McDonald S., McGuinness L.A., Stewart L.A., Thomas J., Tricco A.C., Welch V.A., Whiting P., Moher D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews // *BMJ*. 2021. Vol. 372. n71. URL: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71> (дата обращения: 13.10.2025). DOI: 10.1136/bmj.n71.
9. Xuan J., Monperrus M. Test Case Purification for Improving Fault Localization // *Proceedings of the 22nd ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering (FSE)*. 2014. P. 52–63. URL: <https://arxiv.org/abs/1409.3176> (дата обращения: 13.10.2025). DOI: 10.1145/2635868.2635906.
10. Luo Q., Hariri F., Eloussi L., Marinov D. An Empirical Analysis of Flaky Tests // *Proceedings of the 2014 ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA 2014)*. ACM, 2014. P. 1–11. URL: <https://mir.cs.illinois.edu/marinov/publications/LuoETAL-14FlakyTestsAnalysis.pdf> (дата обращения: 13.10.2025). DOI: 10.1145/2635868.2635920.
11. Denini Silva D., Gruber M., Gokhale S., Arteca E., Turcotte A., d'Amorim M., Lam W., Winter S., Bell J. The Effects of Computational Resources on Flaky Tests // *arXiv preprint*. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2310.12132> (дата обращения: 13.10.2025).
12. Olinas D., Leotta M., Ricca F., Biagiola M., Tonella P. STILE: a tool for optimizing E2E web test scripts and parallel execution // *Software Quality Journal // ScienceDirect (conference/journal source)*. 2025. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121224003480> (дата обращения: 13.10.2025).
13. Koppanati P. Handling Dynamic Web Elements in Selenium for Robust Automation // *European Journal of Advances in Engineering and Technology*. 2021. Vol. 8. Is. 2. P. 138–143. URL: https://www.researchgate.net/publication/387743058_Handling_Dynamic_Web_Elements_in_Selenium_for_Robust_Automation (дата обращения: 13.10.2025).
14. Romano A., Song Z., Grandhi S., Yang W., Wang W. An Empirical Analysis of UI-based Flaky Tests // *ICSE*. 2021. P. 1. URL: <https://weihang-wang.github.io/papers/UIFlaky-icse21.pdf> (дата обращения: 13.10.2025).
15. Manukonda K.R.R. A Comprehensive Evaluation of Selenium WebDriver for Cross-Browser Test Automation: Performance, Reliability, and Usability // *Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning & Data*. 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/382027459_A_Comprehensive_Evaluation_of_Selenium_Webdriver_for_Cross-Browser_Test_Automation_Performance_Reliability_and_Usability (дата обращения: 13.10.2025).
16. Gruber M., Heine M., Oster N., Philippsen M., Fraser G. Practical Flaky Test Prediction using Common Code Evolution and Test History Data // *arXiv preprint*. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2302.09330> (дата обращения: 19.10.2025). DOI: 10.48550/arXiv.2302.09330.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

СТАТЬЯ

УДК 664.3:543(575.2)

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАЙОНЕЗОВ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА РЫНКЕ КЫРГЫЗСТАНА**

Абдурашитова Ю.А. ORCID ID 0009-0004-2194-3590,

Касымова Э.Дж. ORCID ID 009-0003-0262-1804

*Межгосударственная образовательная организация высшего образования
«Кыргызско-Российский Славянский университет имени первого Президента
Российской Федерации Б.Н. Ельцина», Бишкек, Кыргызстан,
e-mail: Abdurashitova.J@mail.ru*

