https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

Министерство здравоохранения Республики Беларусь

ПРОБЛЕМЫ ЗДОРОВЬЯ И ЭКОЛОГИИ

Научно-практический журнал

Том 23, № 3, 2026

(июль–сентябрь)
Сквозной номер выпуска — 88

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:
***Назаренко Ирина Вячеславовна**, к.м.н., доцент,*
ректор Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)

Заместитель главного редактора:
***Шаршакова Тамара Михайловна**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПКиП Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)*

Почетный научный редактор:
***Лызиков Анатолий Николаевич**, д.м.н., профессор, профессор кафедры хирургических болезней № 1 с курсом сердечно-сосудистой хирургии Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)*

Ответственный научный редактор:
***Воропаев Евгений Викторович**, к.м.н., доцент, проректор по научной работе Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)*

Научный редактор:
***Лызикова Юлия Анатольевна,** д.м.н., профессор, профессор кафедры акушерства и гинекологии с курсом ФПКиП (Гомель, Беларусь)*

Ответственный секретарь:
***Галиновская Наталья Викторовна**, д.м.н., профессор, декан факультета повышения квалификации и переподготовки Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

***Боймурадов Шухрат Абдужалилович**, д.м.н., профессор, проректор по учебной работе Ташкентской медицинской академии (Ташкент, Узбекистан)*
***Баранов Олег Юрьевич,** д.б.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения биологических наук, член Президиума НАН Беларуси (Минск, Беларусь)*
***Беляковский Василий Николаевич**, д.м.н., профессор, профессор кафедры онкологии Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)*
***Варью Имре**, MD, PhD, MPH, CHES, специалист по коммуникациям в области общественного здравоохранения Университета Земмельвайса (Будапешт, Венгрия)*
***Волотовский Алексей Игоревич**, д.м.н., профессор, профессор кафедры травматологии и ортопедии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)*
***Гаин Юрий Михайлович**, д.м.н., профессор (Минск, Беларусь)*
***Гуревич Геннадий Львович**, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси (Минск, Беларусь)*
***Доброхотова Юлия Эдуардовна**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии Российского национального исследовательского университета им. Н. И. Пирогова (Москва, Россия)*
***Калинин Андрей Леонидович**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)*
***Камышников Владимир Семенович**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой клинической лабораторной диагностики института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)*
***Карпов Игорь Александрович**, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, заведующий кафедрой инфекционных болезней Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)*
***Кира Евгений Федорович**, д.м.н., профессор, академик РАЕН, главный специалист по направлению «Акушерство и гинекология» АО «Группа Компаний «МЕДСИ» (Москва, Россия)*
***Климкович Наталья Николаевна,** д.м.н., доцент, заведующий кафедрой детской онкологии, гематологии и иммунологии института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)*
***Колядич Жанна Викторовна**, д.м.н., профессор, заведующий лабораторией онкопатологии центральной нервной системы с группой онкопатологии головы и шеи Республиканского научно-практического центра онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова (Минск, Беларусь)*
***Кононец Александр Семенович**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пенитенциарной медицины Московского государственного медико-стоматологического университета им. А. И. Евдокимова (Москва, Россия)*
***Кумагаи Ацуси**, MD, PhD, руководитель медицинской группы Отделения радиационной неотложной медицины Центра передовой радиационной неотложной медицины Национальных институтов квантовой и радиологической науки и технологий (Чиба, Япония)*
***Лызиков Алексей Анатольевич**, д.м.н., профессор, сосудистый хирург и эндоваскулярный хирург в Университетской клинике Джеймса Кука (Мидлсбро, Великобритания)*
***Мельник Виктор Александрович**, д.б.н., профессор, член-корр. РАЕН, проректор по учебной работе Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)*
***Михайлова Елена Ивановна**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и клинической фармакологии Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)*
***Мицура Виктор Михайлович,** д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе Республиканского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека (Гомель, Беларусь)*
***Мишин Владимир Юрьевич**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой фтизиатрии и пульмонологии Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова (Москва, Россия)*
***Можейко Людмила Федоровна**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)*
***Ниткин Дмитрий Михайлович**, д.м.н., профессор, профессор кафедры урологии и нефрологии института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)*

Учредитель и издатель:
учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»
ул. Ланге, 5, 246000, г. Гомель, Республика Беларусь

«Проблемы здоровья и экологии»
научно-практический журнал.
Основан в 2004 году
Выходит 4 раза в год

Журнал включен в международные базы: РИНЦ, Google Scholar, ROAD, Research4life, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, Dimensions, CNKI, BASE, RUSMED, CABI, Semantic Scholar

Входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований (приказ ВАК РБ от 09.02.2026 № 30)

Свидетельство о государственной регистрации средств массовой информации № 1241 от 08.02.2010, выданное Министерством информации Республики Беларусь;
ЛП № 02330/441 от 04.12.2013

Форма отправки статей и правила для авторов размещены на сайте: https://journal.gsmu.by

Адрес редакции:
ул. Ланге, 5, 246000, г. Гомель, Республика Беларусь
тел.: +375 232 35-97-08;
+375 232 35-97-55;
E-mail: journal@gsmu.by

Координатор Е.В. Гарельская
Секретарь В.П. Щербина
Редакторы: Т.А. Соколова, С.Н. Стаховцова
Корректор О.М. Пузан
Переводчик О.С. Смирнова

Верстка, дизайн *Ж.И. Цырыкова*
Web-сайт *Н.В. Веремеенко*

Подписка:
Беларусь (РУП «Белпочта»)
00550 — для индивидуальных подписчиков
005502 — для организаций

Российская Федерация
ООО «Прессинформ»
подписной индекс — **00550**
электронный каталог высылается по запросу
e-mail: podpiska@crp.spb.ru

ООО «Екатеринбург-ОПТ»
(филиал ГК «Урал-Пресс»)
подписной индекс — **012744**
подписку можно оформить через интернет-магазин www.ural-press.ru

Цена свободная

Архив журнала доступен на сайтах:
https://journal.gsmu.by; https://elib.gsmu.by;
https://elibrary.ru; https://cyberleninka.ru
© Проблемы здоровья и экологии, 2026

Отпечатано в УО «ГомГМУ»
Подписано в печать 24.09.2026.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.

Гарнитура Arial.
Усл. печ. л. 19,53. Уч.-изд. л. 16,34.
Тираж 99 экз. Заказ № 676.

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

Новиков Василий Семенович, д.м.н., профессор, вице-президент РАЕН (Москва, Россия)
Новикова Ирина Александровна, д.м.н., профессор, заведущий кафедрой клинической лабораторной диагностики, аллергологии и иммунологии Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)
Одинаева Нуринисо Джумаевна, д.м.н., профессор, директор Научно-исследовательского клинического института детства Министерства здравоохранения Московской области (Москва, Россия)
Питкевич Эдуард Сергеевич, д.м.н., профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спортивной медицины Витебского государственного университета им. П. М. Машерова (Витебск, Беларусь)
Пыко Андрей Александрович, PhD, профессор, научный сотрудник Института медицины окружающей среды Каролинского Института, менеджер научных проектов Центра трудовой и экологической медицины Института медицины оружающей среды Каролинского Института (Стокгольм, Швеция)
Саливончик Димитрий Павлович, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой внутренних болезней № 3 с курсом функциональной диагностики Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)
Симченко Наталия Иосифовна, д.м.н., доцент, профессор кафедры естествознания Могилевского государственного университета (Могилев, Беларусь)
Смычёк Василий Борисович – д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе Республиканского научно-практического центра медицинской экспертизы и реабилитации (Юхновка, Беларусь)
Сорока Николай Федорович, д.м.н., профессор, профессор кафедры внутренних болезней, кардиологии и ревматологии с курсом повышения квалификации и переподготовки Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Стожаров Александр Николаевич, д.б.н., профессор, профессор кафедры радиационной медицины и экологии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Строцкий Александр Владимирович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой урологии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Тапальский Дмитрий Викторович, д.м.н., профессор, директор Института физиологии НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
Усс Анатолий Леонидович, д.м.н., профессор, руководитель Республиканского центра гематологии и пересадки костного мозга, заместитель директора по гематологии Минского научно-практического центра хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)
Франко Оскар, MD, PhD, FESC, FFPH, директор Института социальной и профилактической медицины, профессор кафедры эпидемиологии и общественного здравоохранения Бернского университета (Берн, Швейцария)
Чернякова Юлия Михайловна, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)
Шалькевич Леонид Валентинович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой детской неврологии института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Шепелькевич Алла Петровна, д.м.н., профессор, профессор кафедры эндокринологии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Щерба Алексей Евгеньевич, д.м.н., профессор, заместитель директора по хирургической работе Минского научно-практического центра хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Абельская Ирина Степановна, д.м.н., профессор, главный врач Республиканского клинического медицинского центра Управления делами Президента Республики Беларусь (Минск, Беларусь)
Белов Юрий Владимирович, д.м.н., профессор, академик РАН, директор Института кардио-аортальной хирургии Российского научного центра хирургии им. академика Б. В. Петровского (Москва, Россия)
Беляков Николай Алексеевич, д.м.н., профессор, академик РАН, руководитель Северо-Западного окружного центра по профилактике и борьбе со СПИД Санкт-Петербургского НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера, заведующий кафедрой социально-значимых инфекций и фтизиопульмонологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия)
Брико Николай Иванович, д.м.н., профессор, академик РАН, директор Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана, заведующий кафедрой эпидемиологии и доказательной медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Москва, Россия)
Вольф Сергей Борисович, д.м.н., профессор, профессор кафедры фтизиопульмонологии Гродненского государственного медицинского университета (Гродно, Беларусь)
Воробей Александр Владимирович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
Геппе Наталья Анатольевна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой детских болезней Клинического института детского здоровья им. Н. Ф. Филатова Первого Московского государственного медицинского университета имени И. М. Сеченова (Москва, Россия)
Герасименко Михаил Александрович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, директор Республиканского научно-практического центра, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Жаворонок Сергей Владимирович, д.м.н., профессор, профессор кафедры инфекционных болезней с курсом повышения квалификации и переподготовки Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Жук Игорь Георгиевич, д.м.н., профессор, ректор Гродненского государственного медицинского университета (Гродно, Беларусь)
Комодо Николо, MD, PhD, профессор, президент Флорентийской медицинской ассоциации, директор Департамента здравоохранения Флорентийского государственного университета (Флоренция, Италия)
Кроткова Елена Николаевна, к.м.н., доцент, директор Республиканского научно-практического центра пульмонологии и фтизиатрии (Минск, Беларусь)
Куденьчук Николай Николаевич, член Постоянной комиссии по здравоохранению, физической культуре, семейной и молодежной политике Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь восьмого созыва (Гомель, Беларусь)
Лазаренко Виктор Анатольевич, д.м.н., профессор, ректор Курского государственного медицинского университета (Курск, Россия)
Митрохин Олег Владимирович, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой общей гигиены Института общественного здоровья им. Ф. Ф. Эрисмана Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Москва, Россия)
Осочук Сергей Стефанович, д.м.н., профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета (Витебск, Беларусь)
Пиневич Дмитрий Леонидович, чрезвычайный и полномочный посол Республики Беларусь в Республике Азербайджан (Минск, Беларусь)
Припутневич Татьяна Валерьевна, д.м.н., доцент, член-корр. РАН, директор Института микробиологии, антимикробной терапии и эпидемиологии Национального медицинского исследовательского центра акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В. И. Кулакова (Москва, Россия)
Решетников Владимир Анатольевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения Института общественного здоровья им. Ф. Ф. Эрисмана Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Москва, Россия)
Рубникович Сергей Петрович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, ректор Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Рузанов Дмитрий Юрьевич, к.м.н., доцент, заместитель директора по научной работе Республиканского научно-практического центра пульмонологии и фтизиатрии (Минск, Беларусь)
Сайганов Сергей Анатольевич, д.м.н., профессор, ректор Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова (Санкт-Петербург, Россия)
Снежицкий Виктор Александрович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, профессор 1-й кафедры внутренних болезней Гродненского государственного медицинского университета (Гродно, Беларусь)
Такамура Нобору, MD, PhD, координатор международных программ сотрудничества Университета Нагасаки (Нагасаки, Япония)
Третьяк Станислав Иванович, д.м.н., профессор, академик НАН Беларуси, заведующий 2-й кафедрой хирургических болезней Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Улумбекова Гузель Эрнстовна, д.м.н., профессор, председатель правления Ассоциации медицинских обществ по качеству, руководитель Высшей школы организации и управления здравоохранением (Москва, Россия)
Чешик Игорь Анатольевич, к.м.н., доцент, директор Института радиобиологии НАН Беларуси, (Гомель, Беларусь)
Чижик Сергей Антонович, д.т.н., профессор, академик НАН Беларуси, Первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
Чуканов Алексей Николаевич, д.м.н., профессор, ректор Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета (Витебск, Беларусь)
Щастный Анатолий Тадеушевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета (Витебск, Беларусь)
Ямасита Суничи, M.D., Ph.D, специалист в области радиобиологии и радиационной эпидемиологии, радиационной медицины и защиты, генеральный директор Национального института квантовых и радиологических наук и технологий (Чиба), вице-президент Медицинского университета Фукусимы, почетный профессор Университета Нагасаки (Нагасаки, Япония)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

Ministry of Health
of the Republic of Belarus

HEALTH AND ECOLOGY ISSUES

Problemy zdorov'ya i ekologii

Scientific and practical Journal

Vol. 23, No 3, 2026

(July–September)
Continuous issue — 88

Founder and publisher
educational institution
«Gomel State Medical University»
5 Lange Street, 246000, Gomel,
Republic of Belarus

«Health and Ecology Issues»
is a quarterly scientific and practical journal
Founded in 2004

The journal is indexed in the international databases: RSCI, Google Scholar, ROAD, Research4life, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, Dimensions, CNKI, BASE, RUSMED, CABI, Semantic Scholar

The journal is included in the List of Journals for Publication of the Results of Dissertation Research in the Republic of Belarus (Order of the Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus dated 09.02.2026 No.30)

Certificate on state registration of mass media No.1241 dated 08.02.2010, issued by the Ministry of Information of the Republic of Belarus; PL No.02330/441 dated 04.12.2013

Article submission format and guidelines for authors can be found on the web-site https://journal.gsmu.by

Editorial office address:
5 Lange Street, 246000, Gomel,
Republic of Belarus
Tel.: +375 232 35-97-08;
+375 232 35-97-55;
E-mail: journal@gsmu.by

Coordinator E.V. Garelskaya
Secretary V.P. Shcherbina
Editors T.A. Sokolova, S.N. Stakhovtsova
Proofreader O.M. Puzan
Translation O.S. Smirnova

Layout, design *Zh.I. Tsyrykova*
Web-site *N.V. Veremeyenko*

Subscription:

Belarus (RUE «Belpochta»)

00550 — for individual subscibers

005502 — for organizations

Russian Federation

LLC «Pressinform»
subscription index — **00550**
electronic catalogue is sent upon request,
email: podpiska@crp.spb.ru

LLC «Yekaterinburg-OPT» (branch of the Ural-Press Group of Companies)
subscription index — **012744**
subscription may be made through the online-store www.ural-press.ru

Free price

The journal archives are available on:
https://journal.gsmu.by; https://elib.gsmu.by;
https://elibrary.ru; https://cyberleninka.ru
© Health and Ecology Issues, 2026

EDITOR-IN-CHIEF:

Iryna V. Nazaranka, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor,
Rector of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Deputy Editor-in-Chief:

Tamara M. Sharshakova, *D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Public Health and Healthcare with a course of the Faculty of Professional Development and Retraining of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)*

Honorary Scientific Editor:

Anatolij N. Lyzikov, *D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Surgical Diseases №1 with a course of Cardiovascular Surgery of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)*

Scientific Editor-in-Chief:

Evgeniy V. Voropaev, *Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor, Vice-Rector for Scientific Work of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)*

Scientific Editor:

Yuliya A. Lyzikova, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Obstetrics and Gynecology with the course Advanced Training and Retraining of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Executive Secretary:

Natallia V. Halinouskaya, *D.Sc (Medicine), Professor, Dean of the Faculty of Professional Development and Retraining of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)*

EDITORIAL BOARD

Shukhrat A. Boymuradov, D.Sc (Medicine), Professor, Vice-Rector or Academic Affairs of the Tashkent Medical Academy (Tashkent, Uzbekistan)

Oleg Yu. Baranov, D. Sc (Biology), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Academic Secretary of the Department of Biological Sciences, Member of the Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)

Vasiliy N. Beliakovskiy, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Oncology of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Imre Var'ju, MD (General Medicine), PhD (Molecular Medicine), MPH (Health Communication), CHES, Expert in Public Healthcare Commination (Budapest, Hungary)

Aleksey I. Volotovski, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Yuri M. Gain, D.Sc (Medicine), Professor, (Minsk, Belarus)

Gennady L. Gurevich, D. Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)

Julia E. Dobrokhotova, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology of Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia)

Andrey L. Kalinin, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Internal Diseases of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Vladimir S. Kamyshnikov, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Clinical Laboratory Diagnostics of Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Igor A. Karpov, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Head of the Department of Infectious Diseases of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Evegeniy F. Kira, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Chief Specialist in Obstetrics and Gynecology of AO GK MEDSI (Moscow, Russia)

Natalia N. Klimkovich, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Child Oncology, Hematology and Immunology of Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Zhanna V. Koliadich, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Laboratory of Oncopathology of Central Nervous System with the Group of Head and Neck Oncopathology of N.N. Aleksandrov National Cancer Center of Belarus (Minsk, Belarus)

Aleksandr S. Kononets, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Penitentiary Medicine of Yevdokimov A. I. Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia)

Atsushi Kumagai, MD, PhD, Head of the Medical Group of the Department of Radiation Emergency Medicine, Center of Advanced Radiation Medicine, National Institutes of Quantum and Radiological Science and Technology (Chiba, Japan)

Aleksey A. Lyzikov, D.Sc. (Medicine), Professor, Consultant Vascular and Endovascular surgeon at James Cook University Hospital, South Tees Hospitals NHS Foundation Trust (United Kingdom)

Victor A. Melnik, D.Sc (Biology), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Natural Sciences, Vice-Rector for Academic Affairs of Gomel State Medical University, (Gomel, Belarus)

Elena I. Mikhailova, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of General and Clinical Pharmacology of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Victor M. Mitsura, D.Sc. (Medicine), Professor, Deputy Director for Scientifi c Work of Republican Scientific and Practical Center for Radiation Medicine and Human Ecology (Gomel, Belarus)

Vladimir Yu. Mishin, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Phthisiology and Pulmonology of Yevdokimov A. I. Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia)

Ludmila F. Mozheiko, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology of Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)

Dmitriy M. Nitkin, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Urology and Nephrology of Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Printed at the EI «GomGMU»
Approved for publication on 24.09.2026.
Format 60 × 84 $^{1}/_{8}$. Offset paper.

Arial Font.
Edition 99 copies. Order № 676.

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

Vasiliy S. Novikov, D.Sc (Medicine), Professor, Vice-President of the Russian Academy of Natural Sciences (Moscow, Russia)
Irina A. Novikova, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Clinical Laboratory Diagnostics, Allergology and Immunology of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)
Nuriniso J. Odinaeva, D.Sc (Medicine), Professor, Director of Research Clinical Institute of Childhood of the Ministry of Health of the Moscow Region (Moscow, Russia)
Eduard S. Pitkevich, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Education and Sports Medicine of Vitebsk State University named after P.M. Masherov (Vitebsk, Belarus)
Andrey A. Pyko, PhD, Professor, Researcher at the Karolinska Institute of Environmental Medicine, Scientific Project Manager of the Center for Occupational and Environmental Medicine, Karolinska Institute of Environmental Medicine (Stockholm, Sweden)
Dimitriy P. Salivonchyk, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Internal Diseases № 3 with Course of Radiodiagnostics and Actinotherapy of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)
Natalia I. Simchenko, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Professor of the Department of Natural Sciences of Mogilev State A. Kuleshov University (Mogilev, Belarus)
Vasiliy B. Smychok – D.Sc (Medicine), Professor, Deputy Director for Scientific Research of National Science and Practice Center of Medical Assessment and Rehabilitation (Yukhnovka, Belarus)
Nikolay F. Soroka, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Internal Diseases, Cardiology and Rheumatology with a course of advanced training and retraining of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)
Aleksander N. Stojarov, D.Sc (Biology), Professor, Professor of the Department of Radiation Medicine and Ecology of Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)
Aleksander V. Strotsky, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Urology of Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)
Dmitry V. Tapalski, D.Sc. (Medicine), Professor, Director at the Institute of Physiology of National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
Anatoly L. Uss, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Republican Hematology and Bone Marrow Transplantation Center, Deputy Director for Hematology of Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology (Minsk, Belarus)
Oscar Franko, MD, PhD, FESC, FFPH, Director of the Institute of Social and Preventive Medicine, Professor of the Department of Epidemiology and Public Healthcare in the University of Bern (Bern, Switzerland)
Yulia M. Chernyakova, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Field Surgery of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)
Leanid V. Shalkevich, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Pediatric Neurology of Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)
Alla P. Shepelkevich, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Endocrinology Department of Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)
Aliaksei E. Shcherba, Aliaksei E. Shcherba, D.Sc (Medicine), Professor, Deputy Director for Surgery of Minsk Scientifi c and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology (Minsk, Belarus)

EDITORIAL COUNCIL

Iryna S. Abelskaya, D.Sc (Medicine), Professor, Chief Physician, Republican Clinical Medical Center of the Administrative Department of the President of the Republic of Belarus (Minsk, Belarus)
Yury V. Belov, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Cardio-Aortic Surgery of Russian Scientific Center of Surgery named after academician B.V. Petrovsky (Moscow, Russia)
Nikolay A. Beliakov, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Northwest Regional AIDS Prevention and Control Centre of Saint-Petersburg Pasteur Institute, Head of the Department of Socially Significant Infections and Phthisiopulmonology of Pavlov First Saint Petersburg State Medical University (Saint-Petersburg, Russia)
Nikolay I. Briko, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Director of F.F. Erisman Institute of Public Health and Health Management, Head of the Department of Epidemiology and Evidence-based Medicine of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)
Sergei B. Volf, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Phthisiology of Grodno State Medical University (Grodno, Belarus)
Aleksandr V. Vorobei, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
Natalia A. Geppe, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Childhood Diseases of N.V. Filatov Clinical Institute of Childhood Healthcare of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)
Mikhail A. Gerasimenko, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Director of Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopedics (Minsk, Belarus)
Sergei V. Zhavoronok, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Infectious Diseases of Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)
Igor G. Zhuk, D.Sc (Medicine),Professor, Rector of Grodno State Medical University (Grodno, Belarus)
Nicolo Comodo, MD, PhD, Professor, President of the Florence Medical Association, Director of the Department of Healthcare at Florence State University (Florence, Italy)
Elena N. Krotkova, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor, Director of the Republican Scientific and Practical Center of Pulmonology and Phthisiology (Minsk, Belarus)
Nikolai N. Kudenchuk, Member of the Standing Commission for Healthcare, Physical Education, Family and Youth Policy of the House of Representatives of the National Assembly of the Republic of Belarus (the eighth convocation) (Gomel, Belarus)
Viktor A. Lazarenko, D.Sc (Medicine), Professor, Rector of Kursk State Medical University (Kursk, Russia)
Oleg V. Mitrokhin, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Common Hygiene of F.F. Erisman Institute of Public Health and Health Management at I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)
Sergei S. Osochuk, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Research Laboratory of Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University (Vitebsk, Belarus)
Dmitry L. Pinevich, Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of the Republic of Belarus to the Republic of Azerbaijan (Minsk, Belarus)
Tatiana V. Priputnevich, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Microbiology, Clinical Pharmacology and Epidemiology of National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after Academician V.I.Kulakov (Moscow, Russia)
Vladimir A. Reshetnikov, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Public Health and Health Care at F.F. Erisman Institute of Public Health and Health Management at I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)
Sergei P. Rubnikovich, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Rector of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)
Dmitry Yu. Ruzanov, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor, Deputy Director for Research of the Republican Scientific and Practical Center of Pulmonology and Phthisiology (Minsk, Belarus)
Sergey A. Saiganov, D.Sc (Medicine), Professor, Rector of Mechnikov North-West State Medical University (Saint-Petersburg, Russia)
Victor A. Snezhitskiy, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Professor of the Department of Internal Medicine I at Grodno State Medical University (Grodno, Belarus)
Noboru Takamura, MD, PhD, Coordinator of International Cooperation Programs at Nagasaki University (Nagasaki, Japan)
Stanislaw I. Tretyak, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Head of the Department of Surgical Diseases №2 at Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)
Guzel E. Ulumbekova, D.Sc (Medicine), Professor, Chair of the Board of the Association of Medical Societies for Quality, Head of the High School of Healthcare Organization and Management (Moscow, Russia)
Igor A. Cheshik, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor, Director of the Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, (Gomel, Belarus)
Sergey A. Chizhik, D.Sc. (Technology), Professor, Full Member of the National Academy of Sciences of Belarus, First Deputy Chairman of the Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
Aleksei N. Chukanov, D.Sc (Medicine), Professor, Rector of Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University (Minsk, Belarus)
Anatoliy T. Shchastniy, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Hospital Surgery with a course of the Faculty of Advanced Training and Staff Retraining (FAT&SR) at Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University (Vitebsk, Belarus)
Shunichi Yamashita, MD, PhD, Specialist in Radiobiology and Radiation Epidemiology, Radiation Medicine and Protection, General Manager of the National Institute of Quantum and Radiological Sciences and Technologies (Chiba), Vice President of Fukushima Medical University, Professor Emeritus of Nagasaki University and (Japan)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ И ЛЕКЦИИ

Д. А. Прокопович, В. А. Мельник, С. Н. Самусева, Л. А. Белая
Использование биоимпедансного анализа для оценки компонентного состава тела при обследовании школьников, спортсменов и военнослужащих 7

Л. И. Друян, А. Л. Калинин, И. В. Пальцев, Н. С. Брановицкая
О работе кафедры пропедевтики внутренних болезней Гомельского государственного медицинского университета и ее достижениях: систематический обзор 14

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

В. Б. Смычек, Я. В. Васильченко, А. П. Мириленко
Прогнозирование риска возможного развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания при проведении медико-социальной экспертизы 22

А. В. Молчанова, Е. И. Михайлова, Ю. Н. Понорад, Ж. Н. Калиновская
Допплерографическое моделирование в прогнозировании первичной фармакорезистентности к пропранололу у пациентов с циррозом печени 33

И. А. Радченко, Д. Н. Бонцевич, Н. В. Николаева, Э. Н. Платошкин, О.Н.Кононова
Эндовенозная лазерная коагуляция варикозно расширенных вен нижних конечностей разного диаметра 42

О. С. Першенкова
Полиморфизмы генов *PNPLA3* и *TM6SF2* в прогнозировании алкогольного цирроза печени: анализ синергетических эффектов 49

М. Б. Лемтюгов, Н. И. Симченко, А. С. Князюк, Д. А. Зиновкин
Анализ предикторов риска обострения хронического рецидивирующего цистита у женщин 57

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА И БИОЛОГИЯ

А. С. Яковенко, С. Л. Ачинович, Л. П. Зайцева, З. А. Дундаров
Оценка репаративного потенциала фотодинамической терапии при заживлении постлучевых ран на биологической модели.....67

Н. М. Вихарева
Роль воспаления в развитии артериальной гипертензии у пациентов с метаболическим синдромом 78

А. Д. Коско, Е. Л. Гасич
NS5A-мутации резистентности при ВГС-моноинфекции и коинфекции ВГС/ВИЧ после неэффективного лечения 86

ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ, ГИГИЕНА

Е. Н. Кроткова, С. Л. Бойко, А. В. Копыцкий
Удовлетворенность пациентов медицинской помощью при инфекционных заболеваниях по данным сравнительного кросс-секционного исследования в г. Гродно в 2021 и 2025 году 96

Ю. В. Осипов, О. А. Воронец, А. А. Шнигир
Первичная инвалидность взрослого населения Республики Беларусь вследствие множественных и сочетанных травм опорно-двигательного аппарата 105

А. И. Авин, А. И. Мартыненко, М. Д. Аниськова
Эпидемиология аутизма: в поисках биологических и психосоциальных детерминант роста 116

СЛУЧАЙ ИЗ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Лиган Цуй, Е. И. Письменникова, Д. И. Гавриленко
Липоматоз седалищного нерва: мультимодальный подход в диагностике 126

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Е. С. Корсак
Оценка гуморального иммунного ответа и поствакцинальных явлений при использовании различных вакцин против COVID-19 в ходе пандемии с учетом смены штаммов вируса 134

Л. П. Зайцева, А. А. Булатова, В. С. Волчек, А. С. Зайцева, В. А. Сантарович, А. В. Малек
Комплексная оценка жидкостной цитологии и молекулярных маркеров (ВПЧ, микроРНК, ИППП) из единого образца в диагностике интраэпителиальных неоплазий шейки матки 144

Ж. М. Козич, Н. Н. Климкович, Ж. Н. Пугачева, В. Н. Мартинков, А. Н. Мелешко, Д. В. Луцкович
Анти-BCMA CAR-T-клеточная терапия при рефрактерной / рецидивирующей форме множественной миеломы: клинический опыт одного центра 152

С. М. Гридюшко, В. Л. Красильникова, О. Н. Дудич, А. М. Прудник
Рефракционные результаты после факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ у пациентов с различной аксиальной длиной глаза 160

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

CONTENTS

REVIEWS AND LECTURES

Dzmitry A. Prakapovich, Viktor A. Melnik, Svetlana N. Samuseva, Ludmila A. Belaya
The use of bioimpedance analysis to assess body composition in screening of school students, sportsmen and military personnel 7

Leonid I. Druyan, Andrey L. Kalinin, Igor V. Paltsev, Natalia S. Branovitskaya
About the work of the Department of Propaedeutics of Internal Disease of Gomel State Medical University and its achievements: systematic review .. 14

CLINICAL MEDICINE

Vasil B. Smychok, Yana V. Vasilchenko, Andrey P. Mirilenko
Risk prediction of possible recurrence in patients with respiratory tuberculosis during medical and social examination..... 22

Alina V. Molchanova, Elena I. Mikhailova, Yury N. Ponorad, Zhanna N. Kalinovskaya
Doppler modeling in predicting primary pharmacoresistance to propranolol in patients with liver cirrhosis..... 33

Ilya A. Radchenko, Dmitry N. Bontsevich, Natalia V. Nikalaeva, Eric N. Platoshkin, Oksana N. Kononova
Endovenous laser ablation of varicose veins of lower extremities of different diameters 42

Olga S. Pershenkova
PNPLA3 and *TM6SF2* gene polymorphisms in predicting alcoholic liver cirrhosis: analysis of synergistic effects..... 49

Maksim B. Lemtygov, Natalia I. Simchenko, Andrej S. Kniaziuk, Dmitry A. Zinovkin
Analysis of risk predictors for the recurrence of chronic recurrent cystitis in women 57

EXPERIMENTAL MEDICINE AND BIOLOGY

Alexey S. Yakovenko, Sergej L. Achinovich, Larisa P. Zaitseva, Zalimhan A. Dundarov
Assessment of the reparative potential of photodynamic therapy in the healing of post-radiation wounds in a biological mode 67

Nadezda M. Vishareva
The role of inflammation in the development of arterial hypertension in patients with metabolic syndrome..... 78

Anastasiya D. Kasko, Elena L. Gasich
NS5A resistance mutations in HCV monoinfection and HCV/HIV coinfection after ineffective therapy 86

PUBLIC HEALTH AND HEALTH CARE, HYGIENE

Elena N. Krotkova, Svetlana L. Boiko, Andrey V. Kopytsky
Patient satisfaction with medical care for infectious diseases according to a comparative cross-sectional study in Grodno in 2021 and 2025..... 96

Yuri V. Osipov, Olga A. Voronets, Anastasia A. Shnigir
Primary disability of the adult population of the Republic of Belarus due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system..... 105

Aliaksandr I. Avin, Aliaksandr I. Martynenka, Mayia D. Aniskova
Epidemiology of autism: in search of biological and psychosocial determinants of growth 116

CLINICAL CASES

Li-Gang Cui, Evgenia I. Pismennikova, Dzmitry I. Haurylenka
Lipomatosis of the sciatic nerve: multimodal approach in diagnostics 126

NEW TECHNOLOGIES

Katsiaryna S. Korsak
Assessment of the humoral immune response and post-vaccination events when using various COVID-19 vaccines during the pandemic, taking into account the change of virus strains..... 134

Larysa P. Zaitsava, Anna A. Bulatova, Vladislav S. Volchek, Alina S. Zaitsava, Viktoria A. Santarovich, Anastasia V. Malek
Comprehensive assessment of liquiəd-based cytology and molecular markers (HPV, microRNA, STD) from a single specimen in the diagnosis of cervical intraepithelial neoplasia..... 144

Zhanna M. Kozich, Natalia N. Klimkovich, Janna N. Pugacheva, Victor N. Martinkov, Alexander N. Meleshko, Dzmitry V. Lutskovich
Anti-BCMA CAR-T cell therapy for refractory / relapsed multiple myeloma: clinical experience of a center..... 152

Sergey M. Gridjushko, Viktoria L. Krasilnikova, Oksana N. Dudich, Aleksander M. Prudnik
Refractive outcomes after cataract phacoemulsification with intraocular lens implantation in patients with different axial eye lengths 160

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):7–13

УДК 612-071.3-053-057.36:572.087
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-01

Check for updates

Использование биоимпедансного анализа для оценки компонентного состава тела при обследовании школьников, спортсменов и военнослужащих

Д. А. Прокопович, В. А. Мельник, С. Н. Самусева, Л. А. Белая

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Статья представляет собой аналитический обзор отечественных и зарубежных литературных источников, посвященных применению биоимпедансного анализа (БИА) для оценки компонентного состава тела человека. Рассмотрены история развития метода, его физические основы и методические особенности проведения исследования. Особое внимание уделено использованию биоимпедансометрии в совокупности с антропометрическими методиками при обследовании детей школьного возраста, в том числе проживающих в сельской местности. Проанализированы работы, характеризующие роль БИА в спортивной медицине: оценка тренировочного процесса, спортивный отбор и профилирование по видам спорта, включая легкую атлетику. Представлены данные о применении биоимпедансного метода в сочетании с антропометрией для обследования военнослужащих. Обосновывается целесообразность включения БИА в стандарты комплексного обследования различных популяционных групп.

Ключевые слова: *биоимпедансный анализ, компонентный состав тела, фазовый угол, физическое развитие, антропометрия, школьники, спортивный отбор, военнослужащие*

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Финансовая поддержка данного исследования не осуществлялась.

Для цитирования: *Прокопович ДА, Мельник ВА, Самусева СН, Белая ЛА. Использование биоимпедансного анализа для оценки компонентного состава тела при обследовании школьников, спортсменов и военнослужащих. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):07–13. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-01*

The use of bioimpedance analysis to assess body composition in screening of school students, sportsmen and military personnel

Dzmitry A. Prakapovich, Viktor A. Melnik, Svetlana N. Samuseva, Ludmila A. Belaya

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

This article presents an analytical review of national and international literature sources dedicated to the use of bioimpedance analysis (BIA) to assess the body composition of humans. It examines the history of the method's development, its physical principles and the methodological aspects of research conducting. Particular attention is paid to the use of bioimpedance analysis in conjunction with anthropometric methods when examining school-age children, including those living in rural areas. Studies characterising the role of BIA in sports medicine are analysed: assessment of the training process, sports selection and profiling by sport, including athletics. Data on the application of the bioimpedance method in combination with anthropometry for the examination of military personnel were presented. The feasibility of including BIA in the standards for comprehensive examination of various population groups is justified.

Keywords: *bioimpedance analysis, body composition of humans, phase angle, physical development, anthropometry, school students, sports selection, military personnel*

Author contributions. All authors made significant contributions to the research and analysis, preparation of the article, and read and approved the final version for publication.

© Д. А. Прокопович, В. А. Мельник, С. Н. Самусева, Л. А. Белая, 2026

2026;23(3):7–13 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.
Funding. This study received no financial support.
For citation: *Prokopovich DA, Melnik VA, Samuseva SN, Belaya LA. The use of bioimpedance analysis to assess body composition in screening of school students, sportsmen and military personnel. Health and Ecology Issues*. 2026;23(3):07–13. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-01

Введение

Физическое развитие (ФР) является одним из ключевых критериев здоровья человека и индикатором благополучия популяции. Это закономерный процесс изменения морфологических и функциональных характеристик организма, тесно связанный с возрастом, полом, состоянием здоровья, наследственностью и условиями жизни [1, 2]. Систематический мониторинг показателей ФР позволяет своевременно выявлять нарушения нутритивного статуса, отклонения в росте и массе тела, которые могут быть ранними признаками различных заболеваний.

Традиционно для оценки ФР применяются антропометрические методы, основанные на измерении тотальных размеров тела, обхватных размеров и толщины кожно-жировых складок. Однако антропометрия не позволяет в полной мере оценить тощую массу тела и дифференцировать подкожную и висцеральную жировую ткань [3, 4]. Индекс массы тела (ИМТ), являясь расчетным антропометрическим индексом, обладает слабой диагностической чувствительностью (порядка 50 %) при оценке ожирения на индивидуальном уровне и не учитывает соотношение жирового и безжирового компонентов [3].

В этих условиях возрастает значимость БИА — метода, основанного на измерении электрической проводимости биологических тканей, позволяющего оценить широкий спектр морфологических и физиологических параметров организма: жировую и безжировую (тощую) массу, скелетно-мышечную массу, содержание воды, активную клеточную массу, величину основного обмена и фазовый угол импеданса [3, 5, 6].

Актуальность настоящего обзора обусловлена необходимостью систематизации современных данных о применении БИА в различных областях — от педиатрической практики и исследований школьников до спортивного отбора в легкой атлетике и оценки состава тела военнослужащих.

История развития биоимпедансного анализа

Изучение электрической проводимости биологических объектов берет начало в 1880 г., когда В. Томсон провел первые эксперименты в этой области. Основополагающие результаты были получены в первой половине XX в.: установлены типичные значения удельного сопротивления и диэлектрической проницаемости тканей, органов и жидких сред живого организма. С этими достижениями связаны имена Г. Фрике, К. Коула, Б. Н. Тарусова, Г. Шванна и других исследователей [3, 7, 8].

Практическое применение БИА для характеристики состава тела принято связывать с работами французского анестезиолога M. Thomasset, выполненными в 1962 г. Он впервые определил общее содержание воды в организме на основании показателей электрического импеданса с помощью двух игольчатых электродов, введенных под кожу, и связал параметры тела человека с электрическим импедансом [8]. В 1969 г. E. Hoffer и соавторы показали высокую корреляцию (r = 0,92) между индексом импеданса (рост²/импеданс) и величиной общего содержания воды в организме, что открыло возможности для применения метода в клинических исследованиях [9].

Первые серийные биоимпедансные анализаторы появились в США в конце 1970-х гг. В дальнейшем H. Lukaski, R. Kushner и D. Schoeller модифицировали расчетные уравнения с учетом таких параметров, как индекс импеданса, масса тела, пол и реактивное сопротивление [10, 11, 29]. В 1992 г. R. Kushner предложил рассматривать тело человека не как изотропный проводник, а как систему из пяти цилиндров (две руки, две ноги, туловище) [11].

В 1996 г. южнокорейский ученый Ki-Chul Cha основал компанию InBody и разработал первый восьмиполярный биоимпедансный анализатор, использующий восемь тактильных электродов, что позволило повысить точность оценки компонентного состава тела без применения специфичных формул [12]. В России развитие БИА связано с работами Б. Н. Тарусова (1934–1938), а верификация отечественного анализатора АВС-01 «Медасс» проводилась в ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» в 2004–2009 гг. с использованием рентгеновской денситометрии и непрямой калориметрии [7, 13].

Современным примером развития многофункциональных диагностических платформ с интегрированным модулем биоимпедансо-

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):7–13

метрии является аппаратно-программный комплекс «Медсканер БИОРС-05» (ООО «БИОРС», Россия), созданный в 2017 г. и включенный в Перечень инновационной высокотехнологичной продукции г. Москвы. Комплекс объединяет пять технологий неинвазивного обследования — пульсоксиметрию, фотоплетизмографию, биоимпедансометрию, электрокардиографию и электросоматографию. Для расчета показателей состава тела применяются алгоритмы, основанные на фундаментальных работах Д. В. Николаева и других специалистов в области медицинской физики [4, 6]. Прибор имеет регистрационное удостоверение Росздравнадзора и сертификат качества ISO 13485, прошел апробацию в ряде медицинских учреждений, включая военные санатории Министерства обороны Российской Федерации. Портативность комплекса и возможность проведения обследования вне стационарных условий делают БИОРС-05 особенно перспективным для полевых исследований физического развития детского населения, в том числе в сельской местности[1].

Физические основы и методика биоимпедансометрии

Электрический импеданс биологических тканей включает два компонента: активное (омическое) сопротивление R и реактивное сопротивление X. Субстратом активного сопротивления являются биологические жидкости (вне- и внутриклеточная), обладающие ионным механизмом проводимости, а субстратом реактивного — клеточные мембраны, способные накапливать электрический заряд [3, 5]. Значения активного сопротивления на различных частотах используются для оценки общего объема воды организма, безжировой и скелетно-мышечной массы, а по величине реактивной составляющей рассчитываются основной обмен и активная клеточная масса [3, 4].

Биоимпедансные анализаторы классифицируются по частоте зондирующего тока (одночастотные, как правило, — 50 кГц, двух- и многочастотные — от 1 кГц до 1,3 МГц), по объекту измерений (интегральные, локальные, полисегментные) и по тактике (одноразовые, эпизодические, мониторные) [3, 4]. Для описания состава тела наиболее часто используются двух- или четырехкомпонентные модели с расположением электродов на голеностопах и запястьях.

Процедура БИА является неинвазивной и безболезненной, занимает менее одной минуты. Перед обследованием измеряются рост, масса тела, обхваты талии и бедер. Пациент лежит на спине, он изолирован от электропроводящих предметов, электроды накладываются на дистальные участки конечностей. Противопоказанием является только наличие кардиостимулятора [3, 6].

Основные параметры, оцениваемые методом БИА, включают: жировую массу (абсолютную и относительную), безжировую (тощую) массу, скелетно-мышечную массу, общую воду организма (с разделением на вне- и внутриклеточную), активную клеточную массу, основной обмен веществ и фазовый угол (ФУ) импеданса [3, 4, 6, 7].

Фазовый угол импеданса как интегральный показатель

Отдельного внимания заслуживает ФУ биоимпеданса, определяемый как арктангенс отношения реактивного и активного сопротивлений. ФУ характеризует упорядоченность клеточных структур и интенсивность обменных процессов, является показателем тренированности и выносливости организма [14]. В норме значение ФУ при частоте тока 50 кГц составляет у мужчин 7,6±1°, у женщин — 6,9±1,3° (пределы — 3–10°, международная норма — 5,4–7,8°) [3]. У спортсменов высших достижений ФУ может достигать 8–9° и выше, тогда как при хронических заболеваниях с преобладанием катаболических процессов (онкологические заболевания, туберкулез, цирроз печени) этот показатель существенно снижается и коррелирует с неблагоприятным прогнозом [15].

Применение БИА при обследовании детей школьного возраста

Потребность в динамическом наблюдении за ФР растущего организма делает особенно актуальным использование БИА в педиатрической практике. Метод обладает такими преимуществами, как неинвазивность, портативность и возможность безопасного повторения исследований в динамике [3, 5]. Большинство исследователей считают, что оптимальный возраст для начала проведения БИА — 7–10 лет, поскольку основной сложностью у детей младшего возраста является необходимость нахождения в неподвижной позе в течение процедуры [3].

Исследования, посвященные особенностям ФР детей и подростков в зависимости от условий проживания, представляют особый интерес для разработки профилактических мероприятий на конкретной территории. Так, Н. И. Латышевская и В. Н. Рудыкина в работах по комплексной оценке ФР школьников начальных классов (7–10 лет), проживающих в сельской местности, не выявили

[1]Аппаратно-программный комплекс «Медсканер БИОРС-05»: технические характеристики и руководство по эксплуатации / ООО «БИОРС». – М., 2017.

достоверных различий морфофункциональных признаков между городскими и сельскими детьми, однако обнаружили различия по показателям дефицита и избытка массы тела между учащимися различных типов сельских школ [16].

Так, В. А. Бацевич и коллеги провели биоимпедансное исследование городских и сельских школьников Республики Тыва (Российская Федерация), показав относительно небольшой разрыв физических характеристик между группами с разной степенью урбанизации, при этом выявив значительные дезадаптивные изменения среди коренного населения [17]. Исследования в Республике Марий Эл (Российская Федерация) продемонстрировали более высокую распространенность гиподинамии среди сельских детей и подростков в сравнении с городскими [18].

Обследовав школьников разных возрастных групп методом БИА, И. Е. Штина и соавторы, выявили снижение доли жировой массы у каждого пятого первоклассника и избыток — у каждого четвертого, а у 40 % учащихся основной школы зарегистрировали признаки гиподинамии (снижение ФУ) и избыток жировой массы. У старшеклассников наибольшая частота избытка жировой массы составила 45 % при одновременной недостаточности скелетно-мышечной массы у 12,5 % [19].

При анализе данных 540 школьников Дальневосточного региона России Т. В. Чепель и А. А. Ладная выявили нормальные показатели безжировой массы у 45,8–76 % детей. Нормальное содержание общей воды отмечалось у 60,2 % обследованных, при этом у девочек превышение данного показателя расценивалось как склонность к водно-электролитным нарушениям [18].

Репрезентативность данных биоимпедансного обследования московских школьников в центрах здоровья подтвердила А. В. Анисимова с соавторами, показав информативность методики и целесообразность использования референсных данных для популяционного скрининга [20].

Биоимпедансометрия в спортивной медицине и спортивном отборе

Биоимпедансный метод активно используется в спортивной медицине начиная с 1960-х гг. Он позволяет объективно контролировать объем мышечной массы спортсмена, его физическую активность и выносливость. В соответствии с результатами БИА корректируются нагрузка, режим питания, рацион и суточный калораж, что обеспечивает достижение высоких спортивных результатов [13, 14]. Биоимпедансометрия включена в методические рекомендации по оценке эффективности реабилитационных мероприятий у спортсменов.

Изменения относительного содержания жировой и мышечной ткани, оцениваемые методом БИА, служат индикатором как оптимальной тактики подготовки, так и признаков перетренированности или недостаточности общей физической подготовки. П. К. Прусов продемонстрировал взаимосвязи показателей биоимпеданса с ФР и работоспособностью юных спортсменов [3].

Фазовый угол импеданса рассматривается как маркер предстартовой готовности в спорте высших достижений. У обычных активных людей ФУ составляет 6–7°, при регулярных занятиях спортом достигает 8°, а у элитных спортсменов может превышать 9° [15].

Спортивный отбор носит многолетний многоступенчатый характер и предполагает оценку комплекса показателей: морфологического статуса, уровня развития физических качеств, состояния функциональных систем организма и свойств высшей нервной деятельности [21]. Для бегунов на средние и длинные дистанции среди наиболее валидных функциональных показателей выделяются МПК и МПК/кг, кислородный пульс, а из показателей телосложения — длиннотные размеры тела, относительная поверхность тела и относительная масса мышечной ткани [21].

В исследовании морфотипологического и психомоторного статуса начинающих легкоатлетов 12–13 лет А. С. Белякова показала, что среди мальчиков преобладает дигестивный соматотип (43,8 %), далее — астеноидный (37,5 %) и мышечный (18,8 %), а среди девочек — дигестивный (37 %), далее — торакальный (32 %), мышечный (21 %) и астеноидный (10 %). Показатели представителей разных соматотипов достоверно различались по большинству морфофункциональных параметров [22].

Исследование выявило, что юные спортсмены мышечного типа телосложения показывают наилучшие результаты по реагирующим показателям (время реакции на свет у мальчиков мышечного типа — 250±14 мс против 330±28 мс у астеноидного и 311±19 мс у дигестивного), что критически важно для спринтерского бега. Спортсмены астеноидного типа демонстрируют лучшие показатели чувства времени и дифференцирования пространственных параметров, что значимо для бега на средние дистанции и марафона. Представители дигестивного типа наиболее способны к точности оценки пространственных и силовых параметров движения, что актуально для метаний [22].

Таким образом, использование БИА совместно с соматотипированием и психомоторным тестированием позволяет более точно осуществлять раннюю спортивную ориентацию в легкой атлетике, учитывая не только среднегруп-

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):7–13

повые данные, но и индивидуальные типологические особенности организма [21, 22].

Применение БИА при обследовании военнослужащих

Оценка состава тела военнослужащих имеет принципиальное значение для определения физической готовности к службе, прогнозирования риска травм и оптимизации тренировочных программ. Традиционно в вооруженных силах различных стран используются таблицы «масса тела — рост» и измерение обхватов тела для расчета процента жировой массы. Однако метод ИМТ признан невалидным для оценки состава тела у солдат, поскольку не дифференцирует мышечную и жировую массу [23, 24].

Исследование A. Aandstad и соавторов (2014), выполненное на 65 военнослужащих обоих полов, показало, что однополярный биоимпедансный анализ (SF-BIA) является наиболее надежным полевым методом определения процента жировой массы как у мужчин, так и у женщин. У женщин-военнослужащих SF-BIA продемонстрировал также наибольшую валидность по сравнению с эталонным методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DEXA), тогда как у мужчин наивысшая точность достигалась при комбинации калиперометрии и BIA [23].

Исследование многочастотного биоимпедансного анализа (InBody 770) на когорте здоровых молодых людей призывного возраста, проведенное в 2024 г., подтвердило высокую тест-ретестовую надежность и стабильность измерений основных компонентов состава тела, при этом выявив систематическое отклонение около 3 % в оценке жировой массы по сравнению с эталонными методами. Авторы рекомендовали данный прибор для дальнейшего тестирования в качестве нового стандарта оценки соответствия военным нормативам по содержанию жира [25].

Работа бразильских исследователей, выполненная в 2022 г., продемонстрировала, что специфический биоимпедансный векторный анализ (spBIVA) является адекватной методикой для оценки состава тела военнослужащих, позволяющей отслеживать изменения тощей массы, жировой массы и мышечной массы в процессе физической подготовки [26].

Исследование точности предикторных уравнений БИА для оценки изменений безжировой массы у 310 бразильских армейских кадетов после 7 месяцев военной подготовки, проведенное в 2018 г., показало, что стандартные уравнения оказались невалидными для данной популяции, однако уравнение, специфичное для данной выборки, продемонстрировало хорошую альтернативу DEXA [27].

Таким образом, зарубежный опыт свидетельствует о целесообразности включения БИА в стандартные протоколы обследования военнослужащих как дополнение к традиционной антропометрии, особенно при необходимости динамического контроля состава тела в процессе физической подготовки.

Сравнительная оценка биоимпедансометрии и антропометрии

Согласно выводам А. П. Анищенко, результаты антропометрических исследований и БИА в целом сопоставимы, однако антропометрия приемлема лишь для эпидемиологического анализа, тогда как для расчета индивидуального риска более адекватен БИА, обладающий корреляцией до 99 % с методом денситометрии [28]. Величина жировой массы, определяемая антропометрическими формулами, коррелирует с данными БИА в широких пределах (r = 0,5–0,98), а различия результатов порой достигают 15 % [3].

Принципиальным преимуществом БИА перед антропометрией является возможность оценки параметров, недоступных при традиционных измерениях общего содержания воды, уровня основного обмена, активной клеточной массы и фазового угла. Эти показатели существенны для полноценной характеристики состава тела и являются информативными критериями границ нормальной и патологической изменчивости [3, 11].

Исследования Н. З. Башун доказывают, что оценка состава тела должна проводиться не по антропометрическим индексам, а на основе аппаратных методов, использующих биофизические свойства тканей организма, что особенно важно для профилактической медицины [5].

Заключение

Проведенный анализ отечественных и зарубежных литературных источников свидетельствует о том, что БИА является высокоинформативным, неинвазивным и безопасным методом оценки компонентного состава тела человека. Метод обладает рядом существенных преимуществ: портативностью, безболезненностью процедуры, возможностью многократного повторения исследования в динамике, что особенно актуально в педиатрической и спортивной практике.

В контексте исследований физического развития сельских школьников БИА позволяет выявить скрытые нарушения нутритивного статуса, недоступные при стандартной антропометрии: снижение активной клеточной массы, признаки гиподинамии, дисбаланс жировой и безжировой массы. Отклонения показателей состава тела от возрастных трендов могут служить критериями

отнесения детей к группам риска для разработки индивидуальных программ профилактики.

В спортивной медицине и легкоатлетическом отборе биоимпедансометрия, дополненная соматотипированием и функциональным тестированием, обеспечивает индивидуализацию тренировочного процесса, более точную раннюю ориентацию юных спортсменов на конкретные дисциплины и объективный контроль эффективности подготовки.

Зарубежный опыт применения БИА при обследовании военнослужащих подтверждает его надежность и практическую пригодность как полевого метода, превосходящего традиционную антропометрию по информативности оценки индивидуального состава тела.

Перспективным направлением является повсеместное внедрение БИА в комплексные программы обследования населения — школьников, спортсменов и военнослужащих с целью мониторинга здоровья, ранней диагностики метаболических нарушений и персонализации профилактических мероприятий.

Список литературы / References

1. Скоблиной Н.А., Милушкиной О. Ю., Попова В. И, ред. Физическое развитие детей: методические аспекты: монография. Москва: Научная книга; 2020. 178 с.

Skoblina NA, Milushkina OYu, Popov VI, edit. Physical development of children: methodological aspects: monograph. Moscow: Nauchnaya kniga; 2020. 178 p. (In Russ.).

2. Миклашевская Н.Н., Соловьёва В.С., Година Е.З. Ростовые процессы у детей и подростков. Москва: Изд-во МГУ; 1988. 184 с.

Miklashevskaya NN, Solovyova VS, Godina EZ. Growth processes in children and adolescents. Moscow: MGU Publishing; 1988. 184 p. (In Russ.).

3. Гайворонский И.В., Ничипорук Г.И., Гайворонский И.Н., Ничипорук Н.Г. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы). *Вестник Санкт-Петербургского университета*. *Медицина*. 2017;12(4):365-384.

Gaivoronskiy IV, Nichiporuk GI, Gaivoronskiy IN, Nichiporuk NG. Bioimpedansometry as a method of the component body-structure assessment (review). *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*. 2017;12(4):365-384. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2017.406

4. Николаев Д.В., Щелыкалина С.П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. Москва: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ; 2016. 152 с.

Nikolaev DV, Shchelykalina SP. Lectures on bioimpedance analysis of human body composition. Moscow: RIO TsNIIOIZ MZ RF; 2016. 152 p. (In Russ.).

5. Башун Н.З., Карбаускиене В., Чекель А.В. Биоимпедансный анализ как метод оценки структурных и функциональных особенностей состава тела человека. *Ceteris Paribus*. 2015;(4):7-10.

Bashun NZ, Karbauskienė V, Chekel AV. Bioimpedance analysis as a method for assessing structural and functional features of human body composition. *Ceteris Paribus*. 2015;(4):7-10. (In Russ.).

6. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. Москва: Наука; 2009. 392 с.

Nikolaev DV, Smirnov AV, Bobrinskaya IG, Rudnev SG. Bioimpedance analysis of human body composition. Moscow: Nauka; 2009. 392 p. (In Russ.).

7. Тарусов Б.Н. О диэлектрической константе мышцы. *Доклады АН СССР*. 1934;3(5):353-356.

Tarusov BN. On the dielectric constant of muscle. *Doklady Akademii Nauk SSSR*. 1934;3(5):353-356. (In Russ.).

8. Thomasset MA. Bioelectric properties of tissue. Impedance measurement in clinical medicine. *Lyon Medical*. 1962;94:107-118.

9. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol*. 1969;27(4):531-534.
DOI: https://doi.org/10.1152/jappl.1969.27.4.531

10. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol*. 1986;60(4):1327-1332. DOI: https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.4.1327

11. Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr*. 1992;11(2):199-209.

12. Драпкина О.М., Максимова О.А., Шептулина А.Ф., Джиоева О.Н. Биоимпедансный анализ состава тела: что важно знать терапевту? *Профилактическая медицина*. 2022;25(10):91-96.

Drapkina OM, Maksimova OA, Sheptulina AF, Dzhioyeva ON. Bioimpedance analysis of body composition: what should general practitioner know? *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022;25(10):91-96. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.17116/profmed20222510191

13. Руднев С.Г., Никитюк Д.Б., Клиорин А.И. и др. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. Москва: РИО ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава РФ; 2014. 493 с.

Rudnev SG, Nikityuk DB, Kliorin AI, et al. Bioimpedance study of body composition of the Russian population. Moscow: RIO TsNIIOIZ; 2014. 493 p. (In Russ.).

14. Колосов Н.И., Лопарёва М.А., Денисов Е.Н. и др. Биоимпедансный анализ физического развития учеников 9 класса. *Молодой учёный*. 2018;(15):154-157.

Kolosov NI, Lopareva MA, Denisov EN, et al. Bioimpedance analysis of physical development of 9th grade students. *Molodoy Ucheny*. 2018;(15):154-157. (In Russ.).

15. Bosy-Westphal A, Danielzik S, Dörhöfer R-P, Later W, Wiese S, Müller MJ. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2006;30(4):309-316.
DOI: https://doi.org/10.1177/0148607106030004309

16. Латышевская Н.И., Рудыкина В.Н. Особенности физического развития младших школьников, проживающих в сельской местности. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2017;2(62):71-73.

Latyshevskaya NI, Rudykina VN. Features of physical development of junior schoolchildren living in rural areas. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2017;2(62):71-73. (In Russ.).

17. Бацевич В.А., Пермякова Е.Ю., Машина Д.А. и др. Сравнение городской и сельской групп детей школьного возраста Республики Тыва по данным биоимпедансного анализа в условиях «трансформации» традиционного образа жизни. В*естник археологии, антропологии и этнографии*. 2020;4(51):148-160.

Batsevich VA, Permyakova EYu, Mashina DA, et al. Comparison of urban and rural groups of school-age children of the Republic of Tuva based on bioimpedance analysis data. *Vestnik Arkheologii, Antropologii i Etnografii.* 2020;4(51):148-160. (In Russ.).

18. Чепель Т.В., Ладная А.А. Биоимпедансометрия: достижения и клинические возможности (обзор литературы). *Дальневосточный медицинский журнал*. 2020;(2):87-96.

Chepel TV, Ladnaya AA. Bioimpedancemetry: achieve-

ments and clinical possibilities (literature review). *Far Eastern Medical Journal*. 2020;(2):87-96. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.35177/1994-5191-2020-2-86-95

19. Штина И.Е., Валина С.Л., Устинова О.Ю., Маклакова О.А. Возрастные особенности компонентного состава тела у школьников. *Вестник Пермского университета. Серия: Биология*. 2019;(4):496-500.