Целью работы являлось проведение комплексного сравнительного анализа физико-химических показателей майонезов различных производителей с использованием органолептической оценки, измерения кислотного числа, плотности, массовой доли жира, анализа на содержание крахмала и идентификации методом ИК-спектроскопии. В исследовании участвовали четыре образца производителей Кыргызстана, России и Казахстана. Полученные результаты позволили выявить существенные различия в качественных характеристиках исследованных образцов, установить соответствие продукции нормативным требованиям, а также определить образец с наилучшим комплексом физико-химических свойств. По результатам комплексной оценки образец № 2 продемонстрировал наилучшие показатели: высокую жирность, оптимальную плотность, кислотное число в пределах нормы и отсутствие крахмала, – подтвержденные результатами качественного и количественного анализа. В образцах № 1, 3 и 4 выявлено наличие крахмала, используемого в качестве стабилизатора, что отражается на их органолептических и структурных характеристиках. Метод ИК-спектроскопии доказывает наличие характерных полос поглощения соответствующих функциональных групп жиров, белков, углеводов и наличие или отсутствие добавленных загустителей. Корреляционный анализ показал тесную взаимосвязь между массовой долей жира и органолептической оценкой, а также между кислотным числом и стабильностью эмульсии. Научная новизна работы заключается в расширенной оценке потребительских и технологических характеристик майонезов с применением современных методов анализа, что обеспечивает более глубокое понимание состава и качества продукции. Практическая значимость заключается в возможности использования полученных данных для совершенствования рецептур и производственных процессов, а также для повышения информированности потребителей при выборе продукции.

Ключевые слова: майонез, физико-химические показатели, кислотное число, плотность, массовая доля жира, органолептическая оценка, стабильность эмульсии, анализ на содержание крахмала

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF MAYONNAISE
PRODUCTS AVAILABLE ON THE KYRGYZ MARKET**

Abdurashitova Yu.A. ORCID ID 0009-0004-2194-3590,

Kasymova E.Dzh. ORCID ID 009-0003-0262-1804

*Interstate Educational Institution of Higher Education “Kyrgyz-Russian Slavic University
named after first President of the Russian Federation B.N. Yeltsin”, Bishkek, Kyrgyzstan,
e-mail: Abdurashitova.J@mail.ru*

The aim of this study was to conduct a comprehensive comparative analysis of the physicochemical parameters of mayonnaise produced by different manufacturers, using organoleptic evaluation, determination of acid value, density, mass fraction of fat, starch content analysis, and identification by IR spectroscopy. Four samples from Kyrgyzstan, Russia and Kazakhstan manufactures participated in this investigation. The obtained results made it possible to identify significant differences in the qualitative characteristics of the examined samples, to establish compliance of the products with regulatory requirements, and to determine the sample with the best set of physicochemical properties. According to the results of a comprehensive assessment, the sample №2 demonstrated the best indicators: high fat content, optimal density, acid number within the norm, and absence of starch, confirmed by the results of qualitative and quantitative analysis. For the samples of №1, 3 and 4 the presence of starch used as a stabilizer was detected, which affects their organoleptic and structural characteristics. The IR spectroscopy method proves the presence of characteristic absorption bands corresponding to the functional groups of fats, proteins, carbohydrates, and the presence or absence of added thickeners. Correlation analysis showed a close relationship between the mass fraction of fat and organoleptic evaluation, as well as between the acid number and emulsion stability. The scientific novelty of the work lies in the extended assessment of consumer and technological characteristics of mayonnaise using modern analytical methods, including IR spectroscopy, which provides a deeper understanding of the composition and quality of the product. The practical significance lies in the possibility of using the obtained data to improve formulations and production processes, as well as to enhance consumer awareness when choosing products.

Keywords: mayonnaise, physicochemical properties, acid number, density, fat content, organoleptic evaluation, emulsion stability, iodine-starch analysis

Введение

Майонез является одной из наиболее востребованных пищевых эмульсий благодаря универсальности применения, высокой пищевой ценности и разнообразию вкусовых свойств. Основные компоненты – растительное масло, яичный желток, уксусная или лимонная кислота, а также стабилизаторы и загустители. Эмульсия формируется благодаря взаимодействию липидной и водной фаз, что обеспечивает однородность структуры, вязкость и органолептические свойства продукта.

Качество майонеза определяется составом ингредиентов, технологией производства, свежестью сырья и условиями хранения [1–3].