Shtina IE, Valina SL, Ustinova OYu, Maklakova OA. Age-related features of component body composition in schoolchildren. *Vestnik Permskogo Universiteta. Seriya: Biologiya*. 2019;(4):496-500. (In Russ.).

20. Анисимова А.В., Руднев С.Г., Година Е.З. и др. Состав тела московских детей и подростков: оценка репрезентативности данных биоимпедансного обследования в центрах здоровья. *Лечение и профилактика*. 2014;(1):24-29.

Anisimova AV, Rudnev SG, Godina EZ, et al. Body composition of Moscow children and adolescents: assessment of representativeness of bioimpedance survey data in health centers. *Lechenie i Profilaktika.* 2014;(1):24-29. (In Russ.).

21. Сячин В.Д., Чернов С.С., Степанова А.М. Основы отбора в циклических видах лёгкой атлетики, требующих преимущественного проявления выносливости. *Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт*. 2018;(1):187-192.

Syachin VD, Chernov SS, Stepanova AM. Fundamentals of selection in cyclic types of athletics requiring predominant manifestation of endurance. *Izvestiya Tula State University. Physical Culture. Sport*. 2018;(1):187-192. (In Russ.).

22. Белякова А.С. Морфотипологический и психомоторный статус начинающих легкоатлетов. *Вестник Нижневартовского государственного университета.* 2018;(3):110-117.

Belyakova A.S. Morphotypological and psychomotor status of novice track and field athletes. *Vestnik Nizhnevartovskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2018;(3):110-117. (In Russ.).

23. Aandstad A, Holtberget K, Hageberg R, Holme I, Anderssen SA. Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body fat in military personnel. *Mil Med.* 2014;179(2):208-217.
DOI: https://doi.org/10.7205/MILMED-D-12-00545

24. Friedl KE, DeLuca JP, Marchitelli LJ, Vogel JA. Military application of body composition assessment technologies. In: Carlson-Newberry SJ, Costello RB, editors. Emerging Technologies for Nutrition Research. Washington DC: National Academy Press; 1997. p. 169-192.

25. Looney DP, Schafer EA, Chapman CL, Pryor RR, Potter AW, Roberts BM, et al. Reliability, biological variability, and accuracy of multi-frequency bioelectrical impedance analysis for measuring body composition components. *Front Nutr*. 2024;11:1491931.
DOI: https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1491931

26. Gobbo LA, Langer RD, Marini E, Buffa R, Borges JH, Pascoa MA, et al. Effect of physical training on body composition in Brazilian military. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3):1732.
DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph19031732

27. Langer RD, Matias CN, Borges JH, Cirolini VX, Páscoa MA, Guerra-Júnior G, et al. Accuracy of bioelectrical impedance analysis in estimated longitudinal fat-free mass changes in male army cadets. *Mil Med.* 2018;183(7-8):e324-e331.
DOI: https://doi.org/10.1093/milmed/usx223

28. Анищенко А.П., Архангельская А.Н., Рогозная Е.В., Игнатов Н.Г., Гуревич К.Г. Сопоставимость антропометрических измерений и результатов биоимпедансного анализа. *Вестник новых медицинских технологий*. 2016;23(1):138-141.

Anishchenko AP, Arkhangelskaya AN, Rogoznaya EV, Ignatov NG, Gurevich KG. Comparability of anthropometric measurements and bioimpedance analysis results. *Journal of New Medical Technologies*. 2016;23(1):138-141. (In Russ.).

29. Dale A Schoeller. The energy balance equation: looking back and looking forward are two very different views. *Nutrition Reviews* 2009;67(5):249-254.
DOI: https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00197.x

Информация об авторах / Information about the authors

Прокопович Дмитрий Александрович, старший преподаватель военной кафедры, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5645-6902
e-mail: prokopovich@gsmu.by

Мельник Виктор Александрович, д.б.н., профессор, проректор по учебной работе, профессор кафедры нормальной и патологической физиологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0789-3054
e-mail: melnik76@tut.by

Самусева Светлана Николаевна, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3624-7614
e-mail: melniklana26@tut.by

Белая Людмила Александровна, старший преподаватель кафедры нормальной и патологической физиологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4983-4498
e-mail: ludok_1985@mail.ru

Dzmitry A. Prakapovich, Senior Lecturer at the Military Department, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5645-6902
e-mail: prokopovich@gsmu.by

Viktor A. Melnik, Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Professor at the Department of Normal and Pathological Physiology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0789-3054
e-mail: melnik76@tut.by

Svetlana N. Samuseva, Head of the Department of Normal and Pathological Physiology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3624-7614
e-mail: melniklana26@tut.by

Ludmila A. Belaya, Senior Lecturer at the Department of Normal and Pathological Physiology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4983-4498
e-mail: ludok_1985@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Прокопович Дмитрий Александрович
e-mail: prokopovich@gsmu.by

Dzmitry A. Prakapovich
e-mail: prokopovich@gsmu.by

Поступила в редакцию / Received 01.04.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 03.04.2026
Принята к публикации / Revised 03.09.2026

2026;23(3):14–21 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 616.1/.4-07:378.6(091)(476.2)
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-02

Check for updates CC BY

О работе кафедры пропедевтики внутренних болезней Гомельского государственного медицинского университета и ее достижениях: систематический обзор

Л. И. Друян, А. Л. Калинин, И. В. Пальцев, Н. С. Брановицкая

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель Беларусь

Резюме

Цель исследования. Открыть в журнале «Проблемы здоровья и экологии» новую рубрику по обмену опытом и описанием достижений кафедр Гомельского государственного медицинского университета за время их существования, что должно стать действенным стимулом совершенствования их работы, а следовательно, всего процесса подготовки высококвалифицированных специалистов.

Материалы и методы. Проведен динамический анализ основных направлений деятельности кафедры, начиная с даты ее образования по настоящее время с учетом задач, стоящих перед здравоохранением Республики Беларусь и перспективами развития образования в стране.

Результаты. Представлены достижения кафедры пропедевтики внутренних болезней Гомельского государственного медицинского университета регионального и международного значения. Так, сотрудниками кафедры подготовлены и опубликованы уникальные по структуре и содержанию учебные, учебно-методические пособия, по объему являющиеся книгами, часть из которых имеют гриф Министерства образования Республики Беларусь и написаны на английском языке. Предложен новый вариант классификации внутрисердечных блокад, вызвавший интерес в международном медицинском сообществе. Разработан нормативный образец ЭКГ, зарегистрированной по методике Слопака – Партилле, с целью совершенствования диагностики заднедиафрагмального инфаркта миокарда. Разработана и внедрена в практику инструкция «Алгоритм диагностики и лечения синдрома перегрузки железом у пациентов с хроническими диффузными заболеваниями печени». Определены клинико-лабораторные данные пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени, проведен анализ полиморфизма генов, ассоциированных с развитием этой болезни, что способствует совершенствованию ее диагностики и лечению, и др.

Заключение. Показана эффективность деятельности кафедры, выразившаяся в создании трилогии по пропедевтике внутренних болезней. Высокий уровень изданных кафедрой книг, подтверждается их изданием в России и завоеванием диплома I степени на XI Международном конкурсе на лучшее учебное и научное издание. Предложенный новый вариант классификации внутрисердечных блокад вызвал интерес в международном медицинском сообществе. Создание кафедрой учебных пособий на английском языке с грифом Министерства образования Республики Беларусь улучшает экспортные возможности белорусского высшего медицинского образования и способствует укреплению международных связей.

Ключевые слова: *пропедевтика, внутренние болезни, современные достижения, учебное пособие*

Вклад авторов. Друян Л.И.: концепция и дизайн исследования; Друян Л.И., Калинин А.Л., Пальцев И.В., Брановицкая Н.С.: сбор, анализ полученных данных, обсуждение результатов исследования, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследования проведены без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Друян ЛИ, Калинин АЛ, Пальцев ИВ, Брановицкая НС. О работе кафедры пропедевтики внутренних болезней Гомельского государственного медицинского университета и ее достижениях: систематический обзор. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):14–21. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-02*

© Л. И. Друян, А. Л. Калинин, И. В. Пальцев, Н. С .Брановицкая, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):14–21

About the work of the Department of Propaedeutics of Internal Disease of Gomel State Medical University and its achievements: systematic review

Leonid I. Druyan, Andrey L. Kalinin, Igor V. Paltsev, Natalia S. Branovitskaya

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To open a new rubric in the Journal "Health and Ecology Issues" for sharing the experience and description of modern achievements of the departments of Gomel State Medical University over the course of their existence. This should effectively stimulate improvements in the departments' work and, consequently, the entire process of training highly qualified specialists.

Materials and methods. A dynamic analysis of the department's main activity areas was conducted, beginning with its founding to the present time, taking into account the challenges facing healthcare in the Republic of Belarus and the prospects for educational development in the country.

Results. The achievements of the Department of Propaedeutics of Internal Disease of Gomel State Medical University, which have regional and international significance, were presented. In that way, the Department's staff created and published unique in structure and content, educational and methodological manuals, equivalent to books in volume, some of which are approved by the Ministry of Education of the Republic of Belarus and written in English. A new classification variant of intracardiac blocks was proposed, which has generated interest in the international medical community. A standard ECG template recorded using the Slapak-Partille method was developed to improve the diagnosis of posterior diaphragmatic myocardial infarction. A manual "An Algorithm for the Diagnosis and Treatment of Iron Overload Syndrome in Patients with Chronic Diffuse Liver Disease" was developed and implemented. Clinical and laboratory data from patients with non-alcoholic fatty liver disease were determined, and gene polymorphisms associated with the development of this disease were analyzed, contributing to improved diagnosis and treatment, etc.

Conclusion. The effectiveness of the Department's activities expressed by creation of a trilogy on the propaedeutics of internal medicine was demonstrated. A high quality of the Department's published books is confirmed by their publication in Russia, and the first-place award at the XI International Contest for the Best Educational and Scientific Publication. The proposed new variant for classification of intracardiac blocks has generated an interest in the international medical community. The department's creation of English-language textbooks approved by the Ministry of Education of the Republic of Belarus improves the export potential of Belarusian higher medical education and contributes to the strengthening of international ties.

Keywords: *propaedeutics, internal medicine, modern achievements, textbook*

Author contributions. Druyan L.I.: study concept and design; Druyan L.I., Kalinin A.L., Pal'tsev I.V., Branovitskaya N.S.: data collection and analysis, discussion of study results, and approval of the manuscript for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Druyan LI, Kalinin AL, Paltsev IV, Branovitskaya NS. About the work of the Department of Propaedeutics of Internal Disease of Gomel State Medical University and its achievements: systematic review. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):14–21. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-02*

Введение

Основными направлениями в деятельности любой кафедры медицинского вуза являются создание полноценного преподавательского потенциала, организация качественного учебного процесса и необходимого методического, технического его обеспечения, научно-исследовательская работа, издательская деятельность, лечебная, идеологическая и воспитательная работа. Постоянное стремление к совершенствованию побуждает искать новые пути развития этих направлений для получения лучших результатов работы. Одним из вариантов такого поиска может быть изучение результативного опыта других кафедр своего университета или однотипных кафедр других университетов.

Количественная характеристика в оценке работы кафедры, безусловно, имеет значение, например, защищена не одна, а десять диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, опубликован не один учебник или учебное пособие, а семь и более с грифом Министерства образования или Министерства здравоохранения Республики Беларусь, получено столько-то патентов на открытие различных явлений и т. д. Но если речь идет о тезисах докладов или журнальных статьях, то следует указывать только рейтинговые журналы, где они опубликованы. Если перечисляются студенческие научные работы, то следует указывать только те из них, которые получили дипломы на республиканских конкурсах и выше.

2026;23(3):14–21 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Цель исследования

Открыть в журнале «Проблемы здоровья и экологии» новую рубрику по обмену опытом и описанием современных достижений кафедр Гомельского государственного медицинского университета за время их существования, что должно стать действенным стимулом совершенствования их работы, а следовательно, всего процесса подготовки высококвалифицированных специалистов.

Материалы и методы

Как самостоятельная структурная единица кафедра пропедевтики внутренних болезней была образована 9 февраля 1998 г. [1]. Первым ее руководителем стал Леонид Васильевич Романьков, доцент, кандидат медицинских наук. Он был высококвалифицированным педагогом, превосходно читающим лекции, проводившим практические занятия чаще всего у постели пациента. В Гомельской области он был признанным терапевтом-консультантом сложных клинических случаев как в областных учреждениях здравоохранения, так и в районных.

В 2012 г. впервые в истории кафедры было издано учебное пособие с грифом Министерства образования Республики Беларусь — «Основы ухода за больными» [2]. В то время оно стало одним из лучших в Республике Беларусь. С учетом понимания перспективы развития образования в нашей стране была поставлена задача переводить на английский язык создаваемые на кафедре учебные материалы. Первым из них стало учебно-методическое пособие «Тезисы лекций по пропедевтике внутренних болезней», объемом 170 страниц, изданное в 2007 г. [3] и переведенное на английский язык в 2012 г. [4]. Вторым стало учебно-методическое пособие «Схема учебной истории болезни в клинике пропедевтики внутренних болезней», изданное в 2009 г. [5] и переведенное на английский язык в 2010 г. [6]. В этот период было издано еще три учебно-методических пособия: «Пропедевтическая диагностика заболеваний органов дыхания» [7], «Пропедевтическая диагностика заболеваний органов пищеварения (в вопросах и ответах)» [8] и «Пропедевтико-диагностическая оценка электрокардиограммы и фонокардиограммы» [9]. Давая общую характеристику этим пособиям, следует отметить их глубокое практико-ориентированное содержание, новизну форм изложения.

В 2013 г. кафедру возглавил Андрей Леонидович Калинин, доктор медицинских наук, профессор. Было взято направление на совершенствование научно-исследовательской работы и создание фундаментальных учебно-методических и учебных пособий по пропедевтике внутренних болезней, внедрение в учебный процесс инновационных технологий.

Результатом этого направления в работе кафедры стала успешная защита в 2015 г. диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук ассистентом кафедры Игорем Владимировичем Пальцевым на тему «Особенности хронических диффузных заболеваний печени, ассоциированных с мутациями в гене гемохроматоза: клинико-лабораторные характеристики перегрузки железом и гомеостаза глюкозы». Научным руководителем этой работы был доктор медицинских наук, профессор А. Л. Калинин.

На кафедре выполнялась ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг, 2021–2025 гг.», подпрограмма «Терапия» «Разработать и внедрить метод оценки риска прогрессирования хронических гепатитов и циррозов печени с использованием молекулярно-генетических и серологических маркеров» (финансируемая, научный руководитель — доктор медицинских наук, профессор А. Л. Калинин). В рамках данного проекта проводится работа по написанию диссертации «Генетическая и клинико-лабораторная характеристика неалкогольной жировой болезни печени у пациентов с метаболическим синдромом» (аспирант-соискатель — Н. С. Брановицкая, научный руководитель — доктор медицинских наук, профессор А. Л. Калинин).

Выполняется диссертационное исследование «Взаимосвязь цитокинов и структурно-функциональных нарушений сердца при артериальной гипертензии и матаболическом синдроме» (аспирант-соискатель — Н. М. Вихарева, научный руководитель — доктор медицинских наук, профессор А. Л. Калинин).

Зарегистрирована в ГУ «Белорусский институт системного анализа» кафедральная инициативная научно-исследовательская работа (НИР) «Разработать и внедрить в клиническую практику алгоритм диагностики неалкогольной жировой болезни печени и ассоциированных с ней состояний» (№ госрегистрации 20201906, дата регистрации 29.12.2020).

На кафедре ведется активная студенческая научная деятельность, студенты различных факультетов неоднократно становились дипломантами областных и республиканских конференций.

На кафедре создан кабинет инструментальных (функциональных) методов исследования, оснащенный компьютеризованным спирографом и тремя электрокардиографами. Закуплен монитор суточного автоматического измерения артериального давления, который, кроме того, используется в процессе проведения практических

занятий со студентами. Создана научная лаборатория «Эхокардиографическая оценка структурно-функциональных изменений сердца». Введен в эксплуатацию портативный УЗИ-аппарат экспертного класса Mindrey M9 для учебной и научно-исследовательской работы студентов, обучения врачей-интернов, курсантов факультета переподготовки кадров, а также для выполнения диссертационного исследования Н. М. Вихаревой.

Важным событием в развитии кафедры пропедевтики внутренних болезней было открытие Гомельской университетской клиники в 2022 г. В ней созданы клинические отделы. В отдел терапии входит кафедра пропедевтики внутренних болезней, терапевтическое отделение № 1, терапевтическое отделение № 2, терапевтическое отделение № 3, физиотерапевтическое отделение и отделение гипербарической оксигенации. Заведующим отделом терапии является профессор А. Л. Калинин. Сотрудники кафедры курируют терапевтические отделения, отделение реанимации и анестезиологии клиники — регулярно проводятся обходы, консультации, консилиумы. На еженедельных врачебных конференциях проводятся клинические разборы состояния пациентов, сотрудники кафедры и заведующие отделениями выступают с докладами, лекциями и мастер-классами о новых методах диагностики и лечения с целью повышения квалификации медицинского персонала клиники.

Осуществляется взаимодействие с ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», мощная лабораторная и инструментальная база которого используется для научно-исследовательской работы.

Также на кафедре проводится инициативная НИР по совершенствованию диагностики сердечно-сосудистых заболеваний (инициатор исследования — кандидат медицинских наук, доцент Л. И. Друян). В рамках данной работы разработан нормативный образец ЭКГ, зарегистрированной у здоровых лиц по методике австрийских кардиологов Слопака и Партилле, с целью его использования для детализации поражений миокарда в заднедиафрагмальной области левого желудочка сердца [10]. Этот образец ЭКГ адресован, прежде всего, врачам и среднему медицинскому персоналу скорой медицинской помощи, подразделениям функциональной диагностики поликлиник и стационаров. Результаты этой работы определены как рационализаторское предложение. В результате использования этого нормативного образца у лиц с инфарктом миокарда в заднедиафрагмальной области левого желудочка определен перечень наиболее значимых показателей ЭКГ, помогающих определить наличие некроза в указанной области миокарда [11].

Важной частью НИР является выход результатов исследования на международный уровень. В 2018 г. была опубликована статья доцента Л. И. Друяна «Терминологические подходы в оценке атриовентрикулярной и внутрижелудочковой проводимости» в журнале «Медицинские новости» [12], где показаны противоречия в названиях нарушений внутрисердечной проводимости. В результате поиска разрешения этих противоречий была опубликована статья доцента Л. И. Друяна «Классификация внутрисердечных блокад с позиции электрофизиологических особенностей движения электрического импульса: обзор литературы» в журнале «Кардиология в Беларуси» [13]. В ней был предложен новый вариант классификации нарушений сердечной проводимости:

I. Синоатриальные блокады.

II. Атриовентрикулярные блокады:

1. АВ-блокада на уровне предсердий или внутрипредсердная блокада.

2. АВ-блокада на уровне АВ-узла, общего ствола пучка Гиса.

3. АВ-блокада на уровне ножек пучка Гиса.

III. Внутрижелудочковые блокады.

Представленный вариант классификации сердечных блокад позволит устранить противоречия, обнаруженные в терминологии, обозначающей атриовентрикулярные и внутрижелудочковые блокады, и осуществлять единый подход в понимании и интерпретации этих блокад в процессе обучения студентов и врачей-слушателей курсов повышения квалификации. Этот вариант классификации внутрижелудочковой проводимости вызвал интерес в международном медицинском сообществе. Автор данной классификации, доцент кафедры Л. И. Друян, получил приглашение принять участие в качестве докладчика на международной кардиологической конференции в Дубае (ОАЭ, май 2025) и V Международной конференции по кардиологии в Париже (ноябрь 2025).

В 2022 г. авторский коллектив кафедры издал под редакцией А. Л. Калинина и Л. И. Друяна уникальное учебное пособие «Пропедевтика внутренних болезней» [14] с грифом Министерства образования Республики Беларусь объемом 1108 страниц (90 усл. печ. л.). Это самая большая книга, изданная в университете, и самая объемная книга среди учебников и учебных пособий по пропедевтике внутренних болезней в странах Содружества Независимых Государств. Издание содержит 14 приложений, часть из которых создана впервые. Они усиливают межпредметные связи, дают возможность студенту при

самостоятельной работе быстрее и в полном объеме усвоить представленный материал. В 2025 г. это учебное пособие было издано в России, что свидетельствует о его качестве и популярности.

В 2025 г. авторский коллектив кафедры разработал «Практикум по пропедевтике внутренних болезней. Физикальное исследование пациента» [15], который получил гриф Министерства образования Республики Беларусь. В нем визуализировано выполнение физикальных методов исследования пациентов, что является хорошим помощником при самостоятельной работе студентов над совершенствованием техники выполнения практического элемента пальпации, перкуссии, аускультации. На XI Международном конкурсе на лучшее учебное и научное издание в номинации «Лучшее печатное учебно-практическое издание» практикум получил диплом I степени (Омск, 2025).

В 2021 г. Л. И. Друян и А. Л. Калинин издали учебно-методическое пособие «Медицинская терминология в пропедевтике внутренних болезней» [16] с грифом Учебно-методического объединения по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию Министерства здравоохранения Республики Беларусь. В нем представлены основополагающие в пропедевтике внутренних болезней термины на русском и белорусском языках. Объем издания — 203 страницы (11,86 усл. печ. л.).

Таким образом, три указанных издания — «Пропедевтика внутренних болезней», «Практикум по пропедевтике внутренних болезней. Физикальное исследование пациента» и «Медицинская терминология в пропедевтике внутренних болезней» — образовали трилогию по пропедевтике внутренних болезней, что позволяет проводить учебный процесс на высоком методическом уровне. Трилогия по пропедевтике внутренних болезней создана впервые в Республике Беларусь.

Кроме перечисленных выше изданий, на кафедре с начала 2013 г. были подготовлены следующие учебно-методические пособия: «Пропедевтическая диагностика заболеваний мочевыделительной и эндокринной систем» [17], «Пропедевтическая диагностика острых аллергических заболеваний, суставного синдрома и ВИЧ-инфекции» [18], «Пропедевтическая диагностика пороков сердца» [19], «Пропедевтическая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы» [20], «Пропедевтическая диагностика анемий и геморрагических диатезов» [21].

К проведению НИР активно привлекаются студенты. Они участвуют в республиканских конкурсах, получая дипломы I, II, III степени, некоторые из них являются соавторами опубликованных статей в журналах, включенных в международные базы Российского индекса научного цитирования и др. [10].

Необходимость расширения международного сотрудничества, привлечение в университет англоговорящих студентов из многих стран мира для получения ими высшего медицинского образования, соответствующего мировым стандартам, а также рекламирование возможностей научного потенциала Республики Беларусь и благоприятных условий проживания в ней, потребовали от сотрудников кафедры совершенствования знаний английского языка, что важно для перевода имеющихся методических материалов и создания новых учебных пособий. С этой целью доцент кафедры И. В. Пальцев посетил Индию, где встречался с индийской молодежью, выступал по телевидению, рассказывал о порядке поступления и возможностях Гомельского государственного медицинского университета.

Также примером международного сотрудничества является выступление доцента Л. И. Друяна с докладом на XXVI Международном конгрессе по внутренней медицине в г. Киото (Япония) и V Европейской конференции по внутренней медицине в г. Братиславе (Словакия). Доклады получили положительную оценку экспертных комиссий.

В первом квартале 2026 г. издано учебное пособие «Пропедевтика внутренних болезней. Основы клинического обследования пациентов / Propaedeutics of internal diseases. Basics of clinical examination of patients» на английском языке с грифом «Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для иностранных студентов учреждений высшего образования по специальности «Лечебное дело» [22]. В истории Гомельского государственного медицинского университета это первое учебное пособие по пропедевтике внутренних болезней на английском языке, имеющее данный гриф.

Заключение

Таким образом, достижением кафедры пропедевтики внутренних болезней Гомельского государственного медицинского университета является создание 12 учебных и учебно-методических пособий по пропедевтике внутренних болезней, по объему являющихся книгами, 4 из которых имеют гриф Министерства образования Республики Беларусь, а 2 — гриф Учебно-методического объединения по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию Министерства здравоохранения Республики Беларусь, что

подчеркивает уникальность этих изданий как по структуре, так и по содержанию.

Результаты кафедральной НИР вызвали интерес в международном медицинском сообществе и внедрены в практику здравоохранения Республики Беларусь.

Преподаватели кафедры представляют результаты своих научных исследований в разных странах, включая Россию, США, Японию, Словакию, Индию, информируют молодежь о целесообразности получения высшего образования в Гомельском государственном медицинском университете и Республике Беларусь.

Создание кафедрой учебных пособий на английском языке улучшает экспортные возможности белорусского высшего медицинского образования и способствует укреплению международных связей.

Список литературы / References

1. Стома И.О., Мельник В.А. Гомельский государственный медицинский университет: от истории к современности «AB HISTORIA AD PRAESENTI» (1990-2024). ООО «Издательский дом. Вечерний Гомель-Медиа». Гомель; 2025. 303 с.

Stoma IO, Melnik VA. Gomel State Medical University: from history to modernity “AB HISTORIA AD PRAESENTI” (1990-2024). LLS “Publishing House. Evening Gomel-Media”. Gomel; 2025. 303 p. (In Russ.).

2. Романьков Л.В., Друян Л.И., Брановицкая Н.С., Пальцев И.В., Гавриленко Д.И., Юранова О.Е. Основы ухода за больными: учеб.-метод. пособие. Мн.: Элайда; 2012. 252 с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2252 (In Russ.).

Romankov LV, Druyan LI, Branovitskaya NS, Paltsev IV, Gavrilenko DI, Yuranova OE. Fundamentals of patient care: a teaching aid. Minsk: Elaida; 2012. 252 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2252 (In Russ.).

3. Романьков Л.В. Тезисы лекций по пропедевтике внутренних болезней: учеб.-метод. пособие. Гомель. ГомГМУ, 2008. 172 с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2262

Romankov LV. Lecture Notes on Internal Medicine Propaedeutics: A Textbook and Methodological Manual. Gomel. GomSMU, 2008, 172 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2262 (In Russ.).

4. Романьков Л.В. Тезисы лекций по пропедевтике внутренних болезней = Theses of lectures on propedeutics of internal diseases: учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2012. 156 с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2263

5. Друян Л.И., Романьков Л.В. Схема учебной истории болезни в клинике пропедевтики внутренних болезней: учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2011. 24 с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2260

Druyan LI, Romankov LV. Scheme of educational case history in the clinic of internal diseases propaedeutics: teaching aid. Gomel: GomSMU, 2011. 24 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2260 (In Russ.).

6. Друян Л.И., Романьков Л.В., Пальцев И.В. Схема учебной истории болезни в клинике пропедевтики внутренних болезней = Scheme of educational medical hictory in the clinic of propedeutics of internal diseases: учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2010. 24 с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2261

7. Романьков Л.В., Друян Л.И., Брановицкая Н.С., Гавриленко Д.И., Пальцев И В., Филипенко Н.В., Юранова О.Е. Пропедевтическая диагностика заболеваний органов дыхания: учеб.-метод. пособие для студентов 3 курса лечеб., мед.-диагн. фак-тов, фак-та по подготовке спец. для заруб. стран, обуч. по спец. «Лечебное дело» и «Медико-диагностическое дело» медвузов. Гомель: ГомГМУ; 2012. 52с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2257

Romankov LV, Druyan LI, Branovitskaya NS, Gavrilenko DI, Paltsev IV, Filipenko NV, Yuranova OE. Propaedeutic diagnostics of respiratory diseases: a teaching aid for 3rd-year students of general medicine, medical diagnostics faculties, the faculty for training specialists for foreign countries, training in the specialty “General Medicine” and “Medical Diagnostics” of medical universities. Gomel: GomSMU; 2012. 52 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2257 (In Russ.).

8. Романьков Л.В., Друян Л.И., Брановицкая Н.С., Филипенко Н.В., Юранова О.Е., Гавриленко Д.И. Пропедевтическая диагностика заболеваний органов пищеварения (в вопросах и ответах): учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ; 2013. 112с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2258

Romankov LV, Druyan LI, Branovitskaya NS, Filipenko NV, Yuranova OE, Gavrilenko DI. Propaedeutic diagnostics of diseases of the digestive system (in questions and answers): teaching aid. Gomel: GomSMU; 2013. 112 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2258 (In Russ.).

9. Романьков Л.В., Друян Л.И. Пропедевтико-диагностическая оценка электрокардиограммы и фонокардиограммы: учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ; 2012. 96с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2255

Romankov LV, Druyan LI. Propaedeutic and diagnostic assessment of electrocardiogram and phonocardiogram: training and methodological manual. Gomel: GomSMU; 2012. 96 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2255 (In Russ.).

10. Друян Л.И., Кожемякина Т.В., Лобан Д.С. Характеристика электрокардиограмм, зарегистрированных у здоровых лиц по методике Слопака – Партилле. *Проблемы здоровья и экологии*. 2022;19(3):39-45.
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-05

Druyan LI, Kozhemyakina TV, Loban DS. Characteristics of electrocardiograms recorded in healthy individuals using the Slopak-Partille method. *Health and Ecology Issues*. 2022;19(3):39-45. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-05

11. Друян Л.И., Кожемякина Т.В. Совершенствование диагностики инфаркта миокарда в заднедиафрагмальной области левого желудочка сердца с использованием нормативного образца. Актуальные проблемы медицины: сб. науч. ст. Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Гомель, 10 октября 2025 г. Гомель: ГомГМУ; 2025. С. 27-30. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: http://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/18070

Druyan LI, Kozhemyakina TV. Improving the diagnostics of myocardial infarction in the posterior diaphragmatic region of the left ventricle of the heart using a normative sample. Actual problems of medicine: Coll. sci. art. Rep. scientific-practical. conf. with international. participation, Gomel, October 10, 2025. Gomel: GomSMU; 2025. pp. 27-30. [date of access 2026 March 18]. Available from: http://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/18070 (In Russ.).

12. Друян Л.И., Калинин А.Л., Кривелевич Н.Б. Терминологические подходы в оценке атриовентрикулярной и внутрижелудочковой проводимости. *Медицинские новости*. 2018;2:51-54. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32556028

Druyan LI, Kalinin AL, Krivelevich NB. Terminological approaches to assessing atrioventricular and intraventricular conduction. *Medical news*. 2018;2:51-54. (In Russ.). [date of access 2026 march 18]. Available from: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32556028 (In Russ.).

13. Друян Л.И. Классификация внутрисердечных блокад с позиции электрофизиологических особенностей движения электрического импульса: обзор литературы. *Кардиология в Беларуси*. 2024;16(3):378-384.
DOI: https://doi.org/10.34883/PI.2024.16.3.011

Druyan LI. Classification of intracardiac blocks from the perspective of electrophysiological characteristics of electrical impulse movement: a literature review. *Cardiology in Belarus*. 2024;16(3):378-384. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.34883/PI.2024.16.3.011

14. Калинин А.Л., Друян Л.И., Кривелевич Н.Б., Пальцев И.В., Брановицкая Н.С., Суханова Л.Л., Турченко Н.М., Цыбульский А.М. Пропедевтика внутренних болезней: учеб. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2022. 1108 с.

Kalinin AL, Druyan LI, Krivelevich NB, Paltsev IV, Branovitskaya NS, Sukhanova LL, Turchenko NM, Tsybulsky AM. Propaedeutics of Internal Diseases: a textbook. Gomel: GomSMU, 2022. 1108 p. (In Russ.).

15. Калинин А.Л., Друян Л.И., Пальцев И.В., Брановицкая Н.С., Павленко Я.М., Вихарева Н.М., Куликова И.А., Дробышевская О.Ю., Нарчук В.В. Практикум по пропедевтике внутренних болезней. Физикальное исследование пациента: учеб. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2025. 282 с.

Kalinin AL, Druyan LI, Paltsev IV, Branovitskaya NS, Pavlenko YaM, Vikhareva NM, Kulikova IA, Drobyshevskaya OYu., Narchuk VV. Practical training in propaedeutics of internal diseases. Physical examination of the patient: textbook. Gomel: GomSMU, 2025. 282 p. (In Russ.).

16. Друян Л.И., Калинин А.Л. Медицинская терминология в пропедевтике внутренних болезней: учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2021. 204 с.

Druyan LI, Kalinin AL. Medical terminology in propaedeutics of internal diseases: teaching aid. Gomel: GomSMU, 2021. 204 p. (In Russ.).

17. Калинин А.Л., Друян Л. И., Кривелевич Н. Б., Пальцев И. В., Гавриленко Д.И., Суханова Л.Л. Пропедевтическая диагностика заболеваний мочевыделительной и эндокринной систем (в вопросах и ответах): учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2014. 96 с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2256

Kalinin AL, Druyan LI, Krivelevich NB, Pal'tsev IV, Gavrilenko DI, Sukhanova LL. Propaedeutic diagnostics of diseases of the urinary and endocrine systems (in questions and answers): teaching aid. Gomel: GomSMU, 2014. 96 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2256 (In Russ.).

18. Калинин А.Л., Друян Л. И., Кривелевич Н. Б., Суханова Л.Л., Пальцев И. В. Пропедевтическая диагностика острых аллергических заболеваний, суставного синдрома и ВИЧ-инфекции (в вопросах и ответах): учеб.-метод. пособие для студентов. Гомель: ГомГМУ, 2016. 112 с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2259

Kalinin AL, Druyan LI, Krivelevich NB, Sukhanova LL, Paltsev IV. Propaedeutic diagnostics of acute allergic diseases, articular syndrome and HIV infection (in questions and answers): teaching aid for students. Gomel: GomSMU, 2016. 112 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2259 (In Russ.).

19. Калинин А.Л., Друян Л.И., Кривелевич Н.Б., Пальцев И.В., Суханова Л.Л., Кузнецова И.М., Цыбульский А.М. Пропедевтическая диагностика пороков сердца: учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2017. 96 с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2374

Kalinin AL, Druyan LI, Krivelevich NB, Paltsev IV, Sukhanova LL, Kuznetsova IM, Tsybulsky AM. Propaedeutic diagnosis of heart defects: teaching aid. Gomel: GomSMU, 2017. 96 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2374 (In Russ.).

20. Пальцев И.В., Друян Л.И. Пропедевтическая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы: учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2019. 288 с.

Paltsev IV, Druyan LI. Propaedeutic diagnostics of cardiovascular diseases: teaching aid. Gomel: GomSMU, 2019. 288 p. (In Russ.).

21. Калинин А.Л., Друян Л.И., Кривелевич Н.Б., Суханова Л.Л., Ходулева С.А. Пропедевтическая диагностика анемий и геморрагических диатезов (в вопросах и ответах): учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2015. 76 с. [дата обращения 2026 март 18]. Режим доступа: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2245

Kalinin AL, Druyan LI, Krivelevich NB, Sukhanova LL, Khoduleva SA. Propaedeutic diagnostics of anemia and hemorrhagic diathesis (in questions and answers): teaching aid. Gomel: GomSMU, 2015. 76 p. [date of access 2026 March 18]. Available from: https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2245 (In Russ.).

22. Друян Л.И., Пальцев И.В. Пропедевтика внутренних болезней. Основы клинического обследования пациентов = Propedeutics of Internal Diseases. Basics of Clinical Examination of Patients. Гомель: ГомГМУ, 2026. 145с.

Druyan LI, Pal'tsev IV. Propedeutics of Internal Diseases. Basics of Clinical Examination of Patients. Gomel: GomSMU, 2026. 145p.

Информация об авторах / Information about the authors

Друян Леонид Ибрагимович, к.м.н., доцент, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7234-9434

e-mail: mr.Lev-44@yandex.ru

Калинин Андрей Леонидович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8092-307X

e-mail: kalinin-nir@rambler.ru

Leonid I. Druyan, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7234-9434

e-mail: mr.Lev-44@yandex.ru

Andrey L. Kalinin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8092-307X

e-mail: kalinin-nir@rambler.ru

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues **2026;23(3):14–21**

Пальцев Игорь Владимирович, к.м.н., доцент, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4398-2502
e-mail: paltseviv@gmail.com
Брановицкая Наталья Сергеевна, старший преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1609-9781
e-mail: nata.branovitskaya@mail.ru

Igor V. Paltsev, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4398-2502
e-mail: paltseviv@gmail.com
Natalia S. Branovitskaya, Senior Lecturer at the Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1609-9781
e-mail: nata.branovitskaya@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Друян Леонид Ибрагимович
e-mail: mr.Lev-44@yandex.ru

Leonid I. Druyan
e-mail: mr.Lev-44@yandex.ru

Поступила в редакцию / Received 24.03.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 08.04.2026
Принята к публикации / Revised 03.09.2026

2026;23(3):22–32 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 616.24-002.5-036.87-07-036.865
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-03

Check for updates CC BY

Прогнозирование риска возможного развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания при проведении медико-социальной экспертизы

В. Б. Смычек[1], Я. В. Васильченко[1], А. П. Мириленко[2]

[1]Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, г. Минск, Беларусь

[2]Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Разработать методику оценки ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» на основе прогностических факторов, связанных с индивидуальным риском возможного развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания (ТБ ОД).

Материалы и методы. В исследование было включено 149 пациентов с ТБ ОД, впервые направленных на медико-социальную экспертизу (МСЭ) для установления инвалидности, и 75 пациентов (контрольная группа), успешно завершивших интенсивную фазу лечения. Исследование проводилось на базе Минской городской медико-реабилитационной экспертной комиссии, Минского областного противотуберкулезного диспансера, консультативно-поликлинического отделения Республиканского научно-практического центра медицинской экспертизы и реабилитации в период с 2017 по 2024 г. Средний возраст пациентов в исследуемой когорте составил 47,4±0,71 года (где 0,71 — стандартная ошибка среднего, SE).

Результаты. В ходе проведенного исследования разработана методика оценки ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» у пациентов с ТБ ОД на основе оценки индивидуального риска возможного развития рецидива заболевания, которая демонстрирует практическую применимость и научную обоснованность. Использование интегрального балла, рассчитанного на основе прогностических факторов (профессионально-трудовых, социально-бытовых и демографических), позволяет объективизировать оценку риска возможного развития рецидива и отнести пациентов с выявленными ограничениями категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» к соответствующему функциональному классу, что будет способствовать индивидуализированному подходу при составлении индивидуальной программы реабилитации, абилитации (ИПРА) инвалида в рамках проведения МСЭ пациентов с ТБ ОД.

Заключение. Результаты исследования дают возможность врачам-экспертам медико-реабилитационных экспертных комиссий использовать интегральный показатель риска возможного развития рецидива заболевания как дополнительный объективный критерий для оценки категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности». Это способствует обоснованному определению группы инвалидности и оптимизирует разработку ИПРА инвалида.

Ключевые слова: *медико-социальная экспертиза, туберкулез органов дыхания, факторы риска рецидива, ограничения жизнедеятельности, интегральный балл*

Вклад авторов. Смычек В.Б.: концепция и дизайн исследования, анализ результатов исследования, написание текста, общее редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Васильченко Я.В.: концепция и дизайн исследования, сбор информации, анализ, статистическая обработка данных и их изложение, написание текста, обсуждение и выводы, библиография; Мириленко А.П.: статистическая обработка данных и их изложение.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Смычек ВБ, Васильченко ЯВ, Мириленко АП. Прогнозирование риска возможного развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания при проведении медико-социальной экспертизы. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):22–32. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-03*

© В. Б. Смычек, Я. В. Васильченко, А. П. Мириленко, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):22–32

Risk prediction of possible recurrence in patients with respiratory tuberculosis during medical and social examination

Vasil B. Smychok[1], Yana V. Vasilchenko[1], Andrey P. Mirilenko[2]

[1]National Science and Practice Centre of Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus

[2]Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

Abstract

Objective. To develop a methodology for assessing limitations in the category of life activity “ability to work” based on prognostic factors associated with the individual risk of possible relapse in patients with respiratory tuberculosis (RTB).

Materials and methods. The study included 149 patients with RTB newly sent for medical and social assessment to determine disability, and 75 patients (control group) successfully completed the intensive phase of treatment. The study was conducted at the Minsk City Medical and Rehabilitation Expert Commission, the Minsk Regional Tuberculosis Dispensary, and the consulting and outpatient department of the National Science and Practice Centre of Medical Assessment and Rehabilitation for the period from 2017 to 2024. The mean age of patients in the study cohort was 47,4±0,71 years old (where 0,71 — standard error of the mean, SE).

Results. In the course of the study, a methodology was developed for assessing the limitations of the “ability to work” category of life activities in patients with PTB based on an assessment of the individual risk of possible relapse of the disease, which demonstrates practical applicability and scientific validity. Using an integrated score calculated based on prognostic factors (professional, work-related, social, and demographic), it allows for an objective assessment of the risk of potential relapse and the assignment of patients with identified limitations in the «ability to work» category to the appropriate functional class. This will facilitate a personalized approach when developing an individualized rehabilitation and habilitation program for individuals with disabilities during the medical and social assessment of patients with PTB.

Conclusion. The study’s results enable medical experts in medical rehabilitation expert commissions to use the integrated risk indicator for possible disease relapse as an additional objective criterion for assessing the “ability to work” category of life activity. This facilitates the informed determination of disability groups and optimizes the development of individualized rehabilitation and habilitation programs for individuals with disabilities.

Keywords: *medical and social assessment, respiratory tuberculosis, risk factors for relapse, limitations of life activities, integral score*

Author contributions. Smychek V.B.: study concept and design, analysis of study results, writing the text, general editing, approval of the final version of the article; Vasilchenko Ya.V.: concept and design of the study, data collection, analysis, statistical processing of data and their presentation, writing of the text, discussion and conclusions, bibliography; Mirilenko A.P.: statistical processing of data and their presentation.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Smychok VB, Vasilchenko YaV, Mirilenko AP. Risk prediction of possible recurrence in patients with respiratory tuberculosis during medical and social examination. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):22–32. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-03*

Введение

В современной эпидемиологической практике частота рецидивов ТБ ОД рассматривается в качестве одного из ключевых показателей, который характеризует динамику эпидемиологической ситуации и эффективность проводимых противоэпидемических мероприятий [1]. Развитие рецидива заболевания чаще всего ассоциируется со значительным утяжелением клинического течения, что проявляется в преобладании тяжелых и распространенных форм ТБ, включая случаи с лекарственной устойчивостью возбудителя [2].

Пациенты с рецидивами ТБ ОД значительно реже достигают полного излечения по сравнению с пациентами, у которых заболевание выявлено впервые. Это обусловлено формированием устойчивых морфофункциональных изменений в легких и других органах, таких как фиброзные и цирротические преобразования легочной ткани, хроническая дыхательная недостаточность, а также системные нарушения, ведущие к стойкой утрате трудоспособности [3, 4]. В результате частота инвалидизации среди данной категории пациентов существенно выше, что обусловлено необратимыми структурными и функциональными изменениями, ограничивающими жизнедеятельность и социальную адаптацию [5].

Также одной из актуальных проблем является несвоевременное выявление рецидивов ТБ

ОД, что существенно ухудшает прогноз заболевания [6]. В связи с этим возникает объективная необходимость в разработке новых научно-обоснованных подходов, направленных на раннюю профилактику развития рецидива заболевания.

В условиях значительного улучшения эпидемиологической обстановки по ТБ ведущая роль в профилактике ранних и поздних рецидивов ТБ ОД должна отводиться их прогнозированию, основанному на комплексной оценке влияния различных факторов риска и их сочетаний у лиц, перенесших ТБ. Такой подход позволит выявлять пациентов с высокой вероятностью развития рецидивов и разрабатывать персонифицированные меры их профилактики, прежде всего в отношении тех, кто имеет высокую вероятность развития рецидива заболевания [3, 4].

Следует отметить, что своевременное проведение МСЭ играет важную роль в профилактике инвалидности у пациентов с ТБ ОД. Основной задачей МСЭ является выявление факторов риска, способствующих развитию рецидива заболевания, а также разработка рекомендаций, направленных на предотвращение ухудшения состояния здоровья и профилактику осложнений[1].

Одной из задач МСЭ также является социально-правовая защита пациентов, которая реализуется через составление ИПРА инвалида[2]. Данный документ содержит детализированную информацию о степени ограничений способности к трудовой деятельности, противопоказанных факторах производственной среды, при наличии на рабочем месте которых возможно развитие рецидива заболевания, а также рекомендуемых условиях труда. Этот подход будет в первую очередь направлен на стабилизацию ТБ-процесса в легких, снижение риска развития рецидива заболевания, при этом сохраняя профессиональную трудоспособность, повышая экономическую самостоятельность и социальную адаптацию пациентов с ТБ ОД [7].

Исследования, посвященные изучению факторов риска рецидивов ТБ ОД, зачастую носят противоречивый характер, что не позволяет сформулировать однозначные выводы об их роли в развитии повторных эпизодов заболевания. Существующие данные недостаточно верифицированы и требуют дальнейшего уточнения, поскольку многие потенциальные факторы риска остаются недостаточно изученными в плане их информативности и прогностической значимости.

Цель исследования

Разработать методику оценки ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» на основе прогностических факторов, связанных с индивидуальным риском возможного развития рецидива у пациентов с ТБ ОД.

Материалы и методы

В исследование было включено 149 пациентов с ТБ ОД, впервые направленных на МСЭ для установления инвалидности, а также 75 пациентов контрольной группы, успешно завершивших интенсивную фазу лечения ТБ ОД. Исследование проводилось на базе Минской городской медико-реабилитационной экспертной комиссии, Минского областного противотуберкулезного диспансера, консультативно-поликлинического отделения Республиканского научно-практического центра медицинской экспертизы и реабилитации. В группу исследования были также включены пациенты, направленные на межведомственную научно-экспертную комиссию со всех регионов страны с целью уточнения степени выраженности имеющихся ограничений жизнедеятельности (ОЖ) в период с 2017 по 2024 г.

Средний возраст пациентов в исследуемой когорте составил 47,4±0,71 года (где 0,71 — стандартная ошибка среднего, SE). Среди обследованных пациентов было 168 мужчин, средний возраст (SE) которых составил 49,2 (0,79) года, и 56 женщин, средний возраст которых составил 41,8 (1,32) года.

Всем пациентам с ТБ ОД, включенным в исследование, была проведена комплексная клинико-функциональная оценка состояния здоровья в соответствии с Клиническим протоколом диагностики и лечения ТБ[3].

Оценка включала следующие методы: анамнестический (сбор анамнеза), аналитический (анализ медицинской документации), клинический (сбор жалоб, физикальный осмотр), инструментальный (лучевая, ультразвуковая и функциональная диагностика), лабораторный (клинические и биохимические анализы), метод экспертных оценок (оценка нарушений функций

[1]О вопросах проведения медико-социальной экспертизы : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 9 июня 2021 г. № 77 : в ред. от 16 сент. 2025 г. № 109 // ilex : информ. правовая система (дата обращения: 04.05.2026).

[2]О здравоохранении : Закон Респ. Беларусь от 18 июня 1993 г. № 2435-XII : в ред. от 8 июля 2025 г. № 26-З // ilex : информ. правовая система (дата обращения: 04.05.2026).

[3]Об утверждении клинического протокола : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 16 дек. 2022 г. № 118 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22339589р (дата обращения: 04.05.2026).

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):22–32

организма и ОЖ)[4] и методы профессиональной диагностики и экспертизы профессиональной трудоспособности [7].

Оценка нарушенных функций организма проводилась в соответствии с классификацией основных видов нарушений функций органов и систем организма человека, категорий жизнедеятельности на основе классификации основных категорий жизнедеятельности и степени выраженности их ограничений, которые дифференцированы по функциональным классам (ФК) с использованием пятибалльной шкалы, где 100 % соответствует полному ограничению[5].

При анализе данных использовались стандартные методы описательной статистики и критерии значимости статистических различий. Исследование совместного влияния прогностических факторов на риск развития заболевания проводилось с использованием метода многофакторной логистической регрессии.

Результаты и обсуждение

На предыдущих этапах исследования нами был научно обоснован интегральный критерий риска возможного развития рецидива у пациентов с ТБ ОД, согласно которому вероятность повторного развития заболевания статистически значимо возрастает под влиянием профессионально-трудовых, социально-бытовых и демографических факторов [8].

Проведенный анализ факторов риска выявил, что вероятность возможного развития рецидива достоверно увеличивается при воздействии следующих негативных факторов, с указанием отношения шансов (ОШ): мужской пол (ОШ = 2,33), возраст старше 51 года (ОШ = 2,31), проживание в сельской местности (ОШ = 3,27), базовый уровень образования (ОШ = 1,96), социальная категория «неработающий» (ОШ = 5,81), наличие профессионально-технического образования (ОШ = 7,5), вредные условия труда (ОШ = 1,79), низкий уровень квалификации (ОШ = 2,23), неквалифицированный труд (ОШ = 4,12), индекс массы тела менее 22 кг/м² (ОШ = 2,17).

Для разработки многофакторной математической модели риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД был применен метод логистической регрессии. На первоначальном этапе в модель включались все ранее выделенные факторы, оказывающие статистически значимое влияние на риск возможного развития рецидива заболевания.

Перед построением модели проводилась проверка на мультиколлинеарность — явление, при котором независимые переменные демонстрируют высокую степень взаимной корреляции, что может искажать результаты регрессионного анализа и снижать надежность оценок. Для исключения данного эффекта был проведен корреляционный анализ, в ходе которого оценивались парные коэффициенты корреляции между всеми включенными в модель факторами.

Результаты анализа показали, что максимальное значение коэффициента корреляции между переменными не превышало 0,6, что соответствует общепринятым статистическим требованиям и свидетельствует об отсутствии критической мультиколлинеарности. Таким образом, все включенные в модель факторы были признаны статистически независимыми и пригодными для дальнейшего анализа.

Затем нами была проведена процедура пошагового исключения незначимых факторов, не влияющих на прогноз риска рецидива ($p > 0,05$), в результате которой была получена окончательная многофакторная математическая модель оценки риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД. Параметры модели представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры математической модели оценки риска развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания
Table 1. Parameters of a mathematical model for assessing the risk of recurrence in patients with respiratory tuberculosis

Фактор	B	Exp (B)	90 % ДИ Exp (B)	p
Возраст > 51 года	0,60	1,82	1,039–3,18	0,049
Житель села	–1,07	2,92	1,66–5,15	0,002
Социальная категория — неработающий	0,78	2,19	1,15–4,18	0,046
Уровень образования — базовое	–0,64	1,89	1,06–3,34	0,048
Уровень квалификации	–-0,42	1,51	1,08–2,13	0,045
Характер квалификации	0,85	2,34	1,39–3,96	0,008
Константа	1,16			

[4]Об утверждении метода оценки ограничений жизнедеятельности при последствиях заболеваний и травм, состояниях у лиц в возрасте старше 18 лет : приказ М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 4 февр. 2022 г. № 131 : в ред. от 10 мая 2022 г. № 606 // ilex : информ. правовая система (дата обращения: 04.05.2026).

[5]О вопросах проведения медико-социальной экспертизы : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 9 июня 2021 г. № 77 : в ред. от 16 сент. 2025 г. № 109 // ilex : информ. правовая система (дата обращения: 04.05.2026).

2026;23(3):22–32 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Для включения категориальных факторов риска в регрессионную модель были применены бинарная и порядковая схемы кодирования, выбор которых обусловливался типом анализируемых переменных.

Бинарная кодировка использовалась для дихотомических (категориальных) факторов, таких как возрастная группа, место проживания, социальная категория, уровень образования. Данный подход позволил преобразовать качественные признаки в числовые переменные (0 или 1), пригодные для включения в логистическую регрессионную модель.

Порядковая кодировка применялась для факторов, категории которых обладают естественным упорядочиванием, где числовые значения отражают степень выраженности фактора. К таким факторам относятся: уровень квалификации, характер квалификации (квалифицированный / неквалифицированный труд). Подробное описание кодировки факторов, включенных в математическую модель риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД, представлено в таблице 2.

Таблица 2. Кодировка факторов, включенных в математическую модель риска развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания
Table 2. Coding of factors included in the mathematical model of the risk of recurrence in patients with respiratory tuberculosis

Фактор	Кодировка фактора
Возраст > 51 года Возраст < 51 года	1 0
Житель села Житель города	1 2
Социальная категория — неработающий Социальная категория — работающий	1 0
Уровень образования — базовое Уровень образования — общее среднее	1 2
Уровень квалификации: 1–3-й разряд; 4–5-й разряд; 6–9-й разряд; 10–14-й разряд	 1 2 3 4
Характер квалификации: специалист с высшим образованием; специалист со средним специальным образованием; квалифицированный рабочий; неквалифицированный рабочий	 1 2 3 4

В разработанной математической модели риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД характер и степень влияния факторов риска определяются знаком регрессионного коэффициента (положительным или отрицательным) и числовым значением их кодировки. Интерпретация коэффициентов зависит от направленности связи между фактором и вероятностью рецидива.

Отрицательный знак коэффициента в модели указывает на обратную зависимость: уменьшение числового значения кодировки фактора (например, место жительства, уровень образования, уровень квалификации) повышает вероятность рецидива ТБ ОД. Это означает, что менее благоприятные условия (проживание в сельской местности, низкий уровень образования или квалификации) ассоциируются с более высоким риском повторного развития заболевания.

Положительный знак коэффициента, напротив, свидетельствует о прямой зависимости: увеличение числового значения кодировки фактора (например, возрастная группа, социальная категория, характер квалификации) усиливает вероятность рецидива ТБ ОД. Таким образом, принадлежность к старшим возрастным группам, отсутствие занятости или неквалифицированный труд повышают риск повторного развития заболевания.

Таким образом, в построенной модели направление влияния фактора риска определяется знаком регрессионного коэффициента, степень выраженности негативного воздействия — величиной числового значения кодировки фактора. Это позволяет количественно оценивать вклад каждого фактора в формирование риска рецидива и разрабатывать целенаправленные профилактические мероприятия.

Разработанная математическая модель оценки риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД обладает значительной академической

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):22–32

ценностью, поскольку позволяет проводить детализированный количественный анализ влияния различных факторов на вероятность повторного развития заболевания.

Однако практическое применение таких моделей сопряжено с определенными ограничениями: они требуют использования специализированного программного обеспечения и участия высококвалифицированных специалистов для корректной интерпретации результатов. Это существенно затрудняет их внедрение в рутинную клиническую практику.

В связи с этим на основе разработанной математической модели была создана упрощенная классификационная схема, адаптированная для практического применения. Методологической основой схемы послужил принцип логистической регрессии, в котором вероятность риска развития рецидива определяется линейной комбинацией факторов. Каждому значимому фактору риска было присвоено определенное количество баллов, пропорциональное его коэффициенту в модели. Для этого коэффициенты умножались на общий нормирующий множитель, что позволило привести балльные оценки к целочисленным значениям, удобным для практического использования.

Применение классификационной схемы сводится к суммированию баллов, соответствующих наличию у пациента тех или иных негативных факторов, с последующим сравнением полученной суммы с пороговым значением, определяющим уровень риска. Это позволяет быстро и объективно оценивать вероятность возможного развития рецидива ТБ ОД без необходимости использования сложных вычислительных инструментов.

Параметры разработанной классификационной схемы оценки риска рецидива ТБ ОД представлены в таблице 3. Данный подход обеспечивает простоту и доступность применения в клинической практике, сохраняя при этом научную обоснованность и точность прогнозирования.

Таблица 3. Параметры классификационной схемы оценки риска рецидива туберкулеза органов дыхания

Table 3. Parameters of the classification scheme for assessing the risk of recurrence of respiratory tuberculosis

Фактор	Значение фактора	Балл
Возрастная группа	Возраст > 51 года Возраст < 51 года	11 0
Место жительства	Житель села Житель города	18 0
Социальная категория	Социальная категория — неработающий Социальная категория — работающий	13 0
Уровень образования	Уровень образования — базовое Уровень образования — общее среднее	11 0
Уровень квалификации	Уровень квалификации: 1–3-й разряд 4–5-й разряд 6–9-й разряд 10–14-й разряд	 27 18 9 0
Характер квалификации	Характер квалификации: специалист с высшим образованием; специалист со средним специальным образованием; квалифицированный рабочий; неквалифицированный рабочий	 0 14 28 28

Рассчитанный интегральный балл представляет собой унифицированную количественную характеристику риска рецидива ТБ ОД, которая может служить дополнительным объективным критерием при оценке ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» в рамках проведения МСЭ.

Кроме того, интегральный балл оценки риска рецидива ТБ ОД целесообразно использовать при проведении профессионально-трудовой диагностики и экспертизы трудовой деятельности. Его применение позволяет выявлять и исключать факторы риска, способствующие прогрессированию ТБ-процесса в легких, развитию осложнений, а также повысить эффективность разработанной ИПРА инвалида. Это способствует оптимизации трудовой деятельности пациентов с ТБ ОД и повышению эффективности реабилитационных мероприятий.

2026;23(3):22–32 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Для практического применения врачами-экспертами при проведении МСЭ целесообразно соотнести полученный интегральный показатель риска рецидива ТБ ОД с ФК. В современной практике МСЭ ФК широко используются для комплексной оценки нарушений категорий жизнедеятельности, включая способность к трудовой деятельности. ФК ранжируются по пятибалльной шкале, принятой за 100 %[6].

В рамках данного исследования предлагается провести соотнесение интегрального показателя риска рецидива с ФК категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности». Это соотнесение будет основываться на клинических представлениях о значимости риска возможного развития рецидива заболевания, а также учитывать непрерывность связи метода расчета со сложившимися к настоящему времени средними экспертными оценками.

Основой данного подхода являются следующие методологические принципы:

● интегральный показатель, отражающий вероятность повторного развития заболевания, будет коррелировать с ФК, что позволит объективизировать оценку ограничений способностей к трудовой деятельности у пациентов с ТБ ОД;

● использование пятибалльной шкалы оценки ФК обеспечит совместимость разработанного метода с устоявшимися критериями МСЭ, что облегчит его внедрение в экспертную практику;

● учет интегрального показателя риска возможного развития рецидива заболевания в рамках ФК позволит дифференцированно подходить к оценке способностей к трудовой деятельности пациентов с ТБ ОД, учитывая не только текущее состояние здоровья, но и прогнозируемый риск возможного развития рецидива.

На следующем этапе исследования была проведена оценка фактической частоты встречаемости показателей степени выраженности ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» среди пациентов с ТБ ОД в исследуемой когорте. Полученные данные представлены в таблице 4, они отражают распределение пациентов по ФК, характеризующим степень выраженности ограничений способности к трудовой деятельности.