Ключевые физико-химические показатели включают:

- *кислотное число* – отражает содержание свободных жирных кислот;
- *плотность* – определяет консистенцию и текстуру эмульсии;
- *массовая доля жира* – влияет на вкусовые качества, калорийность и стабильность эмульсии;
- *органолептические показатели* – вкус, цвет, запах и консистенция;
- *проба Сакса* – позволяет выявить наличие крахмала в составе.

Стабильность майонезной эмульсии зависит от размера капель масла, типа эмульгатора, присутствия загустителей и крахмала [1–3]. Сравнительный анализ различных марок с комплексной оценкой физико-химических и сенсорных характеристик необходим для улучшения качества продуктов [4–6].

Цель исследования – провести сравнительный анализ физико-химических показателей майонезов различных производителей и дать рекомендации по повышению качества продукции.

Материалы и методы исследования

Для анализа использовали четыре образца: № 1, № 2, № 3, № 4. Проверляли свежесть, герметичность упаковки и срок годности. Все образцы хранили при 4–6 °С до проведения анализов.

Результаты исследования и их обсуждение

Органолептическую оценку проводили по пятибалльной шкале (1 – неудовлетворительно, 5 – отлично). Оценивали вкус, цвет, запах и консистенцию. Среднее значение оценок представлено с указанием стандартного отклонения.

Химические методы анализа:

– *Кислотное число* – титриметрическое определение по ГОСТ с использованием КОН, в мг КОН/г.

– *Плотность* – пикнометр при 20 °С, г/см³.

– *Массовая доля жира* – Soxhlet-экстракция и пикнометрия, %.

– *Проба Сакса* – обнаружение крахмала по интенсивности окрашивания.

– *Статистическая обработка*: все измерения проводили в три повторности, результаты представлены как среднее ± стандартное отклонение. Для проверки значимости различий использовали критерий Стьюдента ($p < 0,05$).

– *ИК-спектроскопия* для идентификации компонентов.

1. *Органолептическая оценка* (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что образец № 2 показал наилучшие органолептические показатели, что соответствует его физико-химическим свойствам.

2. *Кислотное число* (данные представлены в виде диаграммы на рис. 1).

Из диаграммы видно, что наибольшим кислотным числом, 4,2, обладает образец № 2, что указывает на использование свежих масел и соблюдение технологии, кислотные числа образцов № 1, 3 и 4 равны соответственно: 2,8; 2,7 и 3,5.

3. *Плотность*. Данные плотности исследуемых образцов представлены в виде диаграммы на рис. 2.

Из диаграммы видно, что наибольшей плотностью обладает образец № 2 – 1,02 г/см³, плотность образца № 3 составляет 1,01 г/см³, а плотность образцов № 1 и 4 равна 0,97 г/см³. Высокая плотность обеспечивает плотную структуру эмульсии.

Таблица 1

Органолептические показатели майонезов

Образец	Вкус	Цвет	Запах	Общая оценка
№ 1	хороший	желтый	нейтральный	2 место
№ 2	отличный	кремовый	свежий	1 место
№ 3	посредственный	бледный	слабый	4 место
№ 4	удовлетворительный	желтый	нейтральный	3 место