Таблица 4. Показатели степени выраженности ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» в исследуемой когорте пациентов с туберкулезом органов дыхания

Table 4. Indicators of the severity of limitations in the category of life activity “ability to work” in the studied cohort of patients with respiratory tuberculosis

Категория жизнедеятельности	Количество наблюдений, n (%)				
	0 (отсутствие ограничений)	1 (легкие ограничения)	2 (умеренные ограничения)	3 (выраженные ограничения)	4 (резко выраженные ограничения)
Способность к трудовой деятельности	0	27,1	23,9	24,5	24,5

Анализ распределения показателей, характеризующих ограничения категорий жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» в исследуемой когорте пациентов с ТБ ОД, выявил следующие закономерности: 27,1 % пациентов имеют легкие ограничения, 24,5 % пациентов имеют выраженные и резко выраженные ограничения, 23,9 % пациентов имеют умеренные ограничения способности к трудовой деятельности. Полученные данные обуславливают практическую значимость в оценке наличия прогностических факторов риска или их сочетаний для оценки степени индивидуального риска возможного развития рецидива заболевания при оценке степени выраженности ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности». Это будет способствовать своевременному составлению ИПРА инвалида, что в свою очередь будет направлено на снижение риска развития рецидива заболевания, при этом сохраняя профессиональную трудоспособность путем профессиональной ориентации и обучения (или переобучения) пациента и повышая экономическую самостоятельность пациентов с ТБ ОД [7].

Далее нами была проведена оценка зависимости вероятности развития рецидива в исследуемой когорте пациентов с ТБ ОД от интегрального балла, рассчитанного с использованием разработанной классификационной схемы оценки риска рецидива. График зависимости риска развития рецидива ТБ ОД от интегрального

[6]О вопросах проведения медико-социальной экспертизы : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 9 июня 2021 г. № 77 : в ред. от 16 сент. 2025 г. № 109 // ilex : информ. правовая система (дата обращения: 04.05.2026).

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):22–32

балла, рассчитанного с использованием классификационной схемы оценки риска, представлен на рисунке 1.

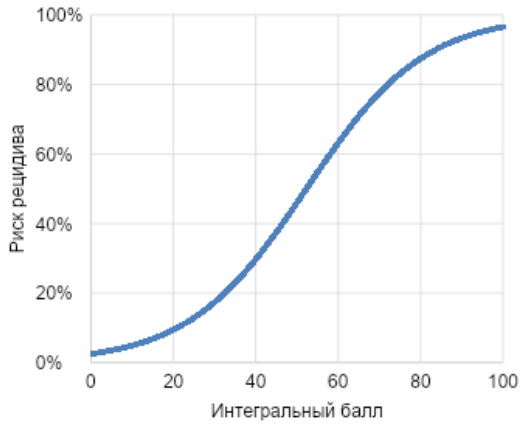


Рисунок 1. Зависимость риска рецидива туберкулеза органов дыхания от интегрального балла
Figure 1. Dependence of the relapse risk of respiratory tuberculosis on the integral score

Определение характера и силы связи между интегральным баллом (отражающим совокупное влияние факторов риска) и риском рецидива ТБ ОД позволяет объективизировать прогнозирование влияния различных факторов риска и их сочетаний у лиц, перенесших ТБ ОД.

На рисунке 1 продемонстрирована графическая зависимость, позволяющая визуализировать, как увеличение интегрального балла коррелирует с ростом вероятности развития рецидива заболевания. Установленная зависимость подтверждает прогностическую значимость интегрального балла как инструмента для оценки риска рецидива ТБ ОД, что дает возможность его внедрения в экспертную практику в рамках проведения МСЭ и при составлении ИПРА инвалида.

Также в рамках исследования была проведена оценка распределения интегрального балла среди исследуемой когорты пациентов с ТБ ОД. На рисунке 2 представлен график распределения баллов, отражающий индивидуальные значения интегрального показателя риска рецидива для каждого пациента с ТБ ОД в исследуемой когорте.

Представленный на рисунке 2 график демонстрирует неравномерное распределение интегрального балла среди исследуемой когорты пациентов с ТБ ОД: большинство пациентов имеют баллы в диапазоне от 40 до 100, что свидетельствует о преобладании умеренного и высокого риска рецидива в исследуемой когорте. Низкие значения балла — от 0 до 40 — встречаются реже, что может указывать на небольшое количество пациентов с минимальным риском рецидива заболевания**.** Высокие значения балла — от 100 до 120 — наблюдаются у незначительной части пациентов, что соответствует максимальному риску рецидива и требует пристального внимания при разработке ИПРА инвалида. Отрицательные значения балла — ниже 0 — встречаются крайне редко и могут отражать отсутствие значимых факторов риска или погрешности расчета.



Рисунок 2. График распределения баллов, отражающий индивидуальные значения интегрального показателя риска рецидива для каждого пациента с туберкулезом органов дыхания в исследуемой когорте
Figure 2. A graph of the scores distribution reflecting the individual values of the integral indicator of the relapse risk for each patient with respiratory tuberculosis in the study cohort

В ходе проведенного исследования нами была разработана методика, позволяющая объективно оценивать ограничения категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» у пациентов с ТБ ОД на основе индивидуального риска возможного развития рецидива заболевания. Методика основана на комплексном анализе прогностических факторов риска, включая профессионально-трудовые, социально-бытовые и демографические факторы, и позволяет стратифицировать пациентов по группам риска для оптимизации проведения МСЭ и разработки ИПРА инвалида.

Методика оценки ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» на основе прогностических факторов индивидуального риска возможного развития рецидива у пациентов с ТБ ОД включает четыре этапа.

На первом этапе проводится анализ факторов риска развития рецидива ТБ ОД (например, возраст, пол, условия труда, уровень образования, социальный статус и др.) с использованием классификационной схемы, где каждому фактору присваивается балльное значение на основе его прогностической значимости.

На втором этапе проводится суммирование баллов за каждый выявленный фактор риска и

рассчитывается интегральный балл, отражающий индивидуальный риск возможного развития рецидива у пациента с ТБ ОД.

На следующем этапе полученный интегральный балл соотносится с ФК (от 0 до 4) категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности», что позволяет определить степень выраженности ограничений данной категории жизнедеятельности. Ранжирование ФК категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» по диапазонам интегрального балла и уровням риска возможного развития рецидива заболевания представлено в таблице 5.

На основе полученной степени выраженности ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» (ФК от 0 до 4) разрабатываются индивидуальные рекомендации при составлении ИПРА инвалида по рациональному трудоустройству, реабилитации и социальной поддержке пациента с ТБ ОД.

Таблица 5. Ранжирование функциональных классов категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» по диапазонам интегрального балла и уровням риска возможного развития рецидива заболевания
Table 5. Ranking of functional classes of the life activity category “ability to work” according to the ranges of the integral score and the risk levels of possible development of a relapse of the disease

Функциональный класс	Насыщенность функционального класса (%)	Диапазон интегрального балла	Уровень риска рецидива (%)
ФК 1	27,1	0–48	0–43
ФК 2	23,9	49–63	44–68
ФК 3	24,5	64–81	69–88
ФК 4	24,5	82–100	89–100

Для наглядной демонстрации применения разработанной методики приводим пример расчета индивидуального риска развития рецидива у пациента с ТБ ОД: пациент В., после завершения курса лечения по поводу ТБ ОД в периоде временной нетрудоспособности был направлен на МСЭ для определения наличия «временного» или «стойкого» ограничения способности к трудовой деятельности. В ходе освидетельствования в медико-реабилитационной экспертной комиссии была проведена комплексная оценка состояния здоровья пациента, а также функциональных нарушений, развившихся на фоне основного заболевания и проведенного лечения. На момент освидетельствования к категории «основная профессия пациента В.» была отнесена профессия рабочего 5-го разряда (с учетом стажа работы).

В ходе проведения профессионально-трудовой диагностики и экспертизы трудовой деятельности были выявлены следующие профессионально-трудовые, социально-бытовые и демографические факторы риска развития рецидива ТБ ОД с соответствующими балльными значениями, параметры которых представлены в таблице 6.

Таблица 6. Параметры оценки прогностических факторов риска развития рецидива туберкулеза органов дыхания у пациента В.
Table 6. Parameters for assessing the prognostic risk factors for the development of relapse of respiratory tuberculosis in patient B.

Фактор	Значение фактора	Обозначение	Балл
Возрастная группа	Возраст < 51	F1	0
Место жительства	Житель города	F2	0
Социальная категория	Работающий	F3	0
Уровень образования	Базовое образование	F4	11
Уровень квалификации	4–5-й разряд	F5	18
Характер квалификации	Рабочий	F6	28
Сумма баллов			57

Для расчета вероятности развития рецидива заболевания у пациента В. при интегральном балле, равном 57, используем логистическую функцию, заданную в приведенном примере: коэффициент B = 0,07, константа = –3,66.

Риск возможного развития рецидива заболевания рассчитывается по формуле логистической регрессии.

Рассчитываем «Z» уравнения математической модели:

Z = константа + B × интегральный балл.

Z = −3,66 + 0,070 × 57 = −3,66 + 3,99 = 0,33.

Затем рассчитываем вероятность «P» развития рецидива ТБ ОД у пациента В.:

P = exp (0,33) / 1 + exp (0,33) = 0,677.

Подставляем значение exp (0,33) ≈ 1,391:

P = 1,391 / 1 + 1,391 ≈ 0,582 (или 58,2 %).

Таким образом, при интегральном балле, равном 57, риск возможного развития рецидива ТБ ОД у пациента В. составляет примерно 58,2 %. Согласно таблице ранжирования ФК категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» по диапазонам интегрального балла и уровням риска возможного развития рецидива заболевания, пациенту В. способность к трудовой деятельности определяется как ФК 2, что соответствует умеренному риску возможного развития рецидива заболевания у данного пациента. На основании полученных данных пациенту В. будут разработаны индивидуальные рекомендации при составлении ИПРА инвалида, которая будет содержать информацию о противопоказанных факторах производственной среды и показанных условиях труда. Это позволит сохранить профессиональную трудоспособность пациента В. путем профессионального переобучения, что обеспечит экономическую независимость пациента.

Данный пример демонстрирует, как разработанная методика позволяет объективно оценивать риск возможного развития рецидива заболевания и принимать обоснованные решения при проведении МСЭ, способствуя индивидуализации подходов при составлении ИПРА инвалида и рациональному трудоустройству пациентов с ТБ ОД.

Заключение

Результаты исследования позволят врачам-экспертам медико-реабилитационных экспертных комиссий использовать интегральный показатель риска рецидива как дополнительный объективный критерий при определении степени выраженности ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности». Это способствует повышению точности выносимых экспертных решений, обоснованному определению группы инвалидности и оптимизирует разработку ИПРА инвалида.

Список литературы / References

1. Аксенова В.А., Алексеев О.Е., Артемов А.Н., Баласанянц Г.С. Противотуберкулезный диспансер: эффективная междисциплинарная концепция. Рук. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2023.

Aksenova VA, Alekseev OE, Artemov AN, Balasanyanc GS. Tuberculosis dispensary: an effective interdisciplinary concept. Management. Moscow: GEOTAR-Media; 2023. (In Russ.).

2. Коломиец В.М. Рецидивы туберкулеза органов дыхания (особенности развития и реабилитации вторичного туберкулеза). СПб.: Тактик-Студио; 2014.

Kolomiec VM. Relapses of tuberculosis of the respiratory organs (features of the development and rehabilitation of secondary tuberculosis). St. Petersburg: Tactic Studio; 2014. (In Russ.).

3. Григорьева Е.А., Копылова И.Ф. Исходы лечения впервые выявленных больных инфильтративным туберкулезом легких, прогнозирование степени риска рецидива. *Туберкулез и болезни легких*. 2009;86(9):16-19.

Grigor'eva EA, Kopylova IF. Treatment outcomes of newly diagnosed patients with infiltrative pulmonary tuberculosis, prediction of the degree of risk of relapse. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2009;86(9):16-19. (In Russ.).

4. Гусейнов Г.К., Гиреев Т.Г. Поздние рецидивы у лиц с остаточными туберкулезными изменениями в легких. *Туберкулез и болезни легких*. 2016;94(2):26-28.

Guseynov GK, Gireev TG. Late relapses in those with residual tuberculous changes in the lungs. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2016;94(2):26-28. (In Russ.).

5. Тярасова К.Г., Алтунина М.М., Морозов А.М., Жуков С.В. Клинические аспекты медико-социальной экспертизы при туберкулезе у взрослых. *Менеджер здравоохранения*. 2022;(5):20-27.

Tyarasova KG, Altunina MM, Morozov AM, Zhukov SV. Clinical aspects of medical and social examination of tuberculosis in adults. *Healthcare Manager*. 2022;(5):20-27. (In Russ.).

6. Данилов А.Н., Морозова Т.И., Комлева Н.Е., Салина Т.Ю. Туберкулез и качество жизни человека. Саратов: Изд. центр Сарат. гос. мед. ун-та им. В. И. Разумовского; 2020.

Danilov AN, Morozova TI, Komleva NE, Salina TYu. Tuberculosis and human quality of life. Saratov: Publishing Center of Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; 2020. (In Russ.).

7. Смычек В.Б., Казакевич Д.С., Горустович Л.Н. Экспертиза профессиональной трудоспособности. Мн.: Колорград; 2025.

Smychek VB, Kazakevich DS, Gorustovich LN. Expertise of professional working capacity. Minsk: Kolorgrad; 2025. (In Russ.)

8. Смычек В.Б., Васильченко Я.В., Мириленко А.П. Прогностические факторы риска развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания. *Здравоохранение*. 2026;(1):21-27.
DOI: https://doi.org/10.65249/1027-7218-2026-1-21-27.

Smychek V, Vasilchenko Y, Mirilenko A. Prognostic risk factors for recurrence in patients with respiratory tuberculosis. *Healthcare*. 2026;(1):21-27. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.65249/1027-7218-2026-1-21-27

Информация об авторах / Information about the authors

Смычек Василий Борисович, д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе, ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6886-1059
e-mail: rnpc@meir.by

Vasil B. Smychok, Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director for Research, National Science and Practice Centre for Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6886-1059
e-mail: rnpc@meir.by

2026;23(3):22–32 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Васильченко Яна Владимировна, заместитель директора по медицинской экспертизе и контролю качества оказания медицинской помощи, ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-7854-4442
e-mail: zam.dir.kkomp@meir.by
Мириленко Андрей Петрович, к.м.н., доцент, доцент кафедры моделирования и проектирования, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6096-8166

Yana V. Vasilchenko, Deputy Director for Medical Expertise and Quality Control of Medical Care, National Science and Practice Centre for Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-7854-4442
e-mail: zam.dir.kkomp@meir.by

Andrey P. Mirilenko, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Modeling and Design, Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6096-8166

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Васильченко Яна Владимировна
e-mail: zam.dir.kkomp@meir.by

Yana V. Vasilchenko
e-mail: zam.dir.kkomp@meir.by

Поступила в редакцию / Received 08.05.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 02.06.2026
Принята к публикации / Revised 03.09.2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):33–41

УДК [615.2:615.015.8]:616.36-004-073.4
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-04

Check for updates

Допплерографическое моделирование в прогнозировании первичной фармакорезистентности к пропранололу у пациентов с циррозом печени

А. В. Молчанова[1], Е. И. Михайлова[1], Ю. Н. Понорад[2], Ж. Н. Калиновская[3]

[1]Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

[2]Гомельская областная специализированная клиническая больница, г. Гомель, Беларусь

[3]Гомельская областная клиническая больница, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Разработать допплерометрическую модель прогнозирования первичной фармакорезистентности к неселективным бета-адреноблокаторам (НСББ) у пациентов с циррозом печени (ЦП) для оптимизации медицинской профилактики геморрагических осложнений.

Материалы и методы. В исследование вошли 56 пациентов с ЦП и признаками портальной гипертензии и варикозно расширенными венами пищевода (ВРВП). Дизайн включал проведение ультразвуковой допплерометрии сосудов спленопортального русла в исходном состоянии и через 2 часа после выполнения острого фармакологического теста (ОФТ) с пропранололом. По результатам теста пациенты были распределены на группы респондеров (n = 15) и нон-респондеров (n = 41). Выявление независимых прогностических факторов проводилось с помощью многофакторного логистического регрессионного анализа.

Результаты. Исходная средняя линейная скорость кровотока ($V_{ср}$) в воротной вене в группе респондеров была значимо выше, чем в группе нон-респондеров (18,90 см/с против 14,80 см/с; p = 0,02). В ходе проведения ОФТ у респондеров зафиксировано более выраженное индуцированное снижение средней линейной скорости кровотока в селезеночной вене (на 39,24 % против 11,63 % у нон-респондеров; p = 0,01) и его объемной скорости (на 39,24 % против 17,91 % соответственно; p = 0,05), сочетавшееся с тенденцией к более высокому приросту пульсационного индекса (PI) селезеночной артерии (–17,12 % против –3,13 %; p = 0,08). Мультивариантный регрессионный анализ выявил два независимых предиктора фармакорезистентности: исходное замедление $V_{ср}$ в воротной вене до 16,70 см/с и менее ($ОШ_{корр}$ = 7,20; 95 % ДИ: 1,50–34,56; p = 0,014) и ригидный ответ селезеночной вены в виде редукции скорости на 39,23 % и менее ($ОШ_{корр}$ = 9,83; 95 % ДИ: 1,97–49,02; p = 0,005).

Заключение. Предложенная допплерометрическая модель обеспечила эффективную оценку портального резерва и ригидности висцерального русла, создав объективную основу для медицинской профилактики у пациентов с фармакорезистентностью к НСББ.

Ключевые слова: *цирроз печени, портальная гипертензия, пропранолол, фармакорезистентность, ультразвуковая допплерография, острый фармакологический тест*

Вклад авторов. Михайлова Е.И.: концепция и дизайн исследования, общее редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Молчанова А.В.: обзор публикаций по теме статьи, сбор материала, анализ и статистическая обработка результатов и их изложение, обсуждение и выводы, библиография; Понорад Ю.Н.: проведение ультразвукового исследования, техническое обеспечение допплерографической части исследования; Калиновская Ж.Н.: научное консультирование, участие в обсуждении результатов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Молчанова АВ, Михайлова ЕИ, Понорад ЮН, Калиновская ЖН. Допплерографическое моделирование в прогнозировании первичной фармакорезистентности. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):33–41. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-04*

© А. В. Молчанова, Е. И. Михайлова, Ю. Н. Понорад, Ж. Н. Калиновская, 2026

2026;23(3):33–41 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Doppler modeling in predicting primary pharmacoresistance to propranolol in patients with liver cirrhosis

Alina V. Molchanova[1], Elena I. Mikhailova[1], Yury N. Ponorad[2], Zhanna N. Kalinovskaya[3]

[1]Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

[2]Gomel Regional Specialized Clinical Hospital, Gomel, Belarus

[3]Gomel Regional Clinical Hospital, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To develop a doppler-based hemodynamic model for predicting primary pharmacoresistance to non-selective beta-blockers (NSBBs) in patients with liver cirrhosis (LC) to optimize the prevention strategy for hemorrhagic complications.

Materials and methods. The study included 56 patients with LC and signs of portal hypertension and esophageal varices. The design included doppler ultrasound of the splenoportal vessels at baseline and 2 hours after an acute pharmacological test with propranolol. Patients were divided into responders (n=15) and non-responders (n=41) based on the test results. Independent prognostic factors were identified using multivariate logistic regression analysis.

Results. The baseline mean linear blood flow velocity (V_{mean}) in the portal vein was significantly higher in the responder group than in non-responders (18,90 cm/s vs. 14,80 cm/s; p=0,02). During the acute pharmacological test, responders showed a more pronounced induced reduction in mean linear velocity in the splenic vein (by 39.24% vs. 11.63% in non-responders; p=0.01) and in its volume velocity (by 39.24% vs. 17.91%, respectively; p=0.05), combined with a trend towards a greater increase in the pulsatility index (PI) of the splenic artery (–17.12% vs. –3.13%; p=0.08). Multivariate regression analysis identified two independent predictors of pharmacoresistance: baseline V_{mean} in the portal vein of 16.70 cm/s or less (aOR=7.20; 95% CI: 1.50–34.56; p=0.014) and a rigid response of the splenic vein defined as a linear velocity reduction of 39.23% or less (aOR=9.83; 95% CI: 1.97–49.02; p=0.005).

Conclusion. The proposed doppler ultrasound model provided an effective assessment of portal reserve and visceral bed rigidity, creating an objective basis for the early identification of patients with pharmacoresistance to NSBBs.

Keywords: *liver cirrhosis; portal hypertension; propranolol; pharmacoresistance; doppler ultrasound; acute pharmacological test*

Author contributions. Mikhailova E.I.: concept and design of the study, general editing, approval of the final version of the article; Malchanova A.V.: literature review, data collection, analysis and statistical processing of results and their interpretation, discussion and conclusions, bibliography; Ponorad Yu.N.: performing ultrasound examination and providing technical support for the doppler imaging component; Kalinovskaya Zh.N.: providing scientific consultation and participation in the discussion of the results.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Molchanova AV, Mikhailova EI, Ponorad YuN, Kalinovskaya ZhN. Doppler modeling in predicting primary pharmacoresistance to propranolol in patients with liver cirrhosis. Health and Ecology Issues*. 2026;23(3):33–41. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-04

Введение

Современная стратегия фармакологической медицинской профилактики геморрагических осложнений у пациентов с ЦП базируется на использовании НСББ, выступающих краеугольным камнем в алгоритмах предотвращения первичных и вторичных кровотечений из ВРВП [1, 2].

Общепринятым методом верификации эффективности вазоактивного лекарственного лечения и прогнозирования гемодинамического ответа является ОФТ с пропранололом [3]. Однако традиционные подходы к оценке его результатов ассоциированы с риском несвоевременного выявления пациентов, рефрактерных к лечению НСББ, доля которых, по данным литературных источников, достигает 66 % [4].

Данный факт обусловливает необходимость поиска новых неинвазивных предикторов гемодинамического ответа на терапию НСББ, среди которых наиболее перспективной представляется оценка допплерометрических параметров кровотока. Внедрение этого диагностического подхода позволит своевременно идентифицировать пациентов с первичной фармакорезистентностью, исключит необоснованную пролонгацию неэффективного лечения и обеспечит ранний выбор альтернативной лечебной тактики: проведения превентивного эндоскопического лигирования или назначения карведилола [1, 5].

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):33–41

Цель исследования

Разработать допплерометрическую модель прогнозирования фармакорезистентности к НСББ у пациентов с ЦП для оптимизации медицинской профилактики геморрагических осложнений.

Материалы и методы

В проспективное обсервационное исследование вошли 56 пациентов с ЦП различного генеза, в числе которых было 35 мужчин (62,50 %) и 21 (37,50 %) женщина. Средний возраст обследованных составил 56,0±9,0 лет.

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации и одобрено этическим комитетом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» (протокол № 4 от 17.12.2018). Все пациенты заполняли информированное согласие.

Критерии включения в исследование предусматривали:

— возраст старше 18 лет;

— верифицированный диагноз ЦП со стабильным клинико-лабораторным течением заболевания на протяжении предшествующих 4 недель;

— наличие прямых показаний к назначению НСББ в соответствии с клиническим протоколом Министерства здравоохранения Республики Беларусь (постановление № 54 от 01.06.2017): ВРВП > 5 мм либо ВРВП < 5 мм у пациентов с ЦП классов В или С по Чайлд — Пью, либо наличие «красных знаков» высокого риска геморрагий [6].

Критериями невключения служили:

— абсолютные и относительные противопоказания к приему НСББ, включая исходную частоту сердечных сокращений (ЧСС) < 55 уд/мин, систолическое артериальное давление (САД) < 90 мм рт. ст., атриовентрикулярную блокаду II–III степени и бронхиальную астму;

— декомпенсированный ЦП, осложненный печеночной энцефалопатией или напряженным асцитом 2–3-й степени;

— наличие синдрома Бадда — Киари, тромбоза воротной вены или состояние после трансплантации печени.

В исследование не включались беременные женщины, лица со злокачественными новообразованиями и тяжелой декомпенсированной тяжелой степенью или обострением хронических сопутствующих заболеваний, острыми инфекционными заболеваниями. К участию не допускались пациенты, получавшие вазоактивное лечение в течение последних 30 дней, за исключением случаев приема пропранолола, для которого обязательным условием являлась его отмена как минимум за 7 дней до начала обследования.

Диагностику ЦП, оценку степени его тяжести и характера осложнений проводили на основании комплекса клинико-лабораторных и инструментальных показателей в соответствии с клиническим протоколом Министерства здравоохранения Республики Беларусь (постановление № 54 от 01.06.2017) и рекомендациями Европейской ассоциации по изучению печени (EASL, 2018) [6, 7]. Градацию степени ВРВП и верификацию эндоскопических признаков угрозы кровотечения осуществляли согласно критериям консенсуса Baveno VI [8].

С целью оценки реактивности висцерального русла и своевременного выявления фармакорезистентности к пропранололу проводили ОФТ с пероральным приемом 40 мг лекарственного средства (ЛС). Регистрацию ЧСС выполняли в исходном состоянии и через 2 часа после фармакологической нагрузки, что соответствовало периоду достижения пиковой концентрации (C_{max}) ЛС и его максимального действия. В связи с инвазивностью и этическими ограничениями прямого измерения печеночно-венозного градиента давления суррогатным маркером эффективности лечения служила степень хронотропной редукции, достоверно связанная со снижением риска портальных геморрагий [6, 9]. По величине относительного снижения ЧСС (ΔЧСС, %) были сформированы группы респондеров (падение ЧСС ≥ 25 % или достижение 55 уд/мин) и нон-респондеров (пациенты, не достигшие целевых значений, расцененные как фармакорезистентные).

Гемодинамические параметры спланхнического русла регистрировали методом ультразвуковой допплерометрии на аппарате экспертного уровня Hitachi ARIETTA S70 (Hitachi Medical Corporation, Япония) с использованием конвексного датчика частотой 1–5 МГц. Процедуру осуществляли в утренние часы строго натощак, после 8–12-часового голодания, при нахождении пациента в положении лежа на спине. Измерения проводили при спокойном типе дыхания и при выполнении дыхательных проб на вдохе и выдохе. Во всех наблюдениях проводилась индивидуальная настройка допплеровского угла, значение которого не превышало 60°.

В ходе сканирования последовательно изучали три гемодинамических сегмента:

1. Портальный контур: лоцировали ствол воротной вены в области ворот печени с измерением его диаметра (D, мм) по методике «от внутреннего края до внутреннего края» (inner edge to inner edge), определением средней линейной ($V_{ср}$, см/с) и объемной (Q, мл/мин) ско-

ростей кровотока, а также печеночную артерию с вычислением индексов периферического сопротивления — резистивного (RI) и пульсационного (PI).

2. Спленопортальный контур: оценивали диаметр (D, мм) и скоростные характеристики селезеночной вены ($V_{ср}$, см/с; Q, мл/мин) в области ворот селезенки по методике «от внутреннего края до внутреннего края», а также лоцировали ствол селезеночной артерии с последующим расчетом показателей сосудистого сопротивления (RI, PI) селезеночной артерии.

3. Мезентериальный контур: в ретропанкреатической области измеряли просвет проксимального сегмента верхней брыжеечной вены (на 1–2 см проксимальнее спленопортального соустья) по методике «от внутреннего края до внутреннего края». На уровне 1–2 см дистальнее устья лоцировали верхнюю брыжеечную артерию с расчетом индексов сопротивления (RI, PI).

На основании абсолютных величин расчетным путем вычисляли специализированные гемодинамические параметры: индекс портальной гипертензии (PHI), спленопортальный индекс (SPI), печеночно-сосудистый индекс (HVI) и индекс застоя (CI) воротной вены.

Для оценки локальной реактивности спланхнического русла величину относительных изменений параметров висцерального кровотока (Δ, %) рассчитывали по формуле:

$$\Delta = ([X_{исх} – X_{фарм}] / X_{исх}) \times 100\ \%,$$

где $X_{исх}$ — исходное значение параметра;

$X_{фарм}$ — значение параметра через 2 часа после ОФТ.

В соответствии с данной формулой положительные значения Δ указывали на снижение (редукцию) исследуемого показателя, а отрицательные — на его прирост.

С целью минимизации субъективной погрешности измерений все ультразвуковые исследования выполнялись одним специалистом. Для обеспечения высокой воспроизводимости метода показатели фиксировались в трехкратной повторности с последующим расчетом их среднего арифметического значения.

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью пакетов программ Statistica, 10.0 (StatSoft Inc., США) и MedCalc Statistical Software, версии 22.0 (MedCalc Software Ltd, Остенде, Бельгия). Учитывая ненормальный характер распределения признака (по критерию Шапиро – Уилка), количественные показатели описаны в виде медианы и интерквартильного размаха (Me [Q_1; Q_3]). Сравнение связанных выборок (внутригрупповые гемодинамические сдвиги) проводили с помощью Т-критерия Вилкоксона, независимых выборок (межгрупповые гемодинамические различия) — U-критерия Манна — Уитни. Категориальные переменные представлены в виде абсолютных и относительных значений. Сравнение частотных показателей в четырехпольных таблицах сопряженности выполняли с использованием двустороннего точного критерия Фишера.

Для оценки дискриминационной способности показателей и поиска пороговых значений (cut-off) выполняли ROC-анализ с определением площади под кривой (AUC), чувствительности (Se) и специфичности (Sp). Прогностическую ценность положительного (PPV) и отрицательного (NPV) результатов для выбранного порога рассчитывали на основе четырехпольных таблиц сопряженности. Оценку силы ассоциаций проводили путем расчета отношения шансов (ОШ) и их 95 % доверительных интервалов (95 % ДИ). Выявление независимых факторов прогноза фармакорезистентности к пропранололу осуществляли методом многофакторной логистической регрессии с вычислением скорректированного отношения шансов ($ОШ_{корр}$). Критическим уровнем статистической значимости при проверке всех гипотез принимали $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

По результатам ОФТ пациенты с ЦП были разделены на группы респондеров (n = 15; 26,79 %) и нон-респондеров (n = 41; 73,21 %). При сравнительном анализе по диаметрам исследуемых сосудов, объемным скоростям кровотока и расчетным специализированным гемодинамическим параметрам значимых различий между группами не зарегистрировано ($p > 0,05$). В то же время $V_{ср}$ в воротной вене в исходном состоянии у пациентов группы респондеров была достоверно выше, чем в группе нон-респондеров (18,90 [16,83; 22,00] см/с против 14,80 [11,80; 19,10] см/с соответственно; $p = 0,02$). Базовая $V_{ср}$ в селезеночной вене в группе респондеров превосходила таковую в группе нон-респондеров (24,70 [19,30; 27,90] см/с и 20,00 [17,20; 23,70] см/с соответственно), однако межгрупповые различия находились на уровне тенденции и статистической значимости не достигли ($p = 0,06$).

Сопоставимость исследуемых групп по большинству параметров висцеральной гемодинамики сохранялась и после фармакологической нагрузки ЛС ($p > 0,05$). Более того, нивелировались исходные расхождения по $V_{ср}$ в воротной вене: в группе респондеров показатель снизился до 15,40 [10,60; 19,03] см/с, в группе нон-респондеров — до 12,95 [9,50; 15,70] см/с ($p = 0,15$). Единственным параметром, продемонстрировавшим пограничную тенденцию к межгрупповым раз-

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):33–41

личиям, оказался пульсационный индекс селезеночной артерии, значения которого у респондеров и нон-респондеров составили 1,50 [1,32; 1,59] и 1,30 [1,19; 1,40] соответственно (p = 0,05).

Анализ внутригрупповых различий показал, что на фоне ОФТ в группе нон-респондеров зарегистрировано снижение средней линейной и объемной скоростей селезеночного кровотока (с 20,00 [17,20; 23,70] см/с до 17,05 [14,00; 20,60] см/с (p = 0,04) и с 564,54 [415,42; 889,25] мл/мин до 444,63 [336,95; 680,25] мл/мин (p = 0,02) соответственно). У респондеров помимо снижения средней линейной скорости кровотока с 24,70 [19,30; 27,90] см/с до 14,30 [12,45; 19,65] см/с (p = 0,005) и объемной — с 907,99 [535,53; 1078,19] мл/мин до 551,07 [378,31; 661,92] мл/мин (p = 0,003) фиксировался статистически значимый рост PI селезеночной артерии с 1,26 [1,09; 1,43] до 1,50 [1,32; 1,59] (p = 0,03).

Согласно полученным данным, в дальнейшем выраженность постнагрузочных сдвигов (*Δ, %*) большинства показателей спланхнического кровотока оставалась сопоставимой и не достигала достоверных межгрупповых различий (p > 0,05).

В частности, исследуемые группы не отличались по степени гемодинамических сдвигов в основном стволе воротной вены. Несмотря на более высокие медианные значения редукции V_{cp} и Q у респондеров (18,86 и 30,09 % против 9,89 и 12,49 % у нон-респондеров соответственно), эти различия из-за взаимного перекрытия межквартильных интервалов не достигли уровня значимости и остались на уровне тенденции (p = 0,55 для V_{cp} и p = 0,39 для Q). Анатомические диаметры всех венозных стволов, в том числе при проведении функциональных проб, также значимо не изменялись и характеризовались нулевыми медианами сдвигов (p > 0,05).

Аналогичная однородная картина (p > 0,05) зарегистрирована при оценке динамики большинства артериальных индексов и расчетных коэффициентов. Межгрупповые различия не выявлены по показателям печеночной и верхней брыжеечной артерий, а также печеночно-сосудистого и спленопортального индексов, индексов застоя и портальной гипертензии. Исключение составила лишь тенденция к более выраженному приросту PI селезеночной артерии у респондеров, медиана изменений которого составила –17,12 [–28,50; –3,49] % против –3,13 [–15,08; 8,72] % у нон-респондеров соответственно (p = 0,08).

Единственным коллектором портальной системы, продемонстрировавшим статистически значимые межгрупповые различия, оказалась селезеночная вена. У респондеров выраженность редукции V_{cp} составила 39,24 [3,45; 48,17] % против 11,63 [–19,77; 32,06] % в когорте нон-респондеров (p = 0,01). Сходный тренд зафиксирован и для Q, редукция которой в целевой группе достигла 39,24 [21,51; 47,30] %, тогда как у нон-респондеров она составила лишь 17,91 [–17,39; 37,02] % (p = 0,05).

Поскольку базовые значения V_{cp} в воротной вене значимо различались у респондеров и нон-респондеров, с помощью ROC-анализа проведена оценка ее дискриминационной способности (рисунок 1). Оптимальный порог отсечения (cut-off) исходной V_{cp} для разделения пациентов на группы в зависимости от характера их ответа на пробу с пропранололом составил 16,70 см/с.

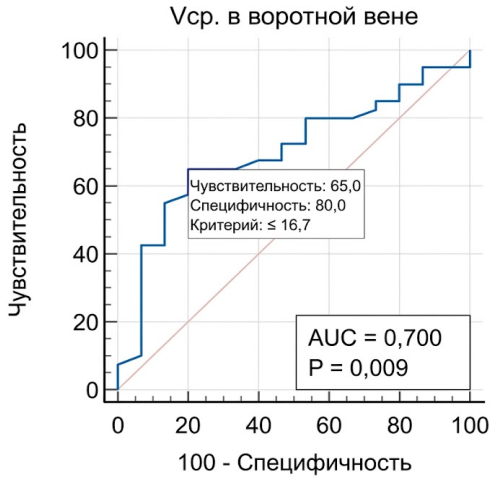


Рисунок 1. ROC-кривая зависимости развития фармакорезистентности к пропранололу от исходной Vcp в воротной вене

Figure 1. ROC curve for predicting propranolol pharmacoresistance based on baseline mean linear blood flow velocity (Vmean) in the portal vein

Площадь под ROC-кривой (AUC) составила 0,70 (95 % ДИ: 0,56–0,82; p = 0,009), что подтверждало удовлетворительную дискриминационную способность исходной $V_{ср}$ в воротной вене. При этом Se показателя оказалась на уровне 65,00 %, Sp — 80,0 0%, а PPV и NPV — 90,00 и 46,20 % соответственно.

Прогностическая ценность установленного порогового значения исходной $V_{ср}$ в воротной вене была верифицирована расчетом ОШ на основании четырехпольной таблицы сопряженности (таблица 1).

Таблица 1. Анализ отношения шансов фармакорезистентности к пропранололу в зависимости от исходных скоростных параметров портального кровотока
Table 1. Odds ratio analysis for propranolol pharmacoresistance depending on baseline velocity parameters of portal blood flow

Фактор риска (исходный кровоток)	Нон-респондеры (n = 41)	Респондеры (n = 15)	ОШ; 95 % ДИ; p
Низкая скорость ($V_{ср}$ ≤ 16,70 см/с)	27	3	7,71; 1,86–31,93; 0,005
Сохранная скорость ($V_{ср}$ > 16,70 см/с)	14	12	

Примечание. Таблица составлена авторами по собственным данным; n — количество пациентов; $V_{ср}$ — средняя линейная скорость кровотока в воротной вене; ОШ — отношение шансов; 95 % ДИ — 95%-ный доверительный интервал. Расчет выполнен с использованием двустороннего точного критерия Фишера.
Note. The table was compiled by the authors according to their own data; n - number of patients; V_{mean} — the baseline mean linear blood flow velocity in the portal vein; OR - odds ratio; 95% confidence interval. Calculation was done using Fisher's exact test.

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

У пациентов с исходной $V_{ср}$ ≤ 16,70 см/с в воротной вене шансы резистентности к пропранололу в 7,71 раза превышали таковые у лиц со значениями скорости выше порогового уровня.

В связи с тем, что величина относительного изменения средней линейной скорости кровотока ($\Delta V_{ср}$) в селезеночной вене продемонстрировала статистически значимый межгрупповой ответ на ОФТ с пропранололом, с помощью ROC-анализа была проведена оценка ее дискриминационной способности (рисунок 2). Оптимальный порог отсечения (cut-off) для разделения пациентов на группы респондеров и нон-респондеров был определен при уровне редукции показателя на 39,23 %.

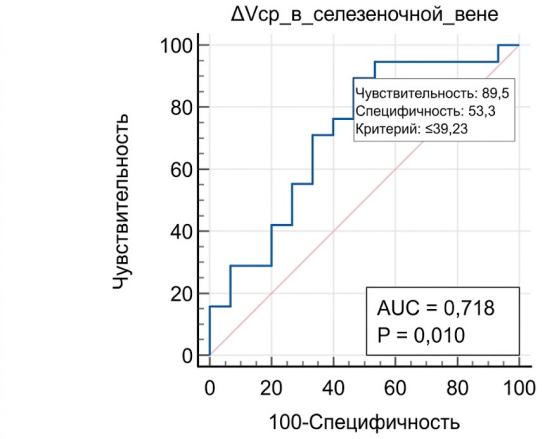


Рисунок 2. ROC-кривая зависимости развития фармакорезистентности к пропранололу от величины ΔVср в селезеночной вене
Figure 2. ROC curve for predicting pharmacoresistance to propranolol based on ΔVmean in the splenic vein

Площадь под полученной ROC-кривой (AUC) соответствовала 0,71 (95 % ДИ: 0,58–0,83; p = 0,01) и свидетельствовала об удовлетворительной дискриминационной способности показателя. При слабом постнагрузочном гемодинамическом ответе ($\Delta V_{ср}$ ≤ 39,23 %) Se выбранного порогового значения составила 89,50 %, Sp — 53,30 %, PPV — 88,10 %, а NPV — 66,70 %.

Прогностическая ценность установленного порогового значения $\Delta V_{ср}$ в селезеночной вене была верифицирована расчетом ОШ на основании четырехпольной таблицы сопряженности (таблица 2).

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues **2026;23(3):33–41**

Таблица 2. Анализ отношения шансов наличия фармакорезистентности к пропранололу в зависимости от динамических параметров селезеночного кровотока
Table 2. Odds ratio analysis of pharmacoresistance to propranolol depending on dynamic parameters of splenic blood flow

Фактор риска ($\Delta V_{ср}$)	Нон-респондеры (n = 41)	Респондеры (n = 15)	ОШ; 95 % ДИ; p
Слабый ответ ($\Delta V_{ср} \leq 39,23$ %)	37	7	10,57; 2,49–44,92; 0,001
Выраженный ответ ($\Delta V_{ср} > 39,23$ %)	4	8	

Примечание. Таблица составлена авторами по собственным данным; n — количество пациентов; $\Delta V_{ср}$ — относительное изменение средней линейной скорости кровотока в селезеночной вене в ходе ОФТ; ОШ — отношение шансов; 95 % ДИ — 95%-ный доверительный интервал. Расчет выполнен с использованием двустороннего точного критерия Фишера.
Note. The table was compiled by the authors according to their own data; n — number of patients; ΔV_{mean} — relative change of the mean linear blood flow velocity in the splenic vein during acute pharmacological test; OR — odds ratio; 95% confidence interval. Calculation was done using Fisher's exact test.

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

Ригидный постнагрузочный гемодинамический ответ селезеночной вены ($\Delta V_{ср} \leq 39,23$ %) был ассоциирован со значимым увеличением риска фармакорезистентности. В группе со слабым снижением скорости кровотока шансы выявления резистентности к пропранололу в 10,57 раза превышали таковые у пациентов с выраженной редукцией данного показателя.

С целью устранения взаимного влияния допплерометрических параметров и верификации их самостоятельной прогностической значимости в отношении фармакорезистентности был проведен многофакторный логистический регрессионный анализ. В мультивариантную модель одновременно включили исходную $V_{ср} \leq 16,70$ см/с в воротной вене и динамический параметр $\Delta V_{ср} \leq 39,23$ % в селезеночной вене. В ходе анализа оба фактора сохранили самостоятельное прогностическое значение.

При ригидном ответе селезеночной вены ($\Delta V_{ср} \leq 39,23$ %) скорректированное отношение шансов ($ОШ_{корр}$) развития фармакорезистентности составило 9,83 (95 % ДИ: 1,97–49,02; p = 0,005), а при исходном замедлении портального кровотока ($V_{ср} \leq 16,70$ см/с) — 7,20 (95 % ДИ: 1,50–34,56; p = 0,014). Полученная двухфакторная модель характеризовалась высоким качеством дискриминации (AUC = 0,84; 95 % ДИ: 0,71–0,92; p = 0,0001) и адекватным соответствием реальным данным согласно тесту Хосмера — Лемешова ($\chi^2 = 0,71$; p = 0,70) при общей точности классификации 80,36 %.

Гемодинамический ответ на ОФТ характеризовался выраженной неоднородностью, что в значительной степени определялось исходным функционально-структурным состоянием спланхнического русла. Так, высокая дотестовая $V_{ср}$ в воротной вене у респондеров указывала на сохранный функциональный резерв системы и ее способность к адекватной индуцированной вазоконстрикции [10]. Напротив, критическое замедление исходной скорости потока ($V_{ср} \leq 16,70$ см/с) у нон-респондеров отражало тяжелый синусоидальный блок и фиксированный застой в портальной системе, преодоление которого превышало вазоактивный потенциал пропранолола [11]. Данный гемодинамический феномен выступал сильным предиктором наличия фармакорезистентности, увеличивая шансы отсутствия ответа на терапию в 7,71 раза (см. таблицу 1).

Различия в исходном кровенаполнении закономерно предопределяли характер последующих посттестовых сдвигов как в артериальном, так и в венозном сегментах висцерального бассейна. Так, у респондеров редукция линейной и объемной скоростей селезеночной вены достигала 39,24 % для обоих показателей, что свидетельствовало о сохранном функциональном резерве спленопортального контура. Напротив, у нон-респондеров эти сдвиги ограничивались лишь 11,63 и 17,91 % соответственно (p < 0,05). Ригидность сосудов у пациентов этой группы ассоциировалась с высокой вероятностью отсутствия ответа на терапию, при этом слабый посттестовый ответ ($\Delta V_{ср} \leq 39,24$ %) увеличивал шансы наличия фармакорезистентности в 10,57 раза (см. таблицу 2).

Тенденция к более выраженному постнагрузочному приросту пульсационного индекса в селезеночной артерии у респондеров (–17,12 % против –3,13 % в группе нон-респондеров; p = 0,08) предопределяла значимые межгрупповые различия уровней посттестового артериального сопротивления (p = 0,05), что доказывало роль артериовенозных механизмов в разгрузке спланхнического русла [12]. Напротив, отсутствие динамики со стороны диаметров венозных стволов (Δ = 0,00 %; p > 0,05) свидетельствовало о полной ригидности их сосудистой стенки [13]. Следовательно, зарегистрированный прогностический гемодинамический ответ на

ОФТ обеспечивался исключительно изменением скоростных параметров потока в условиях жестко фиксированной геометрии венозного русла.

Выявленная связь между исходным венозным застоем и ригидностью спланхнического русла подтвердила сложный механизм фармакорезистентности, обосновав индивидуализацию терапии НСББ. Предложенный двухэтапный ультразвуковой подход (дотестовая оценка портального кровотока и посттестовый гемодинамический контроль) позволяет эффективно прогнозировать неэффективность пропранолола.

Заключение

1. Ведущим индикатором гемодинамического ответа на фоне ОФТ выступила интенсивность редукции кровотока в селезеночной вене. В группе респондеров относительное снижение средней линейной скорости составило 39,24 % против 11,63 % у нон-респондеров (p = 0,01), а падение объемной скорости — 39,24 % против 17,91 % соответственно (p = 0,05), что ассоциировалось с тенденцией к более выраженному постнагрузочному приросту пульсационного индекса (PI) селезеночной артерии у респондеров (–17,12 % против –3,13 % в группе нон-респондеров; p = 0,08).

2. Исходная сохранность портального резерва (более высокие базовые значения $V_{ср}$ в воротной вене: 18,90 см/с у респондеров против 14,80 см/с у нон-респондеров) ассоциировалась с формированием терапевтического ответа (p = 0,02). В то же время дотестовое замедление воротного кровотока до 16,70 см/с и менее выступило сильным независимым предиктором развития фармакорезистентности к пропранололу.

3. Мультивариантный логистический регрессионный анализ подтвердил независимое предиктивное значение обоих факторов. Исходное замедление портального потока до 16,70 см/с и менее увеличивало шансы развития фармакорезистентности к пропранололу в 7,20 раза ($ОШ_{корр}$ = 7,20; 95 % ДИ: 1,50–34,56; p = 0,014), а недостаточный гемодинамический ответ селезеночной вены ($\Delta V_{ср} \leq 39,23$ %) — в 9,83 раза ($ОШ_{корр}$ = 9,83; 95 % ДИ: 1,97–49,02; p = 0,005).

4. Отсутствие значимой динамики диаметров крупных венозных сосудов (Δ = 0,00 %; p > 0,05) свидетельствовало о выраженной ригидности их стенок. Данный факт предопределил необходимость анализа исключительно скоростных и объемных допплерометрических характеристик висцерального русла.

Практические рекомендации

Практикующим врачам при проведении ОФТ с пропранололом рекомендуется оценивать гемодинамический ответ по скоростным показателям висцерального кровотока. Так, исходное значение $V_{ср}$ в воротной вене ≤ 16,70 см/с следует расценивать как дотестовый маркер высокого риска фармакорезистентности ($ОШ_{корр}$ = 7,20; 95 % ДИ: 1,50–34,56), а недостаточный гемодинамический ответ селезеночной вены ($\Delta V_{ср} \leq 39,23$ %) после ОФТ — как основной интратестовый критерий отсутствия ответа ($ОШ_{корр}$ = 9,83; 95 % ДИ: 1,97–49,02). При наличии любого из этих признаков целесообразно переходить к альтернативным методам лечения, избегая длительного и заведомо неэффективного титрования дозы пропранолола.

Список литературы / References

1. Garcia-Tsao G, Abraldes JG, Berzigotti A, Bosch J. Portal hypertensive bleeding in cirrhosis: Risk stratification, diagnosis, and management: 2016 practice guidance by the American Association for the Study of Liver Diseases. *Hepatology*. 2017;65(1):310-335.
DOI: https://doi.org/10.1002/hep.28906

2. Jachs M, Reiberger T. Prevention of Variceal Bleeding and Rebleeding by Nonselective Beta-Blockers: A Tailored Approach. *Clinics in Liver Disease.* 2021;25(2):311-326.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.cld.2021.01.004

3. Villanueva C, Albillos A, Genescà J, et al. β-blockers to prevent decompensation of cirrhosis in patients with clinically significant portal hypertension (PREDESCI): a randomised, double-blind, placebo-controlled, multicentre trial. *The Lancet.* 2019;393(10181):1597-1608.
DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31875-0

4. Rudra OS, Jindal A, Sarin SK. Use of Noninvasive Tests to Assess Clinically Significant Portal Hypertension and Response to Beta-Blockers. *Gastro Hep Advances.* 2025;4(10):100761.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.gastha.2025.100761

5. Mingpun W, Saiyarat W, Nimworapan M, Penthinapong T, Dilokthornsakul P. The Impact of Heart Rate Reduction From Individual Baseline With Propranolol for Primary and Secondary Prophylaxis of Variceal Hemorrhage in Cirrhosis. *Clinical and Translational Science.* 2025;18:e70192.
DOI: https://doi.org/10.1111/cts.70192

6. Об утверждении клинического протокола «Диагностика и лечение пациентов с заболеваниями органов пищеварения» : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 01.06.2017, № 54. URL: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21732115p&p1=1 (дата обращения: 02.04.2026).

Clinical Protocol «Diagnosis and Treatment of Patients with Digestive Diseases». 2017. URL: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21732115p&p1=1 (date of the application: 02.04.2026). (In Russ.).

7. European Association for the Study of the Liver. EASL Clinical Practice Guidelines for the management of patients with decompensated cirrhosis. *Journal of Hepatology.* 2018;69(2):406-460.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhep.2018.03.024

8. Franchis R, Bosch J, Garcia-Tsao G, et al. Expanding consensus in portal hypertension: Report of the Baveno VI Consensus Workshop: Stratifying risk and individualizing care for portal hypertension. *Journal of Hepatology*. 2015;63(3):743-752.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhep.2015.05.022

9. Парусов А.И., Сычев Д.А., Лоранская И.Д. Перспективы персонализации фармакотерапии портальной гипер-

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues **2026;23(3):33–41**

тензии у больных циррозом печени. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2018;150(2):142-148.

Parusov AI, Sychev DA, Loranskaya ID. Prospects for personalization of pharmacotherapy of portal hypertension in patients with liver cirrhosis. *Experimental and Clinical Gastroenterology.* 2018;150(2):142-148. (In Russ.).

10. McDonald N, Lilburn DML, Lachlan NJ, et al. Assessment of Haemodynamic Response to Nonselective Beta-Blockers in Portal Hypertension by Phase-Contrast Magnetic Resonance Angiography. *BioMed Research International.* 2017;2017:9281450.
DOI: https://doi.org/10.1155/2017/9281450

11. Schepke M, Raab P, Hoppe A, Schiedermaier P, Brensing KA, Sauerbruch T. Comparison of Portal Vein Velocity and the Hepatic Venous Pressure Gradient in Assessing the Acute Portal Hemodynamic Response to Propranolol in Patients with Cirrhosis. *American Journal of Gastroenterology*. 2000;95(10):2905-2909.
DOI: https://doi.org/10.1111/j.1572-0241.2000.03202.x

12. Sakai K, Iwao T, Oho K, Toyonaga A, Sata M. Propranolol ameliorates thrombocytopenia in patients with cirrhosis. *J Gastroenterol*. 2002;37(2):112-118.
DOI: https://doi.org/10.1007/s005350200005

13. Abdel Rahman A, Elshafie RM, Abdella HM, Ghazy MS. Evaluation of the Effect of Propranolol on Portal Hemodynamics in Patients with HCV-Related Cirrhosis. *Journal of American Science.* 2012;8(3):447-456.

Информация об авторах / Information about the authors

Молчанова Алина Викторовна, старший преподаватель кафедры общей и клинической фармакологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7898-6530
e-mail: senalinusik@mail.ru

Михайлова Елена Ивановна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и клинической фармакологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9716-4009
e-mail: elenamikhailova56@gmail.com

Понорад Юрий Николаевич, врач ультразвуковой диагностики, У «Гомельская областная специализированная клиническая больница», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-2645-1464
e-mail: med@goskb.by

Калиновская Жанна Николаевна, заведующий гастроэнтерологическим отделением, У «Гомельская областная клиническая больница», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-8430-1916
e-mail: reghosp@gokb.by

Alina V. Molchanova, Senior Lecturer at the Department of General and Clinical Pharmacology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7898-6530
e-mail: senalinusik@mail.ru

Elena I. Mikhailova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of General and Clinical Pharmacology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9716-4009
e-mail: elenamikhailova56@gmail.com

Yury N. Ponorad, Ultrasound Specialist, Gomel Regional Specialized Clinical Hospital, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-2645-1464
e-mail: med@goskb.by

Zhanna N. Kalinovskaya, Head of the Gastroenterology Department, Gomel Regional Clinical Hospital, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-8430-1916
e-mail: reghosp@gokb.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Молчанова Алина Викторовна
e-mail: senalinusik@mail.ru

Alina V. Molchanova
e-mail: senalinusik@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 03.07.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 13.07.2026
Принята к публикации / Revised 03.09.2026

2026;23(3):42–48 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 616.147.3-007.64-089:615.849.19
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-05

Check for updates CC BY

Эндовенозная лазерная коагуляция варикозно расширенных вен нижних конечностей разного диаметра

И. А. Радченко[1], Д. Н. Бонцевич[2], Н. В. Николаева[3], Э. Н. Платошкин[3], О.Н.Кононова[3]

[1]Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны, г. Гомель, Беларусь

[2]Минская областная клиническая больница, г. Минск, Беларусь

[3]Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Оценить влияние увеличения диаметра варикозно расширенных вен нижних конечностей на частоту рецидивов после эндовенозной лазерной коагуляции (ЭВЛК) в отдаленном послеоперационном периоде.

Материалы и методы. В проспективное исследование включены 65 пациентов, которым была выполнена 71 процедура ЭВЛК. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Данная процедура выполнялась на аппарате Biolitec Ceralas E15 ELVeS (длина волны — 1470 нм, мощность — 10–15 Вт) под тумесцентной анестезией. Пациенты были разделены на две группы: 1-я группа — пациенты с диаметром вены ≤ 10 мм (27 человек), 2-я группа — пациенты с диаметром вены > 10 мм (38 человек). Период наблюдения составил от 28 до 1674 дней (медиана — 336 дней).

Результаты. Первичный успех облитерации достигнут в 100 % случаев в обеих группах. Через 1 год окклюзия сохранялась у 96,3 % пациентов 1-й группы и 94,7 % пациентов 2-й группы. Достоверной разницы в частоте рецидивов между группами не выявлено ($\chi^2 = 0,03$; $p = 0,86$), что свидетельствует об эффективности ЭВЛК при варикозных венах нижних конечностей разного диаметра. Медиана затраченной при лечении энергии составила 1198 Дж в 1-й группе и 1802 Дж во 2-й группе ($U = 340$; $p = 0,013$). Выявлена сильная положительная корреляция между затраченной при лечении энергией и диаметром вены ($r_s = 0,814$; $p < 0,001$). Основной причиной рецидивов являлись добавочные стволы большой подкожной вены. В одном случае (20 % рецидивов во 2-й группе) рецидив был ассоциирован с перенесенным ранее тромбофлебитом.

Заключение. ЭВЛК эффективна при варикозных венах нижних конечностей разного диаметра, однако при диаметре > 10 мм для лечения требуется достоверно большая энергия. Тщательная предоперационная оценка добавочных вен необходима для снижения риска рецидива. Перенесенный тромбофлебит может оказывать влияние на коагуляцию вен и являться одной из причин реканализации, что следует учитывать при планировании операции.

Ключевые слова: *варикозная болезнь, эндовенозная лазерная коагуляция, ЭВЛК, вены крупного диаметра, рецидив*

Вклад авторов. Радченко И.А.: обзор публикаций по теме статьи, сбор материала, анализ и статистическая обработка результатов и их изложение, общее редактирование, библиография; Бонцевич Д.Н.: концепция и дизайн исследования, предоставление ресурсов, обсуждение и выводы, утверждение окончательного варианта статьи; Николаева Н.В., Платошкин Э.Н., Конова О.Н.: анализ результатов исследования и их изложение, библиография, утверждение окончательного варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Радченко ИА, Бонцевич ДН, Николаева НВ, Платошкин ЭН, Кононова ОН. Эндовенозная лазерная коагуляция варикозно расширенных вен нижних конечностей разного диаметра. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):42–48. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-05*

© И. А. Радченко, Д. Н. Бонцевич, Н. В. Николаева, Э. Н. Платошкин, О. Н. Кононова, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):42–48

Endovenous laser ablation of varicose veins of lower extremities of different diameters

Ilya A. Radchenko[1], Dmitry N. Bontsevich[2], Natalia V. Nikalaeva[3], Eric N. Platoshkin[3], Oksana N. Kononova[3]

[1]Gomel University Clinic – Regional Hospital for Disabled Veterans of the Great Patriotic War, Gomel, Belarus

[2]Minsk Regional Clinical Hospital, Minsk, Belarus

[3]Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To evaluate the effect of increased diameter of varicose veins of the lower extremities on the recurrence rate after endovenous laser ablation (EVLA) in the long-term postoperative period.

Materials and methods. A prospective study included 65 patients who underwent 71 EVLA procedures. All patients signed informed consent to participate in the study. The procedure was performed using a Biolitec Ceralas E15 ELVeS device (wavelength 1470 nm, power 10-15 W) under tumescent anesthesia. The patients were divided into two groups: group 1 – vein diameter ≤10 mm (27 patients), group 2 – vein diameter >10 mm (38 patients). The follow-up period ranged from 28 to 1674 days (median 336 days).

Results. Primary obliteration success was achieved in 100% of cases in both groups. After 1 year, occlusion was maintained in 96.3% of patients in group 1 and 94.7% in group 2. No significant difference in recurrence rate was found between the groups (χ^2=0.03; p=0.86), indicating the effectiveness of EVLA for varicose veins of the lower extremities of different diameters. The median energy delivered was 1198 J in group 1 and 1802 J in group 2 (U=340; p=0.013). A strong positive correlation was found between the energy delivered and the vein diameter (r_s=0.814; p<0.001). The main cause of recurrence was accessory trunks of the great saphenous vein. In one case (20% of recurrences in group 2) recurrence was associated with a history of thrombophlebitis.

Conclusion. EVLA is effective for varicose veins of the lower extremities of different diameters, however for veins >10 mm significantly higher energy is required. Thorough preoperative assessment of accessory veins is necessary to reduce the risk of recurrence. A past thrombophlebitis may affect vein coagulation and be one of the causes of recanalization, which should be taken into account when planning surgery.

Keywords: *varicose veins, endovenous laser ablation, EVLA, large diameter veins, recurrence*

Author contributions. Radchenko I.A.: analysis of publications on the topic, collection of material, analysis and statistical processing of the results and their presentation, general editing, bibliography; Bontsevich D.N.: concept and organization of the study, provision of resources, discussion and conclusion, approval of the article for publication; Nikalaeva N.V., Platoshkin E.N., Kononova O.N.: analysis and statistical processing of the results and their presentation, bibliography, approval of the article for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Radchenko IA, Bontsevich DN, Nikalaeva NV, Platoshkin EN, Kononova ON. Endovenous laser ablation of varicose veins of lower extremities of different diameters. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):42–48. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-05*

Введение

Варикозная болезнь нижних конечностей (ВБНК), по данным эпидемиологических исследований, является широко распространенным заболеванием, от которого страдают миллионы людей во всем мире [1, 2]. Данное заболевание может приводить к дискомфорту, боли, отеку, тромбозу, кровотечению, появлению трофических язв, способно оказывать негативное влияние на психологические, физические, социальные компоненты качества жизни пациентов [3, 4]. При учете всех форм хронических венозных заболеваний (включая телеангиэктазии и ретикулярные вены) их распространенность может достигать 70–80 %, при этом клинически значимые случаи заболевания встречаются у 40 % взрослого населения, причем у женщин значительно чаще, чем у мужчин [5]. В Республике Беларусь насчитывается более 2 млн человек с ВБНК. Значительная часть из этой группы имеет выраженные проявления заболевания, что требует хирургического лечения [6].

В настоящее время с целью устранения вертикального рефлюкса по стволам большой подкожной вены (БПВ) и малой подкожной вены (МПВ) используются либо «открытые» методики хирургического вмешательства, либо эндоваскулярные процедуры. Основной целью всех методов хирургического лечения ВБНК является купирование хронической венозной недостаточности (ХВН), что достигается путем ликвидации патологического венозного рефлюкса и «выклю-

2026;23(3):42–48 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

чением» из кровотока варикозно расширенных вен [1].

Считается, что по эффективности эндовазальные методики не хуже «открытых». Классическая флебэктомия сопровождается более высокой травматичностью (в сравнении с эндовенозными методиками) и сопровождается более частыми осложнениями, такими как выраженный болевой синдром в послеоперационном периоде, присоединение раневой инфекции и повреждение нервов во время выполнения оперативного вмешательства. В последние годы радиочастотная эндовенозная абляция (РЧА) подкожных вен, ЭВЛК или пенная склеротерапия под ультразвуковым контролем получили широкое признание в качестве альтернативы хирургическому стриппингу [7].

На сегодняшний день в нашей стране ЭВЛК является наиболее распространенным малоинвазивным методом облитерации магистральных подкожных вен, который используется в ежедневной практике большинства флебологических центров по всему миру [8]. Ряд авторов из-за возможности гофрирования и неплотного прилегания электрода к стенке вены после тумесцентной анестезии предлагают с осторожностью подходить к оперативному лечению вен большого диаметра, считая диаметр варикозно расширенной вены значимым предиктором эффективности облитерации [9]. По данным Suhartono et al., при диаметре вены более 10 мм риск неудачи окклюзии достоверно выше ($p < 0,05$) [10]. Однако убедительные данные, в том числе результаты рандомизированных контролируемых исследований, показывают, что при использовании адекватных энергетических режимов ЭВЛК эффективна при любом диаметре вены, и решение об операции не должно приниматься только на основании диаметра вен [11]. В то же время несколько рандомизированных клинических исследований показали, что даже на фоне современных протоколов лечения отдаленная частота рецидивов может оставаться значительной. По данным Shrestha et al., 5-летняя окклюзия ствола БПВ после ЭВЛК составляет 88,9–93,6 %, что подразумевает рецидив в 6–11 % наблюдений [12]. Одной из основных причин рецидивов является наличие несостоятельных добавочных вен, в первую очередь передней и задней добавочных стволов БПВ (ПДБПВ и ЗДБПВ) [13]. Современные исследования демонстрируют эффективность гибридной ЭВЛК у пациентов с анатомически сложными вариантами добавочных вен [14]. Кроме того, перенесенный тромбофлебит может оказывать влияние на полноту коагуляции вен и является дополнительным фактором риска реканализации в отдаленном периоде [15]. Отсутствие общепринятых подходов к лечению пациентов с варикозно расширенными венами нижних конечностей разного диаметра, а также неопределенность в отношении тактики при наличии добавочных вен и перенесенного тромбофлебита обуславливает высокую частоту рецидивов. Это состояние проблемы требует дальнейшего изучения с целью выработки унифицированных подходов к лечению пациентов с данной патологией.

Цель исследования

Оценить влияние увеличения диаметра варикозно расширенных вен нижних конечностей на частоту рецидивов после выполнения ЭВЛК в отдаленном послеоперационном периоде.

Материалы и методы

В проспективное исследование включены 65 пациентов в возрасте от 23 до 73 лет с варикозным расширением вен нижних конечностей С2–С6 по классификации CEAP, выявленным по стандартным протоколам ультразвукового исследования (УЗИ). Пациенты были разделены на две группы в зависимости от диаметра вены: 1-я группа (диаметр вены ≤ 10 мм) — 27 (41 %) пациентов (мужчин — 3 (11 %), женщин — 24 (89 %)), 2-я группа (диаметр вены > 10 мм) — 38 (59 %) пациентов (мужчин — 8 (21 %), женщин — 30 (79 %)). Средний возраст пациентов в 1-й группе составил 43,8±14 лет, во 2-й — 50,4±11,3 года. При проведении УЗИ особое внимание уделялось оценке протяженности и продолжительности рефлюкса (более 1 секунды), диаметра БПВ на уровнях верхней и средней трети бедра, а также количественных и качественных характеристик перфорантных вен, включая их диаметр и функциональное состояние. Включение в исследование проводилось после подписания информированного согласия на участие, а также информированного согласия на обработку персональных данных. Этические аспекты исследования соответствовали Хельсинкской декларации (2013). Исключались лица с острым тромбофлебитом, тромбоэмболией легочной артерии, тяжелыми соматическими и аутоиммунными заболеваниями, а также беременные женщины и пациенты с декомпенсированными хроническими заболеваниями, наличием признаков ишемии нижних конечностей (лодыжечно-плечевой индекс < 1,0). Комплексное лечение включало ЭВЛК с последующим применением медикаментозной терапии: флеботоники (флебодия, детралекс) в дозах, рекомендованных клиническим протоколом «Диагностика и лечение пациентов с хроническими заболеваниями вен (взрослое население)» (утвержден поста-

новлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.06.2022 № 55). В послеоперационном периоде всем пациентам было назначено лечение по профилактике тромбоза глубоких вен согласно клиническому протоколу «Диагностика и лечение пациентов (взрослое население) с тромбозом глубоких вен» (утвержден постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 22.03.2022 № 17), а также ношение компрессионного трикотажа 2-го класса сроком 10 дней. С сентября 2019 г. по июль 2024 г. пациентам была выполнена 71 процедура ЭВЛК в стационарных условиях учреждения здравоохранения «Минская областная клиническая больница» и амбулаторных условиях медицинского центра «ЭлМед», без кроссэктомии. ЭВЛК выполнена на аппарате Biolitec Ceralas E15 ELVeS с длиной волны 1470 нм, при мощности 10–15 Вт, под тумесцентной анестезией (раствор Кляйна), с использованием световода Biolitec ELVeS Radial 2ring. Для стандартизации процедуры и оценки эффективности воздействия на варикозно расширенную вену использовали показатель линейной плотности энергии (linear endovenous energy density, LEED), который рассчитывается по формуле:

$$LEED = (P \times t) / L \text{ (Дж/см)},$$

где P — мощность лазера, Вт;

t — общее время излучения, с;

L — длина обработанного сегмента вены (см).

В нашей практике целевые значения LEED определялись в зависимости от диаметра вены. При лечении вен диаметром ≤ 10 мм мы ориентировались на значения в диапазоне 50–70 Дж/см, что соответствует современным клиническим данным для ствола БПВ на бедре при использовании оборудования с длиной волны 1470 нм и радиального световода [16]. Для вен > 10 мм целевой диапазон LEED составлял > 80 Дж/см и не превышал 100 Дж/см. Этот подход подтверждался данными систематического обзора и мета-регрессионного анализа Bontinis et al. [17]. Период наблюдения во всей выборке составил от 28 до 1674 дней (1-й квартиль — 241 день; медиана — 336 дней; 3-й квартиль — 443 дня). В 1-й группе эти показатели составили от 92 до 1483 дней (1-й квартиль — 281 день; медиана — 357 дней; 3-й квартиль — 820 дней). Во 2-й группе диапазон составил от 28 до 1674 дней (1-й квартиль — 250 дней; медиана — 325 дней; 3-й квартиль — 380 дней). Статистические данные были обработаны посредством пакета прикладных программ Statistica, 10.0 и Excel, 2019. Определили долю (p, %), медиану (Me), 25 % и 75 % процентили. Для сравнения качественных показателей (долей) использовали критерий χ^2 Пирсона. Сравнение длительности наблюдения и затраченной при лечении энергии между группами проводилось с помощью U-критерия Манна — Уитни. Для оценки взаимосвязи между диаметром вены и затраченной при лечении энергией использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s). Различия признавались статистически значимыми при вероятности ошибки $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

По результатам клинического обследования и данным УЗИ все пациенты были распределены по клиническому классу классификации CEAP (таблица 1).

Таблица 1. Распределение оперированных конечностей по клиническому классу классификации CEAP

Table 1. Distribution of operated extremities by clinical class of the CEAP classification

Клинический класс по CEAP	Количество оперированных конечностей, абс. (%)	
	Группа 1, n = 27	Группа 2, n = 38
C2	22 (81,5)	21 (55,3)
C3	4 (14,8)	9 (23,7)
C4a	1 (3,7)	6 (15,8)
C4b	0 (0)	1 (2,6)
C5	0 (0)	0 (0)
C6	0 (0)	1 (2,6)

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

Распределение пациентов по клиническим классам CEAP в группах различалось: во 2-й группе чаще встречались более высокие классы (C3–C6) по сравнению с 1-й ($\chi^2 = 4,85$, $p = 0,028$). Это отражает клиническую закономерность: увеличение диаметра вены ассоциировано с более тяжелой ХВН.

Частота односторонних поражений вен по

группам составила: 1-я группа — 16 (59,3 %) случаев, 2-я группа — 15 (39,5 %) случаев. Частота двусторонних поражений вен по группам составила: 1-я группа — 11 (40,7 %) случаев, 2-я группа — 23 (60,5 %) случаев. Количество случаев ранее перенесенного тромбофлебита при варикозно расширенных венах нижних конечностей в 1-й группе составило 2 (7 %), во 2-й группе — 3 (8 %) соответственно. Диаметр вен по УЗИ, подвергнутых облитерации, составил от 5 до 20 мм (в среднем — 10,7±3,4 мм).

При проведении сравнительной характеристики групп статистически значимых различий по частоте выявляемости несостоятельности перфорантных вен и среднему диаметру перфорантных вен не выявлено (p > 0,05), что свидетельствует о сопоставимости групп по данным параметрам. В то же время по среднему диаметру вен, подвергнутых облитерации, группы статистически значимо различались в соответствии с критерием разделения (p < 0,001) (таблица 2).

Таблица 2. Характеристика групп до и после хирургического вмешательства
Table 2. Characteristics of the groups before and after surgical intervention

Показатель	Группа 1, n = 27		Группа 2, n = 38		p
	до операции	после операции	до операции	после операции	
Частота выявляемости перфорантных вен, абс. (%)	16 (59,3)	10 (37)	27 (71,1)	14 (36,8)	> 0,05
Средний диаметр перфорантных вен, мм	3,6±1,4	3,4±0,8	4,4±2,1	3,6±0,9	> 0,05
Средний диаметр облитерируемой вены, мм	7,7±1,3	0	12,9±2,6	0	< 0,001

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

Для устранения притоков магистральных подкожных вен в 57 (87,7 %) случаях выполнена минифлебэктомия, в 1 (1,5 %) случае — склеротерапия в комбинации с минифлебэктомией, в 7 (10,8 %) случаях наблюдения притоки не удаляли ввиду их небольшого диаметра. В ходе оперативных вмешательств в 1-й группе было прокоагулировано 21 (52,5 %) БПВ, 8 (20 %) МПВ, 5 (12,5 %) ПДБПВ, 4 (10 %) ЗДБПВ, 2 (5 %) вены Джиакомини. Во 2-й группе — 39 (78 %) БПВ, 7 (14 %) МПВ, 4 (8 %) ПДБПВ соответственно. После выполнения ЭВЛК стволов магистральных подкожных вен отмечалось уменьшение диаметра перфорантных вен. Энергия, затраченная при выполнении ЭВЛК в 1-й группе, составила от 260 до 3483 Дж (1-й квартиль — 936 Дж; медиана — 1198 Дж; 3-й квартиль — 1595 Дж), во 2-й — от 562 до 5300 Дж (1-й квартиль — 1124 Дж; медиана — 1802 Дж; 3-й квартиль — 2338 Дж) соответственно. Увеличение затраченной энергии при выполнении ЭВЛК оказалось сопоставимо с увеличением диаметра варикозно расширенных вен нижних конечностей (r_s = 0,814; p < 0,001). В ходе исследования оценивался технический результат и потребность в повторном оперативном вмешательстве. При оценке длительности наблюдения статистически значимых различий между группами не выявлено (U = 395; p = 0,116), что позволяет исключить влияние разной продолжительности наблюдения на частоту рецидивов. Следует отметить, что длительность наблюдения превышала 1 год у 48 (73,8 %) пациентов. Это также свидетельствует о том, что короткие сроки (менее 3 месяцев) были у единичных пациентов и не повлияли на оценку отдаленных результатов. Первичный успех — облитерация коагулированной вены — был получен в 100 % случаев в обеих группах. Динамическое наблюдение в течение 1 года выявило сохраняющуюся окклюзию вены у 26 (96,3 %) человек в 1-й группе и 36 (94,7 %) человек во 2-й группе. Диагностированная реканализация ствола вены в раннем послеоперационном периоде (в течение 1 месяца), которая потребовала выполнение склеротерапии под УЗИ-контролем, была выявлена в обеих группах — по 1 пациенту в каждой (1-я группа — 3,7 % и 2-я группа — 2,6 %). Также в течение 12 месяцев во 2-й группе 1 (2,6 %) пациенту потребовалось повторное выполнение ЭВЛК. В результате достижения окклюзии несостоятельной вены после 12 месяцев наблюдения статистически значимых различий между группами не получено. При обследовании пациентов в более отдаленные сроки (до 1674 дней) в обеих группах были выявлены случаи вертикального рефлюкса по бедру с развитием рецидива варикозной болезни. Число рецидивов у пациентов, которым в дальнейшем потребо-

валось повторное выполнение ЭВЛК с или без минифлебэктомии и склеротерапии, в 1-й группе составило 3 (11 %), во 2-й группе — 5 (13,2 %). Причинами рецидива в 1-й группе являлись 2 (66,7 %) случая рефлюкса ПДБПВ, 1 (33,3 %) случай рефлюкса ЗДБПВ. Причинами рецидивов во 2-й группе были 3 (60 %) случая рефлюкса ПДБПВ, 1 (20 %) случай реканализации БПВ. Эти данные согласуются с результатами Deol et al., Schul et al. и Gavrilenko et al., которые также показали, что рефлюкс в добавочных венах является значимым предиктором рецидива, а их облитерация снижает частоту повторных вмешательств [13, 18, 19]. Также одной из причин реканализации вены у 1 (20 %) пациента во 2-й группе являлся ранее перенесенный тромбофлебит. Данное заключение подтверждается исследованиями Ghanaati et al., которые при длительном наблюдении (до 12 лет) также выявили, что ранее перенесенный тромбофлебит является значимым фактором развития рецидива и реканализации [15]. Достоверной разницы в количестве рецидивов не выявлено, что свидетельствует об эффективности операции при варикозно расширенных венах нижних конечностей разного диаметра ($\chi^2 = 0,03$; $p = 0,86$). Использование в среднем большей энергии при лечении вен большого диаметра во 2-й группе (1802 Дж) по отношению к 1-й (1198 Дж) приводило к полной коагуляции вены и отсутствию ранней реканализации (U-критерий Манна – Уитни, $U = 340$; $p = 0,013$), что подтверждает выводы в исследованиях Athavale et al. и Suhartono et al., которые показали, что увеличение диаметра вены требует большей энергии для достижения стойкой облитерации, и рекомендовали использовать адекватный энергетический режим при венах диаметром более 10 мм [9, 10].

Заключение

Таким образом, диаметр, ход и аневризматическое выпячивание варикозно расширенных вен оказывают относительное влияние на проведение электрода и последующую коагуляцию. При этом использование в среднем большей энергии при лечении вен большого диаметра во 2-й группе (1802 Дж) по отношению к 1-й (1198 Дж) приводило к полной коагуляции вены и отсутствию ранней реканализации ($U = 340$; $p = 0,013$). Достоверной разницы в количестве рецидивов между группами с диаметром вен ≤ 10 мм и > 10 мм не выявлено, что свидетельствует об эффективности ЭВЛК при варикозно расширенных венах нижних конечностей разного диаметра ($\chi^2 = 0,03$, $p = 0,86$). Наиболее частой причиной рецидивов являлись добавочные вены (передняя и задняя добавочные БПВ), что требует их тщательной оценки при планировании операции. Перенесенный тромбофлебит может оказывать влияние на коагуляцию вен и являться одной из причин реканализации (20 % рецидивов во 2-й группе), что требует дальнейшего детального изучения на большей выборке пациентов.

Список литературы / References

1. Davies AH. The seriousness of chronic venous disease: a review of real-world evidence. *Adv Ther*. 2019;36(Suppl 1):5-12. DOI: https://doi.org/10.1007/s12325-019-0881-7

2. Baylis RA, Smith NL, Klarin D, Fukaya E. Epidemiology and genetics of venous thromboembolism and chronic venous disease. *Circ Res*. 2021;129(12):1988-2002. DOI: https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318322

3. Branisteanu DE, Feodor T, Baila S, Mitea IA, Vittos O. Impact of chronic venous disease on quality of life: results of vein alarm study. *Exp Ther Med*. 2019;17(2):1091-1096. DOI: https://doi.org/10.3892/etm.2018.7054

4. Costa D, Ielapi N, Minici R, Peluso A, Bracale UM, Andreucci M, Serra R. Risk factors for bleeding varicose veins in patients with chronic venous disease. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59(6):1034. DOI: https://doi.org/10.3390/medicina59061034

5. Rana S, et al. Innovative approaches and future directions in the management and understanding of varicose veins: a systematic review. *ACS Pharmacol Transl Sci*. 2024;7(10):2971-2986. DOI: https://doi.org/10.1021/acsptsci.4c00430

6. Khryschanovich V, Rogovoy N, Klimchuk I, Kress D, Kordzakhia G. Outpatient treatment strategies for lower extremity varicose vein disease. *Emergency Cardiology and Cardiovascular Risks*. 2022;6(2):1730-1736.

7. Gao RD, Qian SY, Wang HH, Liu YS, Ren SY. Strategies and challenges in treatment of varicose veins and venous insufficiency. *World J Clin Cases*. 2022;10(18):5946-5956. DOI: https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i18.5946

8. Gloviczki P, Lawrence PF, Wasan SM, Meissner MH, Almeida JI, Brown KR, et al. The 2023 Society for Vascular Surgery, American Venous Forum, and American Vein and Lymphatic Society clinical practice guidelines for the management of varicose veins of the lower extremities. Part II. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2024;12(1):101670. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2023.08.011

9. Athavale A, Monahan D, Fukaya E. A systematic review on ablation techniques for larger saphenous veins in patients with symptomatic superficial venous disease. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2024;12(1):101681. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2023.08.020

10. Suhartono R, Rinaldi I, Vidiawati Sanyoto D, Adriani JR, Faruk M. Correlation Between Diameter and Occlusion Rate of Great Saphenous Vein on Revised Venous Clinical Severity Score after Endovenous Laser Ablation in Chronic Venous Insufficiency Patients. *Ann Vasc Surg*. 2025;118:11-20. DOI: https://doi.org/10.1016/j.avsg.2025.03.021

11. Nasser MM, et al. Comparative study between endovenous laser ablation (EVLA) with 1940 nm versus EVLA with 1470 nm for treatment of incompetent great saphenous vein and short saphenous vein: A randomized controlled trial. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2025;13(1):101960. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2024.101960

12. Shrestha O, et al. Endovenous laser ablation versus conventional surgery (ligation and stripping) for primary great saphenous varicose vein: a systematic review and meta-analysis. *Ann Med Surg (Lond)*. 2023;85(9):4509-4519.
DOI: https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000001095

13. Гавриленко АВ, Вахратьян ПЕ, Ананьева МВ, Безнебеева АА, Бородина АА, Манаширова ДВ, Григорян ПИ, Жмакина ЕА, Ухумасултанов АУ, Канниева РР, Рамазанова АР, Кельбиханова СС, Насурова СА, Джару РМ. Сравнение методик эндовенозной лазерной коагуляции в профилактике рецидивов варикозной болезни вен нижних конечностей. *Амбулаторная хирургия*. 2025;22(2):27-35.
DOI: https://doi.org/10.21518/akh2025-037

Gavrilenko AV, Vakhratian PE, Ananyeva MV, Beznebeeva AA, Borodina AA, Manashirova DV, et al. Comparison of endovenous laser coagulation techniques in preventing recurrences of varicose veins of the lower extremities. *Arkhitektura Khirurgii*. 2025;22(2):27-35. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.21518/akh2025-037

14. Kim JS, Lee SA, Ji M, Moon HJ, Lee WS. Duplicated and Incompetent Accessory Great Saphenous Veins: Single-Center Outcomes of Hybrid EVLA with Minimal-Incision Ligation. *Ann Phlebology*. 2025;23(1):29-41.
DOI: https://doi.org/10.37923/phle.2025.23.1.29

15. Ghanaati H, et al. Long-Term Clinical and Imaging Findings in Patients with Lower Extremity Varicose Veins Treated with Endovenous Laser Treatment: A Follow-Up Study of up to 12 Years. *Int J Vasc Med*. 2024;2024:6829868.
DOI: https://doi.org/10.1155/2024/6829868

16. Borsuk DA, Fokin AA, Lobastov KV, Tauraginskii RA, Zhdanov KO, Zolotov AV, Arkhipov IS, Galchenko MI. A randomized clinical trial to assess the impact of laser power with constant linear endovenous energy density on outcomes of endovenous laser ablation (SLEDGE trial). *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2023;11(5):946-953.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2023.03.020

17. Bontinis V, Bontinis A, Koutsoumpelis A, Potouridis A, Chorti A, Ktenidis K. Mid-term and Long-term Outcomes of Endovenous Laser Ablation Utilizing a 1470 nm Laser: a Systematic Review and Meta-Analysis. *J Endovasc Ther*. 2024;15266028241305955.
DOI: https://doi.org/10.1177/15266028241305955

18. Deol ZK, Lakhanpal S, Pappas PJ. Severity of disease and treatment outcomes of anterior accessory great saphenous veins compared with the great saphenous vein. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2022;10(3):654-660.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2021.08.010

19. Schul MW, Vayuvegula S, Keaton TJ. The clinical relevance of anterior accessory great saphenous vein reflux. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2020;8(6):1014-1020.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2020.02.010

Информация об авторах / Information about the authors

Радченко Илья Андреевич, врач-ангиохирург отделения сосудистой хирургии УЗ «Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-9974-8779
e-mail: yakubovilja0607@gmail.com

Бонцевич Дмитрий Николаевич, к.м.н., доцент, заведующий отделением сосудистой хирургии, УЗ «Минская областная клиническая больница», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1894-1111
e-mail: bontsevich@mail.ru

Николаева Наталья Владимировна, к.м.н., доцент, доцент кафедры внутренних болезней № 2 с курсом ФПКиП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5579-4173
e-mail: nikolaeva.n.v@mail.ru

Платошкин Эрик Николаевич, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой внутренних болезней № 2 с курсом ФПКиП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5803-835X
e-mail: platoshkin@list.ru

Кононова Оксана Николаевна, к.м.н., доцент, доцент кафедры внутренних болезней № 2 с курсом ФПКиП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1666-3402
e-mail: okko19@yandex.ru

Ilya A. Radchenko, Vascular Surgeon at the Department of Vascular Surgery, Gomel University Clinic – Regional Hospital for Disabled Veterans of the Great Patriotic War, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-9974-8779
e-mail: yakubovilja0607@gmail.com

Dmitry N. Bontsevich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Vascular Surgery, Minsk Regional Clinical Hospital, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1894-1111
e-mail: bontsevich@mail.ru

Natalia V. Nikalaeva, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Internal Diseases No.2 with the Course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5579-4173
e-mail: nikolaeva.n.v@mail.ru

Eric N. Platoshkin, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Internal Disease No.2 with the course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5803-835X
e-mail: platoshkin@list.ru

Oksana N. Kononova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Internal Diseases No.2 with the course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1666-3402
e-mail: okko19@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Радченко Илья Андреевич
e-mail: yakubovilja0607@gmail.com

Ilya A. Radchenko
e-mail: yakubovilja0607@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 06.05.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 20.07.2026
Принята к публикации / Revised 03.09.2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):49–56

УДК 616.36-004.4:575.113
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-06

Check for updates

Полиморфизмы генов *PNPLA3* и *TM6SF2* в прогнозировании алкогольного цирроза печени: анализ синергетических эффектов

О. С. Першенкова

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Оценить прогностическую значимость сочетанного анализа полиморфизмов *PNPLA3* (*I148M*) и *TM6SF2* (*E167K*) для выявления пациентов с высоким риском развития цирроза печени (ЦП) на фоне алкогольной болезни печени (АБП).

Материалы и методы. Проведено исследование «случай — контроль» с участием 187 человек (81 пациент с алкогольным циррозом и 106 здоровых добровольцев). Генотипирование выполнено методом полимеразной цепной реакции — полиморфизмом длины рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ). Статистическая обработка включала U-критерий Манна — Уитни, χ^2, точный критерий Фишера, логистическую регрессию и ROC-анализ. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Носительство генотипа *PNPLA3 GG* на фоне референсного генотипа *TM6SF2 CC* ассоциировано с повышением риска ЦП (отношение шансов (OR) = 3,52; $p < 0,001$). Разработанный аддитивный индекс генетического риска (ИГР, диапазон — 0–4 балла) показал дозозависимый эффект (OR = 1,30 на балл; $p = 0,007$). При оценке бинарной комбинации чувствительность составила 42,0 %, специфичность — 78,3 %, положительная прогностическая ценность (Positive Predictive Value, PPV) — 59,6 %, отрицательная прогностическая ценность (Negative Predictive Value, NPV) — 63,8 % (AUC = 0,601; 95 % ДИ: 0,519–0,684). Аддитивный индекс продемонстрировал умеренную дискриминационную способность (AUC = 0,614).

Заключение. Синергетический анализ полиморфизмов *PNPLA3* и *TM6SF2* повышает точность прогнозирования ЦП у пациентов с АБП по сравнению с изолированной оценкой каждого маркера. Разработанный ИГР (0–4 балла) может быть использован для стратификации пациентов по категориям риска с целью оптимизации диспансерного наблюдения и персонализации профилактических мероприятий.

Ключевые слова: *алкогольная болезнь печени, цирроз печени, PNPLA3, TM6SF2, генетический риск*

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Першенкова ОС. Полиморфизмы генов PNPLA3 и TM6SF2 в прогнозировании алкогольного цирроза печени: анализ синергетических эффектов. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):49–56. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-06*

PNPLA3 and *TM6SF2* gene polymorphisms in predicting alcoholic liver cirrhosis: analysis of synergistic effects

Olga S. Pershenkova

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To evaluate the prognostic significance of combined analysis of *PNPLA3* (*I148M*) and *TM6SF2* (*E167K*) polymorphisms for identifying patients at high risk of liver cirrhosis (LC) in alcoholic liver disease.

Materials and methods. This case-control study included 187 patients (81 patients with alcohol-associated liver cirrhosis and 106 healthy controls). Genotyping of the *PNPLA3 (I148M) and TM6SF2 (E167K*) polymorphisms was performed using the method of polymerase chain reaction — restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP). Statistical analysis included the Mann–Whitney U test, χ^2, Fisher›s exact test, logistic regression, and ROC analysis. A p-value <0.05 was considered statistically significant.

Results. The *PNPLA3 GG* genotype carrier state in the presence of the reference *TM6SF2 CC* genotype was associated with an increased risk of LC (OR=3.52; p<0.001). Developed additive genetic risk index (GRI, range — 0-4 points) showed a dose-dependent effect (OR=1.30 per a point; p=0.007). In evaluating a binary predictor, the *PNPLA3 GG* + *TM6SF2 CC* combination yielded a sensitivity of 42.0%, specificity of 78.3%, Positive Predictive Value (PPV) of 59.6%,

© О. С. Першенкова, 2026

and Negative Predictive Value (NPV) of 63.8% (AUC=0.601; 95% CI: 0.519-0.684). The additive index demonstrated moderate discriminative ability (AUC=0.614).

Conclusion. Synergistic analysis of *PNPLA3* and *TM6SF2* polymorphisms improves the prediction accuracy of LC in patients with alcoholic liver disease compared with isolated assessment of each marker. The developed GRI (0-4 points) can be used for risk stratification of patients to optimize clinical follow-up and personalize preventive interventions.

Keywords: *alcoholic liver disease, liver cirrhosis, PNPLA3, TM6SF2, genetic risk*

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Pershenkova OS. PNPLA3 and TM6SF2 gene polymorphisms in predicting alcoholic liver cirrhosis: analysis of synergistic effects. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):49–56. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-06*

Введение

Алкогольная болезнь печени остается одной из ведущих причин предотвратимой смертности в мире, представляя значительную медико-социальную проблему в странах с высоким уровнем потребления этанола [1]. По данным эпидемиологических исследований, ЦП формируется у 8–20 % лиц, систематически злоупотребляющих алкоголем, и ассоциирован с высоким риском гепатоцеллюлярной карциномы, портальной гипертензии и летальности [1, 2]. В последние годы отмечается рост заболеваемости алкоголь-ассоциированным гепатитом, особенно среди молодых людей и женщин [8, 9].

Течение АБП отличается значительной вариабельностью. При сопоставимых уровнях потребления алкоголя одни пациенты длительно остаются на стадии стеатоза, тогда как у других стремительно прогрессирует фиброз вплоть до ЦП. Данная гетерогенность обусловлена не только экзогенными факторами (дозой и длительностью употребления этанола, характером питания, сопутствующими заболеваниями), но и генетической предрасположенностью [3, 4].

В центре внимания современных молекулярно-генетических исследований находятся полиморфизмы генов липидного обмена: *I148M (rs738409*) гена *PNPLA3* и *E167K* (*rs58542926*) гена *TM6SF2* [4, 5]. Патогенетический синергизм этих локусов заключается в том, что мутация *PNPLA3* (аллель *G*) нарушает гидролиз триглицеридов, а мутация *TM6SF2* (аллель *T*) замедляет выведение липопротеинов из гепатоцитов. Совокупное действие этих механизмов создает благоприятные условия для стеатоза и фиброгенеза [4–7, 14].

Несмотря на изученность отдельных маркеров, их сочетанное влияние в восточноевропейских популяциях остается недостаточно охарактеризованным. Многие исследования ограничиваются анализом единичных нуклеотидных замен, тогда как полигенные модели, включающие несколько локусов, обладают более высокой прогностической точностью [12].

Таким образом, существует потребность в инструменте, позволяющем на основе генотипирования двух ключевых полиморфизмов (*PNPLA3 и TM6SF2*) оценивать индивидуальный риск прогрессирования АБП до ЦП, что могло бы способствовать оптимизации диспансерного наблюдения и персонализации профилактических мероприятий. Разработка такого подхода особенно актуальна для восточноевропейских популяций, где сочетанный анализ данных локусов ранее не проводился.

Цель исследования

Оценить прогностическую значимость сочетанного анализа полиморфизмов *PNPLA3* (*I148M*) и *TM6SF2* (*E167K*) для выявления пациентов с высоким риском развития ЦП на фоне АБП.

Материалы и методы

Исследование выполнено по дизайну «случай — контроль» на базе учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет». В анализ включено 187 участников: 81 пациент с верифицированным алкогольным циррозом печени (АЦП) (основная группа) и 106 здоровых добровольцев (группа контроля). Распределение по полу в основной группе: 43 (53,09 %) мужчины и 38 (46,91 %) женщин; в группе контроля — 68 (64,15 %) мужчин и 38 (35,85 %) женщин ($p > 0,05$). Медиана возраста в группе пациентов с ЦП составила 52,0 (IQR: 44,0–61,5) года, в группе контроля (здоровые добровольцы) — 49,0 (IQR: 28,75–64,0) года ($p > 0,05$). Таким образом, группы были сопоставимы по основным демографическим характеристикам.

Диагноз ЦП устанавливали на основании комплекса клинических, лабораторных и инструментальных данных. У всех пациентов имелись признаки портальной гипертензии и печеночно-клеточной недостаточности, подтвержденные инструментально (ультразвуковое исследова-

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):49–56

ние, эзофагогастродуоденоскопия) и биохимически (гипопротеинемия, гипоальбуминемия, снижение протромбинового индекса). Алкогольный генез поражения подтверждали с использованием стандартизированных опросников AUDIT и CAGE, индекса ANI, а также на основании детализированного анамнеза с исключением других этиологических факторов.

Генотипирование полиморфизмов *PNPLA3* (*I148M*) и *TM6SF2* (*E167K*) выполнено методом ПЦР-ПДРФ. ДНК выделяли из венозной крови с применением коммерческих наборов; условия амплификации и рестрикции приведены в нашей предыдущей работе [13]. Контроль качества выполнен путем повторного генотипирования 10 % образцов. Стопроцентное совпадение результатов свидетельствовало о стабильности и воспроизводимости метода.

Статистическую обработку выполняли с использованием среды R версии 4.3.1 (R Foundation for Statistical Computing, Австрия). Количественные переменные ввиду отклонения распределения от нормального (тест Шапиро — Уилка) представлены медианой и межквартильным размахом (IQR); сравнение проведено U-критерием Манна — Уитни. Категориальные данные представлены абсолютными и относительными частотами; межгрупповые различия оценены с помощью критерия χ^2 и двустороннего точного критерия Фишера. Силу ассоциаций определяли через отношение шансов (OR) с 95%-ным доверительным интервалом (95 % ДИ). Прогностическую эффективность модели оценивали ROC-анализом (AUC, чувствительность, специфичность, прогностическая ценность). Многофакторный анализ проведен методом логистической регрессии с включением показателей пола, возраста и генетического индекса (метод Enter); качество калибровки проверено тестом Хосмера — Лемешоу. Уровень значимости — 0,05.

Результаты и обсуждение

Анализ комбинаций генотипов

На первом этапе проведена оценка риска ЦП в зависимости от сочетания генотипов двух генов (таблица 1). Установлено, что носительство генотипа *PNPLA3 GG* на фоне референсного генотипа *TM6SF2 CC* ассоциировано со статистически значимым увеличением шансов развития ЦП в 3,52 раза (OR = 3,52; 95 % ДИ: 1,69–7,34; p < 0,001). Доля носителей данного генотипического сочетания в основной группе составила 41,98 % (n = 34), что значимо превысило показатель группы контроля — 21,70 % (n = 23). Полученные данные свидетельствуют о доминирующей роли генотипа *PNPLA3 GG* как самостоятельного и мощного фактора риска, патогенный эффект которого в полной мере реализуется даже при отсутствии мутантных аллелей по локусу *TM6SF2* (на фоне нейтрального референсного генотипа *CC*). Другие комбинации генотипов не достигли статистической значимости, хотя комбинация *PNPLA3 CC + TM6SF2 CT* продемонстрировала пограничный уровень ассоциации (OR = 3,17; p = 0,054).

Таблица 1. Ассоциация комбинаций генотипов PNPLA3 и TM6SF2 с риском ЦП
Table 1. Association of PNPLA3 and TM6SF2 genotype combinations with LC risk.

Комбинация генотипов	Группа ЦП, n (%)	Группа контроля, n (%)	OR (95 % ДИ)	p
PNPLA3 CC + TM6SF2 CC	21 (25,93)	50 (47,17)	1,00	—
PNPLA3 CC + TM6SF2 CT	8 (9,88)	6 (5,66)	3,17 (0,98–10,28)	0,054
PNPLA3 CC + TM6SF2 TT	1 (1,23)	1 (0,94)	2,38 (0,15–40,66)	0,509
PNPLA3 CG + TM6SF2 CC	12 (14,81)	16 (15,09)	1,79 (0,72–4,42)	0,209
PNPLA3 CG + TM6SF2 CT	0 (0,00)	4 (3,77)	0,27 (0,01–5,16)	0,571
PNPLA3 CG + TM6SF2 TT	0 (0,00)	0 (0,00)	—	1,000
PNPLA3 GG + TM6SF2 CC	**34 (41,98)**	**23 (21,70)**	**3,52 (1,69–7,34)**	**< 0,001**
PNPLA3 GG + TM6SF2 CT	4 (4,94)	6 (5,66)	1,59 (0,41–6,33)	0,507
PNPLA3 GG + TM6SF2 TT	1 (1,23)	0 (0,00)	7,19 (0,28–183,5)	0,301

Примечание: n — абсолютное число; % — относительная частота; OR — отношение шансов; 95 % ДИ — 95%-ный доверительный интервал; для ячеек с частотой < 5 использован точный критерий Фишера. Статистически значимые результаты выделены полужирным шрифтом. Генотип TM6SF2 CC является референсным вариантом и не обладает самостоятельным рисковым потенциалом.
Note: n — the absolute number; % — the relative frequency; OR — the odds ratio; 95% CI — 95% confidence interval; Fisher's exact test was used for cells with a frequency < 5. Statistically significant results are highlighted in bold. The TM6SF2 CC genotype is a reference variant and does not have an independent risk potential.

2026;23(3):49–56 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Для оценки предиктивного потенциала носительства генотипа *PNPLA3* GG на фоне референсного генотипа *TM6SF2 CC* как дихотомического предиктора (наличие или отсутствие данного генотипического сочетания) был проведен ROC-анализ с расчетом площади под кривой (AUC) и основных операционных параметров модели (рисунок 1). Площадь под ROC-кривой составила 0,601 (95 % ДИ: 0,519–0,684), что свидетельствовало о статистически значимой, однако крайне ограниченной дискриминационной способности данного маркера. При оптимальном пороге отсечения (наличие комбинации) чувствительность составила 42,0 %, специфичность — 78,3 %, положительная прогностическая ценность (PPV) — 59,6 %, отрицательная прогностическая ценность (NPV) — 63,8 %. Низкая чувствительность (42,0 %) указывала на то, что тест пропускал более половины пациентов с ЦП, что делает его непригодным для использования в качестве самостоятельного скринингового инструмента. Клиническая ценность данной комбинации генотипов может быть реализована только в составе комплексных прогностических моделей, интегрирующих генетические, клинические и лабораторные параметры.

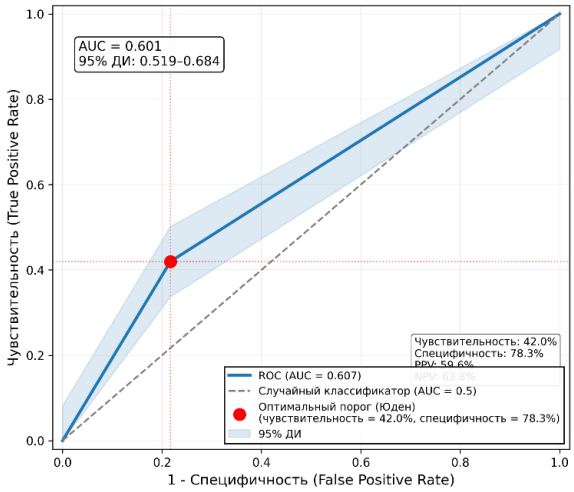


Рисунок 1. ROC-кривая для бинарной комбинации генотипов PNPLA3 GG + TM6SF2 CC в прогнозировании алкогольного цирроза печени
Figure 1. ROC curve for the binary genotype combination PNPLA3 GG + TM6SF2 CC in predicting alcohol-related liver cirrhosis

Примечание: AUC = 0,601 (95 % ДИ: 0,519–0,684). Пунктирная линия — случайный классификатор (AUC = 0,5). Точка на кривой соответствует оптимальному порогу отсечения (индекс Юдена) с чувствительностью 42,0 % и специфичностью 78,3 %.
Note: AUC=0.601 (95% CI: 0.519–0.684). The dotted line is the random classifier (AUC=0.5). The point on the curve corresponds to the optimal cutoff threshold (Youden index) with a sensitivity of 42.0% and a specificity of 78.3%.

Разработка и оценка индекса генетического риска

Следующим этапом исследования явилась оценка прогностической значимости разработанного ИГР для стратификации пациентов по риску развития ЦП при АБП. Индекс разработан как аддитивная шкала на основе суммы баллов, присваиваемых каждому генотипу (0–2 балла на ген), с диапазоном значений от 0 до 4 баллов. Хотя медианные значения индекса в группах совпадали (1,0 балла), межгрупповые различия в распределении были статистически значимы (U = 5273,00; p = 0,005) за счет смещения в сторону более высоких значений у пациентов с ЦП.

При категориальной стратификации пациентов по уровню риска (низкий — 0 баллов, средний — 1–2 балла, высокий ≥ 3 баллов) установлено, что в группе ЦП преобладали лица со средним риском (67,9 %), тогда как в контроле — с низким (47,2 %); различия статистически значимы (χ^2 = 8,99; p = 0,011). Высокий риск зарегистрирован у 6,2 % пациентов с ЦП и у 5,7 % лиц контроля.

При бинарном разделении (ИГР ≥ 1 балл против ИГР = 0) установлено, что наличие хотя бы одного балла ассоциировано с повышением риска ЦП в 2,55 раза (OR = 2,55; 95 % ДИ: 1,36–4,77; p = 0,003). Чувствительность порога ИГР ≥ 1 балл составила 74,1 %, специфичность — 47,2 %. Площадь под ROC-кривой для ИГР как количественного показателя (0–4 балла) составила 0,614 (95 % ДИ: 0,536–0,692), что свидетельствовало об умеренной, однако статистически значимой дискриминационной способности индекса.

При пороговом значении ИГР > 0 баллов прогностическая ценность положительного результата (PPV) составила 51,7 %, отрицательная прогностическая ценность (NPV) — 70,4 %. Положительное отношение правдоподобия (LR+) достигло 1,40, что указывает на незначительное увеличение вероятности наличия ЦП при положительном результате теста. Отрицательное отношение правдоподобия (LR–) составило 0,55, что свидетельствовало об умеренной полезности теста для исключения ЦП при отрицательном результате. ROC-кривая для индекса ИГР в прогнозировании АЦП представлена на рисунке 2.

Регрессионный анализ

Результаты многофакторного логистического регрессионного анализа показали, что ИГР является независимым предиктором ЦП после поправки на возраст и пол. Увеличение ИГР на 1 балл ассоциировано с повышением риска в 1,30 раза (β = 0,261; SE = 0,097; χ^2 Вальда = 7,23; $OR_{скорр.}$ = 1,30; 95 % ДИ: 1,07-1,57; p = 0,007).

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):49–56

Возраст также внес значимый вклад (β = 0,034; SE = 0,012; χ^2 Вальда = 8,40; $OR_{скорр.}$ = 1,03; 95 % ДИ: 1,01-1,06; p = 0,0038), тогда как ассоциация с полом не достигла статистической значимости (β = 0,519; SE = 0,298; χ^2 Вальда = 3,02; $OR_{скорр.}$ = 1,68; 95 % ДИ: 0,94-3,02; p = 0,0821). Качество построенной модели подтверждено тестом Хосмера — Лемешоу (χ^2 = 12,28; df = 8; p = 0,139), что свидетельствовало о ее адекватности наблюдаемым данным.

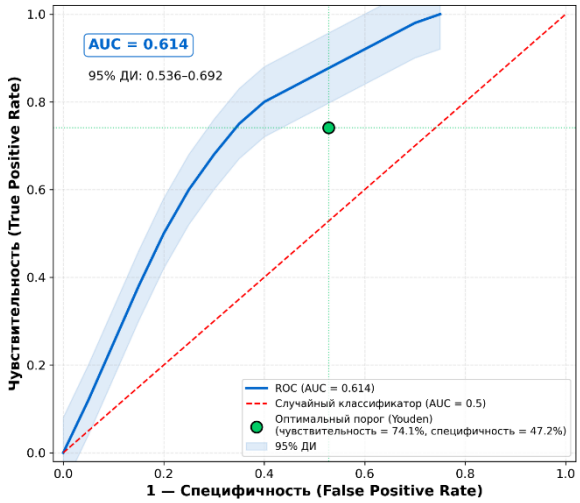


Рисунок 2. ROC-кривая для ИГР в прогнозировании алкогольного цирроза печени
Figure 2. ROC curve for the GRI in predicting alcohol-related liver cirrhosis

Примечание. AUC = 0,614 (95 % ДИ: 0,536–0,692). Пунктирная линия — случайный классификатор (AUC = 0,5). Точка на кривой соответствует оптимальному порогу отсечения (индекс Юдена, ИГР > 0 баллов) с чувствительностью 74,1 % и специфичностью 47,2 %.
Note: AUC=0.614 (95% CI: 0.536–0.692). The dotted line is the random classifier (AUC=0.5). The point on the curve corresponds to the optimal cutoff threshold (Youden index, YI > 0 points) with a sensitivity of 74.1% and a specificity of 47.2%.

Сравнение с литературными данными

Таким образом, ключевым результатом настоящего исследования является подтверждение того, что сочетанный анализ полиморфизмов *PNPLA3* и *TM6SF2* в рамках аддитивного ИГР обеспечивает более высокую прогностическую эффективность по сравнению с изолированной оценкой каждого локуса. Полученные данные согласуются с результатами международных исследований, демонстрирующих преимущество полигенных моделей при прогнозировании терминальных стадий алкогольного поражения печени [12].

Согласно современным представлениям, генетические варианты *PNPLA3* и *TM6SF2* являются не столько самостоятельными детерминантами фиброза, сколько модификаторами, потенцирующими повреждающее действие внешних факторов — алкоголя, инсулинорезистентности и ожирения [1, 4]. В исследовании S. Gensluckner и соавт. показано, что при учете взаимодействия генов с факторами среды независимые эффекты этих полиморфизмов нивелируются. *PNPLA3* усиливает связь инсулинорезистентности (HOMA-IR) и тяжелого употребления алкоголя с фиброзом печени, тогда как *TM6SF2* потенцирует влияние индекса массы тела и тяжелого употребления алкоголя на жесткость печени [1, 4, 11]. Данный паттерн формирует синергетический профиль риска, при котором генетическая предрасположенность клинически манифестирует лишь в сочетании с метаболическими нарушениями или алкогольной эксцессией [1].

Патогенетической основой наблюдаемого синергизма служит одновременное нарушение двух различных звеньев липидного метаболизма. С одной стороны, вариант *PNPLA3 I148M* кодирует белок со сниженной ферментативной активностью по гидролизу триглицеридов, что нарушает их расщепление в гепатоцитах [4, 6, 14]. С другой стороны, мутация *TM6SF2 E167K* ассоциирована со снижением экспрессии белка и нарушением секреции липопротеинов очень низкой плотности (VLDL), что препятствует выведению липидов из клетки [7, 17]. Более того, исследования последних лет свидетельствуют о физическом взаимодействии этих двух белков в эндоплазматическом ретикулуме, причем вариант *TM6SF2 E167K* усиливает это взаимодействие, дополнительно снижая активность *PNPLA3* [18]. Следовательно, два генетических дефекта не просто суммируются, а взаимно потенцируют друг друга, создавая «двойной удар» по гепатоциту и значительно ускоряя фиброгенез [7, 10].

Примечательно, что в нашей предыдущей работе изолированное влияние *TM6SF2* на риск развития ЦП не достигало статистической значимости [13]. Однако при сочетании с *PNPLA3 GG* этот маркер значительно повышает риск, что согласуется с концепцией синергетического эффекта. Вероятно, это связано с тем, что клиническая значимость *TM6SF2* проявляется лишь в присутствии дополнительных отягощающих факторов, которые были интегрированы в анализ сочетанных комбинаций генотипов [7, 10, 18].

Разработанный ИГР обладает рядом практических преимуществ. Он прост в расчете, не требует сложного программного обеспечения и может быть использован в амбулаторной практике для первичного выделения лиц с минимальным риском (ИГР = 0). Высокая отрицательная прогностическая ценность (NPV = 70,4 %) подтверждает надежность такого подхода.

Эффективность подобных двухлокусных моделей подтверждается международными исследованиями. В сербской популяции полигенный риск-скор на основе вариантов *PNPLA3* (*rs738409*) и *TM6SF2* (*rs58542926*) продемонстрировал значимые различия между группами: средний суммарный балл риска (Polygenic Risk Score, PRS) у пациентов с алкогольным циррозом был значительно выше, чем в контроле (0,32 против 0,167; $p = 1{,}8\times10^{-7}$), а отношение шансов для группы с наивысшим PRS составило 6,707 [2]. В индийском исследовании также показано, что генетический риск-скор на основе этих двух полиморфизмов ассоциирован с диагнозом цирроза даже после поправки на возраст начала употребления, количество и частоту потребления алкоголя [3]. Крупное популяционное исследование с участием более 440 тыс. человек продемонстрировало дозозависимый эффект генетического риск-скора (на основе *PNPLA3*, *TM6SF2* и *HSD17B13*). По сравнению с группой с нулевым риском лица с максимальным значением скора (5–6 баллов) имели 12-кратное повышение шансов развития цирроза (OR = 12; 95 % ДИ: 7,7–19) [5].

Вместе с тем ограниченная специфичность (47,2 %) и невысокое положительное отношение правдоподобия указывают на то, что индекс не следует рассматривать как самостоятельный диагностический тест. Его ценность заключается в интеграции с другими клинико-лабораторными параметрами в рамках комплексных прогностических алгоритмов. Консорциум GenomALC показал, что риск-скор на основе трех однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) (*PNPLA3*, *TM6SF2* и *HSD17B13*) в сочетании с сахарным диабетом позволяет эффективно стратифицировать пациентов: в группе с высоким генетическим риском и диабетом OR достигал 14,7–17,1 по сравнению с группой низкого риска без диабета [7]. При этом добавление других генетических вариантов, индекса массы тела или кофе не улучшало эффективность модели [7]. Согласно современным данным, генетические варианты *PNPLA3* и *TM6SF2* не являются независимыми детерминантами фиброза. При учете взаимодействий с факторами среды их независимые эффекты исчезают, а вместо этого они потенцируют повреждающее действие инсулинорезистентности (для *PNPLA3*) и индекса массы тела с тяжелым употреблением алкоголя (для *TM6SF2*) [8]. Это подтверждает, что генетический индекс должен использоваться не изолированно, а как часть комплексных прогностических алгоритмов, учитывающих клинические, лабораторные и поведенческие факторы [6, 8].

Ограничения исследования

Относительно небольшой объем выборки не позволил провести расчет индекса относительного избыточного риска за счет взаимодействия (Relative Excess Risk Due to Interaction, RERI) для количественной оценки межгенного синергизма. RERI является стандартным показателем в эпидемиологических исследованиях: если RERI > 0, это свидетельствует о положительном взаимодействии (синергизме), а его значение отражает избыточный риск, возникающий за счет совместного действия факторов, сверх суммы их отдельных эффектов [9, 10]. В исследованиях алкогольного цирроза расчет RERI позволил количественно подтвердить синергизм между *PNPLA3* и *TM6SF2*, а также между генетическими вариантами и внешними факторами (алкоголь, ожирение, сахарный диабет) [1, 4]. Так, в работе Gellert-Kristensen и соавт. показано, что синергетический эффект *PNPLA3* и *TM6SF2* на риск цирроза превышает сумму их отдельных эффектов, что подтверждает необходимость сочетанного анализа [5]. Однако для достоверного расчета RERI требуются большие выборки, особенно при анализе редких комбинаций генотипов, что ограничило наши возможности [9, 10].

Кроме того, исследование выполнено в рамках одной популяции (белорусской), что требует осторожности при экстраполяции данных на другие этнические группы. Частота минорных аллелей *PNPLA3 G* и *TM6SF2 T* существенно различается между популяциями. Аллель *G PNPLA3* встречается у 23 % европейцев, у 30–50 % латиноамериканцев и лишь у 10–15 % африканцев [4, 5]. Для *TM6SF2* минорный аллель *T* имеет частоту около 7–10 % в европейских популяциях и значительно ниже в азиатских и африканских [7, 8]. В сербской популяции, генетически близкой к белорусской, двухлокусный риск-скор на основе *PNPLA3* и *TM6SF2* показал высокую эффективность (OR = 6,7 для максимального риска), что косвенно поддерживает применимость нашей модели в славянских популяциях [2]. В то же время в индийской популяции эти же варианты продемонстрировали меньшую предсказательную силу, что подчеркивает необходимость валидации индекса в различных этнических группах [3]. Таким образом, для подтверждения универсальности разработанного индекса требуются дальнейшие многоцентровые исследования с включением популяций разного происхождения.

Заключение

Полученные результаты подтверждают, что сочетанный анализ полиморфизмов *PNPLA3 I148M* и *TM6SF2 E167K* является более информативным подходом для прогнозирования риска

АЦП, чем изолированная оценка каждого маркера. Носительство генотипа *PNPLA3 GG* на фоне референсного генотипа *TM6SF2 CC* ассоциировано со статистически значимым повышением риска развития ЦП при АБП в белорусской популяции, тогда как ни одна из других комбинаций не достигла статистической значимости. Это подтверждает, что повышение риска определяется преимущественно носительством рискового генотипа *PNPLA3 GG*, тогда как *TM6SF2 CC* является референсным вариантом, не вносящим самостоятельного вклада в риск.

Патогенетической основой данного синергизма служит одновременное нарушение двух путей липидного обмена: гидролиза триглицеридов (*PNPLA3*) и выведения липопротеинов (*TM6SF2*). Совокупное действие этих механизмов создает «двойной удар» по гепатоциту, значительно ускоряя фиброгенез. При этом генетические варианты выступают не столько самостоятельными детерминантами фиброза, сколько модификаторами, потенцирующими повреждающее действие внешних факторов — алкоголя, инсулинорезистентности и ожирения [1, 10].

Разработанный на основе двух локусов ИГР (диапазон — 0–4 балла) продемонстрировал дозозависимый эффект ($OR_{скорр.}$ = 1,30 на балл; p = 0,007) и умеренную дискриминационную способность (AUC = 0,614). Высокая отрицательная прогностическая ценность (NPV = 70,4 %) позволяет использовать его для первичного выделения лиц с минимальным риском (ИГР = 0), которые могут не нуждаться в частом углубленном обследовании. Вместе с тем ограниченная специфичность (47,2 %) указывает на то, что индекс должен применяться в комплексе с клинико-лабораторными параметрами в рамках интегративных прогностических алгоритмов [6, 8].

Таким образом, синергетический анализ полиморфизмов *PNPLA3* и *TM6SF2* повышает точность прогнозирования ЦП у пациентов с АБП по сравнению с изолированной оценкой каждого маркера. Предложенный подход может быть использован для стратификации пациентов по категориям риска с целью оптимизации диспансерного наблюдения и персонализации профилактических мероприятий. Для подтверждения универсальности разработанной модели требуются дальнейшие многоцентровые исследования в различных этнических популяциях.

Список литературы / References

1. Huang D, Mathurin P, Cortez-Pinto H, et al. Global epidemiology of alcohol-associated cirrhosis and HCC: Trends, projections and risk factors. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2023;20(1):37-49.
DOI: https://doi.org/10.1038/s41575-022-00688-6

2. Першенкова О.С., Михайлова Е.И. Диагностические стигмы алкогольной болезни печени. *Проблемы здоровья и экологии*. 2023;20(2):7-13.
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-2-01

Pershenkova OS, Mikhailova EI. Diagnostic stigmas of alcoholic liver disease. *Health and Ecology Issues*. 2023;20(2):7-13.
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-2-01

3. Stickel F, Datz C, Hampe J, et al. Pathophysiology and management of alcoholic liver disease. *Gut Liver*. 2017;11(2):173-188.
DOI: https://doi.org/10.5009/gnl16477

4. Stickel F, Buch S, Lau K, et al. Genetic variation in the *PNPLA3* gene is associated with alcoholic liver injury in Caucasians. *Hepatology*. 2011;53(1):86-95.
DOI: https://doi.org/10.1002/hep.24017

5. Tian C, Stokowski RP, Kershenobich D, Ballinger DG, Hinds DA. Variant in *PNPLA3* is associated with alcoholic liver disease. *Nat Genet*. 2010;42(1):21-23.
DOI: https://doi.org/10.1038/ng.488

6. Pingitore P, Pirazzi C, Mancina RM, et al. Recombinant *PNPLA3* protein shows triglyceride hydrolase activity and its *I148M* mutation results in loss of function. *Biochim Biophys Acta*. 2014;1841(4):574-580.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2013.12.006

7. Buch S, Stickel F, Trépo E, et al. A genome-wide association study confirms *PNPLA3* and identifies *TM6SF2* and *MBOAT7* as risk loci for alcohol-related cirrhosis. *Nat Genet*. 2015;47(12):1443-1448.
DOI: https://doi.org/10.1038/ng.3417

8. Chapman O, Djerboua M, Rai, et al. Alcohol-Associated Pancreatitis and Liver Disease Among Adolescents and Young Adults. *JAMA Netw Open*. 2025;8(2):e2461990.
DOI: https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.61990

9. Flemming JA, Djerboua M, Chapman O, et al. Epidemiology and Outcomes of Alcohol-Associated Hepatitis in Adolescents and Young Adults. *JAMA Netw Open*. 2024;7(12):e2452459.
DOI: https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.52459

10. Gensluckner S, Schnefeld HL, Embacher J, et al. *PNPLA3* and *TM6SF2* exacerbate the impact of alcohol and metabolic dysfunction on liver fibrosis. *JHEP Rep*. 2026;8(1):101649.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhepr.2025.101649

11. Mahdessian H, Taxiarchis A, Popov S, et al. *TM6SF2* is a regulator of liver fat metabolism. *J Lipid Res*. 2014;55(7):1355-1363.
DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1323785111

12. Gellert-Kristensen H, Richardson TG, Davey Smith G, et al. Combined Effect of *PNPLA3*, *TM6SF2*, and *HSD17B13* Variants on Risk of Cirrhosis and Hepatocellular Carcinoma in the General Population. *Hepatology*. 2020;72(3):845-856.
DOI: https://doi.org/10.1002/hep.31238

13. Першенкова ОС, Михайлова ЕИ. Связь цирроза печени в исходе алкогольной болезни печени с полиморфизмом гена *PNPLA3* rs738409. *Проблемы здоровья и экологии*. 2024;21(3):17-23.
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-3-02

Pershenkova OS, Mikhailova EI. Connection of cirrhosis in the outcome of alcoholic liver disease with the *PNPLA3* gene polymorphism rs738409. *Health and Ecology Issues*. 2024;21(3):17-23. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-3-02

14. Pirazzi C, Valenti L, Motta BM, et al. *PNPLA3* has retinylpalmitate lipase activity in human hepatic stellate cells. *Hum Mol Genet*. 2014;23(15):4077-4085.
DOI: https://doi.org/10.1093/hmg/ddu121

15. Shao X. The Risk of Cirrhosis and Its Complications Based on *PNPLA3* rs738409 G Allele Frequency. *Dig Dis*.

2022;40:625-634.
DOI: https://doi.org/10.1159/000521062

16. Burza A, Molinaro A, Attilia ML, et al. *PNPLA3 I148M* (rs738409) genetic variant and age at onset of at-risk alcohol consumption are independent risk factors for alcoholic cirrhosis. *Liver Int*. 2014;34:514-520.
DOI: https://doi.org/10.1111/liv.12310

17. Emma Scott A, Anstee QM. Genetics of alcoholic liver disease and non-alcoholic steatohepatitis. *Clin Med*. 2018;18(2):54-59.
DOI: https://doi.org/10.7861/clinmedicine.18-2-s54

18. Li Z, Wu G, Qiu C, et al. Mechanism and therapeutic strategy of hepatic *TM6SF2*-deficient non-alcoholic fatty liver diseases via in vivo and in vitro experiments. *World J Gastroenterol*. 2022;28(25):2937-2954.
DOI: https://doi.org/10.3748/wjg.v28.i25.2937

Информация об авторе / Information about the author

Першенкова Ольга Сергеевна, ассистент кафедры общей и клинической фармакологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3705-7740
e-mail: 70bssr@tut.by

Olga S. Pershenkova, Senior Lecturer at the Department of General and Clinical Pharmacology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3705-7740
e-mail: 70bssr@tut.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Першенкова Ольга Сергеевна
e-mail: 70bssr@tut.by

Olga S. Pershenkova
e-mail: 70bssr@tut.by

Поступила в редакцию / Received 16.07.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 22.07.2026
Принята к публикации / Revised 03.09.2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):57–66

УДК 616.62-002-036.12-036.87-037
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-07

Check for updates

Анализ предикторов риска обострения хронического рецидивирующего цистита у женщин

М. Б. Лемтюгов, Н. И. Симченко, А. С. Князюк, Д. А. Зиновкин

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Выявить факторы риска возникновения повторных эпизодов хронического рецидивирующего цистита (ХРЦ) у женщин.