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

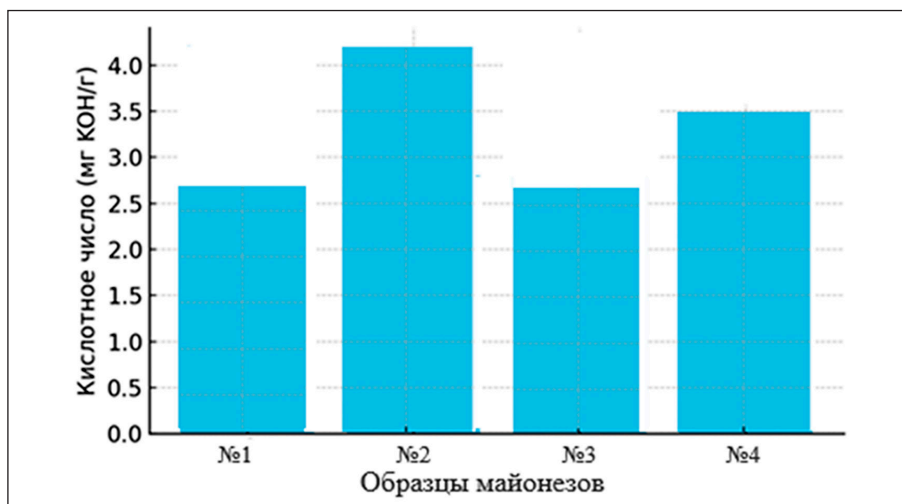


Рис. 1. Кислотное число определяемых образцов (мг/КОН/г)
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

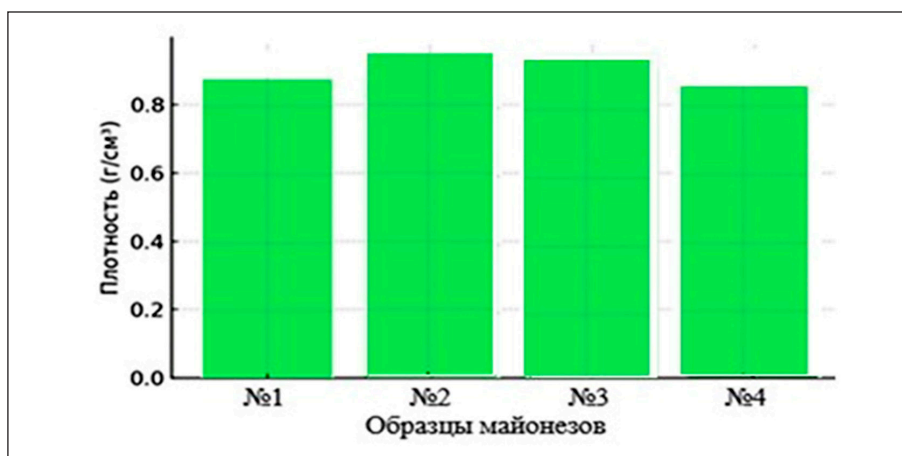


Рис. 2. Плотность исследуемых образцов (г/см³)
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

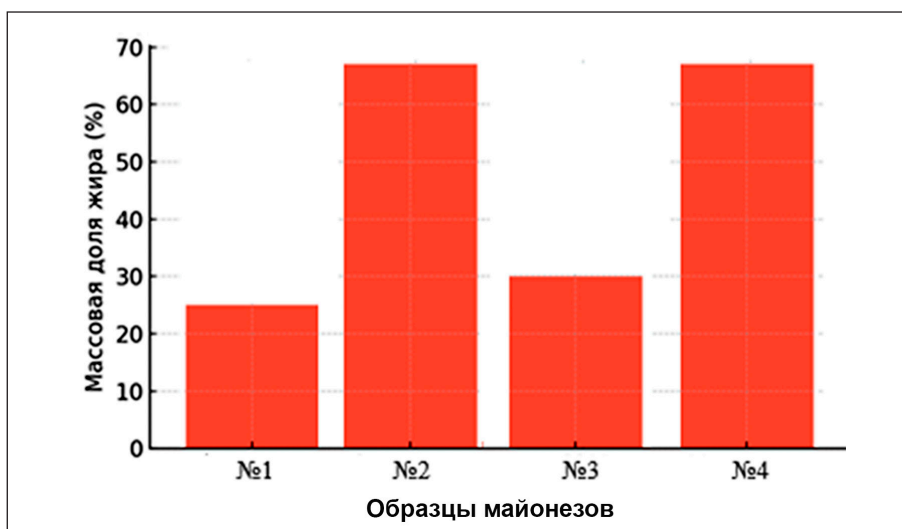


Рис. 3. Массовая доля жира исследуемых образцов, %
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таблица 2

Интенсивность окрашивания образцов (проба Сакса)