Материалы и методы. В исследование включено 108 пациентов (женщин, медиана возраста — 40,0 (28; 55,5) лет) с установленным диагнозом «Хронический рецидивирующий цистит». Пациентам выполнен комплекс лечебно-диагностических мероприятий в соответствии с Клиническим протоколом диагностики и лечения пациентов (взрослое население) с урологическими заболеваниями при оказании медицинской помощи в амбулаторных и стационарных условиях районных, областных и республиканских организаций здравоохранения Республики Беларусь, утвержденным приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 22.09.2011 № 920. Далее в течение года фиксировали возникновение рецидивов хронического цистита, после чего пациенты распределялись на 2 группы: группа с рецидивом заболевания (основная группа) — 27 пациентов и группа без рецидива ХРЦ (группа сравнения) — 81 пациент.

Результаты. Выявлены прямые корреляционные связи между лимфоидной инфильтрацией и полнокровием сосудов стромы биоптатов мочевого пузыря (r_s = 0,71; p < 0,0001), лимфоидной инфильтрацией биоптатов мочевого пузыря и венозной тазовой конгестией (r_s = 0,36; p < 0,0001), а также полнокровием сосудов стромы биоптатов мочевого пузыря и венозной тазовой конгестией (r_s = 0,51; p < 0,0001). При анализе случаев рецидивирования выявлено, что у 81,5 % (22/27) пациентов основной группы имело место сочетание варикозного расширения вен (ВРВ) таза с характерными морфологическими изменениями слизистой мочевого пузыря (венозное полнокровие и стаз, акантотические тяжи и лимфоидная инфильтрация), в то время как в группе сравнения данное сочетание выявлено у 11,1 % (9/81). Выявлены предикторы риска обострения ХРЦ. Авторами разработан и предложен алгоритм оценки вероятности рецидивирования хронического цистита у женщин.

Заключение. Выявленные взаимосвязи между морфологическими изменениями мочевого пузыря (лимфоидная инфильтрация, венозное полнокровие и стаз, акантотические тяжи) и ВРВ малого таза, а также их высокая частота встречаемости (81,5 %) у пациентов с рецидивами ХРЦ говорит о влиянии данных факторов на вероятность рецидива ХРЦ. Это требует проведения соответствующих диагностических и лечебных мероприятий, направленных на устранение данных факторов риска, с целью снижения вероятности рецидивирования ХРЦ.

Ключевые слова: *хронический рецидивирующий цистит, варикозное расширение вен таза, синдром тазового венозного полнокровия, биопсия мочевого пузыря, лимфоидная инфильтрация, акантотические тяжи, плоскоклеточная метаплазия, венозное полнокровие и стаз*

Вклад авторов: Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Для цитирования: *Лемтюгов МБ, Симченко НИ, Князюк АС, Зиновкин ДА. Анализ предикторов риска обострения хронического рецидивирующего цистита у женщин. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3): 57–66. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-07*

© М. Б. Лемтюгов, Н. И. Симченко, А. С. Князюк, Д. А. Зиновкин, 2026

2026;23(3):57–66 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Analysis of risk predictors for the recurrence of chronic recurrent cystitis in women

Maksim B. Lemtygov, Natalia I. Simchenko, Andrej S. Kniaziuk, Dmitry A. Zinovkin

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To identify risk factors for recurrent episodes of chronic relapsing cystitis (CRC) in women.

Materials and methods. The study included 108 patients (women; median age 40.0 [28; 55.5] years old) with a confirmed diagnosis of chronic recurrent cystitis. Patients underwent a comprehensive set of diagnostic and therapeutic procedures in accordance with the clinical protocol for the diagnosis and treatment of adult patients with urological diseases -in health care provided in outpatient and inpatient settings at district, regional, and national healthcare facilities of the Republic of Belarus, approved by the Order of the Ministry of Health of the Republic of Belarus No. 920 dated 22.09.2011. And furthermore, the occurrence of chronic cystitis recurrences was monitored within a year, after which the patients were divided into two groups: a group with disease recurrence (study group) —27 patients and a group without recurrence of CRC (comparison group) — 81 patients.

Results. Direct correlations were identified between lymphoid infiltration and stromal vascular congestion in bladder biopsy specimens (r_s=0.71; p<0.0001), between lymphoid infiltration in bladder biopsies and pelvic venous congestion (r_s=0.36; p<0.0001), and between stromal vascular congestion in bladder biopsies and pelvic venous congestion (r_s=0.51; p<0.0001). When analyzing recurrence cases it was revealed that 81.5% (22/27) of patients in the study group there has been a combination of pelvic varicose veins and characteristic morphological changes in the bladder mucosa (venous congestion and stasis, acanthotic strands, and lymphoid infiltration), whereas this combination was observed in 11.1% (9/81) of patients in the comparison group. Predictors of the risk of chronic cystitis exacerbation have been identified. The authors have developed and proposed an algorithm for assessing the probability of chronic cystitis recurrence in women.

Conclusion. The identified associations between morphological changes in the urinary bladder (lymphoid infiltration, venous congestion and stasis, acanthotic strands) and pelvic varicosities, combined with their high prevalence (81.5%) in patients with recurrent CRC, indicate that these factors influence the likelihood of CRC recurrence. This necessitates appropriate diagnostic and therapeutic measures aimed at eliminating these risk factors to reduce the probability of CRC recurrence.

Keywords: *chronic recurrent cystitis, pelvic varices, pelvic venous congestion syndrome, bladder biopsy, lymphoid infiltration, acanthotic strands, squamous metaplasia, venous congestion and stasis*

Author contributions. All authors made significant contributions to the research and analysis and to the preparation of the article, and read and approved the final version for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. None.

For citation: *Lemtygov MB, Simchenko NI, Kniaziuk AS, Zinovkin DA. Analysis of risk predictors for the recurrence of chronic recurrent cystitis in women. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):57–66. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-07*

Введение

Хронический рецидивирующий цистит характеризуется наличием 2 и более обострений за 6 месяцев и/или 3 и более обострений за год. После перенесенного эпизода острого цистита риск рецидива составляет до 27 % в течение первых 6 месяцев и до 40 % — в течение 8 месяцев [1, 2]. В первую очередь этот риск обусловлен анатомо-физиологическими особенностями женского организма и образом жизни. Нередко на фоне эррадикации возбудителя и купирования воспалительных изменений в анализах мочи у пациенток сохраняются клинические проявления цистита в виде боли и дизурии [3, 4]. Учитывая повторные рецидивы ХРЦ, несмотря на проводимое рациональное антибактериальное лечение, ХРЦ требует иного подхода [2, 5].

Переход острого цистита в хроническую форму обусловлен рядом патологических процессов, среди которых выделяют: нарушение микроциркуляции, тканевую гипоксию, оксидативный стресс, транзиторную дисфункцию иммунной системы, которые приводят к нарушению регенерации и пролонгируют воспалительный процесс в стенке мочевого пузыря [4, 6, 7]. Вышеуказанные процессы зачастую ассоциированы с синдромом тазового венозного полнокровия (СТВП), возникающего на фоне ВРВ таза. Данное состояние развивается на фоне несостоятельности клапанов и ВРВ малого таза и ретроперитонеального пространства,

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):57–66

в результате чего нарушается отток венозной крови из малого таза, что приводит к застою венозной крови и нарушению тканевого гомеостаза [8, 9]. Актуальность проблемы СТВП на фоне ВРВ малого таза подтверждается статистическими данными, согласно которым до 87 % воспалительных заболеваний органов малого таза развивается на фоне подобных изменений [10, 11].

Учитывая высокий риск рецидивирования ХРЦ, необходим поиск альтернативных методов профилактики обострений, с учетом патогенетических механизмов, включающих нарушение кровоснабжения и микроциркуляции. На сегодняшний день имеется большое количество публикаций о влиянии ВРВ таза на синдром хронической тазовой боли, однако недостаточно информации о влиянии данной патологии на течение и частоту рецидивов ХРЦ [1, 3, 6, 12, 13].

Цель исследования

Выявить факторы риска возникновения повторных эпизодов ХРЦ у женщин.

Материалы и методы

На базе урологического отделения учреждения здравоохранения «Гомельская городская клиническая больница № 2» было проведено проспективное обсервационное исследование пациентов (женщин) с установленным диагнозом ХРЦ. Исследование было одобрено локальным комитетом по этике учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет». Пациенты дали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Критериями включения были:

1. Наличие ХРЦ (2 и более обострений за 6 месяцев и/или 3 и более обострений за год).

2. Отсутствие приема антибактериальных лекарственных средств (ЛС), инстилляций ЛС в мочевой пузырь, а также неиспользование других методов лечения ХРЦ в течение последнего месяца.

3. Отсутствие беременности и/или лактации.

Критериями исключения являлись:

1. Отсутствие ХРЦ (менее 2 обострений за 6 месяцев и/или менее 3 обострений за год).

2. Прием антибактериальных ЛС, инстилляций ЛС в мочевой пузырь, а также применение других методов лечения ХРЦ в течение последнего месяца.

3. Наличие беременности и/или лактации.

Таким образом было отобрано 108 пациентов женского пола, медиана возраста составила 40,0 (28; 55,5) лет.

Объем исследований включал:

— заполнение 100-балльной визуальной аналоговой шкалы (ВАШ);

— лабораторные исследования: общий анализ крови, общий анализ мочи, анализ мочи по Нечипоренко, цитологию мочи, бактериологический посев мочи на микрофлору и чувствительность к антибиотикам;

— инструментальные исследования: урофлоуметрию;

— ультразвуковое исследование почек и мочевого пузыря с определением количества остаточной мочи;

— ультразвуковое дуплексное сканирование вен малого таза;

— цистоскопию мочевого пузыря с биопсией слизистой мочевого пузыря.

После проведения диагностических мероприятий всем пациентам было назначено лечение, включающее прием антибактериальных ЛС согласно данным бактериологического посева мочи, а при отрицательном посеве — парентеральное введение цефалоспоринов 3-го поколения согласно клиническим протоколам диагностики и лечения [14], спазмолитиков, физиотерапевтическое лечение (витафон по схеме), сложные инстилляции мочевого пузыря с целью восстановления гликозаминогликанового слоя и другие методы лечения, учитывая данные дополнительных исследований.

Далее в течение года фиксировали возникновение рецидивов ХРЦ, после чего пациенты были распределены на 2 группы: группа с рецидивом заболевания (основная группа) — 27 пациентов и группа без рецидива ХРЦ (группа сравнения) — 81 пациент.

Нормальность распределения исследуемых параметров оценивалась с использованием теста Шапиро — Уилка. В связи с тем, что распределение отличалось от нормального, данные были представлены в виде медианы (25-го, 75-го процентилей), сравнение групп проводилось с использованием теста Манна — Уитни. Для оценки качественных параметров использовались двухсторонний критерий Пирсона и критерий Фишера, проводили расчет относительного риска для выявления роли ВРВ на рецидив ХРЦ. Корреляционные связи определяли с использованием теста Спирмена. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Анализ проводился с использованием пакета программ GraphPad Prism, v 8.0.1 (GraphPad Software; США) и R (Bell Laboratories; США).

Результаты

Рецидив хронического цистита в течение года зафиксирован у 27 из 108 пациентов. Время болезни составило 4 (2; 7) года, количество обострений в году — 6 (4; 8). Медиана роста составила 168 (164; 170) см, а массы тела — 62

(56; 69,75) кг. Медиана баллов по ВАШ составила в группе с рецидивами ХРЦ 70 (60; 80), а в группе без рецидивов — 65 (60; 80); при сравнении групп не определялись статистически значимые различия (p > 0,05).

По наличию патологических изменений в общем анализе мочи в виде лейкоцитурии и в спектре уропатогенных микроорганизмов значимых различий в группах не выявлено (p > 0,05). Так, лейкоцитруия обнаружена у 14,8 % (4/27) пациентов основной группы и у 17,2 % (14/81) — группы сравнения. Бактериологический посев мочи дал рост в 26,9 % (32/108) случаев. В спектре уропатогенов лидировала *Escherichia coli* — 1 65,6 % (21/32) случаев, далее идут: *Enterococcus faecalis* — 25 % (8/32), *Klebsiella pneumoniae* — 3,1 % (1/32), *Pseudomonas aeruginosa* — 1 % (1/32) и *Staphylococcus epidermidis* — 3,1 % (1/32). В 71,8 % (23/32) случаев выявлены полирезистентные штаммы микроорганизмов.

Согласно данным ультразвукового исследования почек и мочевого пузыря, значимых различий между группами пациентов не выявлено (p > 0,05).

Сопутствующие гинекологические заболевания были выявлены у 46 из 108 (42,6 %) обследуемых. В структуре гинекологических заболеваний инфекций половых путей было 23 из 46 (50 %). Значимых отличий между группами нами не выявлено (p > 0,05).

При проведении ультразвукового дуплексного сканирования вен малого таза у пациентов с наличием СТВП нами выявлены вены малого таза размером более 5 мм в виде длинных трубчатых непульсирующих структур и/или ячеистых губчатых анэхогенных многокамерных образований вокруг матки со слабым кровотоком и/или наличием ретроградного кровотока, что свидетельствует о наличии ВРВ (рисунок 1).

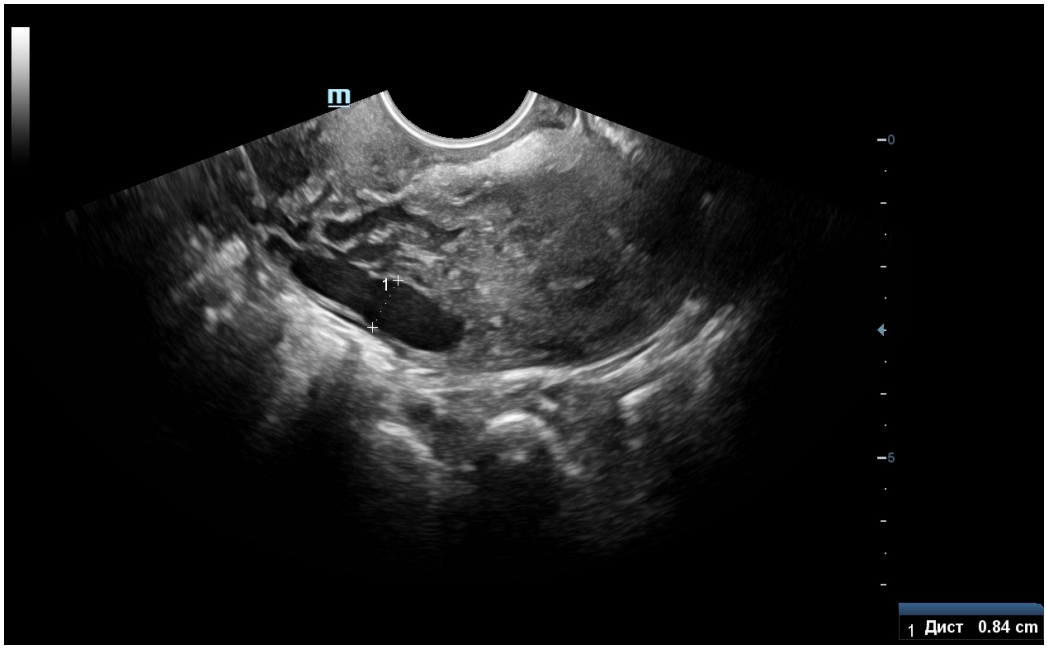


Рисунок 1. УЗ-признаки синдрома тазового венозного полнокровия а фоне ВРВ таза (расширенные вены, параметрия — 8,4 мм)
Figure 1: Ultrasound signs of pelvic venous congestion syndrome associated with pelvic varices (dilated parametrial veins 8,4 mm)

Признаки ВРВ малого таза, согласно данным ультразвукового дуплексного сканирования, выявлены у 78 из 108 (72,2 %) пациентов, при этом одностороннее поражение вен выявлено у 18 из 78 (23,1 %), а двухстороннее — у 60 из 78 (76,9 %). ВРВ малого таза слева встречалось чаще — в 58,8 % случаев.

Чтобы определить влияние ВРВ таза на риски рецидива ХРЦ, мы разделили пациентов на 2 группы по признаку наличия или отсутствия ВРВ малого таза как критерия СТВП. В группе с наличием ВРВ малого таза рецидив ХРЦ зафиксирован у 28,2 % пациентов, в то время как при отсутствии ВРВ малого таза рецидив ХРЦ отмечен у 16,7 %, относительный риск составил 1,7.

При цистоскопии нами выявлены следующие изменения слизистой мочевого пузыря: очаговая и/или диффузная гиперемия, отек слизистой мочевого пузыря, инъецированность сосудов. Вышеуказанные изменения чаще локализовались в зоне треугольника Льето и шейке мочевого пузыря. Также нередко в зоне треугольника Льето определялась гиперемия, фолликулярноизменная и/или возвышенная отечная слизистая

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):57–66

с характерными метапластическими изменениями (рисунок 2). Как правило, биопсия слизистой проводилась из зоны треугольника Льето (в месте визуально измененной слизистой) и из дна мочевого пузыря (с целью контроля состояния слизистой оболочки мочевого пузыря).

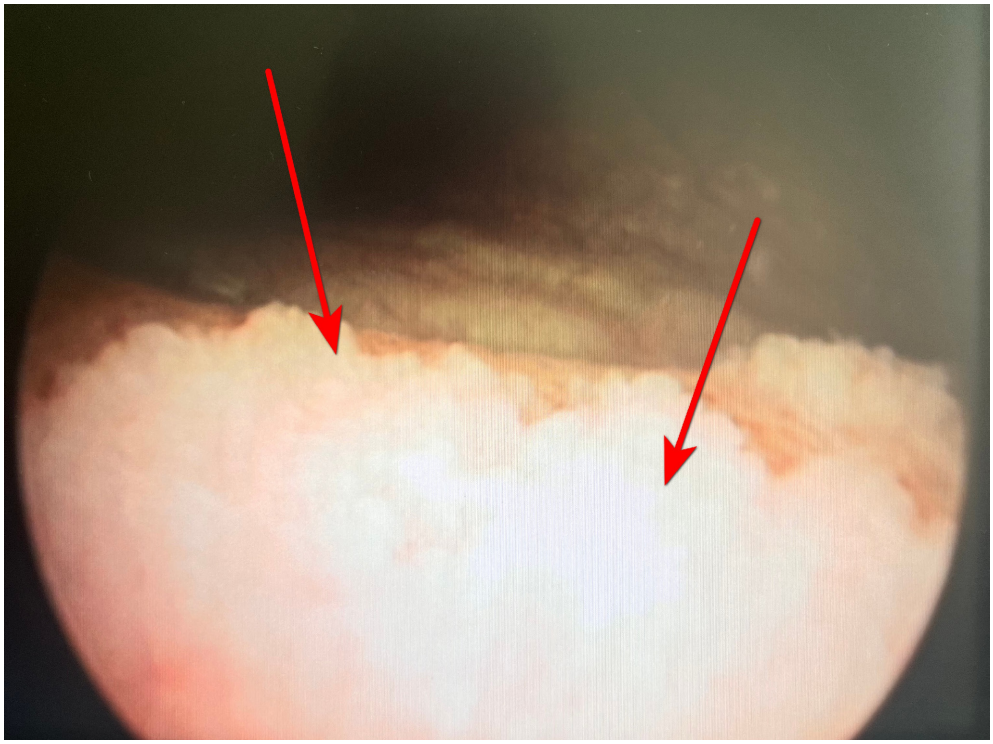


Рисунок 2. Цистоскопия: в зоне треугольника Льето гиперемия, возвышенная отечная слизистая с характерными изменениями (указано стрелками)
Figure 2. Cystoscopy: hyperemia and elevated edematous mucosa with characteristic changes (metaplasia) in the trigone of the bladder (indicated by arrows)

Согласно результатам биопсии, ведущими морфологическими проявлениями ХРЦ у пациентов основной группы являлись: отек стромы с полнокровием и значительным расширением просвета вен, в просвете сосудов определялись стазы, иногда — сладжи. Выявлены участки плоскоклеточной метаплазии с очагами лейкоплакии без атипии. Строма очагово имела полиморфноклеточную инфильтрацию с преобладанием лимфоцитов. Также выявлены акантотические тяжи.

В строме биоптатов наиболее часто выявлялись очаги плоскоклеточной метаплазии слизистой и единичные лимфоциты (группа сравнения). При сравнении групп по степени выраженности лимфоидной инфильтрации (количеству лимфоидных клеток) в биоптатах слизистой мочевого пузыря отмечались статистически значимые ($p < 0,0001$) различия. Плоскоклеточная метаплазия выявлена у 21 из 27 (77,8 %) пациентов основной группы, в группе сравнения — у 70 из 81 (86,4 %). При сравнении двух групп по наличию плоскоклеточной метаплазии статистически значимых различий ($p = 0,359$) не отмечалось. Венозное полнокровие сосудов стромы мочевого пузыря выявлена у 22 из 27 (81,5 %) пациентов основной группы и у 13 из 81 (16,1 %) пациентов группы сравнения. В сравниваемых группах имелись значимые различия ($p < 0,0001$) в наличии/отсутствии полнокровия сосудов.

При анализе случаев рецидивирования нами выявлено, что у 81,5 % (22/27) пациентов основной группы имело место сочетание ВРВ таза с морфологическими изменениями слизистой (венозное полнокровие и стаз, акантотические тяжи и лимфоидная инфильтрация), в то время как в группе сравнения данное сочетание выявлено у 11,1 % (9/81).

Корреляционный анализ выявил ряд взаимосвязей. Так, нами выявлены прямые корреляционные связи между лимфоидной инфильтрацией (количеством лимфоидных клеток) и полнокровием сосудов стромы биоптатов мочевого пузыря ($r_s = 0,71$; $p < 0,0001$), лимфоидной инфильтрацией (количеством лимфоидных клеток) и венозной тазовой конгестией на фоне ВРВ таза ($r_s = 0,36$; $p < 0,0001$), а также полнокровием сосудов стромы биоптатов мочевого пузыря и венозной тазовой конгестией на фоне ВРВ таза ($r_s = 0,51$; $p < 0,0001$).

Обсуждение

Согласно современному пониманию изменений в анализах мочи при ХРЦ лейкоцитурия является характерным лабораторным критерием обострения ХРЦ [15, 16]. Данные бактериологического посева мочи подтверждаются рядом исследований [17]: *Escherichia coli* является ведущим возбудителем ХРЦ и в рандомизированных группах спектр и соотношение возбудителей равнозначны. Также, учитывая широкое и зачастую нерациональное или необоснованное назначение антибактериального лечения, в последнее время все чаще встречаются полирезистентные штаммы [15–17].

Ультразвуковое исследование почек и мочевого пузыря, как правило, выполняется с целью выявления факторов риска рецидивирования ХРЦ, в первую очередь с целью выявления нарушения оттока мочи и наличия остаточной мочи в мочевом пузыре, возможного наличия конкрементов в мочевыводящих путях, врожденных пороков развития, с целью исключения объемных образований мочевого пузыря и др. [18]. В нашем случае различий между группами пациентов не выявлено.

Гинекологические заболевания необходимо учитывать при назначении лечения пациенткам с ХРЦ [18]. Инфекции половых путей зачастую ассоциированы с рисками развития цистита. Так, у женщин с бактериалным вагинозом риск развития ХРЦ в 2–4 раза выше [19]. Все наши пациенты получали необходимое лечение сопутствующих заболеваний, возможно это повлияло на равнозначность групп по данному параметру, несмотря на большую встречаемость гинекологических заболеваний в общей когорте исследуемых (42,6 %).

Для объективизации клинических проявлений заболевания, а также выраженности симптомов, в том числе и боли, на сегодняшний день применяется множество опросников, включая ВАШ. Однако нередко ввиду длительного течения болевого синдрома пациенты могут завышать показатели, делая метод субъективным. В связи с этим необходимо учитывать дополнительные параметры, влияющие на клиническое течение болезни [20].

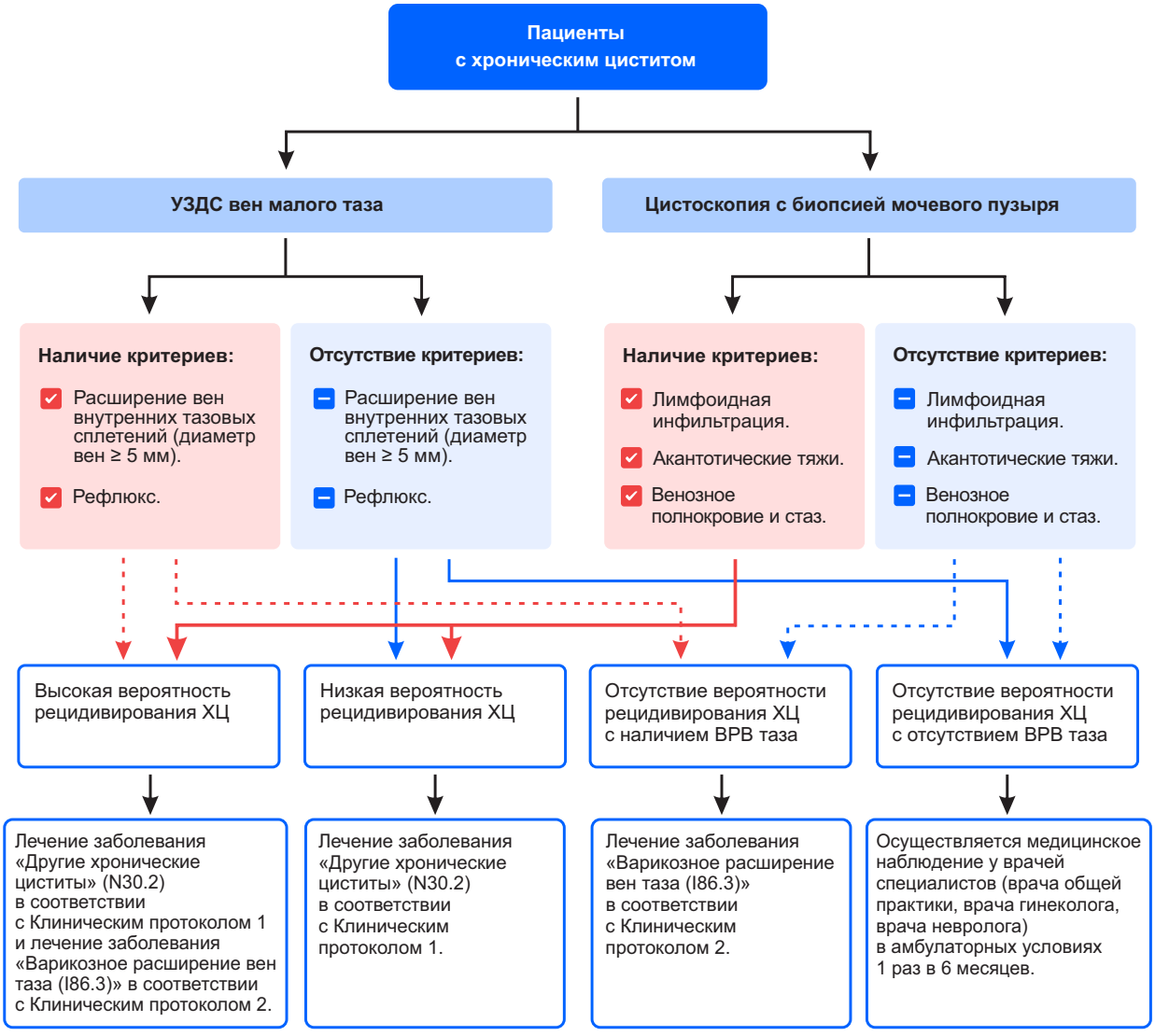
Полученные нами корреляционные данные говорят о тесной взаимосвязи ВРВ малого таза с морфологическими изменениями слизистой мочевого пузыря у пациентов с ХРЦ. Учитывая, что морфологические изменения стенки мочевого пузыря у пациентов с ХРЦ в первую очередь являются следствием воспалительного процесса, можно предположить, что СТВП, возникающий на фоне ВРВ таза, препятствует завершению воспалительного процесса в стенке мочевого пузыря, усугубляя тем самым течение цистита у данной категории пациентов [7, 10, 21]. Об этом свидетельствует выявленная нами частота развития рецидива ХРЦ: у пациентов с ВРВ таза рецидив цистита наблюдался в 1,7 раза чаще, чем у пациентов без ВРВ. Также выявленные прямые корреляционные взаимосвязи между ВРВ малого таза и степенью выраженности лимфоидной инфильтрации, наличием акантотических тяжей, наличием венозного полнокровия сосудов и стазом в биоптатах мочевого пузыря свидетельствуют о вероятном влиянии ВРВ таза на степень выраженности морфологических изменений слизистой мочевого пузыря при ХРЦ. Полученные нами данные подтверждаются рядом исследований, содержащих информацию о роли ВРВ таза в развитии воспалительных заболеваний органов малого таза и характерных клинических и морфологических изменениях в органах малого таза у пациентов [9, 16, 22].

При анализе морфологических изменений мочевого пузыря мы выявили более выраженную степень лимфоидной инфильтрации у пациентов с рецидивами ХРЦ, по сравнению с пациентами без рецидива. Также, учитывая выраженные прямые корреляции с ВРВ таза, можно предположить, что гипоксия и нарушение тканевой перфузии способствуют поддержанию воспаления в стенке мочевого пузыря. Это подтверждено рядом работ [6, 7, 23]. У пациентов основной группы (с рецидивами ХРЦ) в биоптатах мочевого пузыря чаще встречалось венозное полнокровие и стаз, что также связано с ВРВ таза, при котором в первую очередь страдает микроциркуляция органов малого таза [8, 11, 23]. Учитывая тот факт, что выраженная лимфоидная инфильтрация, венозное полнокровие и стаз, а также акантотические тяжи чаще встречались у пациентов основной группы (с рецидивами ХРЦ), чем у пациентов группы сравнения (без рецидива ХРЦ), можно предположить, что данные морфологические параметры являются критериями риска рецидива ХРЦ. Современные представления о ХРЦ сводятся к тому, что на фоне течения данного заболевания стенка мочевого пузыря претерпевает ряд морфологических изменений, однако нет углубленных данных о влиянии степени проявления морфологических изменений на клиническое течение заболевания и возможный риск рецидивирования [10, 24].

Полученные нами данные указывают на наличие ряда предикторов, способствующих рецидиву ХРЦ. К таким факторам можно отнести ВРВ малого таза в сочетании с морфологическими изменениями слизистой мочевого пузыря (лимфоидная инфильтрация, венозное полнокровие и стаз, акантотические тяжи).

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):57–66

На основании вышеизложенного мы предлагаем разработанный нами алгоритм определения вероятности рецидивирования ХРЦ у женщин посредством выявления ВРВ таза путем применения ультразвукового дуплексного сканирования вен малого таза в сочетании с морфологическим исследованием биоптатов мочевого пузыря. (рисунок 3). Данный алгоритм позволяет определить и снизить вероятность рецидивирования ХРЦ путем воздействия на возможные факторы риска.



УЗДС – ультразвуковое дуплексное сканирование.
ВРВ – варикозное расширение вен.
ХЦ – хронический цистит.

Клинический протокол 1: Клинический протокол «Диагностика и лечение пациентов (взрослое население) с урологическими заболеваниями при оказании медицинской помощи в амбулаторных и стационарных условиях районных, областных и республиканских организаций здравоохранения РБ», утвержденным приказом МЗ РБ от 22 сентября 2011 № 920.

Клинический протокол 2: Клинический протокол «Диагностика и лечение пациентов с хроническими заболеваниями вен (взрослое население)» утвержденного постановлением МЗ РБ от 21 июня 2022 г. № 55.

Рисунок 3. Алгоритм оценки вероятности рецидивирования хронического цистита у женщин [25]
Figure 3. Algorithm for assessing the probability of chronic cystitis recurrence in women [25]

Выводы

1. Нарушение венозного кровотока в системе вен малого таза с развитием их варикозного расширения приводит к морфологическим изменениям мочевого пузыря и осложняет течение ХРЦ.

2. Вероятность рецидива ХРЦ прямо коррелирует с такими морфологическими изменениями стенки мочевого пузыря, как лимфоидная инфильтрация, венозное полнокровие и стаз, акантотические тяжи и ВРВ малого таза (81,5 %).

3. Основой диагностики ХРЦ следует считать цистоскопию с биопсией мочевого пузыря и морфологическим исследованием биоптатов мочевого пузыря в сочетании с ультразвуковым дуплексным сканированием вен таза.

4. При выявлении ВРВ малого таза и вышеописанных морфологических изменений необходимо проводить лечебные и профилактические мероприятия, направленные на их устранение для снижения вероятности рецидивов ХРЦ [25].

Работа выполнена в рамках инициативной НИР «Разработка методов диагностики, медицинской профилактики и лечения инфекционных и неинфекционных заболеваний органов мочеполовой системы», № госрегистрации 20201327 от 15.07.2020.

Список литературы / References

1. Ackerman AL, Bradley M, D'Anci KE, et al. Updates to Recurrent Uncomplicated Urinary Tract Infections in Women: AUA/CUA/SUFU Guideline (2025). *J Urol*. 2026;215(1):3-12.

2. Аполихина И.А., Тетерина Т.А., Галкина Н.Г., Богдан Е.Н., Соловьев А.С., Старосельская М.А. и др. Эффективность и безопасность регуляторных полипептидов мочевого пузыря в профилактике рецидивов цистита: результаты многоцентрового рандомизированного плацебо-контролируемого клинического исследования III фазы. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2026;10(4):219-22.
DOI: https://doi.org/10.32364/2587-6821-2026-10-4-8

Apolikhina IA, Teterina TA, Galkina NG, Bogdan EN, Solovyev AS, Staroselskaya MA, et al. Efficacy and safety of urinary bladder regulatory polypeptides in the prevention of recurrent cystitis: results of a multicenter, randomized, placebo-controlled Phase III clinical trial. *RMJ. Medical Review*. 2026;10(4):219-226. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.32364/2587-6821-2026-10-4-8

3. Захаренкова Т.Н. Лашкевич Е.Л. Лакудас Е.Л. Факторы риска внутриутробной инфекции новорожденного у беременных с урогенитальной инфекцией. *Проблемы здоровья и экологии*. 2021;18(3):72-79.
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-3-9

Zakharenkova TN, Lashkevich EL, Lakudas EL. Risk factors for neonatal intrauterine infection in pregnant women with urogenital infection. *Health and Ecology Issues*. 2021;18(3):72-79. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-3-9

4. Foxman B, Somsel P, Tallman P, Gillespie B, Raz R. et al. Urinary tract infection among women aged 40 to 65: behaviorial and sexual risk factors. *J. Clin. Epidimiol*. 2001;54(7):710-718.

5. Гаджиева З.К., Цариченко Д.Г., Крупинов Г.Е., Демидова С.В. Хронический рецидивирующий цистит: анализ современного состояния проблемы. *Урология*. 2026;(1):123-128.
DOI: https://doi.org/10.18565/urology.2026.1.123-128

Gadzhieva ZK, Tsarichenko DG, Krupinov GE, Demidova SV. Chronic recurrent cystitis: analysis of the current state of the problem. *Urologiia*. 2026;(1):123-128 (in Russ.).
DOI: https://doi.org/10.18565/urology.2026.1.123-128

6. Яковец Е.А., Чудновец И.Ю., Трутнев В.П., Юнусов И.Р. Определение тактики лечения пациентов с хроническим циститом, осложненным лейкоплакией мочевого пузыря. *Фармакология и фармакотерапия*. 2022;(4):34-38.
DOI: https://doi.org/10.46393/27132129_2022_4_34

Yakovets EA, Chudnovets IYu, Trutnev VP, Yunusov IR. Determination of tactics for the treatment of patients with chronic cystitis complicated by bladder leukoplakia. *Pharmacology & Pharmacotherapy*. 2022;(4): 34-38. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.46393/27132129_2022_4_34

7. Лазаренко В.А., Бобровская Е.А., Липатов В.А., Иванов И.С. Функциональная активность эндотелия в системном и локальном кровотоке у пациентов с облитерирующим атеросклерозом и рестенозом после бедренно-подколенного шунтирования. *Вестник Авиценны*. 2023;(4):478-87.
DOI: https://doi.org/10.25005/2074-0581-2023-25-4-478-487

Lazarenko VA, Bobrovskaya EA, Lipatov VA, Ivanov IS. Functional activity of endothelium in the systemic and local blood flow in patients with obliterating atherosclerosis and restenosis after femoropopliteal bypass surgery. *Avicenna Bulletin*. 2023;(4):478-87. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.25005/2074-0581-2023-25-4-478-487

8. Новикова Н.Ю., Цибизова В.И., Пуздряк П.Д., Комличенко Э.В., Цнобиладзе И.Г., Малушко А.В. и др. Синдром тазового венозного полнокровия как причина хронической тазовой боли у женщин. *Акушерство, Гинекология и Репродукция*. 2021;15(4):451-460.
DOI: https://doi.org/10.17749/2313- 7347/ob.gyn.rep.2021.236

Novikova NYu, Tsibizova VI, Puzdryak PD, Komlichenko EV, Tsnobiladze IG, Malushko AV, et al. Pelvic venous congestion syndrome as a cause of chronic pelvic pain in women. *Obstetrics, Gynecology and Reproduction*. 2021;15(4):451-460. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.17749/2313- 7347/ob.gyn.rep.2021.236

9. Волков А.Е. Эхосемиотика варикозного расширения вен малого таза. *Эхография*. 2000;1(1):55-59.

Volkov AE. Echosemiotics of varicose veins of the small pelvis. *Echography*. 2000;1(1):55-59. (In Russ.).

10. Белова А.Н., Крупина В.Н. Хроническая тазовая боль. Москва: Антидор; 2007.

Belova A.N., Krupina V.N. *Chronic pelvic pain.* Moscow: Antidor; 2007. (In Russ.).

11. Черкашин М.А., Мурватов К.Д. Дифференциальная диагностика хронических тазовых болей у женщин. Новый взгляд – варикозная болезнь вен малого таза. *РМЖ*. 2008;(29):1952.

Cherkashin MA, Murvatov KD Differential diagnosis of chronic pelvic pain in women. A new perspective: pelvic varicose veins. *RMZh*. 2008;(29):1952. (In Russ.).

12. Титяев И.И., Удалов К.В., Айзикович Б.И., Савченко С.В., Морозов Д.В. Морфологическая оценка слизистых мочевого пузыря и влагалища при хроническом цистите у женщин. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2021;(2):56-64.

Tityaev II, Udalov KV, Aizikovich BI, Savchenko SV, Morozov DV. Morphological assessment of the mucous membranes of the bladder and vagina in chronic cystitis in women. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2021;(2):56-64. (In Russ.).

13. Антропова Е.Ю., Шарафутдинов Б.М., Мазитова М.И. и др. Синдром тазового венозного полнокровия — междисциплинарная проблема. *Российский вестник «Женское здоровье и педиатрия»*. 2021;4(4):346-350.
DOI: https://doi.org/10.32364/2618-8430-2021-4-4-346-350

Antropova EYu, Sharafutdinov BM, Mazitova MI, et al. Pelvic congestion syndrome is an interdisciplinary issue. *Russian Journal of Woman and Child Health*. 2021;4(4):346-350 (in Russ.).
DOI: https://doi.org/10.32364/2618-8430-2021-4-4-346-350

14. Клинический протокол диагностики и лечения пациентов (взрослое население) с урологическими заболеваниями при оказании медицинской помощи в амбулаторных и стационарных условиях районных, областных и республиканских организаций здравоохранения Республики Беларусь: утв. приказом М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 22.09.2011 № 920.

Clinical protocol for the diagnosis and treatment of patients (adult population) with urological diseases during the provision of medical care in outpatient and inpatient settings at district, regional, and national healthcare organizations of the Republic of Belarus: approved by Order of the Ministry of Health of the Republic of Belarus No. 920 dated September 22, 2011. (In Russ.).

15. Перепанова Т.С., Шевелев А.Н., Сорока И.В. [и др.] Клиническая эффективность интерферонотерапии в составе комплексного лечения хронического цистита. *РМЖ*. 2012;20(36):1723-1728.

Perepanova TS, Shevelev AN, Soroka IV, et al. Clinical efficacy of interferon therapy as part of the comprehensive treatment of chronic cystitis. *RMJ*. 2012;20(36):1723-1728. (in Russ.).

16. Кульчавеня Е.В., Холтобин Д.П., Брижатюк Е.В., Шевченко С.Ю., Трейвиш Л.С., Телина Е.В. Рецидивирующий цистит: как достичь совершенства в лечении? *Медицинский совет.* 2024;18(4):84-91.
DOI: https://doi.org/10.21518/ms2024-101

Kulchavenya EV, Kholtobin DP, Brizhatyuk EV, Shevchenko SYu, Treyvish LS, Telina EV. Recurrent cystitis: how to achieve perfection in treatment? *Meditsinskiy Sovet*. 2024;18(4):84-91. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.21518/ms2024-101

17. Зубарева А.В., Князюк А.С., Кирила В.Ю., А.А. Князюк, С.Р. Ходжакулиев, Лемтюгов, М.Б. Видовой состав и состояние антибиотикорезистентности возбудителей инфекций мочевыводящих путей у беременных женщин. Опыт Гомельской областной клинической больницы. В: Инфекции в акушерстве и гинекологии. современные возможности диагностики и лечения: сб. материалов; 2025, 27 марта; Минск: Профессиональные издания; 2025. С. 35-39.

Zubareva AV, Knyazyuk AS, Kirila VYu, Knyazyuk AA, Khodzhakuliev SR, Lemtyugov MB. Species composition and antibiotic resistance profiles of pathogens causing urinary tract disorders in pregnant women: Experience of the Gomel Regional Clinical Hospital. In: Infections in Obstetrics and Gynecology: Modern Diagnostic and Treatment Capabilities (Conference Proceedings); March 27, 2025; Minsk: Professional Editions; 2025. pp. 35–39. (In Russ.).

18. Horwitz D, McCue T, Mapes AC Decreased microbiota diversity associated with urinary tract infection in a trail of bacterial interference. *J.Infect.* 2015;71(3):358-367.

19. Workowski KA, Bachmann LH, Chan PA, [et al.] Sexually Transmitted Infections Treatment Guidelines, 2021. *MMWR Recomm Rep Morb Mortal Wkly Rep Recomm Rep*. 2021;70(4):1-187.
DOI: https://doi.org/10.15585/mmwr.rr7004al

20. Сисова Л.В. Оценка качества жизни пациентов в современной медицине. *Научно-практическая ревматология*. 2003;41(2):38-46.
DOI: https://doi.org/10.14412/1995-4484-2003-7608

Sisova LV. Patient quality of life assessment in modern medicine. *Rheumatology Science and Practice*. 2003;41(2):38-46. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.14412/1995-4484-2003-7608

21. Cockey CD. Connection between varicose veins and chronic pelvic pain. *AWHONN Lifelines.* 2005;9(3):211.
DOI: https://doi.org/10.1111/j.1552-6356.2005.tb00811

22. Juganavar A, Joshi KS. Chronic Pelvic Pain: A Comprehensive Review. Cureus. 2022;14(10):e30691.
DOI: https://doi.org/10.7759/cureus.30691

23. Лемтюгов М.Б., Симченко Н.И., Зиновкин Д.А. Клинико-морфологические особенности течения хронического рецидивирующего цистита у женщин *Репродуктивное здоровье. Восточная Европа.* 2024;14(6):760-770.
DOI: https://doi.org/10.34883/PI.2024.14.6.004

Lemtugov MB, Simchenko NI, Zinovkin DA. Clinical and morphological features of the development of chronic recurrent cystitis in women. *Reproductive Health. Eastern Europe*. 2024;14(6):760-770. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.34883/PI.2024.14.6.004

24. Ибишев Х.С., Крахоткин Д.А., Васильев А.А., Крайний П.А. Вирусная этиология рецидивирующих инфекций мочевыводящих путей. *Вестник урологии*. 2017;5(1):26-31.
DOI: https://doi.org/10.21886/2308-6424-2017-5-1-26-31

Ibishev HS, Krakhotkin DA, Vasiliev AA, Krayniy PA. Viral etiology of recurrent urinary tract infections. *Urology Herald*. 2017;5(1):26-31. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.21886/2308-6424-2017-5-1-26-31

25. Симченко Н.И., Лемтюгов М.Б., Зиновкин Д.А. Метод определения вероятности рецидивирования хронического цистита у женщин: инструкция по применению № 017-0426 : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 26.05.2026. Гомель, 2026. 13 с.

Simchenko NI, Lemtyugov M B, Zinovkin D A. Method for determining the probability of chronic cystitis recurrence in women: Instructions for Use No. 017-0426 : approved by the Ministry of Health of the Republic of Belarus on May 26, 2026. Gomel, 2026. 13 p. (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the authors

Лемтюгов Максим Борисович, старший преподаватель кафедры урологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2935-4369
e-mail: m.lemtygov@mail.ru

Симченко Наталия Иосифовна, д.м.н., доцент, профессор кафедры урологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8730-7045
e-mail: natali_sim@mail.ru

Князюк Андрей Степанович, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой урологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3096-7266
e-mail: aknyazyuk@yandex.by

Зиновкин Дмитрий Александрович, к.б.н., доцент, доцент кафедры патологической анатомии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3808-8832
e-mail: zinovkin2012@gmail.com

Maksim B. Lemtygov, Senior Lecturer at the Department of Urology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2935-4369
e-mail: m.lemtygov@mail.ru

Natalia I. Simchenko, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Urology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8730-7045
e-mail: natali_sim@mail.ru

Andrej S. Kniaziuk, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Urology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3096-7266
e-mail: aknyazyuk@yandex.by

Dmitry A. Zinovkin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pathologic Anatomy, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3808-8832
e-mail: zinovkin2012@gmail.com

2026;23(3):57–66 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Лемтюгов Максим Борисович
e-mail: m.lemtygov@mail.ru

Maksim B. Lemtygov
e-mail: m.lemtygov@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 28.07.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 12.08.2026
Принята к публикации / Revised 03.09.2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):67–77

УДК [616-001.28-08:615.849.19]:57.08
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-08

Check for updates

Оценка репаративного потенциала фотодинамической терапии при заживлении постлучевых ран на биологической модели

А. С. Яковенко[1], С. Л. Ачинович[1], Л. П. Зайцева[1], З. А. Дундаров[2]

[1]Гомельский областной клинический онкологический диспансер, г. Гомель, Беларусь

[2]Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. В условиях эксперимента с использованием биологической модели изучить репаративный эффект фотодинамической терапии (ФДТ) при лечении постлучевых язв.

Материалы и методы. В условиях эксперимента на модели крыс сформированы постлучевые язвы при помощи локального облучения бустом в дозе 40 Гр. После применения ФДТ в отношении постлучевых язв исследован темп их эпителизации, клинические и морфологические паттерны течения раневого процесса. При оценке эффективности применены следующие критерии: клиническая оценка краев и дна ран, раневого отделяемого, характер и объем грануляций, фибрина; гистологические и цитологические паттерны эпителизации (количество лейкоцитов, нейтрофилов, фибробластов в ране, наличие сосудов, реактивные изменения клеток).

Результаты. Исследованы клинические, гистологические, цитологические аспекты влияния метода на заживление постлучевых язв. После фотооблучения в группах исследования отмечается ускорение дебридмента ран, уменьшение площади ран, объема экссудата, раннее появление грануляций. Эффект расценивается как дозозависимый: в группе двухкратного фотооблучения он выражен сильнее, чем в группе однократного фотооблучения.

Заключение. Выполненное исследование позволило систематизировать имеющиеся данные, доказало, что ФДТ эффективна в отношении постлучевых язв с целью их полной эпителизации или ускоренной подготовки к пластическому замещению.

Ключевые слова: *постлучевая язва, раневой процесс, фотодинамическая терапия, дебридмент ран*

Вклад авторов. Яковенко А.С.: концепция и дизайн исследования, поиск и обзор литературы, экспериментальное исследование, обработка и обсуждение полученных данных, редактирование; Ачинович С.Л., Зайцева Л.П.: экспериментальное исследование, обработка и обсуждение полученных данных, редактирование; Дундаров З.А.: концепция и дизайн исследования, обзор литературы, обработка и обсуждение полученных данных, проверка критически важного содержания, редактирование, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов. Не заявлен.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Яковенко АС, Ачинович СЛ, Зайцева ЛП, Дундаров ЗА. Оценка репаративного потенциала фотодинамической терапии при заживлении постлучевых ран на биологической модели. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):67–77. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-08*

Assessment of the reparative potential of photodynamic therapy in the healing of post-radiation wounds in a biological model

Alexey S. Yakovenko[1], Sergej L. Achinovich[1], Larisa P. Zaitseva[1], Zalimhan A. Dundarov[2]

[1]Gomel Regional Clinical Oncology Centre, Gomel, Belarus

[2]Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To study the reparative effect of photodynamic therapy (PDT) in the treatment of radiation-induced ulcers under experimental conditions using a biological model.

© А. С. Яковенко, С. Л. Ачинович, Л. П. Зайцева, З. А. Дундаров, 2026

Materials and methods. Post-radiation ulcers were induced using local irradiation with a boost dose of 40 Gy were formed in an experimental model on rats. After PDT was applied to the post-radiation ulcers, the rate of their epithelialization, as well as clinical and morphological patterns of the wound healing process, were studied. The following criteria were used to assess effectiveness: clinical evaluation of the wound edges and bed, wound discharge, the nature and volume of granulations, fibrin; histological and cytological patterns of epithelialization (the number of leukocytes, neutrophils, fibroblasts in the wound, presence of vessels, reactive changes in cells).

Results. The clinical, histological, and cytological aspects of the method's effect on the healing of post-radiation ulcers were studied. After phototherapy, the study groups showed accelerated wound debridement, reduced wound area and exudate volume, and earlier appearance of granulation tissue. The effect is considered dose-dependent: it was more pronounced in the group with two phototherapy sessions than in the group with a single phototherapy session.

Conclusion. The conducted study made it possible to systematize the available data, It proved that PDT is effective against post-radiation ulcers with the aim of their complete epithelialization or accelerated preparation for plastic replacement.

Keywords: *post-radiation ulcer, wound process, photodynamic therapy, wound debridement*

Author contributions. Yakovenko A.S.: study concept and design, literature search and review, experimental study, data processing and discussion, editing; Achinovich S.L., Zaitseva L.P.: experimental study, data processing and discussion, editing; Dundarov Z.A.: study concept and design, literature review, data processing and discussion, critical content review, editing, and approval of the manuscript for publication.

Conflict of interest. None.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Yakovenko AS, Achinovich SL, Zaitseva LP, Dundarov ZA. Assessment of the reparative potential of photodynamic therapy in the healing of post-radiation wounds in a biological model. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):67–77. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-08*

Введение

Лучевая терапия — эффективный метод лечения злокачественных новообразований, некоторых доброкачественных опухолей. Помимо онкологии метод применяется в ревматологии, дерматологии. Улучшение дозиметрического контроля, использование новых методик облучения и современной аппаратуры, а также адекватная подготовка пациентов привели к снижению частоты развития местных лучевых повреждений [1]. Однако 5–15 % пациентов после окончания лечения имеют различные лучевые осложнения. Одним из наиболее часто встречающихся осложнений является постлучевая язва кожи [2]. Местные лучевые повреждения отличаются торпидностью к лечению различными медикаментозными средствами [3].

Патогенез развития лучевых язв многогранен и включает в себя окислительный стресс, воспаление, повреждение сосудов и фиброз [4] с последующей тканевой ишемией. Апоптоз кератиноцитов возникает из-за окислительного стресса и повреждения ДНК, вызванного ионизирующим излучением. Сосудистая дисфункция вызвана воспалительными цитокинами и повреждением эндотелиальных клеток, что приводит к воспалению и повреждению кожных покровов. При дозах облучения свыше 20 Гр увеличивается проницаемость сосудистой стенки и объемный кровоток, что способствует локальной гиперемии и дезорганизации структуры сосудистой сети, нарушению кровообращения, последующему компенсаторному спазму, облитерации артерий, атрофии гладких мышц в сосудистой стенке и развитию ишемии и лучевого фиброза [5].

Особенностями лучевой язвы являются длительная экссудация и медленное отторжение некротизированной ткани вследствие недостаточной иммунной реактивности [4]. Грануляция ослаблена, вследствие чего окончательные сроки эпителизации могут исчисляться годами. Установлена корреляция между степенью разнообразия микробного представительства, наличием биопленок и длительностью течения лучевого дерматита: период разрешения положительно коррелировал с бактериальным разнообразием на различных таксономических уровнях [5].

Ведущим методом лечения лучевых язв на сегодняшний день считается хирургическое закрытие дефекта. Однако хирургическое вмешательство не гарантирует ожидаемый результат. Пересадка свободного кожного лоскута, пластика локальным лоскутом, микрососудистые закрытия дефектов — все это может сопровождаться рецидивом постлучевой язвы ввиду нарушения трофики и микроциркуляции, тканевой ишемии и фиброза в зоне облучения. Все это говорит о необходимости изучения новых методик лечения постлучевых язв или подготовки их к пластическому замещению.

Фотодинамическая терапия — перспективный, но малоизученный метод лечения хронических ран различной этиологии, в том числе и постлучевых язв. В основе метода лежит фото-

облучение предварительно сенсибилизированной ткани. После введения фотосенсибилизатора происходит его накопление в тканях. При воздействии света длиной волны 665 нм происходит избирательная фотодеструкция фотосенсибилизатора с высвобождением синглетного кислорода и других свободных радикалов. В результате развивается асептический некроз фотооблученной ткани с последующей деструкцией опухолевого очага.

Репаративные эффекты ФДТ в отношении постлучевых язв изучены недостаточно. Согласно имеющимся данным, применение ФДТ на область постлучевой язвы способствует ее заживлению [6].

Цель исследования

В условиях эксперимента с использованием биологической модели изучить репаративный эффект ФДТ при лечении постлучевых язв.

Материалы и методы

Исследование выполнено на 11 взрослых крысах линии Wistar, содержащихся в условиях стационарного вивария Института радиобиологии Национальной академии наук Беларуси при температуре 22,0±1,0 °С, 12/12 час. цикле: день/ночь, без ограничений по воде и пище. Все операции с животными в эксперименте строго соответствовали международным нормам Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях. Эксперимент одобрен этическим комитетом Гомельского государственного медицинского университета (протокол № 4 от 19.09.2025).

Перед экспериментом все животные были распределены на 3 группы методом блочной рандомизации:

1. ЛЯ-ОС-1 (лучевая язва, основная группа — 1) — 4 особи. После формирования лучевой язвы в отношении животных данной группы применяется один сеанс ФДТ.

2. ЛЯ-ОС-2 (лучевая язва, основная группа — 2) — 4 особи. После формирования лучевой язвы в отношении животных данной группы применяется 2 сеанса ФДТ с интервалом 5 дней.

3. ЛЯ-к (лучевая язва, контрольная группа) — 3 особи. После формирования лучевой язвы в отношении животных данной группы метод ФДТ не применяется.

Для моделирования лучевой язвы заднюю левую конечность крыс эпилировали (освобождали от шерсти) и подвергали локальному однократному облучению бустом участок площадью 3х3 см в дозе 40 Гр с помощью рентгеновской установки биологического назначения X-Rad 320 Precision X-ray Inc. Облучение выполнялась на следующих параметрах: напряжение на трубке — 320 кВ, сила тока — 12,5 мА, мощность дозы — 498,8 сГр/мин, фильтр № 2 (1,5 мм Al, 0,25 мм Cu, 0,75 мм Sn), расстояние до объекта — 40 см. Локальное облучение задней конечности животного достигалось экранированием окружающих тканей при помощи защитной свинцовой пластины толщиной 1,2 см. После перерыва (5 суток) для реализации лучевого эффекта в зоне облучения сформирован дефект тканей площадью 25×25 мм. В блок удаляемых тканей включалась кожа, подкожная жировая клетчатка (ПЖК), поверхностная фасция. Спустя 3 недели в зоне облучения была сформирована лучевая язва без явной тенденции к заживлению. На 26-е сутки выполнялся забор тканей на гистологическое и цитологическое исследование. Процедура ФДТ выполнялась на 26-е сутки расфокусированным лучом на устройстве «УПЛ ФДТ» при следующих параметрах:

— длина волны — 665 нм;
— выходная мощность — 0,5 Вт;
— экспозиция — 1 мин;
— плотность мощности — 0,5 Вт/см^2;
— энергия — 50 Дж;
— расстояние от поверхности раны — 10±2 мм;
— диаметр пятна облучения — 10±2 мм.