Образец	Интенсивность окраски	Содержание крахмала
№ 1	2	умеренное содержание крахмала
№ 2	0	крахмал не обнаружен
№ 3	1	слабое содержание крахмала
№ 4	3	высокое содержание крахмала
Интенсивность окраски от 0 до 3		

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

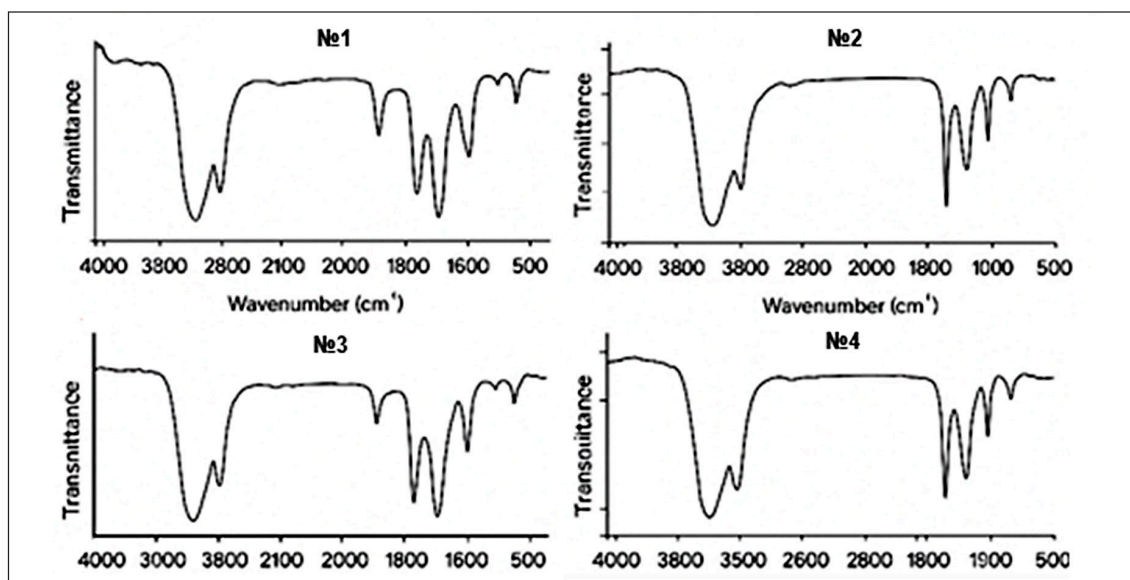


Рис. 4. ИК-спектры анализируемых образцов майонезов

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

4. *Массовая доля жира.* Результаты определения массовой доли жира исследуемых образцов представлены в виде диаграммы на рис. 3.

По результатам определения жирности майонезов можно сделать вывод, что максимальная жирность у образцов № 2 и 4 – 67%, минимальная у образца № 1 – 25%, промежуточное положение занимает образец № 3 – 50%.

5. Анализ на содержание крахмала.

Присутствие крахмала в трех образцах подтверждает его использование для стабилизации консистенции. Отсутствие крахмала в образце № 2 соответствует более натуральному составу и лучшим органолептическим свойствам (табл. 2) [7–9].

Для идентификации экспериментальных образцов использовали метод ИК-спектроскопии, позволяющий идентифицировать функциональные группы компонентов майонеза и оценить влияние ингредиентов и добавок на структуру продукта.

Образцы анализировались в диапазоне 4000–400 см^{-1} методом Фурье-преобразованной ИК-спектроскопии (FTIR) с использованием ATR-адаптера.

ИК-спектры анализируемых образцов приведены на рис. 4. Данные ИК-спектроскопии приведены в табл. 3.

Резюмируя, можно сделать следующие выводы:

- Образец майонеза № 2 демонстрирует характерные полосы поглощения триглицеридов и белков, без усиленных полос поглощения группировки C–O–C, что подтверждает отсутствие добавленного крахмала.

- Образцы № 1, 3 и 4 показывают более выраженные полосы поглощения C–O–C, что согласуется с данными «пробы Сакса» и свидетельствует о добавлении крахмала как загустителя.