На 5-е сутки после 1-го сеанса ФДТ в группе ЛЯ-ОС-2 сеанс выполнялся повторно на прежних параметрах с предварительным забором биоматериала. Перевязки животным выполнялись через день стандартным способом с применением антисептиков. По мере необходимости удалялся струп, рана намеренно оставлялась открытой. Через 2 недели (на 40-е сутки) животные выводились из эксперимента. Образцы клеток и тканей забирались на морфологическое исследование. На протяжении эксперимента через день выполнялась клиническая оценка раны по унифицированной системе оценки хронических ран MEASURE [7]. Параметры клинической оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры клинической оценки хронических ран по системе MEASURE
Table 1. Parameters of the clinical assessment of chronic wounds according to the MEASURE system

Параметр	Наблюдение
M (measure) — размер раны	Длина, ширина, площадь
E (exudate) — экссудат	Качество, объем
A (appearance) — внешний вид раны	Описание внешнего вида раны, тканей
S (suffering) — боль	Оценка болевого синдрома
U (undermining) — деструкция	Наличие затеков, карманов, полостей
R (reevaluate) — наблюдение	Регулярный клинический контроль параметров
E (edge) — края раны	Описание краев раны

Цитологические препараты готовили методом равномерного распределения биоматериала на предметных стеклах с последующей воздушной фиксацией. Окрашивание выполняли комбинированным методом: May-Grünwald (эозин-метиленовый синий) с докраской по Романовскому (азур-эозин). Морфологический анализ проводили на микроскопе Leica DM 1000: первичная оценка (изучение паттернов) — при увеличении ×10, верификация цитоморфологических изменений — иммерсионной микроскопией (×100).

Исходный материал подвергали стандартной гистологической обработке. Для фиксации использовали 10%-ный нейтральный забуференный формалин, последовательно обрабатывали серией спиртов с возрастающей концентрацией, дегидратировали в о-ксилоле и заливали в парафин. Гистологические срезы толщиной 4 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Окрашенные препараты исследовали и фотографировали с помощью цифровой камеры Olympus SC20 (разрешение 1596×1196 пикселей) в 5 полях зрения. Использовались объективы ×10, ×40 микроскопа Olympus CX41 RF. Для определения количества лимфоцитов и нейтрофильных гранулоцитов (нейтрофилов) подсчитывали их количество в поле зрения микроскопа на большом увеличении, а также определяли процентное соотношение распадающихся дегранулированных нейтрофилов по отношению к интактным нейтрофилам (объектив ×40; окуляр ×10), при этом диаметр поля зрения составил 0,53 мм, площадь поля зрения — 0,22 мм^2, минимальное количество полей зрения — 5.

Обработка и анализ данных выполнялись с использованием программного обеспечения R (V.4.5.0), с применением библиотеки tidyverse (V.2.0.0), пакетов ggstatsplot (V.0.12.1), rstatix (V.0.7.2), ggplot2 (V.4.0.0), PMCMRplus (V.1.9.12). Данные представлены медианой, 25-м и 75-м квартилями. При сравнении групп применялся метод Краскела — Уоллиса с последующим апостериорным тестом Данна. Анализ связи категориальных признаков выполнялся при помощи теста χ^2-квадрат Пирсона.

Результаты и обсуждение

В группах сравнения до проведения ФДТ отмечается уплотнение краев ран, экссудат обильный, преимущественно гнойный, у части животных — слизистый.

Целью проведения статистического анализа были критическая оценка и интеграция данных, полученных во всех экспериментальных группах, а также выявление статистических параметров данных планиметрии в зависимости от использования метода ФДТ.

Для выявления статистических различий в заживлении постлучевых ран без и с использованием ФДТ проводили оценку показателей площади ран, полученных при проведении планиметрического исследования ран.

На 1-е сутки эксперимента (26-е сутки после проведения облучения) была оценена площадь ран во всех группах наблюдения, она была сопоставима во всех группах и равна 552 (529; 563.5) мм^2 в группе контроля, 563.5 (551.5; 581.25) мм^2 — в группе ЛЯ-ОС-1 и 551.5 (522; 575.25) мм^2 в группе ЛЯ-ОС-2 ($p = 0,68$).

Далее, в группах ЛЯ-ОС-1 и ЛЯ-ОС-2 был проведен курс ФДТ.

На 5-е сутки эксперимента была отмечена статистически значимая разница в размере экспериментальных лучевых ран: в контрольной группе средний размер раны составил 552 (529; 563.5) мм^2; в группе ЛЯ-ОС-1, где был проведен 1 курс ФДТ, — 232 (220.5; 243.75) мм^2; в группе ЛЯ-ОС-2 также после 1-го курса ФДТ — 209.5 (191.75; 224.25) мм^2 ($p = 0,03$).

Далее в группе ЛЯ-ОС-2 был проведен 2-й сеанс ФДТ.

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues **2026;23(3):67–77**

На 14-е сутки эксперимента проводили повторное измерение площади раны. Результаты выполненных исследований также выявили наличие статистически значимых различий в площади раны у крыс, не получавших лечения, и у крыс, лечение которых проводили с применением ФДТ: в контрольной группе средний размер раны составил 210 (201; 210) мм^2, во второй экспериментальной группе ЛЯ-ОС-1 — 126 (117.5; 132) мм^2; в третьей ЛЯ-ОС-2 — 33.5 (31; 37.5) мм^2 (p = 0,01).

Учитывая вышеизложенные результаты планиметрических измерений, можно сделать вывод, что применение ФДТ в экспериментальных группах ЛЯ-ОС-1 и ЛЯ-ОС-2 оказывает выраженный клинический эффект на уменьшение площади раневой поверхности. Динамика основных параметров оценки ран по системе MEASURE представлена в таблице 2.

Таблица 2. Динамика основных параметров оценки ран по системе MEASURE
Table 2. Dynamics of the main parameters of wound assessment using the MEASURE system

Признак		**26-е сутки (лучевая язва сформирована)**			**31-е сутки (после 1 сеанса** фотооблучения в группах ЛЯ-ОС-1, ЛЯ-ОС-2)			**40-е сутки (выведение из эксперимента, 2 сеанса** фотооблучения в группе ОС-2)		
		ЛЯ-к **(n = 3)**	ЛЯ-ОС-1 **(n = 4)**	ЛЯ-ОС-2 **(n = 4)**	ЛЯ-к **(n = 3)**	ЛЯ-ОС-1 **(n = 4)**	ЛЯ-ОС-2 **(n = 4)**	ЛЯ-к **(n = 3)**	ЛЯ-ОС-1 **(n = 4)**	ЛЯ-ОС-2 **(n = 4)**
Характер грануляций	Мелкозернистые	—	—	—	0 (0)	4 (100)	4 (100)	3 (100)	0 (0)	0 (0)
	Крупнозернистые	—	—	—	—	—	—	0 (0)	4 (100)	4 (100)
	Отсутствуют	3 (100)	4 (100)	4 (100)	3 (100)	0 (0)	0 (0)	—	—	—
p		p = 0.913-			p = 0,004*			p = 0,004*		
Площадь грануляций	Менее 50 % раны	—	—	—	0 (0)	3 (75.)	3 (75)	1 (33.33)	0 (0)	0 (0)
	50–95 % раны	—	—	—	0 (0)	1 (25)	1 (25)	1 (33.33)	3 (75)	1 (25)
	Более 95 % раны	—	—	—	—	—	—	0 (0)	1 (25)	3 (75)
	Отсутствуют	3 (100)	4 (100)	4 (100)	3 (100)	0 (0)	0 (0)	1 (33.33)	0 (0)	0 (0)
p		p = 0.913			p = 0,027*			p = 0,15		
Реактивные изменения фибробластов	Имеются	1 (33.33)	2 (50)	2 (50)	1 (33.33)	4 (100)	4 (100)	1 (33.33)	4 (100)	4 (100)
	Отсутствуют	2 (66.6)	2 (50)	2 (50)	2 (66.67)	0 (0)	0 (0)	2 (66.6)	0 (0)	0 (0)
p		p = 0.885			p = 0,038*			p = 0,038*		

Продолжение таблицы 2
End of Table 2

Признак		26-е сутки (лучевая язва сформирована)			31-е сутки (после 1 сеанса фотооблучения в группах ЛЯ-ОС - 1, ЛЯ-ОС-2)			40-е сутки (выведение из эксперимента, 2 сеанса фотооблучения в группе ОС-2)		
		ЛЯ-к (n = 3)	ЛЯ-ОС-1 (n = 4)	ЛЯ-ОС-2 (n = 4)	ЛЯ-к (n = 3)	ЛЯ-ОС-1 (n = 4)	ЛЯ-ОС-2 (n = 4)	ЛЯ-к (n = 3)	ЛЯ-ОС-1 (n = 4)	ЛЯ-ОС-2 (n = 4)
Тканевой детрит	Дерма	—	—	—	—	—	—	0 (0)	2 (50)	4 (100)
	ПЖК	0 (0)	0 (0)	1 (25)	0 (0)	3 (75)	3 (75)	0 (0)	2 (50)	0 (0)
	Поверхностная фасция	3 (100)	3 (75)	3 (75)	0 (0)	1 (25)	1 (25)	3 (100)	0 (0)	0 (0)
	Собственная фасция	0 (0)	1 (25)	0 (0)	3 (100)	0 (0)	0 (0)	—	—	—
p		p = 0,453			p = 0,027*			p = 0,005*		
Фибробласты	Незначительно	1 (33.3)	2 (50)	2 (50)	1 (33.3)	2 (50)	4 (100)	2 (66.6)	0 (0)	0 (0)
	Умеренно	—	—	—	0 (0)	2 (50)	0 (0)	0 (0)	3 (75)	0 (0)
	Выражено	—	—	—	—	—	—	0 (0)	1 (25)	4 (100)
	Отсутствует	2 (66.6)	2 (50)	2 (50)	2 (66.6)	0 (0)	0 (0)	1 (33.3)	0 (0)	0 (0)
p		p = 0.885			p = 0,037*			p = 0,007*		
Нити фибрина	Скудные	1 (33.3)	1 (25)	2 (50)	0 (0)	3 (75)	2 (50)	0 (0)	1 (25)	1 (25)
	Умеренные	2 (66.6)	3 (75)	2 (50)	3 (100)	1 (25)	2 (50)	3 (100)	0 (0)	0 (0)
	Многочисленные	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Отсутствуют	—	—	—	—	—	—	0 (0)	3 (75)	3 (75)
p		p = 0.757			p = 0,139			p = 0,027*		

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):67–77

Окончание таблицы 2
End of Table 2

Признак		**26-е сутки (лучевая язва сформирована)**			**31-е сутки (после 1 сеанса** фотооблучения в группах ЛЯ-ОС-1, ЛЯ-ОС-2)			**40-е сутки (выведение из эксперимента, 2 сеанса** фотооблучения в группе ОС-2)		
		ЛЯ-к **(n = 3)**	ЛЯ-ОС-1 **(n = 4)**	ЛЯ-ОС-2 **(n = 4)**	ЛЯ-к **(n = 3)**	ЛЯ-ОС-1 **(n = 4)**	ЛЯ-ОС-2 **(n = 4)**	ЛЯ-к **(n = 3)**	ЛЯ-ОС-1 **(n = 4)**	ЛЯ-ОС-2 **(n = 4)**
Площадь фибрина, %	0–20	—	—	—	—	—	—	0 (0)	0 (0)	1 (25)
	21–40	—	—	—	—	—	—	0 (0)	1 (25)	3 (75)
	41–60	0 (0)	0 (0)	1 (25)	0 (0)	1 (25)	1 (25)	1 (33)	3 (75)	0 (0)
	61–80	1 (33.3)	1 (25)	3 (75)	1 (33)	2 (50)	2 (50)	2 (66.6)	0 (0)	0 (0)
	81–100	2 (66.6)	3 (75)	0 (0)	2 (66)	1 (25)	1 (25)	—	—	—
	Отсутствует	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Статистически значимые различия между сравниваемыми группами p < 0,05.*

При клинической оценке состояния ран по стандартизированной шкале оценки MEASURE (основные пункты отражены в таблице 2) прослеживается статистически более быстрая смена фаз раневого процесса в группе ЛЯ-ОС-2 в сравнении с группой ЛЯ-к ($p < 0,05$).

Тенденция к заживлению ран прослеживается во всех группах, однако в группе ЛЯ-ОС-2 она выражена сильнее, в то время как в контрольной группе степень эпителизации выражена значительно меньше.

При цитологическом исследовании в контрольной группе отмечалось увеличение объема межуточного вещества, а также присутствие клеточных элементов с признаками постлучевого патоморфоза. Характерно повышение количества лейкоцитов и элементов хронического воспаления, умеренное содержание нитей фибрина и слабая выраженность сосудистого компонента. Различия цитологической картины в группах сравнения представлены на рисунках 1, 2.

При микроскопии определяется измененный фон препарата. Он представлен обильным количеством гомогенного серозного экссудата, визуализируется инфильтрация сегментоядерными лейкоцитами, указывающая на активную фазу воспалительной реакции. Клеточный состав представлен элементами фибробластического ряда, характеризующимися признаками постлучевого патоморфоза: клеточный и ядерный полиморфизм с явлениями дегенеративных изменений хроматина (глыбчатость, неравномерность распределения). Несмотря на наличие атипичных черт, обусловленных лучевым воздействием, структурная организация клеток сохранена в пределах доброкачественных реактивных изменений.

Фон препарата оценивается как чистый: экссудативный компонент и лейкоциты отсутствуют. В поле зрения определяются организованные скопления (пласты) клеток фибробластического ряда. Клетки демонстрируют признаки реактивных изменений: умеренное увеличение размеров клеток и ядер, базофилия цитоплазмы.

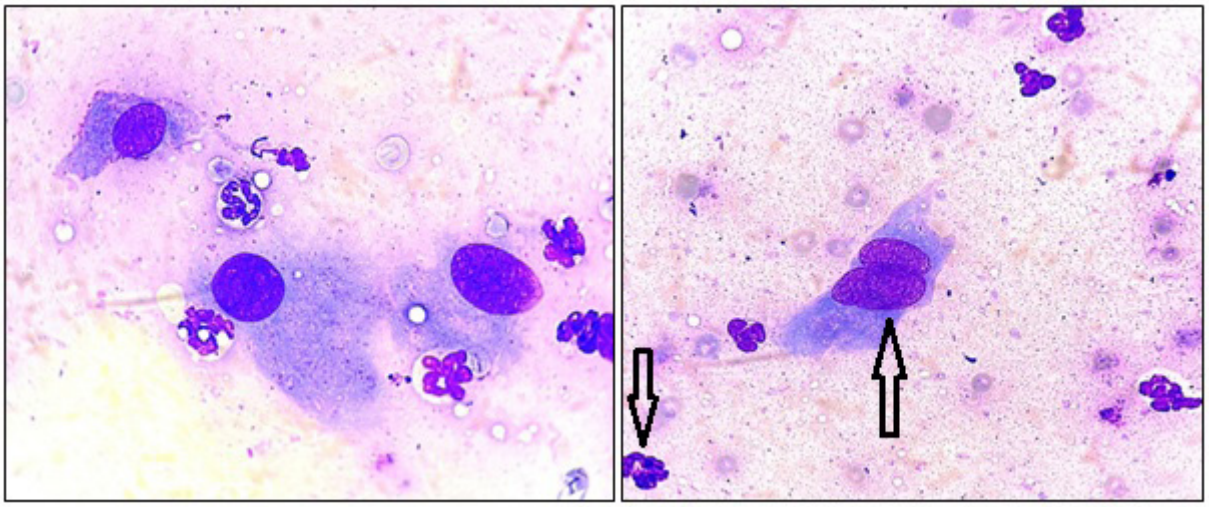


Рисунок 1. Цитологический препарат (группа ЛЯ-к).
Фон препарата — обильный серозный экссудат, лейкоциты, клетки фибробластического ряда с признаками постлучевого патоморфоза (указано стрелкой).
Окраска: по Романовскому. Увеличение: ×1000 (объектив ×100, окуляр ×10)
Figure 1. Cytological preparation (group ЛЯ-к).
Preparation background — abundant serous exudate, leukocytes, fibroblast-like cells with signs of post-radiation pathomorphosis (indicated by the arrow).
Stain: Romanovsky. Magnification: ×1000 (lens ×100, ocular ×10)



Рисунок 2. Цитологический препарат (группа ЛЯ-ОС-2).
Фон препарата чистый, в поле зрения скопления клеток фибробластического ряда с реактивными изменениями.
Окраска: по Романовскому. Увеличение: ×1000 (объектив ×100, окуляр ×10)
Figure 2. Cytological preparation (group ЛЯ-ОС-2).
Preparation background is clear, and there are clusters of fibroblast-like cells with reactive changes per field.
Staining: Romanovsky. Magnification: ×1000 (lens ×100, ocular ×10)

По мере купирования воспалительного процесса отмечалось появление в ране единичных фибробластов с реактивными изменениями, уменьшение количества лейкоцитов, элементов воспаления, увеличение сосудистого компонента. В группах ЛЯ-ОС-1 и ЛЯ-ОС-2 количество элементов воспаления, нейтрофилов уменьшалось быстрее, отмечалось более раннее (уже после 1 сеанса ФДТ) появление фибробластов, уменьшение количества нитей фибрина.

Токсическая зернистость нейтрофилов наблюдалась в меньшей степени. При взятии мазков-отпечатков из ран в контрольной группе клеточный материал отделялся и наносился на

стекло более легко, чем в исследуемых группах, что свидетельствует о более выраженной степени воспалительной реакции в группе ЛЯ–к.

Различия в значениях морфологических показателей на разных этапах лечения представлены в таблице 3.

Таблица 3. Различия в значениях морфологических показателей на разных этапах лечения
Table 3. Differences in the values of morphological indicators at different stages of treatment

Признак	ЛЯ-к **(n = 3)**	ЛЯ-ОС-1 **(n = 4)**	ЛЯ-ОС-2 **(n = 4)**	Критерий значимости, **p**
Лимфоциты				
26-е сутки эксперимента (1 сеанс ФДТ группы ОС-1 и ОС-2)	19 (17.5; 20.5)	18.5 (18; 19)	18.5 (18; 19.25)	p = *0.913*
31-е сутки эксперимента (2 сеанс ФДТ группа ОС-2)	19 (17.5; 20.5)	17.5 (16.75; 18)	17 (16.75; 17.25)	p = 0.546
40-й день эксперимента (окончание)	18 (16.5; 18.5)	16 (15.75; 16)	14 (13.75; 14.25)	p = 0.036. Апостериорные сравнения: $p_{к-ОС1}$ = 0.568 $p_{к-ОС2}$ = 0.05 $p_{ОС1-ОС2}$ = 0.10
Нейтрофилы				
До начала лечения	356 (352; 365)	360 (356.25; 361.25)	352.5 (348.75; 355.25)	p = 0.447
После 1 сеанса ФДТ	356 (352; 365)	119 (117.25; 120.5)	118.5 (117.5; 119.25)	p = 0.0473
После 2-го сеанса ФДТ	249 (244; 257.5)	96.5 (92.25; 99.5)	18.5 (15.5; 20.75)	p = 0.0116 Апостериорные сравнения: $p_{к-ОС1}$ = 0.1762 $p_{к-ОС2}$ = 0.0092 $p_{ОС1-ОС2}$ = 0.176
Соотношение нейтрофилы/лейкоциты				
До начала лечения	17.6 (16.86; 18.55)	19.19 (19.01; 19.51)	19.2 (18.44; 19.54)	p =0.815
После 1 сеанса ФДТ	17.6 (16.86; 18.55)	17.56 (16.37; 19.12)	16.68 (16.29; 16.91)	p = 0.628
После 2-го сеанса ФДТ	17.4 (17.25; 17.75)	14.3 (13.78; 14.8)	9.82 (9.37; 9.93)	p = 0.0116 Апостериорные сравнения: $p_{к-ОС1}$ = 0.176 $p_{к-ОС2}$ = 0.0092 $p_{ОС1-ОС2}$ = 0.176

Как видно из данных таблицы 3, в группе ЛЯ-к количество нейтрофилов в тканях до начала лечения — 356 (352; 365) — было больше, чем в группе ЛЯ-ОС-1 (p = 0,0092) (30,75 (117,25; 120,5)). Данные изменения связаны с динамикой заживления ран, но наилучшие результаты были достигнуты в группе ЛЯ-ОС-2 после 2-го сеанса ФДТ [8], что отражено на рисунке 3.

Повышенный уровень соотношения нейтрофилы/лимфоциты (индекс НЛС) характерен для ранней (острой) стадии воспалительной реакции и уменьшается по мере заживления [9].

Индекс НЛС в тканях в группе ЛЯ-к — 17,4 (17,25; 17,75) был выше, чем в группе ЛЯ-ОС-2 после 2 сеансов ФДТ 9,82 (9,37; 9,93) (p = 0,0092). Лучшие результаты были достигнуты в группе ЛЯ-ОС-2 после 2 сеансов ФДТ.

В 1-е сутки воспалительной реакции в тканях возрастает количество распадающихся нейтрофильных гранулоцитов, после 3 суток в результате резорбции фрагментов нейтрофилов макрофагами количество распадающихся нейтрофилов в тканях уменьшается [10].

Как видно на рисунках, в группе ЛЯ-ОС-2 до начала лечения (рисунок 3А) в стромальном компоненте определяется большое количество нейтрофильных гранулоцитов, отек, мелкие новообразованные сосуды в составе грануляционной ткани. После 1 курса ФДТ количество нейтрофильных гранулоцитов в строме уменьшено, грануляционная ткань более зрелая: увеличивается количество коллагеновых волокон, уменьшается отек, стенки сосудов утолщены (рисунок 3Б). После 2-го курса ФДТ количество нейтрофиль-

ных гранулоцитов в строме значительно уменьшено, грануляционная ткань более зрелая с большим количеством коллагеновых волокон, сосуды более крупные с утолщенными стенками (рисунок 3В).

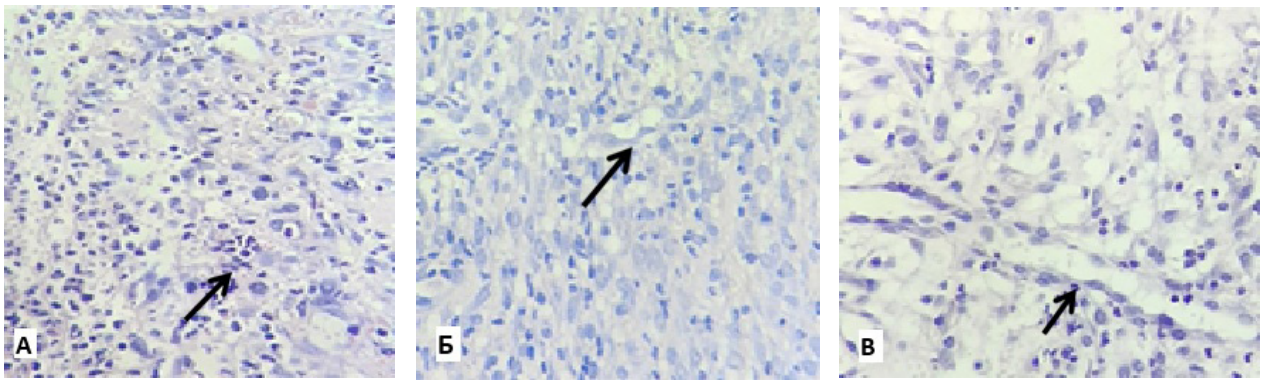


Рисунок 3. Динамика гистологической картины на различных этапах лечения:
А — до начала лечения: в строме повышенное количество нейтрофильных гранулоцитов, новообразованные сосуды в составе грануляционной ткани (указано стрелкой); Б — после 1 сеанса ФДТ: в строме повышенное количество нейтрофильных гранулоцитов, новообразованные сосуды в составе организующейся грануляционной ткани (указано стрелкой); В — после 2 сеансов ФДТ: в строме количество нейтрофильных гранулоцитов уменьшилось, новообразованные сосуды указаны стрелкой.
Окраска: гематоксилин и эозин. Увеличение: ×400 (объектив ×40, окуляр ×10)
Figure 3. Dynamics of the histological picture at various stages of treatment:
A — before treatment: increased number of neutrophilic granulocytes in the stroma, newly formed vessels in the granulation tissue (indicated by the arrow); B — after 1 session of FDT: increased number of neutrophilic granulocytes in the stroma, newly formed vessels in the organizing granulation tissue (indicated by the arrow); C — after 2 PDT sessions: the number of neutrophilic granulocytes in the stroma has decreased, and the newly formed vessels are indicated by the arrow.
Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: ×400 (lens ×40, ocular ×10)

Заключение

Полученные данные подтверждают перспективность ФДТ в лечении постлучевых язв. При попарном сравнении исследовательских и контрольных групп выявлено статистически значимое различие в скорости заживления поражений. Методика способствует регенеративным процессам за счет подавления хронического воспаления, что делает ее эффективным инструментом для дебридмента хронических ран. Помимо этого, ФДТ стимулирует неоангиогенез, индуцирует пролиферацию фибробластов и кератиноцитов, способствуя тем самым созреванию грануляционной ткани. Вместе с тем ФДТ постлучевых язв остается недостаточно изученным направлением, ее применение ограничено в клинической практике и отсутствует в официальных клинических протоколах. Настоящее исследование систематизировало существующие данные и подтвердило, что ФДТ может иметь эффект в комплексном лечении постлучевых язв, обеспечивая полную эпителизацию или ускоряя подготовку тканей к пластическому замещению.

Список литературы / References

1. Пасов В.В., Терехов О.В. Новые подходы в консервативном лечении глубоких поздних лучевых повреждений мягких тканей. *Радиация и риск*. 2010;19(2):58-64.

Pasov VV, Terekhov OV. New approaches in conservative treatment of deep late radiation soft tissue damage. *Radiation and Risk*. 2010;19(2):58-64. (In Russ.).

2. Богданчикова П.В., Набока М.В. Проблемы поздних лучевых повреждений кожи и возможности их лечения. *Научный вестник Омского государственного медицинского университета.* 2024; 4(1):54-63.
DOI: https://doi.org/10.61634/2782-3024-2024-13-54-63

Bogdanchikova PV, Naboka MV. Problems of Late Radiation Skin Damage and Treatment Options. *Scientific Bulletin of Omsk State Medical University*. 2024;4(1):54-63. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.61634/2782-3024-2024-13-54-63

3. Бардычев М.С. Лечение местных лучевых повреждений. *Лечащий врач*.2003;(5):78-79.

Bardychev MS. Treatment of Local Radiation Injuries. *Lechashchiy vrach*.2003;(5):78-79. (In Russ.).

4. Cheng J, Dong J, Fang Y, Zhang X, Dang X. Radiation-induced skin injury: a review of pathophysiology, assessment, management, and re-irradiation protocols. *Front Oncol.* 2026;15:1736717.
DOI: https://doi.org/10.3389/fonc.2025.1736717

5. Полонская А.С., Миченко А.В., Круглова Л.С., Шатохина Е.А., Львов А.Н. Микробиом кожи у онкологических пациентов при зуде и других кожных токсических реакциях на фоне противоопухолевой терапии. *Consilium Medicum.* 2023;25(6):400-405.
DOI: https://doi.org/10.26442/20751753.2023.6.202302

Polonskaya AS, Michenko AV, Kruglova LS, Shatokhina EA, Lvov AN. Skin microbiome in cancer patients with itching and other skin toxic reactions during antitumor therapy. *Consilium Medicum.* 2023;25(6):400-405.
DOI: https://doi.org/10.26442/20751753.2023.6.202302

6. Красносельский Н., Пушкарь Е. Влияние фотодинамической терапии на состояние АО-системы организма у животных с инфицированными лучевыми язвами. *Украинский радиологический журнал.* 2019;27(4):244-249.

Krasnoselsky N, Pushkar E. The effect of photodynamic therapy on the state of the AO system of the body in animals with infected radiation ulcers. *Ukrainian Radiological Journal*. 2019;27(4):244-249. (in Russ.).

7. Славников И.А., Дундаров З.А., Ярец Ю.И. Клинико-морфологические особенности острых и хронических ран. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета.* 2021; 19(1):55-63.
DOI: https://doi.org/10.25298/2221-8785-2021-19-1-55-63

Slavnikov IA, Dundarov ZA, Yarets YuI. Clinical and Morphological Features of Acute and Chronic Wounds. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2021;19(1):55-56. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.25298/2221-8785-2021-19-1-55-63

8. Ларичев А.Б., Чистяков А.Л., Комлев В.Л. Заживление раны и первичная результативность первичного шва в хирургии новообразований мягких тканей головы и шеи. *Раны и раневые инфекции.* 2014;1(1):22-27.

Larichev AB, Chistyakov AL, Komlev VL. Wound healing and primary effectiveness of primary suture in surgery of soft tissue neoplasms of the head and neck. *Wounds and Wound Infections.* 2014;1(1):22-27. (In Russ.).

9. Гринь О.О., Бабаев М.А., Котельникова Е.О., Грекова М.С. и др. Предиктивная значимость гематологических индексов при реконструктивных операциях на аорте: проспективное наблюдательное исследование. *Вестник интенсивной терапии им А.А. Салтанова.* 2024;(1):82-93.
DOI: https://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-1-82-93

Grin OO, Babaev MA, Kotelnikova EO, Grekova MS, et al. Predictive Significance of Hematological Indices in Reconstructive Aortic Surgery: A Prospective Observational Study. *Vestnik Intensivnoy Terapii im. A.A. Saltanova.* 2024;(1):82-93. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-1-82-93

10. Шурыгина И.А., Каня О.В., Дремина Н.Н., Шурыгин М.Г. Способ патоморфологической оценки возраста перенесенного инфаркта миокарда. *Современные технологии в медицине*, 2017;9(2):126-130.
DOI: https://doi.org/10.17691/stm2017.9.2.15

Shurygina IA, Kanya OV, Dremina NN, Shurygin MG. Method of pathomorphological assessment of myocardial infarction age. *Sovremennye tehnologii v medicine 2017*; 9(2):126-130. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.17691/stm2017.9.2.15

Информация об авторах / Information about the authors

Яковенко Алексей Сергеевич, врач онколог-хирург онкологического отделения № 6, У «Гомельский областной клинический онкологический диспансер», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3596-2667
e-mail: Dr.YakovenkoAS@yandex.by

Ачинович Сергей Леонидович, врач-патологоанатом (заведующий) патологоанатомического отделения, У «Гомельский областной клинический онкологический диспансер», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0977-5481
e-mail: ser.achinowitch2017@yandex.ru

Зайцева Лариса Петровна, заведующий централизованной цитологической лабораторией, У «Гомельский областной клинический онкологический диспансер», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7638-9364
e-mail: larysazaitsava2802@gmail.com

Дундаров Залимхан Анварбегович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой хирургических болезней № 2, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8561-691X
e-mail: dundarovz@gmail.com

Alexey S. Yakovenko, Oncologist Surgeon at the Oncology Department No. 6, Gomel Regional Clinical Oncology Centre, Gomel, Belarus
ORCID: 0000-0003-3596-2667
e-mail: Dr.YakovenkoAS@yandex.by

Sergej L. Achinovich, Pathologist, Head of Pathology Department, Gomel Regional Clinical Oncology Centre, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0977-5481
e-mail: ser.achinowitch2017@yandex.ru

Larisa P. Zaitseva, Head of the Centralized Cytology Laboratory, Gomel Regional Clinical Oncology Centre, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7638-9364
e-mail: larysazaitsava2802@gmail.com

Zalimhan A. Dundarov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Surgical Diseases No. 2, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8561-691X
e-mail: dundarovz@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Яковенко Алексей Сергеевич
e-mail: Dr.YakovenkoAS@yandex.by

Alexey S. Yakavenka
e-mail: Dr.YakovenkoAS@yandex.by

Поступила в редакцию / Received 10.03.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 13.05.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

2026;23(3):78–85 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 616.12-008.331.1:616-002-098-052
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-09

Check for updates

Роль воспаления в развитии артериальной гипертензии у пациентов с метаболическим синдромом

Н. М. Вихарева

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Установить роль воспаления в развитии артериальной гипертензии (АГ) у пациентов с метаболическим синдромом (МС).

Материалы и методы. Проведено открытое исследование типа «случай — контроль» с формированием группы 1 (контроль) — 60 пациентов (здоровых доноров) и группы 2 (основная) — 34 пациента с МС и АГ. Всего — 94 пациента. Проведено сравнение сывороточных уровней интерлейкина (IL-1β), интерлейкина-6 (IL-6), интерлейкина-17 (IL-17), фактора некроза опухолей-альфа (ФНО-α), эндотелиальные клетки к экспрессии внутриклеточных адгезионных молекул (ICAM-1) и сосудистых клеточных адгезионных молекул (VCAM-1), фактор хемотаксиса моноцитов-1 (MCP-1) методом иммуноферментного анализа (ИФА).

Результаты. У пациентов с АГ и МС уровень IL-6 ($p < 0,001$), MCP-1 ($p = 0,03$), VCAM ($p = 0,05$), С-реактивного белка (СРБ) ($p = 0,001$), ФНО-α ($p = 0,002$) был выше по сравнению со здоровыми лицами. При сравнении уровня IL-1β ($p = 0,05$) отмечались более высокие показатели в группе здоровых пациентов по сравнению с группой пациентов с МС и АГ. Дальнейшее изучение уровня цитокинов в основной и контрольной группах позволит уточнить эти данные.

Заключение. Повышенный в сыворотке уровень провоспалительных цитокинов, таких как IL-6 ($p < 0,001$), ФНО-α ($p = 0,002$), СРБ ($p = 0,001$) у пациентов с АГ и МС в сравнении с аналогичными показателями в контрольной группе свидетельствует о роли воспаления в развитии АГ. Более того, некоторые цитокины, например IL-6, по-видимому, определяют гипертензивный ответ на ангиотензин II (АТ II), независимо от значений артериального давления (АД). Выявленное увеличение содержания VCAM-1 ($p = 0,05$) и MCP-1 ($p = 0,03$) в крови у пациентов с АГ, ассоциированное с МС, позволяет говорить об участии эндотелиальной дисфункции (ЭД) в патогенезе развития и прогрессирования АГ и может использоваться как лабораторный маркер ЭД [1].

Ключевые слова: *метаболический синдром, воспаление, цитокины, артериальная гипертензия, ожирение*

Благодарность. Автор выражает благодарность сотрудникам учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет»: научному руководителю, профессору, доктору медицинских наук Калинину А. Л. за помощь в разработке дизайна исследования, редакции статьи; старшему преподавателю кафедры медицинской и биологической физики Ковалеву А. А. за помощь в статистической обработке материала; научным сотрудникам научно-исследовательской лаборатории Липской Е. А., Лавреновой А. С., Голубых Н. М. за помощь в постановке проб сывороточных цитокинов и внесении данных в электронную базу.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Источники финансирования. Исследование проведено в рамках государственной научно-технической программы (ГНТП): «Разработать и внедрить метод оценки риска прогрессирования хронических гепатитов и циррозов печени с использованием молекулярно-генетических маркеров» (№ госрегистрации 20221504 от 08.09.2022) и темы кафедры: «Разработать и внедрить в клиническую практику алгоритм диагностики неалкогольной жировой болезни печени и ассоциированных с ней состояний» (№ госрегистрации 20201906 от 29.12.2020). Финансирования тема не имеет.

Для цитирования: *Вихарева НМ. Роль воспаления в развитии артериальной гипертензии у пациентов с метаболическим синдромом. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):78–85. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-09*

© Н. М. Вихарева, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):78–85

The role of inflammation in the development of arterial hypertension in patients with metabolic syndrome

Nadezda M. Vishareva

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To establish the role of inflammation in the development of arterial hypertension (AH) in patients with metabolic syndrome (MS).

Materials and methods. An open case-control study was conducted with the formation of group 1 (control) – 60 patients (healthy donors) and group 2 (main) – 34 patients with MS and AH. A total of 94 patients. A comparison of serum levels of interleukin (IL-1β), interleukin-6 (IL-6), interleukin-17 (IL-17), tumor necrosis factor alpha (TNF-α), endothelial cells to the expression of intracellular adhesion molecules (ICAM-1) and vascular cell adhesion molecules (VCAM-1), monocyte chemotactic factor-1 (MCP-1) was carried out using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA).

Results. In patients with HA and MS, the levels of IL-6 ($p < 0.001$), MCP-1 ($p=0.03$), VCAM ($p=0.05$), CRP ($p=0.001$), and TNF-α ($p=0.002$) were higher compared to healthy individuals. When comparing the level of IL-1β ($p=0.05$), higher values were observed in the group of healthy patients compared to the group of patients with MS and HA. Further study of cytokine levels in the study and control groups will help clarify these data.

Conclusion. Elevated serum levels of proinflammatory cytokines, such as IL-6 ($p<0.001$), TNF-α ($p=0.002$), and CRP ($p=0.001$), in patients with AH and MS compared to similar values in the control group indicate the role of inflammation in the development of hypertension. Moreover, some cytokines, such as IL-6, appear to determine the hypertensive response to angiotensin II, regardless of blood pressure values. The observed increase of VCAM-1 ($p=0.05$) and MCP-1 ($p=0.03$) levels in the blood of patients with AH associated with MS allows us to assess the involvement of endothelial dysfunction (ED) in the pathogenesis of the development and progression of hypertension and can be used as a laboratory marker of ED [1].

Keywords: *metabolic syndrome, inflammation, cytokines, arterial hypertension, obesity*

Acknowledgments. The author expresses gratitude to the staff of Gomel State Medical University: Scientific Supervisor, Professor, Doctor of Medical Sciences A.L. Kalinin for assistance in developing the study design and editing the article; Senior Lecturer at the Department of Medical and Biological Physics Kovelev A.A. for assistance with statistical processing of the material; Researchers at the Research Laboratory Lipskaya E.A., Lavrenova A.S., and Golubykh N.M. for assistance in setting up serum cytokine samples and entering data into the electronic database.

Conflict of Interest. The author declares no conflicts of interest.

Funding. The study was conducted as part of the State Scientific and Technical Program (SSTP): “Develop and Implement a Method for Assessing the Risk of Chronic Hepatitis and Liver Cirrhosis Progression Using Molecular Genetic Markers” (State Registration No. 20221504, dated 08.09.2022) and the Department’s research topic: “Develop and Implement an Algorithm for Diagnosing Non-Alcoholic Fatty Liver Disease and Associated Conditions into Clinical Practice” (State Registration No. 20201906, dated 29.12.2020). This research topic is not funded.

For citation: *Vishareva NM. The role of inflammation in the development of arterial hypertension in patients with metabolic syndrome. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):78–85. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-09*

Введение

Артериальная гипертензия, имеющая значительную распространенность среди населения в целом, является одним из основных компонентов МС. АГ тесно связана с МС посредством патофизиологии, включающей ожирение. Тем не менее она представляет собой основной фактор риска, ответственный за повышение сердечно-сосудистой смертности и заболеваемости [2]. АГ определяется как двухкратное повышение систолического артериального давления (САД) в кабинете врача выше 140 мм рт. ст. и/или диастолического артериального давления (ДАД) выше 90 мм рт. ст., или среднего домашнего АД выше 135/85 мм рт. ст. [2]. МС характеризуется сочетанием метаболических нарушений, включая АГ, гипергликемию, центральное ожирение и дислипидемию [3].

Патогенетическими механизмами развития АГ при МС являются инсулинорезистентность (ИР), центральное / висцеральное ожирение, гиперактивность симпатической нервной системы, активированная ренин-ангиотензиновая система, окислительный стресс, повышенное содержание воспалительных медиаторов и обструктивное апноэ сна.

Основными потенциальными факторами риска развития МС являются абдоминальное ожирение и ИР. Нарушение гликемии натощак и нарушение толерантности к углеводам также считаются частью МС, поскольку они связаны с ИР и является высокопрогностическим фактором

развития сахарного диабета 2 типа (СД2). В мышцах свободные жирные кислоты (СЖК) нарушают активность субстрата инсулинового рецептора-1 (PI3K), что связано с субстратом инсулинового рецептора-1 (IRS-1), препятствуя перемещению транспортеров глюкозы GLUT-4 к поверхности клетки и, следовательно, снижая поглощение глюкозы. Кроме того, СЖК стимулируют глюконеогенез и липогенез в печени. Это приводит к гиперинсулинемии для поддержания нормального уровня глюкозы. Однако со временем происходит снижение уровня инсулина. Липотоксическое действие СЖК на бета-клетки поджелудочной железы усугубляет это снижение. Более того, повышенные концентрации СЖК способствуют синтезу эфиров холестерина и триглицеридов (ТГ), что приводит к образованию липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП), богатых ТГ. Эти изменения уровня липопротеинов характеризуют атерогенную дислипидемию, связанную с ИР при МС [4]. Исследования показали, что инсулин оказывает антинатриуретическое действие, стимулируя реабсорбцию натрия, и, как следствие, это может привести к АГ в рамках МС. Потеря вазодилатирующего эффекта инсулина, вазоконстрикция, вызванная СЖК, и симпатическая гиперактивация приводят к развитию АГ при МС [2].

Недавние исследования показали, что воспаление играет критическую роль в развитии и прогрессировании различных компонентов МС. Повышенные уровни воспалительных биомаркеров, таких как СРБ, IL-6 и ФНО-α, постоянно связывают с ключевыми компонентами МС, включая висцеральное ожирение, ИР и дислипидемию [5]. Эти маркеры указывают на хроническое вялотекущее воспалительное состояние, которое способствует патогенезу СД2 и сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [5].

Фактор некроза опухолей-альфа — широко известный адипоцитокин, синтезируемый клетками гладкой мускулатуры сосудов, адипоцитами и антигенпрезентирующими клетками. Он играет ключевую роль в модулировании как местного, так и системного воспаления, а также влияет на иммунный ответ и ИР. Синтез ФНО-α напрямую коррелирует с массой жировой ткани, и было замечено, что он действует как паракринный медиатор, уменьшая ИР в адипоцитах. ФНО-α нарушает передачу сигналов инсулина как в адипоцитах, так и в гепатоцитах, что приводит к снижению метаболических реакций на инсулин. ФНО-α также способствует развитию ИР, стимулируя липолиз в печени, что, следовательно, повышает уровень СЖК [4].

Интерлейкин-6 — мощный воспалительный цитокин играет решающую роль в развитии ИР и СД2. Макрофаги и адипоциты выделяют IL-6, который регулирует метаболизм липидов и глюкозы и способствует развитию ИР. Повышенные уровни IL-6 наблюдаются в жировой ткани у лиц с СД и ожирением, а также у лиц с МС. Эпидемиологические исследования связывают повышенные концентрации IL-6 с такими состояниями, как АГ, атеросклероз и ССЗ. В исследованиях на мышах хроническое воздействие IL-6 приводило к развитию ИР, сопровождающейся повышением уровня глюкозы в крови. Более того, повышенные уровни IL-6 стимулируют выработку белков острой фазы, таких как СРБ. Примечательно, что высокие уровни СРБ демонстрируют наиболее сильную корреляцию с ССЗ, СД и МС [4].

Внутренняя поверхность сосудов выстлана эндотелием. В физиологических условиях эндотелиальные клетки поддерживают гемостаз за счет «оксида азота (NO) — мощного вазодилататора». Но функция эндотелия чувствительна к метаболическим и воспалительным изменениям в местной среде [6]. Эндотелий активируется под действием воспалительных агентов, таких как ФНО-α, хемокинов (MCP-1), липополисахоридов и окисленных ЛПНП. В этом состоянии эндотелиальные клетки увеличивают экспрессию клеток адгезии (E-селектин, VCAM, ICAM), которые опосредуют привлечение лейкоцитов к местам повреждения тканей и инфекции. При стихании воспаления происходит снижение клеток адгезии, уровень которых может являться маркером воспаления [7].

Цель исследования

Установить роль воспаления в развитии АГ у пациентов с МС.

Материалы и методы

Проведено открытое исследование типа «случай — контроль» с формированием группы 1 (контроль) — 60 пациентов, средний возраст которых составил 35,7 года [18,00; 55,00] (доноров, сдававших кровь на базе государственного учреждения «Гомельский областной центр трансфузиологии») и группы 2 (основная) — 34 пациента с МС и АГ, средний возраст — 46,7 года [20,00; 69,00] (пациенты обследовались на базе государственного учреждения здравоохранения «Гомельская городская клиническая больница № 1» и общества с дополнительной ответственностью «Семья и здоровье»). Всего — 94 пациента.

Все пациенты, включенные в исследование, были обследованы в соответствии с действующими протоколами по ведению пациентов с МС и АГ (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь «Об утверждении

некоторых клинических протоколов диагностики и лечения заболеваний системы кровообращения» от 1 июня 2017 г. № 59).

В исследование включались здоровые добровольцы и пациенты в возрасте старше 18 лет с МС и АГ, подписавшие информированное согласие, одобренное этическим комитетом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет». Критериями МС являлось наличие изменений в трех из следующих показателей:

— окружность талии (≥ 102 см и ≥ 88 см (для европейских мужчин и женщин соответственно));

— повышенный уровень ТГ (≥ 150 мг/дл, ≥ 1,7 ммоль/л);

— пониженный уровень ЛПВП-холестерина (< 40 мг/дл (< 1,0 ммоль/л) и < 50 мг/дл (< 1,2 ммоль/л) (для европейских мужчин и женщин соответственно));

— повышенный уровень глюкозы натощак (≥ 5,6 ммоль/л) или СД2;

— высокое кровяное давление (≥ 130/85 мм рт. ст.) [8].

Всем пациентам проводилось полное клинико-лабораторное обследование с помощью клинических, инструментальных и лабораторных методов: общий анализ мочи, общий и биохимический анализ крови: аспартатаминотрансфераза (АсАТ), аланинаминотрансфераза (АлАТ), лактатдегидрогеназа (ЛДГ), щелочная фосфатаза (ЩФ), гамма-глутамилтрансфераза (ГГТП), СРБ количественным методом, общий белок, альбумин, белковые фракции, соотношение АлАТ/АсАТ, общий и прямой билирубин, глюкоза, гликированный гемоглобин, креатинин, мочевина, общий холестерин и фракции, ТГ, коэффициент атерогенности; уровень сывороточного железа, инсулин (расчет индекса ИР), проводилось вычисление индекса HOMA-IR, а также скорости клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле MDRD, определение уровня цитокинов (IL-1β, IL-6, IL-17, TNFα). Для подтверждения дисфункции эндотелиальных клеток определяли уровень экспрессии внутриклеточных адгезионных молекул (ICAM-1) и сосудистых клеточных адгезионных молекул (VCAM-1), фактора хемотаксиса моноцитов-1 (MCP-1). В комплекс обязательного инструментального исследования входили: электрокардиография, эхокардиография с определением толщины субэпикардиального ожирения, ультразвуковое дуплексное сканирование экстракраниального отдела брахицефальных артерий, рентгенография органов грудной клетки, ультразвуковое исследование органов брюшной полости и почек, по показаниям суточное мониторирование АД, осмотр окулиста, ультразвуковое исследование щитовидной железы. В основной и контрольной группах проводилась оценка продольной деформации миокарда левого желудочка.

Было проведено сравнение сывороточных уровней IL-1β, IL-6, IL-17, ФНОα, ICAM-1, VCAM-1, MCP-1 у пациентов с МС и АГ и здоровых добровольцев, а также сравнение двух независимых групп по полу и возрасту.

Взятие крови проводили в вакуумную систему типа Vacuette с ЭДТА в соответствии со стандартной методикой. ИФА проведен с применением микропланшетного фотометра Sunrise Tecan (Австрия). С помощью метода ИФА определена концентрация следующих маркеров:

— ФНО-α, используя набор реагентов «альфа-ФНО-ИФА-БЕСТ» (производства ВЕКТОР-БЕСТ, РФ) согласно инструкции производителя (диапазон обнаружения — 0-250 пг/мл, чувствительность — 1,0 пг/мл);

— IL-17, используя набор реагентов Human Interieukin-17 (IL-17) ELISA KIT (Fine Test, Китай) (производства SunRed, США) согласно инструкции производителя (диапазон обнаружения — 15–1000 пг/мл, чувствительность — 12,013 пг/мл);

— Human IL-1β, используя набор реагентов (Interleukin 1 Beta) ELISA KIT (Fine Test, Китай) согласно инструкции производителя (диапазон обнаружения — 3,906–250 пг/мл, чувствительность — 2,344 пг/мл);

— VCAM-1, используя набор реагентов Human Vasculla cell adhesion molecule 1 ELISA KIT (VCAM-1) (производства BT LAB, Китай) согласно инструкции производителя (диапазон обнаружения — 0,5-200 нг/мл, чувствительность — 0,23 нг/мл);

— IL-6, используя набор реагентов «Интерлейкин-ИФА-БЕСТ» (производства ВЕКТОР-БЕСТ, РФ) согласно инструкции производителя (диапазон обнаружения — 0–300 пг/мл, чувствительность — 0,5 пг/мл);

— ICAM-1, используя набор реагентов Human intercellular cell adhesion molecule 1 ELISA KIT (ICAM-1) (производства BT LAB, Китай) согласно инструкции производителя (диапазон обнаружения — 20–6000 нг/мл, чувствительность — 9,56 нг/мл);

— MCP-1, используя набор реагентов Human (MCP-1/MCAF) ELISA KIT (производства SunRed, США) согласно инструкции производителя (диапазон обнаружения — 4-1000 нг/мл, чувствительность — 3,772 нг/мл);

— СРБ, используя набор реагентов «СРБ-ИФА-БЕСТ высокочувствительный» (производства ВЕКТОР-БЕСТ, РФ) согласно инструкции производителя (диапазон обнаружения — 0–10 МЕ/л, чувствительность — 0,95 МЕ/л).

Анализ данных выполнен в среде R. Нормальность распределения определяли с помощью теста Шапиро — Уилка. Так как распределение всех признаков отлично от нормального, предпочтительно применение непараметрических методов анализа и предоставления результатов. Далее был проведен тест Манна — Уитни: непараметрический тест для сравнения двух независимых выборок по количественному признаку.

Результаты анализа считаются статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Медиана возраста в группе контроля составляет 36,00 [Q_{25} — 28.25, Q_{75} — 42,5], n = 58. Медиана возраста в основной группе составляет 47,0 [Q_{25} — 38,0, Q_{75} — 59,0], n = 33. Всего — 40,00 [Q_{25} — 32,00; Q_{75} — 47,00], n = 91 [9].

Далее было проведено сравнение пациентов по полу (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение по полу пациентов с метаболическим синдромом и артериальной гипертензией и пациентов без признаков метаболического синдрома
Table 1. Comparison by gender of patients with metabolic syndrome and arterial hypertension and patients without signs of metabolic syndrome

Пол	Группа 1 (контроль), n (%)	Группа 2 (основная), n (%)	Всего, n (%)
Мужской	35 (58,3)	13 (38,2)	48 (51,1)
Женский	25 (41,7)	21 (61,8)	46 (48,9)

Исходя из данных таблицы 1, в группе контроля превалируют мужчины (58,3 %), в основной группе — женщины (61,8 %), что соответствует распространенности ожирения по половому признаку в Республике Беларусь.

По данным Белстата за 2016 г,. в Беларуси около 26 % людей страдают лишним весом, хотя еще в 2011 г. число таких пациентов достигало 21 %, висцеральное ожирение зафиксировано у 42 % мужчин и 63,5 % женщин. Для сравнения: распространенность ожирения среди населения Российской Федерации достаточно высокая и продолжает увеличиваться. Так, среди мужчин распространенность возросла с 10,8 % в 1993 г. до 27,9 % в 2017 г., среди женщин — с 26,4 до 31,8 % соответственно. Абдоминальное (висцеральное) ожирение в 2017 г. было зафиксировано у 24,5 % мужчин и 39,2 % женщин в возрасте 25–64 лет [10].

Сравнение сывороточных уровней маркеров у пациентов с МС и АГ и контрольной группы представлено в таблице 2.

Таблица 2. Сравнение сывороточных уровней маркеров у пациентов с метаболическим синдромом и артериальной гипертензией и контрольной группы
Table 2. Comparison of serum marker levels in patients with metabolic syndrome and arterial hypertension and the control group

Признак	Группа 1		Группа 2		P
	Me	$Q_{25} – Q_{75}$	Me	$Q_{25} – Q_{75}$	
ICAM-1	467,59	(412,5; 719,44); n = 56	544,44	(459,26; 731,48); n = 33	0,156
VCAM-1	16,22	(9,88; 31,82); n = 56	24,75	(18, 33,81); n = 33	0,050
IL-17	42,25	(34,38; 60,38); n = 57	50,38	(32,66; 57,25); n = 33	0,94
IL-1β	21,49	(0; 268.18); n = 55	6,04	(0; 37,3); n = 33	0,05
IL-6	1,08	(0,86; 1,43); n = 56	1,69	(1.21; 3.78); n = 33	< 0,001
MCP-1	66,79	(57,3; 112,97); n = 57	114,59	(67,72; 138,92); n = 33	0,03
СРБ	4,73	(2,46; 12,01); n = 56	23,04	(10,75; 59,12); n = 33	< 0,001
ФНО-α	0	(0; 0); n = 56	0	(0; 0); n = 33	0,002

По данным таблицы 2, у пациентов с АГ и МС уровень IL-6 ($p < 0,001$), MCP-1 ($p = 0,03$), VCAM ($p = 0,05$), СРБ ($p = 0,001$), ФНО-α ($p = 0,002$) был выше по сравнению со здоровыми лицами. Получены значимые статистические различия для IL-6, MCP-1, СРБ, ФНО-α. При сравнении уровня

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):78–85

IL-1β (p = 0,05), отмечались более высокие показатели в группе здоровых лиц по сравнению с группой пациентов с МС и АГ.

Хроническое повышение АД может быть результатом положительной обратной связи между AT II и симпатической активацией. Рецептор AT II 1 (AT1P) экспрессируется в церебральных сосудах, околожелудочковых органах, областях мозга, в которых отсутствует гематоэнцефалический барьер, и нейронах. В нормальных физиологических условиях AT II не проникает в паренхиму мозга. Однако при АГ, когда гематоэнцефалический барьер в паравентрикулярном ядре гипоталамуса (PVN) нарушен, AT II может активировать нейрональный AT1P, что приводит к выработке провоспалительных цитокинов, таких как ФНО-α, IL-1β и IL-6. Эти воспалительные цитокины способствуют возбуждению нейронов в модели АГ, вызванной AT II. Более того, микроинъекция ФНО-α в паравентрикулярное ядро гипоталамуса (PVN) повышала среднее АД и активность почечных симпатических нервов как у нормотензивных, так и у гипертензивных крыс [11]. В нашем исследовании отмечается значительные различия уровня ФНО-α в группе контроля и группе сравнения (p = 0,002).

Так, Э. И. Полозова и соавторы провели оценку взаимосвязи иммунных нарушений, гипоксии и воспаления при АГ в условиях метаболических нарушений. Клиническое исследование включало 117 пациентов. Группа контроля включала 25 практически здоровых лиц, не имеющих признаков МС и повышения АД. Группа сравнения состояла из 47 пациентов с АГ I–II степени с поражением органов-мишеней, но не имевших ассоциированных клинических состояний согласно проведенным обследованиям. Заметное повышение уровня цитокинов было у пациентов с АГ и МС по сравнению с контрольной группой (практически здоровых лиц без признаков АГ и МС). В частности, уровень IL-1β увеличился на 349 % (p < 0,001), IL-6 — на 162 % (p < 0,001), IL-8 — на 191 % (p < 0,001), а ФНОα — на 59 % (p < 0,001) по сравнению с аналогичными показателями в контрольной группе [12].

В шести исследованиях (10 406 участников, 2932 случая заболевания) изучалась связь IL-6 с возникновением АГ. Разница между самым высоким и самым низким квартилем циркулирующего IL-6 была связана со значимым отношением рисков / относительным риском развития АГ (ОР/ОР) (1,61, 95 % ДИ: 1,00–2,60; I^2 = 87 %). После корректировки на потенциальные факторы, влияющие на результат, включая индекс массы тела (ИМТ), ОР/ОР перестал быть значимым (ОР/ОР: 1,24; 95 % ДИ: 0,96–1,61; I^2 = 56 %). Что касается IL-1β, то многофакторный анализ (ОР/ОР: 0,97, 95 % ДИ: 0,60–1,56; n = 2) не выявил значимой связи с риском развития АГ. Небольшое количество исследований содержат предположение о том, что более высокий уровень IL-6, но не IL-1β, может быть связан с развитием АГ [13].

Так, IL-6 способствует развитию АГ посредством различных механизмов, включая ЭД, стимуляцию ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, активацию симпатической нервной системы и прямое воздействие на почечные натриевые (Na+) каналы [14]. Уровень IL-6 снижается под действием спиронолактона, что предполагает, что активация минералокортикоидного рецептора способствует повышению уровня IL-6 [14].

В нашем исследовании медианные значения IL-6 в группе пациентов с АГ и МС (1,21; 3,78) превышали значения в группе контроля (0,86; 1,43), получены статистически значимые различия (p < 0,001). При сравнении медианных значений IL-1β в основной группе и группе контроля получена тенденция к увеличению уровня IL-1β (p = 0,05) в группе здоровых пациентов, что свидетельствует о том, что IL-1β не может быть связан с развитием гипертонии.