- Интенсивность полос C–H и C=O коррелирует с массовой долей жира, что подтверждает согласованность физико-химических и спектроскопических данных.

Таблица 3

Характеристические полосы поглощения анализируемых образцов

Характеристические полосы поглощения, см ⁻¹	Группировки	Комментарии по образцам
3300–3400	О–Н (вода, гидроксильные группы)	Все образцы показывают интенсивную полосу поглощения, подтверждающую присутствие водной фазы эмульсии
2920, 2850	С–Н (алканы, жирные кислоты)	Интенсивность пропорциональна жирности; наибольшая у образцов № 2 и 4 (67 % жира)
1740	С=О (триглицериды)	Четкая полоса у всех образцов; слабее у образца № 1 (25 % жира)
1650	С=О амиды (белки яйца)	Отражает наличие белков: более выражена у образцов № 2 и 3
1240–1160	С–О–С (эферы, стабилизаторы)	Более интенсивная полоса поглощения проявляется в образцах № 1 и 4, указывая на присутствие крахмала и загустителей
720–730	–CH ₂ – (длинные углеводородные цепи)	Присутствует у всех образцов; интенсивность соответствует количеству жира

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Таким образом, данные ИК-спектроскопии подтверждают различия в составе майонезов, выявленные титриметрическим, органолептическим анализом, данными по определению плотности и массовой доли жира, и могут использоваться как быстрый метод контроля качества.

6. *Корреляционный анализ.* Положительная корреляция выявлена между:

- массовой долей жира и органолептической оценкой ($r = 0,89$);
- кислотным числом и стабильностью эмульсии ($r = 0,81$).

Это подтверждает значимость жировой составляющей и кислотного числа для качества майонеза.

В соответствии с литературными данными качественный майонез должен иметь кислотное число 3–5 мг КОН/г и жирность 60–70 % [10–12]. Добавление крахмала стабилизирует консистенцию, но может снижать органолептические свойства. Полученные результаты полностью согласуются с литературными данными [13–15].

Практическое значение и рекомендации

– *Для производителей:* контроль кислотного числа и жирности, использование качественных масел и эмульгаторов, соблюдение технологических норм.

– *Для потребителей:* выбор майонеза с высокой жирностью, оптимальной плотностью и положительной органолептической оценкой.

– *Для исследователей:* изучение влияния различных стабилизаторов и крахмала на стабильность эмульсии и физико-химические показатели.

Заключение

Комплексная оценка показала, что наилучшие свойства демонстрирует образец № 2 – высокая жирность, оптимальная плотность, кислотное число в пределах нормы и отличные органолептические показатели. Йодная проба подтвердила отсутствие крахмала в данном образце, что обеспечивает натуральность состава. Результаты исследования могут использоваться для контроля качества и выбора потребителями наиболее качественного продукта. Перспективны дальнейшие исследования по стабильности эмульсии при хранении и влиянию технологических добавок.

Список литературы

1. Салеба Л.В. Исследование показателей качества майонеза // Товароведение и экспертиза пищевых продуктов. 2020. № 3. С. 22–28. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-pokazateley-kachestva-mayoneza> (дата обращения: 03.10.2025).
2. Siripattanakulkajorn C., Sombutsuwan P., Villeneuve P., Baréa B., Domingo R., Lebrun M., Kornkanok A., Durand E. Physical properties and oxidative stability of mayonnaises fortified with natural deep eutectic solvent, either alone or enriched with pigmented rice bran // Food Chemistry. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.141124.
3. Wang W., Hu C., Sun H., Zhao J., Xu C., Ma Y., Ma J., Jiang L., Hou J. Physicochemical Properties, Stability and Texture of Soybean-Oil-Body-Substituted Low-Fat Mayonnaise: Effects of Thickeners and Storage Temperatures // Foods. 2022. Vol. 11. Is. 15. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/15/2201> (дата обращения: 03.10.2025). DOI: 10.3390/foods11152201.
4. Wijayanti I., Prodpran T., Sookchoo P., Nirmal N., Zhang B., Balange A., Benjakul S. Textural, rheological and sensorial properties of mayonnaise fortified with Asian sea bass bio-calcium // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2023. Vol. 100. Is. 2. P. 123–140. DOI: 10.1002/aocs.12649.