Основной причиной сосудистых осложнений, связанных с АГ, является ЭД, характеризующаяся повышенной экспрессией молекул адгезии, таких как межклеточная молекула адгезии-1 (ICAM-1) и сосудистая клеточная молекула адгезии-1 (VCAM-1). Повышенные уровни этих молекул связаны с сосудистым воспалением, привлечением лейкоцитов и атеросклерозом, что делает их потенциальными биомаркерами активации эндотелия. Группа исследователей (Г. Д. Джон и соавторы) оценивала уровни ICAM-1 и VCAM-1 в сыворотке крови у пациентов с АГ, сравнивая их с показателями в контрольной группе — без АГ (Порт-Харкорт, Нигерия). Было проведено поперечное сравнительное исследование с участием 200 человек, включая 100 пациентов с АГ и 100 здоровых лиц из контрольной группы. Было собрано 5 мл венозной крови от каждого пациента, уровни ICAM-1 и VCAM-1 в сыворотке крови определялись с помощью ИФА (ELISA). У пациентов с АГ наблюдалось значительное повышение уровней ICAM-1 (621,11±3,70 нг/мл) и VCAM-1 (166,52±2,43 нг/мл) по сравнению с контрольной группой (503,82±2,62 нг/мл и 122,61±2,15 нг/мл соответственно; p < 0,0001). Значимых различий между мужчинами и женщинами не наблюдалось (p > 0,05). Аналогично у пациентов с АГ, получавших лечение, наблюдались несколько более низкие уровни ICAM-1 и VCAM-1 по сравнению с нелеченными пациентами, хотя и не статистически значимые. Полученные результаты подтверждают, что АГ связана с активацией эндотелия,

что отражается в повышении уровня молекул адгезии [15].

В нашем исследовании отмечается превышение медианных значений VCAM-1 в группе пациентов с АГ и МС (18; 33,81) по сравнению с пациентами в группе контроля (9,88; 31,82), p = 0,050. Отмечается повышение уровня ICAM-1 в группе с пациентов с АГ (459,26; 731,48) по сравнению с группой контроля (412,5; 719,44), но статистической разницы не выявлено (p = 0,156).

Итальянская группа исследовала взаимосвязь CCL2 (MCP-1) у 140 человек с АГ и 140 человек без АГ. Медианные значения MCP-1 были значительно выше в группе пациентов с АГ. Многофакторная линейная регрессия с учетом основных факторов, таких как ИМТ, возраст, уровень креатинина, холестерина, ТГ, САД и ДАД, показала, что только последние два параметра (САД и ДАД) были связаны с уровнями MCP-1, независимо от других ковариант. При большем количестве сопутствующих заболеваний наблюдается тенденция к повышению уровня MCP-1. Были выявлены устойчивые ассоциации MCP-1 с семейным анамнезом ишемической болезни сердца, гиперхолестеринемией, диабетом и МС [16].

В нашем исследовании отмечается превышение медианных значений MCP-1 в группе пациентов с АГ и МС (67,72; 138,92) по сравнению с пациентами в группе контроля (57,3; 112,97), получены статистически значимые различия (p = 0,03).

Заключение

Повышенный в сыворотке уровень провоспалительных цитокинов, таких как IL-6 (p < 0,001), ФНО-α (p = 0,002), СРБ (p = 0,001) у пациентов с АГ и МС в сравнении с аналогичными показателями в контрольной группе свидетельствует о роли воспаления в развитии АГ. Более того, некоторые цитокины, например IL-6, по-видимому, определяют гипертензивный ответ на АТ II независимо от значений АД. Выявленное увеличение содержания VCAM-1 (p = 0,05) и MCP-1 (p = 0,03) в крови у пациентов с АГ, ассоциированное с МС, позволяет говорить об участии ЭД в патогенезе развития и прогрессирования АГ и может использоваться как лабораторный маркер ЭД [1]. Понимание АГ как воспалительной патологии обосновывает назначение патогенетической терапии.

Список литературы/ References

1. Вихарева Н.М., Калинин А.Л., Ковалев А.А. и др. Роль эндотелиальной дисфункции в развитии артериальной гипертензии. В: Актуальные проблемы медицины: Сборник научных статей Республиканской научно-практической конференции с международным участием, Гомель, 10 окт. 2025 года. Гомель: ГомГМУ; 2025. С. 20-24.

Vikhareva NM, Kalinin AL, Kovalev AA, et al. The role of endothelial dysfunction in the development of arterial hypertension. In: Actual problems of medicine: Collection of scientific articles of the Republican scientific and practical conference with international participation, Gomel, October 10, 2025. - Gomel: Gomel State Medical University; 2025. P. 20-24. (In Russ.).

2. Stanciu S, Rusu E, Miricescu D, et al. Links between Metabolic Syndrome and Hypertension: The Relationship with the Current Antidiabetic Drugs. *Metabolites*. 2023 Jan 5;13(1):87. DOI: https://doi.org/10.3390/metabo13010087

3. Ramezankhani A, Tohidi M, Hadaegh F. Association between the systemic immune-inflammation index and metabolic syndrome and its components: results from the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). *Cardiovasc Diabetol*. 2025 Feb 15;24(1):78.
DOI: https://doi.org/10.1186/s12933-025-02629-4

4. Morgado F, Valado A, Metello J, Pereira L. Laboratory markers of metabolic syndrome. *Explor Cardiol*. 2024;2:114-133. DOI: https://doi.org/10.37349/ec.2024.00026

5. Fahed G, Aoun L, Bou Zerdan M, et al. Metabolic Syndrome: Updates on Pathophysiology and Management in 2021. *Int J Mol Sci*. 2022 Jan 12;23(2):786.
DOI: https://doi.org/10.3390/ijms23020786

6. Józkowiak M, Niebora J, Domagała D, et al. New insights into endothelial cell physiology and pathophysiology. *Biomed Pharmacother*. 2025 Sep; 190:118415.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.biopha.2025.118415

7. Rahimi M, Faridi L, Nikniaz L, et al. Effect of Endothelial Adhesion Molecules on Atrial Fibrillation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Heart Int*. 2022 Aug 31;16(2):75-84.
DOI: https://doi.org/10.17925/HI.2022.16.2.75

8. Morgado F, Valado A, Metello J, Pereira L. Laboratory markers of metabolic syndrome. *Explor Cardiol*. 2024;2:114-133. DOI: https://doi.org/10.37349/ec.2024.00026

9. Burrello J, Monticone S, Losano I, et al. Prevalence of Hypokalemia and Primary Aldosteronism in 5100 Patients Referred to a Tertiary Hypertension Unit. *Hypertension*. 2020 Apr;75(4):1025-1033.
DOI: https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.14063

10. Алфёрова В.И., Мустафина С.В. Распространенность ожирения во взрослой популяции Российской Федерации (обзор литературы). *Ожирение и метаболизм*. 2022;19(1):96-105.
DOI: https://doi.org/10.14341/omet12809

Alferova VI, Mustafina SV. Prevalence of obesity in the adult population of the Russian Federation (literature review). *Obesity and Metabolism*. 2022; 19(1):96-105.
DOI: https://doi.org/10.14341/omet12809

11. Garcia Fragas M, Gastão Davanzo G. Cross-Talk between TNF-α and Angiotensin II in the Neural Control of Hypertension. *J. Neurosci*. 2021;41(36):7512-7513;
DOI: https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0193-21.2021

12. Полозова Э.И., Пузанова Е.В., Сеськина А.А. «Взаимосвязь иммунологических нарушений, гипоксии и воспаления при артериальной гипертензии и метаболическом синдроме». *Медицинская иммунология*. 2020;22(5):1003-1008.
DOI: https://doi.org/10.15789/1563-0625-RBI-2059

Polozova EI, Puzanova EV, Seskina AA. “Relationship between immunological alterations, hypoxia and inflammation in arterial hypertension combined with metabolic syndrome”. *Medical Immunology=Meditsinskaya Immunologiya.* 2020;22(5):1003-1008. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.15789/1563-0625-RBI-2059

13. Caiazzo E, Sharma M, Asma O.M. Rezig, et al. Circulating cytokines and risk of developing hypertension:

A systematic review and meta-analysis. *Pharmacological Research*. 2024;200:107050.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.phrs.2023.107050

14. Thangaraj SS, Oxlund CS, Fonseca MPD, et al. The mineralocorticoid receptor blocker spironolactone lowers plasma interferon-γ and interleukin-6 in patients with type 2 diabetes and treatment-resistant hypertension. *J Hypertens*. 2022 Jan 1;40(1):153-162.
DOI: https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002990

15. John GD, Jeremiah ZA, Echonwere-Uwikor B.E. Assessment of Endothelial Cell Adhesion Molecules in Hypertensive Patients in Port Harcourt, Nigeria. *International Journal of Research and Reports in Hematology*. 2025;8(2):338-343.
DOI: https://doi.org/10.9734/ijr2h/2025/v8i2194

16. Cortez A, Muxfeldt E. Monocyte chemoattractant protein-1 and hypertension. *Hipertensión y Riesgo Vascular*. 2022;39(1):14-23.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.hipert.2021.11.003

Информация об авторе / Information about the author

Вихарева Надежда Михайловна, старший преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3743-3697
e-mail: nadin.vik.2710@gmail.com

Nadezda M. Vishareva, Senior Lecturer at the Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3743-3697
e-mail: nadin.vik.2710@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Вихарева Надежда Михайловна
e-mail: nadin.vik.2710@gmail.com

Nadezda M. Vishareva
e-mail: nadin.vik.2710@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 25.03.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 07.07.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

2026;23(3):86–95 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 578.891:578.2'21:578.4(047.31)
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-10

Check for updates

NS5A-мутации резистентности при ВГС-моноинфекции и коинфекции ВГС/ВИЧ после неэффективного лечения

А. Д. Коско, Е. Л. Гасич

Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, г. Минск, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Провести сравнительный анализ частоты и спектра мутаций устойчивости к ингибиторам NS5A у пациентов с моноинфекцией вирусом гепатита С (ВГС) и коинфекцией ВГС/ВИЧ при неэффективности терапии препаратами прямого противовирусного действия (ППВД).

Материалы и методы. В исследование включены 180 пациентов с коинфекцией ВГС/ВИЧ и 180 пациентов с моноинфекцией ВГС с рецидивом или реинфекцией после терапии, содержащей ингибиторы NS5A. Проведен частотный подбор групп по полу, возрасту и субтипу ВГС. Генотипирование ВГС и определение мутаций резистентности выполняли методом секвенирования по Сэнгеру фрагментов генома Core/E1 и NS5A.

Результаты. В структуре этиологических факторов вирусологической неудачи у пациентов с коинфекцией ВИЧ установлено доминирование субтипа 3а ВГС (53,9 %). Суммарная частота выявления мутаций, ассоциированных с резистентностью (Resistance-Associated Substitutions, RAS) в регионе NS5A, составила 60,6 % при коинфекции ВИЧ и 66,1 % — при моноинфекции ВГС (p = 0,283). Выявлены выраженные субтип-специфические межгрупповые различия в спектре мутаций для субтипов 1a, 1b и 3a. В случае субтипа 3a у моноинфицированных пациентов превалировали клинически значимые высокорезистентные штаммы (A30K/S, Y93H и их комбинации с A62), а при коинфекции ВИЧ — полиморфизмы, ассоциированные со снижением чувствительности (преимущественно A62). Для субтипа 1b при моноинфекции чаще встречались RAS высокой значимости с ведущей ролью Y93H, при коинфекции — сложные профили (A30Q + L31M + Y93H). Для субтипа 1a при коинфекции доминировали высокорезистентные варианты (Q30R, Y93C), при моноинфекции — мутации умеренной значимости (M28T, L31V).

Заключение. Общая частота выявления мутаций резистентности в гене NS5A значимо не различалась между группами коинфекции ВИЧ и моноинфекции ВГС. Однако спектры этих мутаций существенно зависели как от субтипа вируса, так и от наличия ВИЧ-коинфекции. Полученные данные указывают на необходимость определения мутаций резистентности перед повторными курсами терапии у пациентов с предшествующей вирусологической неудачей.

Ключевые слова: *вирус гепатита С, коинфекция ВГС/ВИЧ, ингибиторы NS5A, мутации резистентности*

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках задания 4.2.49 «Изучить современные эпидемиологические и молекулярно-генетические аспекты циркуляции вируса гепатита С в условиях воздействия внешних факторов — противовирусной терапии и миграции населения», подпрограмма «Фундаментальные основы медицины» ГПНИ «Экспериментальная медицина и медицинские биотехнологии» (номер государственной регистрации 20250244 от 24.03.2025).

Для цитирования: *Коско АД, Гасич ЕЛ. NS5A-мутации резистентности при ВГС-моноинфекции и коинфекции ВГС/ВИЧ после неэффективного лечения. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):86–95. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-10*

© А. Д. Коско, Е. Л. Гасич, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):86–95

NS5A resistance mutations in HCV monoinfection and HCV/HIV coinfection after ineffective therapy

Anastasiya D. Kasko, Elena L. Gasich

Republican Centre for Hygiene, Epidemiology and Public Health, Minsk, Belarus

Abstract

Objective. To conduct a comparative analysis of the frequency and spectrum of resistance mutations to NS5A inhibitors in patients with hepatitis C virus (HCV) monoinfection and HCV/HIV coinfection after failed treatment with direct-acting antiviral drugs.

Materials and methods. The study included 180 patients with HCV/HIV coinfection and 180 patients with HCV monoinfection who relapsed or reinfected after therapy containing NS5A inhibitors. Frequency matching was performed across groups by gender, age, and HCV subtype. HCV genotyping and resistance mutation detection were performed using Sanger sequencing of Core/E1 and NS5A genome fragments.

Results. HCV subtype 3a was found to be dominant (53.9%) among the etiologic factors of virological failure in patients with HIV coinfection. The overall frequency of Resistance-Associated Substitutions (RAS) detection in the NS5A region was 60.6% in HIV coinfection and 66.1% in HCV monoinfection (p=0.283). Significant subtype-specific intergroup differences in the mutation spectrum were revealed for subtypes 1a, 1b, and 3a. In the case of subtype 3a, clinically significant highly resistant strains (A30K/S, Y93H, and their combinations with A62) prevailed in monoinfected patients, while polymorphisms associated with decreased sensitivity (mainly A62) prevailed in HIV coinfection. For subtype 1b, high-significance RAS with a leading role played by Y93H were more common in monoinfection, while complex profiles (A30Q+L31M±Y93H) were found in coinfection. For subtype 1a, highly resistant variants (Q30R, Y93C) predominated in coinfection, while mutations of moderate significance (M28T, L31V) predominated in monoinfection.

Conclusion. The overall frequency of detection of resistance mutations in the NS5A gene did not differ significantly between the HIV coinfection and HCV monoinfection groups. However, the patterns of these mutations significantly depended on both the viral subtype and the presence of HIV coinfection. These data indicate the need to identify resistance mutations before repeat courses of therapy in patients with prior virological failure.

Keywords: *hepatitis C virus, HCV/HIV coinfection, NS5A inhibitors, resistance mutations*

Author contributions. All authors made a significant contribution to the search and analytical work and to the preparation of the manuscript, read and approved the final version for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was carried out as part of the task 4.2.49 “To study modern epidemiological and molecular genetic aspects of the circulation of the hepatitis C virus under the influence of external factors – antiviral therapy and population migration” subprogram "Fundamental Principles of Medicine" of the State Program for Scientific Research “Experimental Medicine and Medical Biotechnologies” (State registration No. 20250244 dated 24.03.2025).

For citation: *Kasko AD, Gasich EL. NS5A resistance mutations in HCV monoinfection and HCV/HIV coinfection after ineffective therapy. Health and Ecology Issues*. 2026;23(3):86–95. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-10

Введение

Сочетанное течение гепатита С (ВГС) и инфекции, вызванной вирусом иммунодеицита человека (ВИЧ-инфекция) обусловлено едиными гемоконтактными путями заражения и характеризуется взаимным отягощением патогенетических механизмов. Наличие ВИЧ-инфекции снижает вероятность спонтанной элиминации ВГС и ускоряет прогрессирование фиброза печени, повышая риск развития цирроза и гепатоцеллюлярной карциномы. Коинфекция, в свою очередь, увеличивает вирусную нагрузку ВГС и риск его передачи. Эффективное ведение таких пациентов основано на своевременном назначении антиретровирусной терапии (АРТ) и современных лекарственных средств прямого противовирусного действия (direct acting antivirals (DAA) — ПППД [1]. В странах бывшего Советского Союза, включая Беларусь, отмечается высокая распространенность генотипа 3а, что требует мониторинга резистентности с учетом региональных особенностей [2].

Несмотря на высокую эффективность современных схем лечения, у определенной когорты пациентов с хроническим гепатитом С (примерно 2–5 %) регистрируется отсутствие устойчивого вирусологического ответа. Ведущим механизмом, лежащим в основе снижения эффективности лечения, является накопление ассоциированных с резистентностью замен (resistance-associated substitutions (RAS)) в генах, кодирующих белки-мишени противовирусных препаратов (NS3/4A, NS5A и NS5B) [3].

Наличие RAS ограничивает эффективность последующих курсов лечения, что делает их определение критически важным при планировании повторной терапии. Это особенно актуально для пациентов с коинфекцией ВГС/ВИЧ, у которых риск быстрого прогрессирования заболеваний печени значительно выше.

Цель исследования

Провести сравнительный анализ частоты и спектра мутаций устойчивости к ингибиторам NS5A у пациентов с моноинфекцией ВГС и коинфекцией ВГС/ВИЧ при неэффективности терапии ПППД.

Материалы и методы

Объект исследования — образцы плазмы крови от 360 пациентов (180 — с коинфекцией ВГС/ВИЧ, 180 — с моноинфекцией ВГС), поступившие в 2018–2025 гг. из всех регионов Республики Беларусь. Группы сопоставлены методом частотного подбора по полу, возрасту (с допустимым отклонением ±5 лет) и субтипу ВГС. Критерии включения:

— рецидив или реинфекция после завершения терапии, содержащей ингибиторы NS5A (даклатасвир, велпатасвир, ледипасвир) в составе комбинаций: даклатасвир + софосбувир, ледипасвир + софосбувир или велпатасвир + софосбувир;

— отсутствие лечения ПППД в течение ≥ 3 месяцев до взятия образца.

Генотипирование (Core/E1) и определение RAS (NS5A) выполняли секвенированием по Сэнгеру согласно ранее описанным методикам [4]. После идентификации субтипа ВГС выполнялось определение RAS к ингибиторам NS5A белка согласно опубликованным методикам [5]. Анализ RAS проводили с использованием онлайн-алгоритма geno2pheno HCV v.0.92 (https://hcv.geno2pheno.org/). Замены классифицировали как «высокорезистентные» (high-level resistance), если мутации ассоциировались с клинической неудачей (Y93H, A30K/S, Q30R, L31M + V + Y93H и др.), и «со сниженной восприимчивостью» (reduced susceptibility) — замены с недостаточно доказанной клинической значимостью (A62, M28V без сочетанных мутаций, A92T или варианты, значимые для других генотипов ВГС) [6].

Статистическую обработку данных выполняли в программе Statistica, v.10. Оценку значимости различий частотных показателей в двух независимых группах проводили с помощью критерия χ^2 Пирсона (при частотах < 5 использовали точный критерий Фишера). Данные представлены в виде долей (%) и стандартной ошибки доли (m), а также абсолютных значений (n/N). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Схема исследования представлена на рисунке 1.

Результаты и обсуждение

В обеих исследуемых группах преобладали мужчины — 131 человек (72,8±3,3 %), женщин было 49 (27,2±3,3 %). Медианный возраст пациентов обеих групп составил 44 года.

Распределение по возрастным категориям также было сопоставимым. Наибольшая доля пациентов относилась к возрастной группе 35–49 лет: 77,2±3,1 % (n = 139) в группе коинфекции и 70,0±3,4 % (n = 126) — в группе моноинфекции. В возрастной группе до 35 лет было 16 пациентов (8,9±2,1 %) с коинфекцией и 21 (11,7±2,4 %) — с моноинфекцией. В группе 50 лет и старше было 25 пациентов с коинфекцией ВИЧ (13,9±2,6 %) и 33 пациента (17,8±2,8 %) — с моноинфекцией ВГС.

Группа сравнения (моноинфекция ВГС, n = 180) формировалась методом подбора пар по отношению к основной когорте (коинфекция ВГС/ВИЧ, n = 180). Вследствие этого архитектура распределения вариантов вируса в обеих группах была практически идентичной и детерминировалась дизайном исследования. В обеих выборках превалировал субтип 3a (53,9 и 52,2 % соответственно), субтипы 1b и 1a выявлялись в 22–23 % случаев, а рекомбинантная форма 2k/1b и редкие субтипы генотипа 2 (2a, 2c) суммарно составили менее 3 %. Полученное доминирование субтипа 3a согласуется с недавними исследованиями в Российской Федерации, где этот субтип также преобладает среди пациентов с вирусологической неудачей после терапии, содержащей ингибиторы NS5A [7]. Клинико-демографическая характеристика обследованных пациентов и структура распределения субтипов ВГС в анализируемых группах представлены в таблице 1.

Анализ RAS показал, что в обеих группах выявлен широкий спектр аминокислотных замен в NS5A-участке генома ВГС субтипов 1a, 1b и 3a. Общая частота выявления любых замен в NS5A (включая полиморфизмы со сниженной чувствительностью) составила 60,6±3,6 % (109/180) при коинфекции и 66,1±3,5 % (119/180) — при моноинфекции ($p = 0,283$). Аналогичные показатели (64,8 % любых RAS) были недавно получены в крупном канадском когортном исследовании, что подтверждает высокую распространенность NS5A-замен в популяции пациентов после неудачной DAA-терапии [8]. В условиях коинфекции доля изолятов с высоким уровнем резистентности, ассоциированной с мутациями в генах RAS, составила 31,7±3,5 % (57 из 180), тогда как при моноинфекции этот показатель был выше — 44,4±3,7 % (80 из 180) ($p = 0,013$).

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):86–95

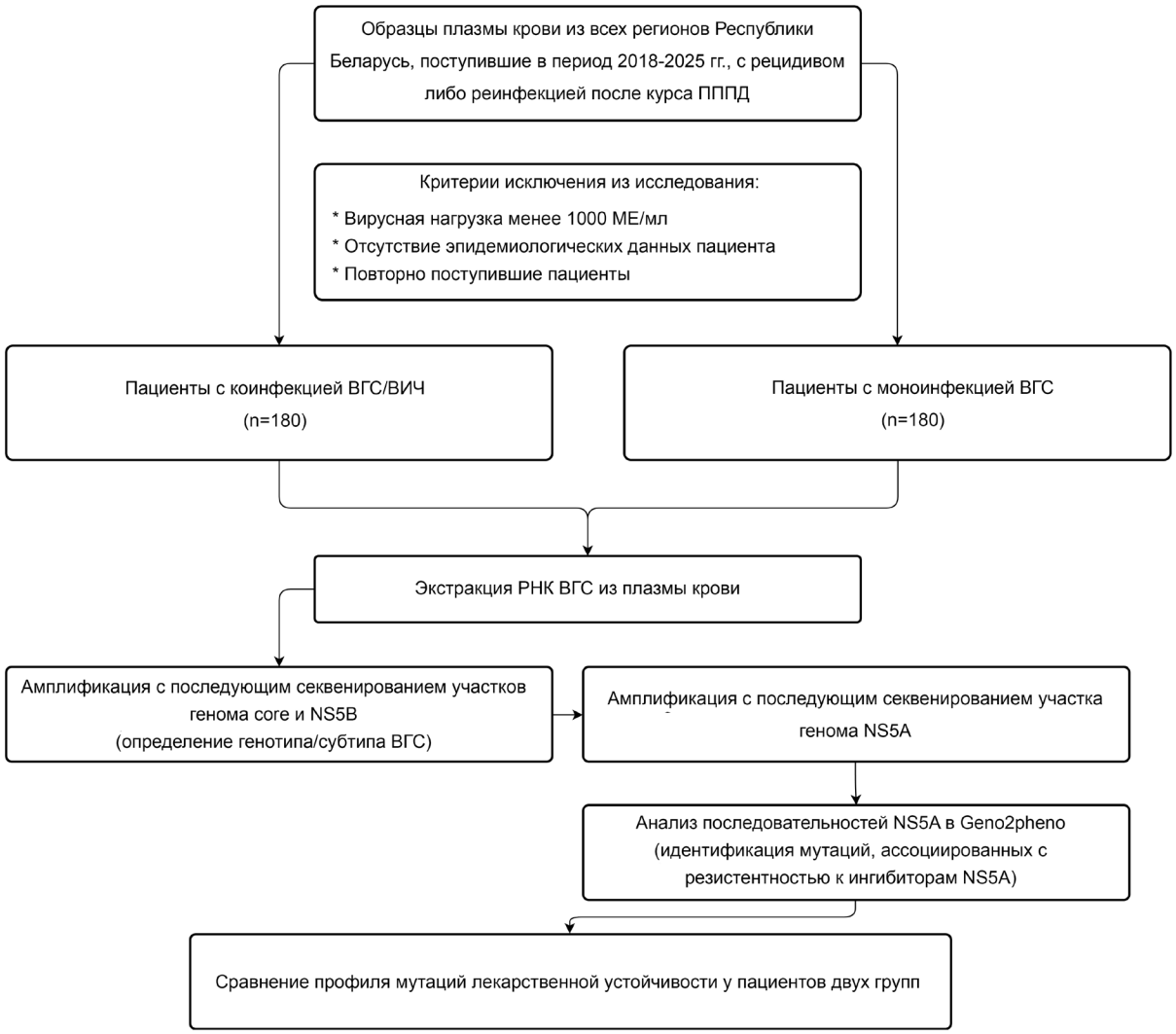


Рисунок 1. Схема исследования
Figure 1. Study design

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика обследованных пациентов и распределение субтипов ВГС в исследуемых группах
Table 1. Clinical and demographic characteristics of the examined patients and distribution of HCV subtypes in the study groups

Показатель	Пациенты с коинфекцией ВГС/ВИЧ (n = 180)	Пациенты с ВГС (n = 180)
Пол		
Мужской, n (%)	131 (72,8±3,3)	131 (72,8±3,3)
Женский, n (%)	49 (27,2±3,3)	49 (27,2±3,3)
Возраст		
Медианный возраст, лет	44 [27; 61]	44 [26; 68]
До 35 лет, n (%)	16 (8,9±2,1)	21 (11,7±2,4)
35–49 лет, n (%)	139 (77,2±3,1)	126 (70,0±3,4)
≥ 50 лет, n (%)	25 (13,9±2,6)	33 (17,8±2,8)

Окончание таблицы 1
End of Table 1

Показатель	Пациенты с коинфекцией ВГС/ВИЧ (n = 180)	Пациенты с ВГС (n = 180)
Распределение генотипов/субтипов ВГС		
Генотип 1, n (%)	79 (43,9±3,7)	82 (45,6±3,7)
1a, n (%)	39 (21,7±3,7)	40 (22,2±3,1)
1b, n (%)	40 (22,2±3,1)	42 (23,3±3,2)
Рекомбинатная форма 2k/1b, n (%)	3 (1,7±1,0)	3 (1,7±1,0)
Генотип 2, n (%)	1 (0,6±0,6)	1 (0,6±0,6)
2a, n (%)	1 (0,6±0,6)	—
2c, n (%)	—	1 (0,6±0,6)
Генотип 3/3a, n (%)	97 (53,9±3,7)	94 (52,2±3,7)

Наиболее распространенными в обеих исследуемых группах оказались замены в позиции 62 (62I/L/M/P/S/T/W), которые достоверно чаще детектировались у пациентов с ВГС/ВИЧ — 38,3±3,6 % (n = 69) против 26,7±3,6 % (n = 48) в группе моноинфекции ВГС (p = 0,019). В противоположность этому, в когорте с моноинфекцией ВГС статистически значимо регистрировались варианты, включающие замену в позиции 93. Так, комбинации A62F/L/S/T/V/W + Y93H наблюдались с частотой 11,1±2,3 % (n = 20) по сравнению с 5,0±1,6 % (n = 9) при коинфекции (p = 0,034), а сочетание замен 31I/M/V + 93H — с частотой 8,9±2,1 % (n = 16) против 1,1±0,8 % (n = 2) соответственно (p = 0,001). Ряд профилей RAS, а именно 30R, 28V + 30R, 30Q + 31M, 30Q + 31M + 93H, 92T и 93C, были выявлены исключительно у пациентов с коинфекцией ВИЧ, что может свидетельствовать о более высокой гетерогенности вирусной популяции и о потенциально повышенном риске формирования мультирезистентных вариантов. Профиль и частота распределения аминокислотных замен в локусе NS5A у лиц с моно- и коинфекцией ВИЧ в исследуемых группах представлены в таблице 2.

Таблица 2. Профиль и частота распределения аминокислотных замен в локусе NS5A у лиц с моно- и коинфекцией ВИЧ
Table 2. Profile and frequency of distribution of amino acid substitutions in the NS5A locus in individuals with HIV mono- and coinfection

Мутации	Коинфекция ВГС/ВИЧ, % (n = 180)	Моноинфекция ВГС, % (n = 180)	Значимость (p)*
28T/V	1,7	3,3	0,505
28V + 30R	0,6	—	1,000
28V + 58R	0,6	—	1,000
28L/V + 62L/S	1,7	—	0,248
30Q/R	1,7	0,6	0,623
30Q + 31M	0,6	—	1,000
30H + 58S	—	0,6	1,000
30K/S + 31I + 62L/W	—	1,1	0,499
30K + 62I/L/P/S/T/V	2,8	7,8	0,034*
30K/P/S/T + 62I/L/S/T + 93H	1,1	1,2	1,000
30Q + 31M + 93H	1,1	—	0,499
31M/V	1,7	3,3	0,505
31I + 62W + 93H	—	0,6	1,000
31I/M/V + 93H	1,1	8,9	0,001*
62I/L/M/P/S/T/W	38,3	26,7	0,019*

Окончание таблицы 2
End of Table 2

Мутации	Коинфекция ВГС/ВИЧ, % (n = 180)	Моноинфекция ВГС, % (n = 180)	Значимость (p)*
62F/L/S/T/V/W+93H	5,0	11,1	0,034*
92T	1,1	—	0,499
93C/H	1,7	0,6	0,623
Общая частота замен	60,6	66,1	0,283

**p < 0,05*

Принимая во внимание выраженную субтип-специфичность спектра RAS к ингибиторам NS5A на фоне идентичного распределения генотипов в сравниваемых группах, детальный анализ профилей и частоты выявления RAS выполнялся непосредственно для каждого из выявленных в нашем исследовании субтипов ВГС.

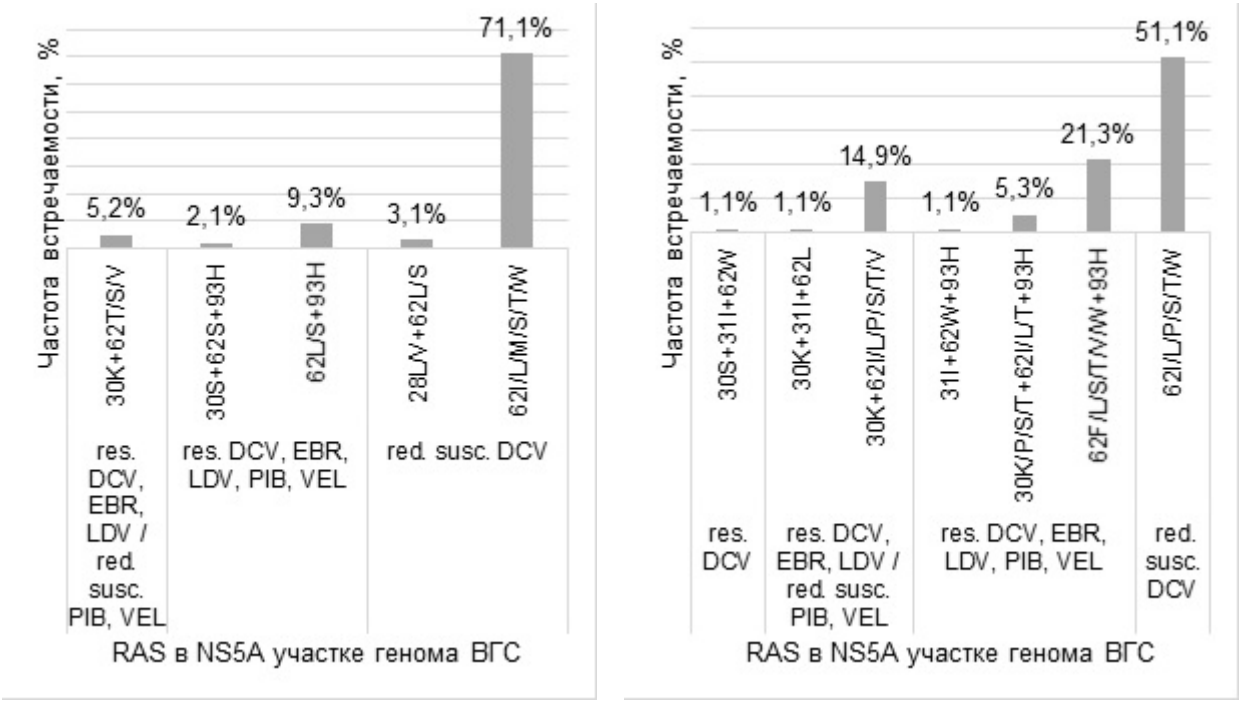
Субтип 3a ВГС. Полученные результаты продемонстрировали превалирование субтипа 3a среди лиц с вирусологической неудачей предшествующих режимов терапии в обеих группах — 90,7 % (88/97) у пациентов с ВГС/ВИЧ и 91,8 % (89/94) у пациентов с моноинфекцией ВГС (p = 0,791). Данная тенденция согласуется с опубликованными данными о высоком генетическом барьере резистентности и предрасположенности субтипа 3a к селекции мутаций лекарственной устойчивости в регионе NS5A [9]. Однако при сравнении мутационных профилей выявлены статистически значимые различия. Так, в группе моноинфекции ВГС достоверно чаще регистрировались варианты, ассоциированные с высоким уровнем резистентности, — 43,6 % (41/94) против 16,5 % (16/97) в группе ВГС/ВИЧ (p = 0,001). Напротив, для пациентов с коинфекцией ВИЧ было характерно преобладание замен, обусловливающих лишь умеренное снижение чувствительности, — 74,2 % (72/97) по сравнению с 51,1 % (48/94) в группе моноинфекции ВГС (p = 0,001). Ключевыми заменами в обеих группах были A30K/S и Y93H, относящиеся к мутациям высокого уровня резистентности, однако частота их выявления была значимо выше в группе с моноинфекцией ВГС. Комбинация A30K с заменами в позиции A62 выявлялась в 14,9 % (14/94) случаев против 5,2 % (5/97) при коинфекции ВГС/ВИЧ (p = 0,024). Сочетание Y93H с заменами в позиции A62 регистрировалось у 21,3 % (20/94) пациентов с моноинфекцией против 9,3 % (9/97) в группе коинфекции (p = 0,022). Сочетания в позициях A30 и A62 с Y93H также встречались чаще при моноинфекции — 5,3 % (5/94) против 2,1 % (2/97), однако из-за малого числа наблюдений различие не достигло статистической значимости (p = 0,273). Наличие указанных профилей обуславливает резистентность к даклатасвиру, элбасвиру и ледипасвиру, а присутствие мутации Y93H дополнительно снижает эффективность применения пибрентасвира и велпатасвира. Сложные мутационные профили, такие как A30K/S + A31I + + A62L/W (2,1 %, 2/94) и A31I + A62W + Y93H (1,1 %, 1/94) встречались только в группе пациентов с моноинфекцией ВГС.

Дополнительно был идентифицирован ряд единичных полиморфизмов с низкой или недостаточно подтвержденной клинической значимостью. Среди них доминировали замены в позиции A62, ассоциированные со снижением чувствительности вирусных изолятов к даклатасвиру. Данные варианты со статистически значимо большей частотой регистрировались у пациентов с коинфекцией ВГС/ВИЧ: 71,1 % (69/97) против 51,1 % (48/94) в группе с моноинфекцией ВГС (p = 0,005). Кроме того, у пациентов с коинфекцией ВГС/ВИЧ были идентифицированы сочетанные замены M28L/V + A62L/S (3,1 %, 3/97), ассоциированные со снижением чувствительности вирусных изолятов к даклатасвиру. Частота и профиль идентифицированных RAS в NS5A-участке генома субтипа 3a ВГС представлены на рисунке 2.

Субтип 1b ВГС. Оценка профилей резистентности в регионе NS5A субтипа 1b ВГС также продемонстрировала выраженные различия в частоте встречаемости RAS между анализируемыми когортами. Общая частота RAS была значимо выше в группе моноинфекции ВГС и составила 57,1 % (24/42) против 30,0 % (12/40) у пациентов с коинфекцией ВГС/ВИЧ (p = 0,019). В обеих когортах преобладали замены, обеспечивающие высокий уровень устойчивости к ингибиторам NS5A, однако их частота также была достоверно выше при моноинфекции: 54,8 % (23/42) против 25,0 % (10/40) соответственно (p = 0,009).

Наиболее характерными для данного субтипа являлись замены в позициях 30, 31 и 93. Вариант A30Q, ассоциированный с высоким уровнем устойчивости вируса к даклатасвиру и омбитасвиру, регистрировался с сопоставимой частотой в обеих группах — 2,5 % (1/40) при коинфекции ВИЧ и 2,4 % (1/42) при моноинфекции ВГС (p = 1,000). Замена L31M, индуцирующая

снижение чувствительности к элбасвиру и ледипасвиру, идентифицировалась в 5,0 % (2/40) образцов при коинфекции и в 11,9 % (5/42) — при моноинфекции (p = 0,434). Клинически наиболее значимой является мутация Y93H, которая в составе комбинации L31M/V + Y93H регистрировалась в когорте пациентов с моноинфекцией ВГС со статистически значимо большей частотой — в 38,1 % (16/42) случаев против 5,0 % (2/40) в группе коинфекцией ВГС/ВИЧ.



А *Б*

Рисунок 2. Спектр и частота выявления вариантов, ассоциированных с резистентностью (RAS), в регионе NS5A ВГС субтипа 3а: А — в когорте пациентов с коинфекцией ВГС/ВИЧ; Б — в группе пациентов с моноинфекцией ВГС
Figure 2. Spectrum and frequency of detection of resistance-associated variants (RAS) in the NS5A region of HCV subtype 3a: A — in the cohort of patients with HCV/HIV coinfection; B — in the group of patients with HCV monoinfection

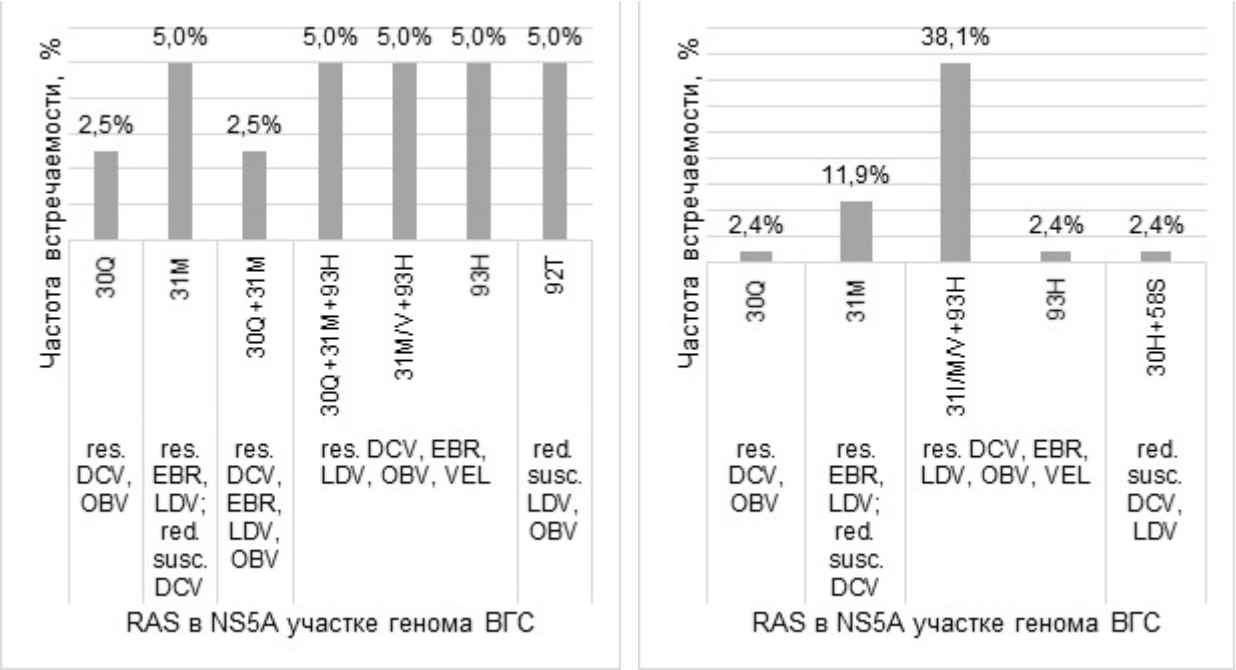
Примечание. Здесь и далее: res. — резистентность, red. sus. — снижение восприимчивости, DCV — даклатасвир, EBR — элбасвир, LDV — ледипасвир, OBV — омбитасвир, PIB — пибрентасвир, VEL — велпатасвир.
Note. From here on: res. — resistance, red. sus. — reduce of susceptibility, DCV — daclatasvir, EBR — elbasvir, LDV — ledipasvir, OBV — ombitasvir, PIB — pibrentasvir, VEL — velpatasvir.

Несмотря на меньшую общую частоту RAS при ВГС/ВИЧ, в этой группе чаще выявлялись сложные комбинации мутаций: A30Q + L31M (2,5 %, 1/40) и A30Q + L31M + Y93H (5,0 %, 2/40), которые отсутствовали в группе моноинфекции. Присутствие замены Y93H, особенно в сочетании с мутациями в позициях 30 и 31, обусловливает формирование фенотипа множественной резистентности практически ко всем применяемым ингибиторам NS5A в клинической практике.

Замены, классифицируемые как оказывающие умеренное влияние на чувствительность к DAA, встречались редко в обеих группах. В когорте пациентов с ВГС/ВИЧ в 5,0 % (2/40) случаев выявлена мутация A92T, ассоциированная с умеренным снижением восприимчивости к ледипасвиру и омбитасвиру. В группе моноинфекции ВГС в 2,4 % (1/42) случаев детектированы замены A30H + A58S, также относящиеся к категории умеренного снижения чувствительности, но уже к даклатасвиру и ледипасвиру. Частота и спектр выявленных RAS в NS5A-участке генома ВГС субтипа 1b представлены на рисунке 3.

Таким образом, для субтипа 1b выявлены межгрупповые различия в частоте встречаемости и спектре RAS между пациентами с коинфекцией ВГС/ВИЧ и моноинфекцией ВГС. В группе моноинфекции клинически значимые мутации регистрировались достоверно чаще, причем с преобладанием вариантов, ассоциированных с высоким уровнем резистентности, среди которых особое место занимали комбинации, включающие замены Y93H и L31M/V.

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):86–95



А *Б*

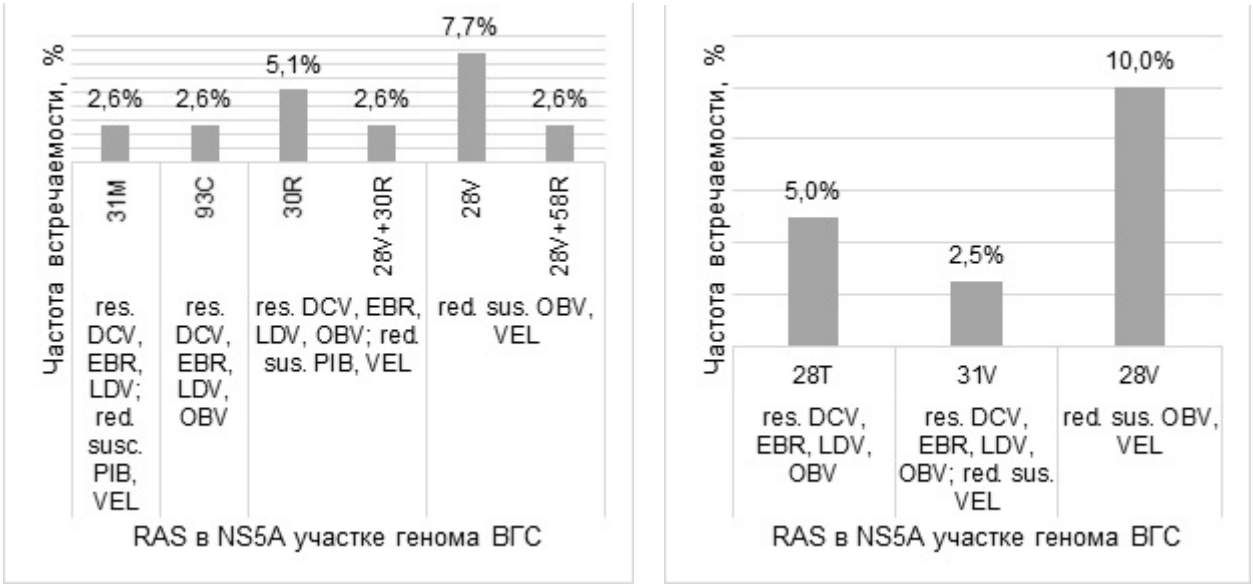
Рисунок 3. Спектр и частота выявления вариантов, ассоциированных с резистентностью (RAS), в регионе NS5A ВГС субтипа 1b: А — в группе пациентов с коинфекцией ВИЧ/ВГС; Б — в группе пациентов с моноинфекцией ВГС
Figure 3. Spectrum and frequency of detection of resistance-associated variants (RAS) in the NS5A region of HCV subtype 1b: A — in the group of patient with HIV/HCV coinfection; B — in the group of patients with HCV monoinfection

Субтип 1а ВГС. Анализ нуклеотидных последовательностей региона NS5A у пациентов с субтипом 1а продемонстрировал низкую распространенность RAS в обеих группах: 23,1 % (9/39) при коинфекции ВГС/ВИЧ против 17,5 % (7/40) при моноинфекции ВГС (p = 0,587). Примечательно, что при наличии замен в локусе 31 в обеих группах, они характеризовались различными аминокислотными профилями. Так, в группе сочетанной инфекции ВГС/ВИЧ верифицирована замена L31M, снижающая чувствительность вируса к даклатасвиру, элбасвиру и ледипасвиру. В свою очередь, у пациентов с моноинфекцией ВГС установлена замена L31V, дополнительно ассоциированная с формированием устойчивости к омбитасвиру (p = 1,000).

В группе с коинфекцией ВГС/ВИЧ чаще выявлялись RAS, определяющие высокий уровень резистентности к большинству ингибиторов NS5A-белка, такие как Q30R (5,1 %, 2/39), M28V + Q30R (2,6 %, 1/39) и Y93C (2,6 %, 1/39). В группе моноинфекции ВГС из клинически значимых мутаций обнаружена только замена M28T (5 %, 2/40), обладающая аналогичным спектром устойчивости. Различия в общей частоте RAS между группами были статистически недостоверными (p = 0,615).

Природные полиморфизмы с низкой или требующей уточнения фенотипической значимостью (преимущественно замена M28V) регистрировались с сопоставимой частотой в обеих когортах: 7,7 % (3/39) при коинфекции ВГС/ВИЧ и 10,0 % (4/40) при моноинфекции ВГС (p = 1,000). Кроме того, в группе сочетанной инфекции была верифицирована редкая комбинация замен M28V + A58R (2,6 %, 1/39), присутствие которых приводит к снижению восприимчивости ВГС к таким препаратам, как омбитасвир и велпатасвир. Частота и спектр выявленных RAS в NS5A-участке генома ВГС субтипа 1а представлены на рисунке 4.

Таким образом, для субтипа 1а выявлены различия как в частоте, так и в спектре RAS между группами пациентов с коинфекцией ВГС/ВИЧ и моноинфекцией ВГС. В когорте пациентов с коинфекцией ВГС/ВИЧ превалировали варианты, ассоциированные с высоким уровнем резистентности (Q30R, M28V + Q30R и Y93C). Напротив, для группы с моноинфекцией ВГС были характерны замены M28T и L31V, относящиеся к категории умеренной фенотипической значимости. Вариант M28V, характеризующийся низким или умеренным влиянием на чувствительность вирусных изолятов к ингибиторам NS5A, выявлялся в обеих группах.



А *Б*

Рисунок 4. Спектр и частота выявления вариантов, ассоциированных с резистентностью (RAS), в регионе NS5A ВГС субтипа 1а: А — в группе пациентов с коинфекцией ВИЧ/ВГС; Б — в группе пациентов с моноинфекцией ВГС
Figure 4. Spectrum and frequency of detection of resistance-associated variants (RAS) in the NS5A region of HCV subtype 1a: A — in the group of patients with HIV/HCV coinfection; B — in the group of patients with HCV monoinfection

Заключение

Впервые для Республики Беларусь на популяционном уровне продемонстрировано доминирование субтипа 3а ВГС как в когорте пациентов с коинфекцией ВГС/ВИЧ (53,9 %), так и при моноинфекции ВГС (52,2 %) в случае отсутствия устойчивого вирусологического ответа. Данный факт свидетельствует о высокой предрасположенности субтипа 3а к селекции вариантов, ассоциированных с RAS в регионе NS5A, отражая независимость этого молекулярно-эволюционного механизма от ВИЧ-статуса пациента.

Выявлены субтип-специфические различия в профилях RAS между группами с коинфекцией ВГС/ВИЧ и моноинфекцией ВГС. В отношении субтипа 3а ВГС, характеризующегося максимальной частотой выявления RAS (более 90 %), установлены качественные межгрупповые различия в структуре профилей устойчивости. Так, при моноинфекции ВГС со статистически значимо большей частотой формируются варианты с высоким уровнем резистентности, в то время как при коинфекции ВИЧ превалирует природный полиморфизм в локусе A62 ($p = 0,005$).

Для субтипа 1b при моноинфекции ВГС отмечена более высокая частота RAS ($p = 0,019$) и значительное преобладание устойчивых вариантов, обусловленных комбинациями мутаций L31M/V + Y93H ($p = 0,001$), тогда как при коинфекции ВГС/ВИЧ идентифицированы более сложные профили (A30Q + L31M + Y93H).

Для субтипа 1a ВГС, характеризующегося минимальной частотой выявления RAS среди анализируемых вариантов, установлены качественные различия в спектре мутаций в зависимости от ВИЧ-статуса пациентов. Так, в когорте лиц с коинфекцией ВГС/ВИЧ регистрировались замены Q30R и Y93C, обусловливающие высокий уровень резистентности, в то время как при моноинфекции ВГС определялись варианты M28T и L31V, характеризующиеся умеренной фенотипической значимостью.

Полученные результаты обосновывают необходимость рутинного скрининга RAS при повторных курсах ПППД и могут быть использованы для эпидемиологического слежения за динамикой развития резистентности ВГС в ВИЧ-позитивной популяции. Следует отметить, что некоторые исследования ставят под сомнение клиническую пользу тестирования RAS в рутинной практике, однако для пациентов с предшествующей вирусологической неудачей, особенно при коинфекции ВИЧ, определение RAS остается важным инструментом выбора рациональной повторной терапии [8, 10].

Список литературы / References

1. Gobran ST, Ancuta P, Shoukry NH. A tale of two viruses: immunological insights into HCV/HIV coinfection. *Frontiers in Immunology*. 2021;12:726419.
DOI: https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.726419

2. Mustafa A, Davlidova S, Abidi SH, Begimbetova D, Heimer R, Vermund SH, Ali S. Prevalence of resistance-associated substitutions (RAS) in hepatitis C virus in the Former Soviet Union countries. *BMJ Open Gastroenterol.* 2025;12(1):e001657.
DOI: https://doi.org/10.1136/bmjgast-2024-001657

3. Malandris K, Kalopitas G, Theocharidou E, Germanidis G. The role of RASs/RVs in the current management of HCV. *Viruses.* 2021;13(10):2096.
DOI: https://doi.org/10.3390/v13102096

4. Гасич Е.Л., Еремин В.Ф. Генетическое разнообразие вируса гепатита С в Республике Беларусь. *Здравоохранение.* 2016;(10):24-28.

Gasich EL, Eremin VF. Genetic diversity of hepatitis C virus in Belarus. *Healthcare.* 2016;(10):24-28.

5. Гасич Е.Л., Коско А.Д., Жаворонок С.В. Мутации лекарственной устойчивости вируса гепатита С (NS5A) у пациентов с опытом лечения препаратами прямого противовирусного действия (2018–2024). *Гепатология и гастроэнтерология.* 2026;10(1):44-50.
DOI: https://doi.org/10.25298/2616-5546-2026-10-1-44-50

Gasich EL, Kasko AD, Zhavoronok SV. Mutations of drug resistance of the hepatitis C virus (NS5A) in patients with experience of treatment with direct-acting antiviral drugs (2018–2024). *Hepatology and Gastroenterology*. 2026;10(1):44-50.
DOI: https://doi.org/10.25298/2616-5546-2026-10-1-44-50

6. Kalaghatgi P, Sikorski AM, Knops E, Rupp D, Sierra S, Heger E, et al. Geno2pheno[HCV] – a web-based interpretation system to support hepatitis C treatment decisions in the era of direct-acting antiviral agents. *PLoS One.* 2016;11(5):e0155869.
DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155869

7. Lapovok IA, Syrkina AV, Kirichenko AA, Shlykova AV, Lukyanenko NV, Safyanova TV, et al. Analysis of genetic polymorphisms and drug resistance mutations in the NS5 region of HCV genome (Flasuviricetes: Amarillovirales: Flaviviridae: Hepacivirus C) in samples obtained in 2022-2023 from HIV-infected treatment-naive residents of Altai Krai. *Vopr Virusol.* 2025;70(3):224-233.
DOI: https://doi.org/10.36233/0507-4088-298

8. Perera H, Imsirovic H, Macphail G, Webster D, Fraser C, Borgia S et al. Resistance-associated substitution testing trends and impact on HCV treatment outcomes in Canada: a CanHepC-CANUHC analysis. *J Viral Hepat.* 2025;32(2):e14058.
DOI: https://doi.org/10.1111/jvh.14058

9. Sarrazin C. Treatment failure with DAA therapy: Importance of resistance. *Journal of Hepatology.* 2021;74(5):1472-1482.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhep.2021.03.004

10. Fedorchenko SV, Klimenko Z, Martynovich T, Solianyk I, Suprunenko T. Retreatment of patients with chronic hepatitis C, subtype 3a, and cirrhosis, who previously failed a regimen containing second-generation NS5A inhibitors with sofosbuvir + glecaprevir/pibrentasvir and ribavirin for 16-24 weeks. *J Virol.* 2025;99(2):e0184324.
DOI: https://doi.org/10.1128/jvi.01843-24

Информация об авторах / Information about the authors

Коско Анастасия Дмитриевна, научный сотрудник лаборатории диагностики ВИЧ и сопутствующих инфекций, ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-4237-5893
e-mail: hivlab@belriem.by

Гасич Елена Леонидовна, д.б.н., доцент, заведующий лаборатории диагностики ВИЧ и сопутствующих инфекций, ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3662-3045
e-mail: e.gasich@belriem.by

Anastasiya D. Kasko, Researcher at the Laboratory for HIV and Associated Infections Diagnostics, Republican Centre for Hygiene, Epidemiology and Public Health, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-4237-5893
e-mail: hivlab@belriem.by

Elena L. Gasich, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory for HIV and Associated Infections Diagnostics, Republican Centre for Hygiene, Epidemiology and Public Health, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3662-3045
e-mail: e.gasich@belriem.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Гасич Елена Леонидовна
e-mail: e.gasich@belriem.by

Elena L. Gasich
e-mail: e.gasich@belriem.by

Поступила в редакцию / Received 18.06.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 15.07.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

2026;23(3):96–104 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 614.2:616.9-036.22
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-11

Check for updates CC BY

Удовлетворенность пациентов медицинской помощью при инфекционных заболеваниях по данным сравнительного кросс-секционного исследования в г. Гродно в 2021 и 2025 году

Е. Н. Кроткова[1], С. Л. Бойко[2], А. В. Копыцкий[2]

[1]Республиканский научно-практический центр пульмонологии и фтизиатрии, г. Минск, Беларусь

[2]Гродненский государственный медицинский университет, г. Гродно, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Изучить динамику отношения пациентов к организации медицинской помощи при инфекционных заболеваниях, их предпочтений и уровня удовлетворенности на основе сравнительного анализа данных социологических опросов, проведенных в 2021 и 2025 гг. в г. Гродно.

Материалы и методы. Проведено одномоментное (поперечное) сравнительное исследование с использованием метода анкетного опроса. В опросе 2021 г. принял участие 491 респондент, в 2025 г. — 495. Возрастной состав групп был сопоставим (47,4±14,5 и 47,2±15,6 года соответственно). Статистический анализ выполнен с использованием критериев χ^2 Пирсона, точного критерия Фишера, t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна — Уитни.

Результаты. В период с 2021 по 2025 г. произошли значимые изменения в предпочтениях пациентов: доля полностью согласных с лечением в инфекционном отделении стационара по месту проживания выросла с 49,9 до 62,4 % ($p < 0,001$), а с лечением у врача-инфекциониста в поликлинике — с 32,0 до 43,4 % ($p = 0,0011$). Оценка эффективности амбулаторной помощи на максимальные 5 баллов увеличилась с 33,0 до 62,4 % ($p < 0,001$). При этом выявлено снижение удовлетворенности доступностью диагностики (доля максимальных оценок снизилась с 49,0 до 34,8 %, $p < 0,001$) и медикаментозным лечением (с 57,8 до 46,7 %, $p = 0,0015$). Интегральный показатель готовности рекомендовать организацию претерпел структурные изменения: доля ответов «Да, полностью» снизилась с 43,9 до 29,5 %, тогда как доля ответов «Скорее да» выросла с 36,7 до 56,0 % ($p < 0,001$).

Заключение. В постпандемический период выявлено устойчивое предпочтение пациентов получать инфекционную помощь в медицинских организациях, расположенных по месту проживания. Наряду с позитивной динамикой оценок амбулаторного звена и экстренной госпитализации выявлено снижение удовлетворенности доступностью диагностических исследований и лекарственным обеспечением. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости оптимизации ресурсного обеспечения инфекционной службы при сохранении достигнутого уровня доверия пациентов.

Ключевые слова: *удовлетворенность пациентов, инфекционные заболевания, стационарная помощь, COVID-19, качество медицинской помощи, социологический опрос, Гродно*

Вклад авторов. Кроткова Е.Н.: концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, сбор материала, обсуждение и выводы, утверждение окончательного варианта статьи; Бойко С.Л.: анализ результатов исследования, библиография, общее редактирование; Копыцкий А.В.: анализ и статистическая обработка результатов и их изложение.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Кроткова ЕН, Бойко СЛ, Копыцкий АВ. Удовлетворенность пациентов медицинской помощью при инфекционных заболеваниях по данным сравнительного кросс-секционного исследования в г. Гродно в 2021 и 2025 году. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):96–104. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-11*

© Е. Н. Кроткова, С. Л. Бойко, А. В. Копыцкий, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):96–104

Patient satisfaction with medical care for infectious diseases according to a comparative cross-sectional study in Grodno in 2021 and 2025

Elena N. Krotkova[1], Svetlana L. Boiko[2], Andrey V. Kopytsky[2]

[1]Republican Scientific and Practical Center for Pulmonology and Phthisiology, Minsk, Belarus

[2]Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

Abstract

Objective. To study the dynamics of patients' attitude toward the organization of infectious disease care, their preferences, and satisfaction levels based on a comparative analysis of sociological surveys conducted in 2021 and 2025 in healthcare facilities in Grodno.