5. Flammini F., Di Mattia C., Sacchetti G., Neri L. Physical and sensory properties of mayonnaise enriched with encapsulated olive leaf phenolic extracts // *Foods*. 2020. Vol. 9. Is. 8. Article 997. DOI: 10.3390/foods9080997.
6. Amin W.S.M., Dewidar O.M., Zaki S.A. Characterization and Evaluation of Modified Potato Peel Starch and Soy Protein Isolate for Formulation in Reduced-Fat Mayonnaise // *Food Technology Research Journal*. 2025. Vol. 7. Is. 2. P. 129–144. DOI: 10.21608/ftj.2025.423187.
7. Cerro D.A., Maldonado A.P., Matiacevich S.B. Comparative study of the physicochemical properties of a vegan dressing-type mayonnaise and traditional commercial mayonnaise // *Grasas y Aceites*. 2021. Vol. 72. Is. 4. DOI: 10.3989/gya.0885201.
8. Jia J., Tian L., Song Q., Liu X., Rubert X., Li M., Duan X. Investigation on physicochemical properties, sensory quality and storage stability of mayonnaise prepared from lactic acid fermented egg yolk // *Food Chemistry*. 2023. 415. Article 135789. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135789.
9. Leonardo R.M., Somaris E., García-Zapateiro L.A. Physicochemical, Rheological, and Microstructural Properties of Low-Fat Mayonnaise Manufactured with Hydrocolloids from *Dioscorea rotundata* as a Fat Substitute // *Processes*. 2023. Vol. 11. Is. 2. Article 492. DOI: 10.3390/pr11020492.
- Juszczak L., Fortuna T., Kośła A. Sensory and rheological properties of Polish commercial mayonnaise // *PubMed*. 2003. № 47(4). P. 232-235. DOI: 10.1002/food.200390054. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13678259> (дата обращения: 29.10.2025).
10. Silva L.H.G., Colares J.A., Ramos J.A.F., Moreno M.N., Rocha S.R. Microbiological quality and physicochemical characteristics of homemade mayonnaise served in snack bars in the city of Manaus, Amazonas // *Research, Society and Development*. 2021. Vol. 10. Is. 16. URL: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/23722> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.33448/rsd-v10i16.23722.
11. Peshuk L.V., Bakhmach V.A., Simonova I.I. Quality management in the technology of mayonnaise sauces with non-traditional raw materials // *Journal of Chemistry and Technologies*. 2021. Vol. 30. Is. 2. URL: <https://chemistry.dnu.dp.ua/article/view/258185> (дата обращения: 28.10.2025). DOI: 10.15421/jchemtechv30i2.258185.
12. Sylvani M.I., Evanuarini H., Rahayu P.P. Physicochemical Quality of Reduced Fat Mayonnaise with Aloe vera Powder as a Natural Antioxidant // *Asian Journal of Biology*. 2025. Vol. 21. Is. 1. URL: <https://journalajob.com/index.php/AJOB/article/view/470> (дата обращения: 03.10.2025). DOI: 10.9734/ajob/2025/v21i1470.
13. Novia D., Walfadillah R., Sandra A. Physical and Sensory Characteristics of Mayonnaise Using Functional Ingredients of Galo-galo Honey (*Tetrigona apicalis*) // *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*. 2024. Vol. 34. Is. 3. URL: <https://jiip.ub.ac.id/index.php/jiip/article/view/2983> (дата обращения: 03.10.2025). DOI: 10.21776/ub.jiip.2024.034.03.13.
14. Jeong H., Oh I. Physicochemical and structural properties of vegan mayonnaise prepared with peanut sprout oil and aquafaba // *Food Chemistry*. X. 2025. Vol. 25. Article 101234. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.101234.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.