Materials and methods. A cross-sectional comparative study was conducted using a questionnaire-based survey method. The 2021 survey included 491 respondents, while the 2025 survey included 495 respondents. The age composition of the groups was comparable (47,4±14,5 years old and 47,2±15,6 years old, respectively). The statistical analysis was performed using Pearson's chi-squared test, Fisher's exact test, Student's t-test, and the Mann – Whitney U test.

Results. There have been significant changes in patients' preferences for the period of 2021 and 2025: the proportion of respondents who fully agreed with receiving treatment in an infectious disease department by their place of residence increased from 49,9% to 62,4% (p<0,001), and those being treated by an infectious disease specialist in an outpatient clinic increased from 32,0% to 43,4% (p=0,0011). The assessment of the effectiveness of outpatient care by a maximum of 5 points increased from 33.0 to 62.4% (p < 0.001). This revealed a decline in satisfaction regarding the accessibility of diagnostic services (the proportion of maximum scores decreased from 49,0% to 34,8%, p<0.001) and medication treatment (from 57,8% to 46,7%, p=0,0015). The integral indicator of willingness to recommend the healthcare facility underwent structural changes: the proportion of «Definitely yes» responses decreased from 43,9% to 29,5%, while the proportion of «Probably yes» responses increased from 36,7% to 56,0% (p<0,001).

Conclusion. In the post-pandemic period, patients demonstrated a consistent preference for receiving infectious disease care in healthcare facilities located by their place of residence. Despite positive trends in evaluations of outpatient care and emergency hospitalization, a decrease in satisfaction with the accessibility of diagnostic tests and pharmaceutical care was identified. These findings revealed the need of optimizing resource allocation for infectious disease services while maintaining the achieved level of patient trust.

Keywords: *Patient Satisfaction, Communicable Diseases, Hospitalization, COVID-19, Quality of Health Care, Health Surveys, Grodno*

Author contributions. Krotkova E.N.: study concept and design, literature review, data collection, discussion and conclusions, approval of the final version of the article; Boyko S.L.: analysis of research results, bibliography, general editing; Kopytsky A.V.: analysis and statistical processing of results and their presentation.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Krotkova EN, Boiko SL, Kopytsky AV. Patient satisfaction with medical care for infectious diseases according to a comparative cross-sectional study in Grodno in 2021 and 2025. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):96–104. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-11*

Введение

Пандемия COVID-19 стала крупнейшим вызовом для систем здравоохранения в XXI в., выявив как уязвимые звенья, так и резервы устойчивости инфекционной службы [1–3]. В Беларуси, как и во всем мире, в период 2020–2023 гг. произошла экстренная перестройка маршрутизации пациентов, перепрофилирование коечного фонда и мобилизация кадровых ресурсов [2, 4]. Постпандемический период (2024–2025) ознаменовался возвращением к плановому режиму работы, однако уже с учетом трансформированных ожиданий населения и накопленного организационного опыта. В этой связи особую актуальность приобретает оценка долгосрочных изменений в восприятии пациентами качества медицинской помощи при инфекционных заболеваниях — не только как индикатора эффективности антикризисных мер, но и как основы для построения пациентоориентированной модели инфекционной помощи в будущем.

В научной литературе широко представлены результаты изучения удовлетворенности пациентов в разгар пандемии, сфокусированные на доступности экстренной помощи, логистике госпитализаций и психологическом дистрессе [5–8]. Однако сравнительных исследований, анализирующих динамику отношения пациентов к организации инфекционной помощи в период

2026;23(3):96–104 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

пиковых нагрузок и спустя несколько лет после их завершения, недостаточно. Требует изучения вопрос о том, какие изменения в предпочтениях пациентов, оценках эффективности различных форм помощи и критериях удовлетворенности носят устойчивый характер, а какие являются ситуативными и обусловлены чрезвычайными обстоятельствами. Ответ на этот вопрос имеет не только теоретическое, но и практическое значение для оптимизации структуры и функционирования инфекционной помощи, распределения потоков пациентов между амбулаторным и стационарным звеньями, а также для совершенствования коммуникативных практик.

Особый интерес в этом контексте представляет, с нашей точки зрения, проведение сравнительного анализа данных, полученных в ключевые временные точки, а именно на этапе максимальной перестройки системы (2021) и в период относительной стабилизации, когда система адаптировалась к новым условиям (2025). Такое исследование позволяет выявить не только динамику удовлетворенности, но и смену приоритетов пациентов.

Цель исследования

Изучить динамику отношения пациентов к организации стационарной помощи при инфекционных заболеваниях, их предпочтений и уровня удовлетворенности на основе сравнительного анализа данных социологических опросов, проведенных в 2021 и 2025 г. в г. Гродно.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Определение динамики предпочтений пациентов относительно уровня оказания медицинской помощи при инфекционных заболеваниях: городской (районный), межрайонный, областной.

2. Оценка изменения в восприятии эффективности различных условий оказания медицинской помощи (амбулаторной, стационарной, скорой) при лечении инфекционных заболеваний.

3. Проведение сравнительного анализа удовлетворенности пациентов отдельными аспектами стационарной помощи (информированием, диагностикой, лечением, условиями пребывания, взаимодействием с медицинскими работниками).

4. Изучение динамики интегральных показателей — оправданности ожиданий и готовности рекомендовать организацию здравоохранения — как маркеров общей лояльности пациентов.

Проведено одномоментное (поперечное) сравнительное исследование с использованием метода анкетного опроса на базе организаций здравоохранения г. Гродно.

В опросе 2021 г. принял участие 491 респондент, в 2025 г. — 495 респондентов. Возрастной состав респондентов остался сопоставимым: средний возраст в 2021 г. составил 47,4±14,5 года, в 2025 — 47,2±15,6 года ($p > 0,05$). Медианный возраст в обеих группах был идентичен и составил 48 лет. Социально-демографическая характеристика респондентов представлена в таблице 1.

Критерии включения:

— нахождение на лечении в стационаре;

— возраст старше 18 лет;

— добровольное информированное согласие на участие в опросе.

Критерии исключения:

— отказ от участия в опросе;

— неполное заполнение анкеты.

Таблица 1. Социально-демографическая характеристика респондентов
Table 1. Socio-demographic characteristics of respondents

Показатель	Категория	2021 г. (n = 491)	2025 г. (n = 495)
Пол	Женский	256 [52,1 (47,7; 56,5)]	294 [59,4 (55,0; 63,6)]
	Мужской	235 [47,9 (43,5; 52,3)]	201 [40,6 (36,4; 45,0)]
Возраст (лет)	M±SD	47,4±14,5	47,2±15,6
	Me (Q_1; Q_3)	48 (37; 58)	48 (35; 57)

Примечание. Данные представлены в виде абсолютных частот (n) и процентных долей с 95 % доверительным интервалом [%, 95 % ДИ] для качественных признаков, а также среднего арифметического и стандартного отклонения (M±SD) и медианы с межквартильным размахом (Me (Q_1; Q_3)) — для возраста.
Note. The data are presented as absolute frequencies (n) and percentages shares with 95% confidence intervals [%, 95% CI] for qualitative characteristics, as well as the arithmetic mean and standard deviation (M±SD) and median with interquartile range (Me (Q_1; Q_2)) for age.

Для сбора данных использовалась оригинальная анкета, которая включала вопросы, касающиеся социально-демографических характеристик респондентов (пол, возраст), оснований для госпитализации, предпочтений относительно учреждения и уровня оказания медицинской помощи, оценки эффективности различных условий медицинской помощи, а также удовлетворенно-

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):96–104

сти качеством стационарной помощи (по 5-балльной шкале Лайкерта). Опрос проведен анонимно.

Статистический анализ полученных данных выполнялся с использованием специализированного программного обеспечения Statistica, 10.0. Для количественных переменных (возраст) рассчитывались среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD), медиана (Me) и межквартильный размах (Q_1; Q_3). Проверка нормальности распределения осуществлялась с помощью критерия Шапиро — Уилка (W). Для качественных (категориальных) переменных данные представлены в виде абсолютных частот (n) и процентных долей с расчетом 95 % доверительных интервалов (95 % ДИ). Для сравнения двух независимых групп по количественному признаку (возраст) использовался t-критерий Стьюдента для независимых выборок (в случае нормального распределения) и U-критерий Манна — Уитни (в случае распределения, отличного от нормального). Для анализа различий в распределении качественных признаков между группами 2021 и 2025 г. применялся критерий χ^2 Пирсона (хи-квадрат). В случаях, когда абсолютные частоты в ячейках таблиц сопряженности были менее 5, использовался точный критерий Фишера. При множественных попарных сравнениях (post-hoc анализ) для коррекции уровня статистической значимости применялась поправка Бонферрони, что позволяло минимизировать вероятность ошибки I рода. Уровень значимости считался статистически значимым при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Проведенное исследование позволило выявить сложную, разнонаправленную динамику удовлетворенности пациентов качеством инфекционной стационарной помощи в период с 2021 по 2025 г. Полученные данные отражают процессы адаптации как системы здравоохранения, так и потребительских ожиданий населения в постпандемический период.

Анализ предпочтений пациентов относительно места оказания медицинской помощи при инфекционных заболеваниях выявил значимые изменения в период пандемии и постпандемии (таблица 2).

Таблица 2. Мнение респондентов о предпочтительном месте оказания помощи при инфекционных заболеваниях в 2021 и 2025 г.
Table 2. Respondents' opinions on the preferred place of care for infectious diseases in 2021 and 2025

Предпочтительное место получения помощи	Год	Полностью не согласен/ Скорее не согласен	Скорее согласен	Полностью согласен	Затрудняюсь ответить	χ^2 общий	p-уровень
В инфекционном отделении больницы города / района по месту проживания	2021	47 (9,6 %)	180 (36,7 %)	245 (49,9 %)	19 (3,9 %)	21,22	< 0,001
	2025	32 (6,5 %)	141 (28,5 %)[1]	309 (62,4 %)[2]	13 (2,6 %)		
В терапевтическом отделении больницы города / района по месту проживания	2021	114 (23,2 %)	202 (41,1 %)	164 (33,4 %)	11 (2,2 %)	18,56	0,001
	2025	112 (22,6 %)	168 (33,9 %)	196 (39,6 %)	19 (3,8 %)[3]		
В поликлинике у врача-инфекциониста	2021	105 (21,4 %)	215 (43,8 %)	157 (32,0 %)	14 (2,9 %)	24,32	< 0,001
	2025	72 (14,5 %)[4]	183 (37,0 %)	215 (43,4 %)[5]	25 (5,1 %)		
В поликлинике у врача общей практики	2021	156 (31,8 %)	184 (37,5 %)	133 (27,1 %)	18 (3,7 %)	16,56	0,002
	2025	152 (30,7 %)	162 (32,7 %)	164 (33,1 %)	17 (3,4 %)		
В инфекционном отделении больницы на межрайонном уровне, с хорошим оснащением	2021	55 (11,2 %)	169 (34,4 %)	257 (52,3 %)	10 (2,0 %)	15,80	0,003
	2025	49 (9,9 %)	139 (28,1 %)	276 (55,8 %)	31 (6,3 %)[6]		
В инфекционном стационаре на областном уровне	2021	49 (10,0 %)	158 (32,2 %)	277 (56,4 %)	7 (1,4 %)	33,82	< 0,001
	2025	44 (8,9 %)	139 (28,1 %)	269 (54,3 %)	43 (8,7 %)[6]		

Примечание. Данные представлены в виде абсолютных частот (n) и процентных долей (%). Статистически значимые попарные различия между 2021 и 2025 г.: [1]p = 0,0245; [2]p = 0,0004; [3]p = 0,0306 (для категории «Не согласен»); [4]p = 0,0034; [5]p = 0,0011; [6]p < 0,001.
Note: The data are presented as absolute frequencies (n) and percentage shares (%). Statistically significant pairwise differences between 2021 and 2025: [1]p = 0.0245; [2]p = 0.0004; [3]p = 0.0306 (for the "Disagree" category); [4]p = 0.0034; [5]p = 0.0011; [6]p < 0.001.

Установлено значительное увеличение доли респондентов, полностью предпочитающих лечение в инфекционном отделении больницы по месту проживания (с 49,9 до 62,4 %, p < 0,001),

2026;23(3):96–104 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

чем в терапевтическом отделении, как следствие нескольких факторов. Во-первых, в период пандемии пациенты столкнулись с необходимостью госпитализации в перепрофилированные стационары, зачастую удаленные от места проживания, что актуализировало ценность территориальной доступности. Во-вторых, в постпандемический период произошло перераспределение потоков пациентов с акцентом на разгрузку областных центров и развитие межрайонных центров инфекционных заболеваний, что, вероятно, повысило качество помощи на местном уровне.

Аналогичный значимый рост полного согласия произошел в отношении помощи у врача-инфекциониста в поликлинике (с 32,0 до 43,4 %, p = 0,0011), что является подтверждающим фактором роста уровня доверия пациентов и удовлетворенности качеством оказания медицинской помощи при условии пребывания в обычных домашних условиях. Это согласуется с данными других исследований, указывающими на повышение роли первичного звена в постпандемический период и запрос пациентов на специализированную амбулаторную помощь [8, 9]. В то же время обращает на себя внимание рост числа респондентов, затруднившихся с ответом при оценке предпочтительности межрайонного и областного уровней (с 1,4 до 8,7 % для областного уровня), что может свидетельствовать также и о снижении информированности пациентов о возможностях данных уровней оказания помощи и подтверждает необходимость в постоянном проведении информационно-разъяснительной работы с населением. Произошел сдвиг в восприятии эффективности амбулаторного звена (таблица 3).

Таблица 3. Мнение респондентов об эффективности медицинской помощи в различных условиях при инфекционных заболеваниях
Table 3. Respondents' opinions on the effectiveness of medical care in various settings for infectious diseases

Условия и форма медицинской помощи	Год	1	2	3	4	5	Затрудняюсь ответить	χ^2 общий	p-уровень
В амбулаторных условиях (в поликлинике)	2021	15 (3,1 %)	28 (5,7 %)	110 (22,4 %)	175 (35,6 %)	162 (33,0 %)	1 (0,2 %)	130,49	< 0,001
	2025	4 (0,8 %)[1]	5 (1,0 %)[2]	27 (5,5 %)[3]	150 (30,3 %)	309 (62,4 %)[3]	0 (0,0 %)		
В стационарных условиях при плановой госпитализации	2021	5 (1,0 %)	10 (2,0 %)	68 (13,9 %)	183 (37,3 %)	225 (45,8 %)	—	6,75	0,1498
	2025	12 (2,4 %)	7 (1,4 %)	73 (14,8 %)	156 (31,5 %)	247 (49,9 %)	—		
В стационарных условиях при экстренной госпитализации	2021	5 (1,0 %)	23 (4,7 %)	66 (13,4 %)	166 (33,8 %)	231 (47,1 %)	0 (0,0 %)	16,93	0,005
	2025	3 (0,6 %)	6 (1,2 %)[4]	57 (11,5 %)	164 (33,1 %)	260 (52,5 %)	5 (1,0 %)		
В условиях отделения дневного пребывания	2021	17 (3,5 %)	30 (6,1 %)	114 (23,2 %)	168 (34,2 %)	147 (29,9 %)	15 (3,1 %)	3,79	0,5807
	2025	18 (3,6 %)	33 (6,7 %)	95 (19,2 %)	162 (32,7 %)	170 (34,3 %)	17 (3,4 %)		
Вне организации здравоохранения (на дому), плановая помощь	2021	51 (10,4 %)	59 (12,0 %)	124 (25,3 %)	133 (27,1 %)	114 (23,2 %)	10 (2,0 %)	10,76	0,0563
	2025	56 (11,3 %)	42 (8,5 %)	98 (19,8 %)	140 (28,3 %)	148 (29,9 %)	11 (2,2 %)		
Вне организации здравоохранения (на дому), скорая медицинская помощь	2021	13 (2,7 %)	32 (6,5 %)	89 (18,1 %)	172 (35,0 %)	181 (36,9 %)	4 (0,8 %)	10,28	0,0675
	2025	26 (5,3 %)	24 (4,9 %)	87 (17,6 %)	144 (29,1 %)	208 (42,0 %)	6 (1,2 %)		

Примечание. Оценка проводилась по 5-балльной шкале, где 1 — минимальная оценка (полностью не удовлетворен), 5 — максимальная оценка (полностью удовлетворен). Данные представлены в виде абсолютных частот (n) и процентных долей (%). Статистически значимые попарные различия между 2021 и 2025 г.: [1]p = 0,031; [2]p = 0,0001; [3]p < 0,001; [4]p = 0,0068.
Note: The assessment was conducted on a 5-point scale, where 1 is the minimum score (completely dissatisfied) and 5 is the maximum score (completely satisfied). The data are presented as absolute frequencies (n) and percentage shares (%). Statistically significant pairwise differences between 2021 and 2025: [1]p = 0.031; [2]p = 0.0001; [3]p < 0.001; [4]p = 0.0068.

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):96–104

Доля пациентов, оценивающих помощь в поликлинике на максимальные 5 баллов, выросла с 33,0 до 62,4 % (p < 0,001). Столь значительный рост может отражать как объективное улучшение качества амбулаторной помощи, так и субъективное переосмысление опыта, полученного в период пандемии. В 2021 г. пациенты, возможно, воспринимали амбулаторное лечение как вынужденную альтернативу стационару в условиях дефицита коечного фонда, тогда как к 2025 г. сформировалось более взвешенное понимание его достаточной эффективности при неосложненных инфекционных заболеваниях. Позитивная динамика оценок экстренной госпитализации (рост максимальных оценок с 47,1 до 52,5 %, p = 0,005) возможно обусловлена совершенствованием работы приемных отделений, сокращением времени ожидания госпитализации и улучшением маршрутизации пациентов с инфекционной патологией.

Удовлетворенность качеством медицинской помощи при инфекционных заболеваниях в целом сохраняется в 2025 г. по сравнению с пандемическим периодом на очень высоком уровне (таблица 4).

Таблица 4. Удовлетворенность респондентов отдельными аспектами качества медицинской помощи при инфекционных заболеваниях в 2021 и 2025 г.
Table 4. Respondents' satisfaction with specific aspects of the quality of medical care for infectious diseases in 2021 and 2025

Показатель	Год	1	2	3	4	5	Затрудняюсь ответить	χ^2 общий	p-уровень
Полнота информации от врача	2021	2 (0,4 %)	5 (1,0 %)	29 (5,9 %)	181 (36,9 %)	274 (55,8 %)	2 (0,4 %)	19,35	0,002
	2025	1 (0,2 %)	10 (2,0 %)	36 (7,3 %)	153 (30,9 %)	283 (57,2 %)	1 (0,2 %)		
Комфортные условия пребывания	2021	7 (1,4 %)	19 (3,9 %)	79 (16,1 %)	186 (37,9 %)	198 (40,3 %)	7 (1,4 %)	7,32	0,2
	2025	10 (2,0 %)	18 (3,6 %)	84 (17,0 %)	174 (35,2 %)	198 (40,0 %)	10 (2,0 %)		
Медикаментозное лечение	2021	2 (0,4 %)	1 (0,2 %)	40 (8,2 %)	161 (32,8 %)	284 (57,8 %)	2 (0,4 %)	19,66	0,002
	2025	1 (0,2 %)	8 (1,6 %)	53 (10,7 %)	194 (39,2 %)	231 (46,7 %)[2]	1 (0,2 %)		
Доступность методов диагностики	2021	4 (0,8 %)	16 (3,3 %)	67 (13,7 %)	160 (32,7 %)	240 (49,0 %)	4 (0,8 %)	26,61	< 0,001
	2025	10 (2,0 %)	23 (4,7 %)	103 (20,8 %)[3]	178 (36,0 %)	172 (34,8 %)[4]	10 (2,0 %)		
Вежливость врачей	2021	2 (0,4 %)	5 (1,0 %)	31 (6,3 %)	130 (26,5 %)	323 (65,8 %)	2 (0,4 %)	5,79	0,21
	2025	4 (0,8 %)	7 (1,4 %)	31 (6,3 %)	143 (28,9 %)	305 (61,6 %)	4 (0,8 %)		
Вежливость среднего медперсонала	2021	3 (0,6 %)	1 (0,2 %)	41 (8,4 %)	159 (32,4 %)	286 (58,3 %)	3 (0,6 %)	4,44	0,49
	2025	3 (0,6 %)	5 (1,0 %)	35 (7,1 %)	150 (30,3 %)	299 (60,4 %)	3 (0,6 %)		
Вежливость младшего медперсонала	2021	6 (1,2 %)	10 (2,0 %)	55 (11,2 %)	154 (31,4 %)	265 (54,0 %)	6 (1,2 %)	3,37	0,64
	2025	3 (0,6 %)	10 (2,0 %)	45 (9,1 %)	152 (30,7 %)	282 (57,0 %)	3 (0,6 %)		

Примечание. Оценка проводилась по 5-балльной шкале, где 1 — минимальная оценка (полностью не удовлетворен), 5 — максимальная оценка (полностью удовлетворен). Данные представлены в виде абсолютных частот (n) и процентных долей (%). Статистически значимые попарные различия между 2021 и 2025 г.: [1]p = 0,0026; [2]p = 0,0026; [3]p = 0,0147; [4]p < 0,001.
Note: The assessment was conducted on a 5-point scale, where 1 is the minimum score (completely dissatisfied) and 5 is the maximum score (completely satisfied). The data are presented as absolute frequencies (n) and percentage shares (%). Statistically significant pairwise differences between 2021 and 2025: [1]p = 0.0026; [2]p = 0.0026; [3]p = 0.0147; [4]p < 0.001.

2026;23(3):96–104 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Как позитивные аспекты следует отметить высокий уровень удовлетворенности полнотой информации от врача (более 57 % максимальных оценок). Вежливость медицинских работников на всех уровнях оценивается стабильно высоко без статистически значимых изменений ($p > 0,05$). Вместе с тем удовлетворенность доступностью диагностики и медикаментозным лечением значимо снизилась в 2025 г. ($p < 0,001$ и $p = 0,0015$ соответственно). Доля респондентов, оценивших доступность диагностики на 3 балла, выросла с 13,7 до 20,8 % ($p = 0,0147$). Эти данные вызывают особую тревогу, поскольку касаются ключевых компонентов качества медицинской помощи. Снижение удовлетворенности доступностью диагностики (максимальные оценки снизились с 49,0 до 34,8 %) может отражать объективные трудности, с которыми столкнулась система здравоохранения в постпандемийный период, в виде накопления очередей на плановые диагностические исследования, увеличения времени ожидания, а также, возможно, перераспределения ресурсов в пользу других, более актуальных направлений [9, 10]. Нельзя также исключить субъективный фактор, обусловленный ростом ожиданий пациентов. Как показано в исследованиях постпандемического периода, длительная работа в условиях повышенной нагрузки привела к высокому уровню профессионального выгорания у значительной части врачей (до 34 %), что напрямую коррелирует со снижением удовлетворенности пациентов, прежде всего за счет ухудшения коммуникации и доступности помощи [11]. Одновременно с этим опыт пандемии сформировал у населения повышенный запрос на своевременную диагностику и полноценное лекарственное обеспечение. Сочетание этих двух тенденций может приводить к тому, что даже при сохранении объективных показателей помощи субъективная оценка пациентом ее доступности и качества снижается.

Наиболее сложная для интерпретации динамика выявлена в отношении интегрального показателя лояльности — готовности рекомендовать организацию (таблица 5).

Таблица 5. Общая удовлетворенность и лояльность пациентов к оказанию медицинской помощи при инфекционных заболеваниях в 2021 и 2025 г.
Table 5. Overall patients' satisfaction and loyalty to the provision of medical care for infectious diseases in 2021 and 2025

Показатель	Категория	2021 г. (n = 488 / 490)	2025 г. (n = 495)	χ^2 общий	p-уровень
Оправдались ли ожидания от пребывания?	Нет / Скорее нет	27 (5,5 %)	29 (5,9 %)	2,87	0,5783
	Скорее да, чем нет	246 (50,4 %)	276 (55,8 %)		
	Да, полностью	181 (37,1 %)	162 (32,7 %)		
	Затрудняюсь ответить	32 (6,6 %)	27 (5,5 %)		
	Другое	2 (0,4 %)	1 (0,2 %)		
Рекомендовали бы данную организацию?	Нет / Скорее нет	36 (7,4 %)	27 (5,5 %)	23,69	< 0,001
	Скорее да, чем нет	180 (36,7 %)	277 (56,0 %)[1]		
	Да, полностью	215 (43,9 %)	146 (29,5 %)[1]		
	Затрудняюсь ответить	57 (11,6 %)	43 (8,7 %)		
	Другое	2 (0,4 %)	2 (0,4 %)		

Примечание. Данные представлены в виде абсолютных частот (n) и процентных долей (%). Статистически значимые попарные различия между 2021 и 2025 г. —[1]p < 0,001.
Note: The data are presented as absolute frequencies (n) and percentage shares (%). Statistically significant pairwise differences between 2021 and 2025 are [1]p < 0.001.

При сохранении высокого суммарного уровня позитивных ответов (80,6 % в 2021 г., 85,5 % в 2025 г.) произошло существенное изменение его структуры, доля полностью готовых рекомендовать снизилась с 43,9 до 29,5 %, тогда как доля скорее готовых выросла с 36,7 до 56,0 % (таблица 5). Мы расцениваем это как снижение готовности пациентов давать безусловную рекомендацию при сохранении общего позитивного отношения к организации. Пациенты в 2025 г., вероятно, более критично оценивают свой опыт и не готовы давать «стопроцентную» гарантию качества, что может отражать как рост потребительской требовательности, так и наличие вопросов в организации маршрутизации по организации диагностики и лечения, что, на наш взгляд, является особенностью постпандемического периода.

По оправданности ожиданий от пребывания в стационаре (общее соответствие полученной помощи заранее ожидаемому уровню) статистически значимых изменений не выявлено (p = 0,5783). Доля пациентов, полностью удовлетворенных оправданностью ожиданий, осталась на уровне 32–37 %.

Общий уровень лояльности остается высоким, однако его структура существенно изменилась. Доля респондентов, полностью готовых рекомендовать организацию, значимо снизилась с 43,9 до 29,5 %, в то время как доля ответов «Скорее да» выросла с 36,7 до 56,0 % (p < 0,001).

Заключение

Таким образом, в период с 2021 по 2025 гг. в г. Гродно произошли значимые изменения в отношении пациентов к организации инфекционной помощи. В постпандемический период выявлено предпочтение пациентов получать помощь при инфекционных заболеваниях в медицинских организациях по месту жительства с сохранением высокого доверия к специализированной инфекционной службе и врачам-инфекционистам амбулаторного звена. Оценки эффективности амбулаторной помощи и экстренной госпитализации значительно выросли, что свидетельствует о положительных изменениях в работе этих подразделений. Однако наряду с позитивными тенденциями выявлено снижение удовлетворенности доступностью диагностических исследований и лекарственным обеспечением, что обосновывает необходимость более детального анализа причин снижения этого показателя с целью оптимизации ресурсного обеспечения, а также внедрения системы мониторинга удовлетворенности пациентов с регулярной (ежегодной) периодичностью для оперативного выявления негативных тенденций.

Ограничение: в данном исследовании не проводилась стратификация респондентов по нозологическим формам инфекционных заболеваний, так как целью работы была интегральная оценка удовлетворенности системой инфекционной помощи в целом.

Список литературы / References

1. Бузин В.Н. Доступность и качество медицинской помощи в российском здравоохранении в период пандемии. Второй год с COVID-19: мнение населения. *Профилактическая медицина*. 2022;25(5):37-45.
DOI: https://doi.org/10.17116/profmed20222505137

Buzin VN. Availability and quality of medical care in Russian healthcare during the pandemic. The second year with COVID-19: public opinion. *Preventive Medicine*. 2022;25(5):37-45. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.17116/profmed20222505137

2. Кроткова Е.Н. Влияние новых условий оказания медицинской помощи пациентам с инфекционными заболеваниями (на примере Гродненской области). *Здравоохранение*. 2022;(3):24-30.

Krotkova EN. The impact of new conditions of medical care for patients with infectious diseases (on the example of the Grodno region). *Healthcare*. 2022;(3):24-30. (In Russ.).

3. Рюленс М, Ваутерс Я. COVID-19: испытания и потрясения для глобального управления в сфере здравоохранения. *Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика*. 2021;16(2):70-98.

Ruelens M, Wouters J. COVID-19: trials and tribulations for global health governance. *Bulletin of International Organizations: Education, Science, New Economy*. 2021;16(2):70-98. (In Russ.).

4. Стома И.О., Шаршакова Т.М., Волчек В.С. Особенности работы организаций здравоохранения Республики Беларусь в условиях третьей волны пандемии COVID-19. *ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучение. Вестник ВШОУЗ.* 2022;30(4):28-41.

Stoma IO, Sharsshakova TM, Volchek VS. Features of the work of healthcare organizations of the Republic of Belarus during the third wave of the COVID-19 pandemic. *ORGZDRAV: News, Opinions, Training. Bulletin of VSHOUZ*. 2022;(4(30)):28-41. (In Russ.).

5. Исмагилов Р.Р., Билалов Ф.С., Шарафутдинов М.А. Оценка удовлетворенности условиями оказания медицинской помощи пациентами с новой коронавирусной инфекцией. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*. 2023;27(3):354-367.
DOI: https://doi.org/10.22363/2313-0245-2023-27-3-354-367

Ismagilov RR, Bilalov FS, Sharafutdinov MA. Assessment of patient satisfaction with the conditions of medical care for novel coronavirus infection. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Medicine.* 2023;27(3):354-367. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.22363/2313-0245-2023-27-3-354-367

6. Крашенинникова Ю.А., Юхневич Н.Д. Неявные факторы, влияющие на мнения жителей малых городов и сельской местности о здравоохранении. *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. 2024;182(4):266-291.
DOI: https://doi.org/10.14515/monitoring.2024.4.2449

Krasheninnikova YuA, Yukhnevich ND. Implicit factors influencing the opinions of residents of small towns and rural areas about healthcare. *Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes*. 2024;(4(182)):266-291. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.14515/monitoring.2024.4.2449

7. Ниязова И.М. Развитие конфликтогенности при получении медицинской помощи населением в системе обязательного медицинского страхования в условиях новой коронавирусной инфекции: экономические аспекты. *Вестник евразийской науки*. 2023;15(2):25.

Niyazova IM. Development of conflictogenicity in obtaining medical care by the population in the compulsory health insurance system under the conditions of a new coronavirus infection: economic aspects. *Bulletin of Eurasian Science*. 2023;15(2):25. (In Russ.).

8. Поволоцкая Н.В., Шкатова Е.Ю. Удовлетворенность первичной медико-санитарной стоматологической помощью населения Удмуртской Республики в период пандемии. *Медицина труда и экология человека*. 2022;(1):55-67.
DOI: https://doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10104

Povolotskaya NV, Shkatova EYu. Satisfaction of the population of the Udmurt Republic with primary dental care during the pandemic. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2022;(1):55-67. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10104

9. Кроткова Е.Н. Бойко С.Л., Копыцкий А.В. Динамика удовлетворенности пациентов качеством медицинской по-

2026;23(3):96–104 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

мощи при инфекционных заболеваниях в центральных районных больницах. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2026;25(1):23-31.
DOI: https://doi.org/10.22263/2312-4156.2026.1.23

Krotkova EN, Boyko SL, Kapytski AV. Dynamics of patient satisfaction with the quality of medical care for infectious diseases in central district hospitals. *Bulletin of Vitebsk State Medical University*. 2026;25(1):23-31. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.22263/2312-4156.2026.1.23

10. Фоменко А.Г. Удовлетворенность пациентов качеством медицинского обслуживания и их ожидания относительно перспектив развития здравоохранения. *Вопросы организации и информатизации здравоохранения*. 2008;(1):35-44.

Fomenko AG. Patient satisfaction with the quality of medical care and their expectations regarding the prospects of healthcare development. *Issues of Organization and Informatization of Healthcare*. 2008;(1):35-44. (In Russ.).

11. Кузнецова М.А., Зудин А.Б., Горбачева Н.А. Анализ последствий: оценка факторов психосоциального риска выгорания врачей общей практики как предиктора неудовлетворенности пациентов медицинской помощью в постпандемийном периоде. *Здоровье населения и среда* обитания. 2024;32(9):83-90.
DOI: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-9-83-90

Kuznetsova MA, Zudin AB, Gorbacheva NA. Consequence analysis: assessment of psychosocial risk factors of burnout in general practitioners as a predictor of patient dissatisfaction with medical care in the post-pandemic period. *Public Health and Habitat. 2024;32(9):83-90*. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-9-83-90

Информация об авторах / Information about the authors

Кроткова Елена Николаевна, к.м.н., доцент, директор ГУ «Республиканский научно-практический центр пульмонологии и фтизиатрии», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9006-0917
e-mail: krotkova.elena73@mail.ru

Бойко Светлана Леонидовна, к.м.н., доцент, декан медико-психологического факультета УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8767-6892

Копыцкий Андрей Витальевич, старший преподаватель кафедры медицинской и биологической физики, УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1862-4300

Elena N. Krotkova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Director of Republican Scientific and Practical Center for Phthisiopulmonology and Phthisiology, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9006-0917
e-mail: krotkova.elena73@mail.ru

Svetlana L. Boiko, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dean of the Mental Health Faculty, Grodno State Medical University, Grodno, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8767-6892

Andrey V. Kopytsky, Senior Lecturer at the Department of Medical and Biological Physics, Grodno State Medical University, Grodno, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1862-4300

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Кроткова Елена Николаевна
e-mail: krotkova.elena73@mail.ru

Elena N. Krotkova
e-mail: krotkova.elena73@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 13.04.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 13.05.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):105–115

УДК 616-036.86-616.7-001-053.8(476)
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-12

Check for updates

Первичная инвалидность взрослого населения Республики Беларусь вследствие множественных и сочетанных травм опорно-двигательного аппарата

Ю. В. Осипов, О. А. Воронец, А. А. Шнигир

Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, г. Минск, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Исследовать тенденции и региональные особенности формирования первичной инвалидности (ПИ) взрослого населения Республики Беларусь вследствие множественных и сочетанных травм опорно-двигательного аппарата (ОДА), оценить тяжесть ПИ при данной нозологии травм.

Материалы и методы. Проведен мониторинг и анализ показателей ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. Использовались материалы базы данных Республиканской информационно-аналитической системы по медэкспертизе и реабилитации инвалидов Республики Беларусь (РИАС МЭРИ).

Результаты. Среднегодовой уровень ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА в среднем за период 2015–2024 гг. в Республике Беларусь составил 0,28 на 10 тыс. населения. Показатель тяжести высокий и в среднем составляет 68,8 %. Удельный вес мужчин в структуре ПИ — 83,5 %, уровень ПИ среди мужчин в 4 раза превышал аналогичный показатель среди женщин: 0,48 и 0,12 на 10 тыс. населения соответственно. Средний возраст впервые признанных инвалидами (ВПИ) трудоспособный — 44,9±12,9 года. У лиц более молодого возраста показатель тяжести выше, чем в других возрастных группах (70,1 % в возрастной группе 30–39 лет и 75,9 % в группе пациентов 18–29 лет). Наибольший вклад в структуру ПИ вносили переломы, захватывающие несколько областей тела (41,8 %), наиболее высокий уровень ПИ отмечен также среди лиц, признанных инвалидами вследствие данной нозологии травм, — 0,12 на 10 тыс. населения. Наибольший показатель тяжести ПИ отмечен вследствие множественных переломов бедренной кости — 86,4 %. Среди лиц ВПИ преобладали городские жители (71,4 %), однако среднегодовой уровень ПИ и тяжесть ПИ среди сельских жителей (0,36 на 10 тыс. населения и 72,5 %) превалировали над аналогичными показателями городских жителей (0,26 на 10 тыс. населения и 67,3 %). Наибольшее число лиц ВПИ проживало в Минской области (23,6 %). Наиболее высокий уровень ПИ отмечен также в Минской области, составивший 0,43 на 10 тыс. населения и превысивший среднереспубликанский показатель на 53,6 %.

Заключение. Установленные в ходе исследования тенденции к формированию контингента ВПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА из числа лиц трудоспособного возраста и высокие показатели тяжести инвалидности свидетельствуют о том, что последствия травматизма при данной нозологии травм являются не только медицинской, но и социально-экономической проблемой в связи с потерями трудовых ресурсов, а также выступают уверенным аргументом в вопросе необходимости совершенствования мероприятий медицинской реабилитации, направленных на оптимальное восстановление функционирования лиц и компенсацию утраченных функций с целью социально-бытовой адаптации и последующей реинтеграции к трудовой деятельности пациентов.

Ключевые слова: *множественные и сочетанные травмы, опорно-двигательный аппарат, впервые признанные инвалидами, первичная инвалидность, тяжесть инвалидности*

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Осипов ЮВ, Воронец ОА, Шнигир АА. Первичная инвалидность взрослого населения Республики Беларусь вследствие множественных и сочетанных травм опорно-двигательного аппарата. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):105–115. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-12*

© Ю. В. Осипов, О. А. Воронец, А. А. Шнигир, 2026

2026;23(3):105–115 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Primary disability of the adult population of the Republic of Belarus due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system

Yuri V. Osipov, Olga A. Voronets, Anastasia A. Shnigir

National Science and Practice Centre of Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus

Abstract

Objective. To study the trends and regional characteristics of the formation of primary disability (PD) of the adult population of the Republic of Belarus due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system, and to assess the severity of PD of this nosology of injuries.

Materials and methods. We monitored and analyzed PD rates due to multiple and combined musculoskeletal injuries for the period of 2015-2024. The data from the Republican Information and Analytical System for Medical Assessment and Rehabilitation of Disabled Persons of the Republic of Belarus were used.

Results. The average annual PD rate due to multiple and combined musculoskeletal injuries in the Republic of Belarus for the period of 2015-2024 was 0.28 per 10,000 population. The severity rate is high, averaging 68.8%. The proportion of men in the PD structure was 83.5%; the PD rate among men was 4 times higher than among women: 0.48 and 0.12 per 10,000 population, respectively. The average age of those newly recognized as disabled and able to work was 44.9±12.9 years old. The severity rate was higher in younger individuals compared to other age groups (70.1% in the 30-39 age group and 75.9% in the 18-29 age group). The biggest contribution to the structure of PD was made by fractures involving several areas of the body (41.8%), the highest level of PD was also noted among persons recognized as disabled due to this nosology of injuries – 0.12 per 10 thousand of the population. The highest indicator of PD severity was noted due to multiple femur fractures – 86.4%. Among persons recognized as disabled for the first time, urban residents predominated (71.4%), however, the average annual level of PD and the severity of PD among rural residents (0.36 per 10 thousand of the population and 72.5%, prevailed over the same indicators for urban residents (0.26 per 10 thousand of the population and 67.3%). The largest number of persons recognized as disabled for the first time lived in the Minsk region (23.6%). The highest level of PD was also noted in the Minsk region, amounting to 0.43 per 10 thousand of the population and exceeding the national average by 53.6%.

Conclusion. The trends established during the study towards the formation of a contingent of newly recognized disabled people due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system by people of working age and high rates of disability severity indicate that that the consequences of injury in a given nosology of injury are not only medical, but also a socio-economic problem due to the loss of labor resources, and also act as a confident argument on the need to improve medical rehabilitation measures, aimed at the optimal restoration of the functioning of persons and compensation for lost functions with the aim of social adaptation and subsequent reintegration to the work of patients.

Keywords: *multiple and combined injuries, musculoskeletal system, newly recognized disabled persons, primary disability, severity of disability*

Author contributions. All authors made significant contributions to the research and analysis, article preparation, and reviewed and approved the final version for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Osipov YuV, Voronets OA, Shnigir AA. Primary disability of the adult population of the Republic of Belarus due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):105–115. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-12*

Введение

Непрерывный технический прогресс, урбанизация и масштабы современного строительства высотных домов, возрастающая индустриализация, участившиеся катастрофы и природные катаклизмы, рост дорожно-транспортных происшествий увеличили количество пострадавших с множественными и сочетанными травмами. В общей структуре травматизма частота множественной и сочетанной травмы составляет 18–25 % [1–3].

Среди основных причин возникновения данного вида травм отмечают дорожно-транспортные происшествия (дорожно-транспортные и железнодорожные аварии, наезды на пешеходов и т. п.), падения с высоты, падения на плоскости [3–6].

По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в результате дорожно-транспортных происшествий от 20 до 50 млн человек получают несмертельные травмы, которые во многих случаях приводят к инвалидности [7].

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):105–115

В Республики Беларусь в среднем за год в результате дорожно-транспортных происшествий травмы и ранения получают более 3,7 тыс. человек [3, 8].

Особую актуальность данной проблеме, придает тот факт, что основной контингент пациентов с множественными и сочетанными травмами составляют лица трудоспособного возраста [1–3, 9, 10].

Большое разнообразие всевозможных вариантов локализации и вариабельность комбинаций повреждений при множественных и сочетанных травмах предполагает сложности в диагностике «доминирующего» повреждения. Для данных видов травм также характерен синдром «взаимного отягощения» [4, 11], когда каждое из повреждений усугубляет тяжесть общей патологической ситуации и наряду с этим каждое конкретное повреждение в случае сочетанной травмы протекает тяжелее, чем при изолированной травме. Чем тяжелее и опаснее для жизни повреждение, тем наиболее ярко проявляется «взаимное отягощение» и тем выше риск развития осложнений и, соответственно, выхода на инвалидность.

Частота встречаемости повреждений ОДА и черепно-мозговой травмы (ЧМТ) при сочетанных повреждениях наибольшая и составляет 77 % [12].

Синдром взаимного отягощения, наблюдаемый при сочетанной ЧМТ, меняет течение травматической болезни и играет фатальную роль в формировании ранних и поздних осложнений. Последствия ЧМТ в сочетании с повреждениями других областей тела приводят к широкому спектру тяжелых инвалидизирующих ограничений жизнедеятельности. Показатели установления инвалидности при сочетанных травмах, включающих тяжелую ЧМТ, практически равны 100 % случаев [13].

При этом необходимо отметить, что практически отсутствуют исследования распространенности и тяжести инвалидности при множественных травмах и сочетанных травмах ОДА, в которые не входят травмы головного и спинного мозга, — травмах в пределах двух и более анатомо-функциональных образований опорно-двигательной системы, включающих повреждение сосудов и/или нервов.

Цель исследования

Исследовать тенденции и региональные особенности формирования ПИ взрослого населения Республики Беларусь вследствие множественных и сочетанных травм ОДА, оценить динамику и тяжесть ПИ при данной нозологии травм.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись случаи установления медико-реабилитационной экспертной комиссией впервые инвалидности лицам с последствиями множественных или сочетанных травм ОДА в возрасте старше 18 лет, проживающим в Республике Беларусь.

Анализировались случаи установления ПИ вследствие травм, имеющих следующие коды согласно Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем (десятый пересмотр) (МКБ-10):

— множественные переломы ключицы, лопатки и плечевой кости (S42.7);

— множественные переломы костей предплечья (S52.7);

— множественные переломы бедренной кости (S72.7);

— множественные травмы области тазобедренного сустава и бедра (S79.7);

— множественные переломы голени (S82.7);

— множественные переломы стопы (S92.7);

— множественные травмы голеностопного сустава и стопы (S99.7);

— поверхностные травмы, захватывающие несколько областей тела (T00.2, T00.3, T00.6);

— открытые раны, захватывающие несколько областей тела (T01.2, T01.3, T01.6);

— переломы, захватывающие несколько областей тела (T02);

— вывихи, растяжения и перенапряжение капсульно-связочного аппарата суставов, захватывающие несколько областей тела (T03);

— размозжения, захватывающие несколько областей тела (T04);

— травматические ампутации, захватывающие несколько областей тела (T05);

— другие травмы, охватывающие несколько областей тела, не классифицированные в других рубриках (T06.2, T06.4, T06.8);

— множественные травмы неуточненные (T07);

— последствия других переломов грудной клетки и таза (T91.2);

— последствия травм верхней конечности (T92);

— последствия травм нижней конечности (T93);

— последствия травм, захватывающих несколько областей тела, и травм неуточненной локализации (T94).

Исключены случаи множественной и сочетанной травмы, включающие ЧМТ и/или травму спинного мозга.

Использовались материалы базы данных РИАС МЭРИ (рег. № В-0116-01-2014 от 22.08.2014), функционирующей на базе государ-

2026;23(3):105–115 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

ственного учреждения «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации». Период наблюдения — 2015–2024 гг.

Обработка результатов исследования проводилась с использованием стандартного пакета статистического и математического анализа программного приложения Microsoft Excel и StatSoft Statistica. При выполнении статистического анализа использовались абсолютные, относительные, интенсивные величины. При расчете интенсивных показателей использовались данные Национального статистического комитета Республики Беларусь о численности и половозрастной структуре населения.

Результаты и обсуждение

С 2015 по 2024 г. впервые инвалидами вследствие множественных и сочетанных травм ОДА было признано 2122 человека. В среднем ежегодно инвалидность вследствие данной патологии устанавливалась 212 человекам.

Уровень ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА в среднем за исследуемый период составил 0,28 на 10 тыс. населения. В ходе анализа уровня ПИ вследствие изучаемой патологии наблюдались колебания показателей. С 2015 по 2018 г. отмечено увеличение как абсолютного числа лиц ВПИ, так и уровня ПИ, достигнувшего в 2018 г. максимального показателя — 0,32 на 10 тыс. населения. Отмечена положительная тенденция снижения уровня ПИ с 2020 г. до минимального за весь период наблюдения в 2024 г. — 0,24 на 10 тыс. населения. Средний ежегодный темп убыли ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА в течение исследуемого периода составил 1,9 % (таблица 1).

Таблица 1. Показатели ПИ взрослого населения вследствие множественных и сочетанных травм ОДА
Table 1. Rates of PD of the adult population due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system

Год	Показатели ПИ			
	абс. число	на 10 тыс. населения	95 % ДИ	темп прироста / убыли, %
2015	222	0,29	0,25–0,33	—
2016	227	0,30	0,26–0,34	2,5
2017	232	0,30	0,26–0,34	2,5
2018	244	0,32	0,28–0,36	5,5
2019	195	0,26	0,22–0,30	–19,9
2020	220	0,29	0,25–0,33	14,0
2021	215	0,29	0,25–0,33	–1,4
2022	202	0,27	0,23–0,31	–5,3
2023	189	0,26	0,22–0,30	–6,1
2024	176	0,24	0,21–0,27	–6,9
В среднем за год	212	0,28	0,24–0,32	–1,9

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

Анализ тяжести ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА показал, что наиболее часто лицам с данной патологией устанавливалась вторая группа инвалидности. В целом за исследуемый период инвалидами второй группы признано 1201 человек, что составило 56,6 % от общего числа лиц с установленной инвалидностью вследствие изучаемой патологии. Третья группа инвалидности установлена у 662 человек, или в 31,2 % случаев. Первая группа инвалидности в течение анализируемого периода при первичном освидетельствовании лиц с последствиями множественных и сочетанных травм ОДА установлена у 259 человек (12,2 %).

Показатель тяжести (суммарный удельный вес инвалидов первой и второй группы) ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. высокий и в среднем составляет 68,8 %. Отсутствует четкая динамика показателя тяжести, при этом необходимо отметить, что в 2024 г. наблюдался самый низкий показатель за весь период наблюдения — 58,5 %. Среднегодовой темп убыли составил 1,9 % (рисунок 1).

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):105–115

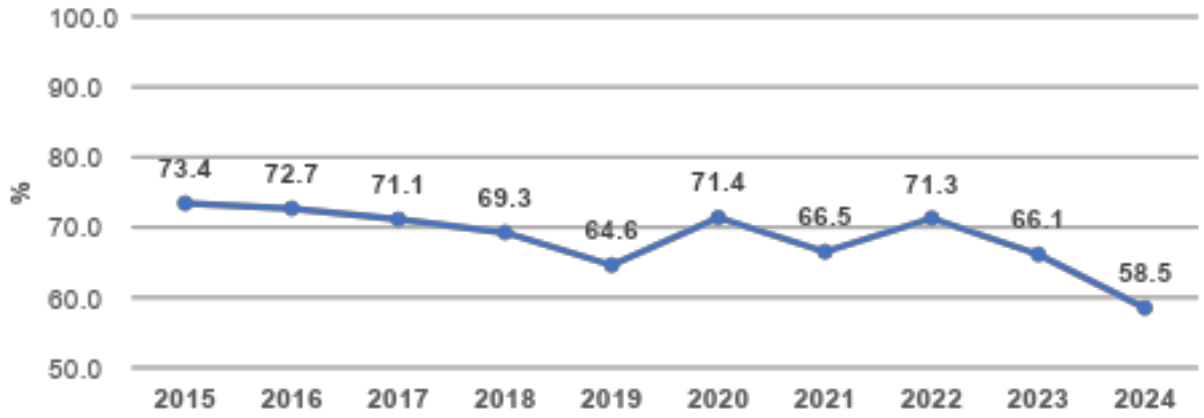


Рисунок 1 Динамика показателя тяжести ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг.
Figure 1. Dynamics of the severity index of PD due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024.

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

Анализ контингента лиц ВПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА показал, что в исследуемой совокупности преобладали мужчины. В течение анализируемого периода инвалидность вследствие изучаемой патологии была установлена у 1625 мужчин (76,6 % от общего числа лиц с установленной инвалидностью) и у 497 женщин (23,4 %). В среднем в год впервые инвалидами вследствие множественных и сочетанных травм ОДА признавались 163 мужчины и 50 женщин. Наибольший удельный вес лиц мужского пола в общем числе ВПИ отмечен в 2021 г. и составил 80,9 %, наименьший в 2023 г. — 73,5 %.

Среднегодовой уровень ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА среди мужчин значительно превышал (в 4 раза) аналогичный показатель среди женщин: 0,48 и 0,12 на 10 тыс. населения соответственно.

Уровень ПИ среди мужчин в течение исследуемого периода находился в пределах от минимальных показателей в 2024 г. — 0,37 на 10 тыс. соответствующего населения до максимальных показателей в 2018 г. — 0,56 на 10 тыс. соответствующего населения. Показатель ПИ лиц женского пола находился в диапазоне от минимального в 2019 и 2021 гг. — 0,10 на 10 тыс. соответствующего населения до максимального в 2022 г. — 0,15 на 10 тыс. соответствующего населения. В течение исследуемого периода отмечено снижение уровня ПИ среди мужчин на 2,6 %, среди женщин наблюдался незначительный рост — на 0,2 % (таблица 2).

Среди лиц ВПИ мужского и женского пола не отмечено существенных различий в показателях тяжести ПИ, за исключением того, что женщинам чаще устанавливалась первая группа инвалидности — 18,5 %, среди мужчин только у 10,3 % установлена данная группа инвалидности. При этом показатель тяжести идентичен среди мужского и женского населения — 68,8 %.

Средний возраст ВПИ трудоспособный — 44,9±12,9 года. Чаще других инвалидность вследствие изучаемой патологии устанавливалась лицам в возрасте 50–59 лет — 27,4 % случаев. Всего за исследуемый период инвалидами вследствие множественных и сочетанных травм ОДА признано 582 человека в возрасте 50–59 лет, уровень ПИ составил 0,44 на 10 тыс. соответствующего населения, что превышает аналогичный показатель в других возрастных группах. Инвалидами в возрасте 40–49 лет признанно 529 человек, что составило 24,9 % от общего числа лиц с установленной инвалидностью. Уровень ПИ в данной возрастной группе — 0,40 на 10 тыс. соответствующего населения. Число лиц ВПИ в возрасте 30–39 лет составило 451 человек (21,3 %), уровень ПИ — 0,30 на 10 тыс. соответствующего населения. Удельный вес других возрастных групп в структуре ПИ был незначительным: 18–29 лет — 13,7 %, 60–69 лет — 9,0 %, старше 70 лет — 3,7 %, уровень ПИ среди данных возрастных групп — 0,22, 0,16 и 0,08 на 10 тыс. соответствующего населения (таблица 3).

В возрастных группах 40–69 лет тяжесть ПИ находится в пределах от 65,4 до 66,7 %, тогда как у лиц более молодого возраста данный показатель выше и составляет 70,1 % в возрастной группе 30–39 лет и 75,9 % — в группе пациентов 18–29 лет (таблица 4).

Таблица 2. Показатели ПИ взрослого населения вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. с учетом пола
Table 2. Rates of PD of the adult population due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024, taking into account gender

Год	Пол					
	Мужчины			Женщины		
	на 10 тыс. населения	95 % ДИ	темп прироста / убыли, %	на 10 тыс. населения	95 % ДИ	темп прироста / убыли, %
2015	0,48	0,41–0,55	—	0,13	0,10–0,16	—
2016	0,51	0,43–0,59	6,8	0,11	0,08–0,14	–10,9
2017	0,52	0,44–0,60	2,0	0,12	0,09–0,15	4,5
2018	0,56	0,48–0,64	5,8	0,13	0,10–0,16	4,3
2019	0,45	0,38–0,52	–19,1	0,10	0,07–0,13	–22,9
2020	0,52	0,44–0,60	14,7	0,11	0,08–0,14	15,3
2021	0,52	0,44–0,60	0,9	0,10	0,07–0,13	–10,1
2022	0,42	0,35–0,49	–19,5	0,15	0,11–0,19	54,8
2023	0,42	0,35–0,49	0,4	0,12	0,09–0,15	–20,4
2024	0,37	0,3–0,44	–11,5	0,13	0,09–0,17	6,0
В среднем за год	0,48	0,41–0,55	–2,6	0,12	0,09–0,15	0,2

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

Таблица 3. Возрастная структура ПИ взрослого населения вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг.
Table 3. Age structure of PD of the adult population due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024

Возраст, лет	Число ВПИ		Уровень ПИ	
	абс. число	%	на 10 тыс. населения	95 % ДИ
18–29	290	13,7	0,22	0,19–0,25
30–39	451	21,3	0,30	0,27–0,33
40–49	529	24,9	0,40	0,37–0,43
50–59	582	27,4	0,44	0,4–0,48
60–69	192	9,0	0,16	0,14–0,18
70 и старше	78	3,7	0,08	0,06–0,10

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

Таблица 4. Тяжесть ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. с учетом возраста
Table 4. Severity of PD due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024, taking into account age

Возраст ВПИ	Число ВПИ	Группа инвалидности					
		Первая группа		Вторая группа		Третья группа	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%
18–29	290	43	14,8	177	61,0	70	24,1
30–39	451	51	11,3	265	58,8	135	29,9
40–49	529	45	8,5	301	56,9	183	34,6
50–59	582	53	9,1	331	56,9	198	34,0
60–69	192	21	10,9	107	55,7	64	33,3
70 и старше	78	46	59,0	20	25,6	12	15,4

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

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues **2026;23(3):105–115**

Выход на инвалидность лиц трудоспособного возраста в подавляющем большинстве мужского пола, высокий показатель тяжести представляет собой не только медицинскую, но и социально-экономическую проблему в связи с высокими потерями трудовых ресурсов страны, что говорит о необходимости изучения причин получения данных травм, совершенствования мер профилактической направленности и реабилитационных мероприятий для этой категории пациентов.

В ходе анализа показателей ПИ отмечено, что наибольший вклад в структуру ПИ вследствие изучаемой патологии вносили такие травмы, как переломы, захватывающие несколько областей тела (T02), удельный вес лиц с данным видом травм составил 41,8 %. Второе место в нозологической структуре ПИ занимали множественные переломы голени (S82.7) — 24,4 % случаев. Третье место — другие травмы, охватывающие несколько областей тела, не классифицированные в других рубриках (T06) — 23,1 %, учитывая значительный удельный вес данной группы, требуется дополнительный анализ, какие виды травм специалисты кодируют T06 (таблица 5).

Таблица 5. Нозологическая структура ПИ взрослого населения вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг.
Table 5. Nosological structure of PD in the adult population due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024

Нозологическая группа травм (код по МКБ-10)	Число ВПИ		Уровень ПИ	
	абс. число	%	на 10 тыс. населения	95 % ДИ
Множественные переломы бедренной кости (S72.7)	22	1,0	0,001	0–0
Множественные переломы голени (S82.7)	518	24,4	0,07	0,06–0,08
Переломы, захватывающие несколько областей тела (T02)	887	41,8	0,12	0,11–0,13
Травматические ампутации, захватывающие несколько областей тела (T05)	31	1,5	0,00	0–0
Другие травмы, охватывающие несколько областей тела, не классифицированные в других рубриках (T06)	490	23,1	0,07	0,06–0,08
Последствия травм нижней конечности (T93)	26	1,2	0,001	0–0
Последствия травм, захватывающих несколько областей тела, и травм неуточненной локализации (T94)	83	3,9	0,01	0,01–0,01

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

Наиболее высокий уровень ПИ отмечен среди лиц, признанных инвалидами вследствие переломов, захватывающих несколько областей тела, и составил 0,12 на 10 тыс. населения. Уровень ПИ вследствие множественных переломов голени и других травм, охватывающих несколько областей тела, не классифицированных в других рубриках, по каждой из подгрупп отмечен на уровне 0,07 на 10 тыс. населения.

Наибольшие показатели тяжести ПИ: вследствие множественных переломов бедренной кости — 86,4 %, травматических ампутаций, захватывающих несколько областей тела, — 83,9 % и множественных переломов голени — 78,0 %.

Лицам ВПИ вследствие множественных переломов бедренной кости, множественных переломов голени, переломов, захватывающих несколько областей тела, других травм, охватывающих несколько областей тела, не классифицированных в других рубриках, чаще устанавливалась вторая группа инвалидности — 63,6, 78,0, 51,9 и 52,2 % соответственно. При травматических ампутациях, захватывающих несколько областей тела, чаще устанавливалась первая группа инвалидности (67,7 % случаев). При последствиях травм, захватывающих несколько областей тела, и травм неуточненной локализации чаще устанавливалась третья группа инвалидности (60,2 % случаев) (таблица 6).

Среди лиц ВПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА преобладали городские жители. В целом за исследуемый период инвалидность вследствие изучаемых патологий установлена у 1515 городских жителей, что составило 71,4 % от общего числа лиц ВПИ и у 607 сельских жителей, что составило 28,6 %. Удельный вес городских жителей превалировал на протяжении всего исследуемого периода, находясь в диапазоне от максимального в 2023 г. — 74,6 % до минимального в 2016 г. — 67,8 %.

Инвалидами вследствие множественных и сочетанных травм ОДА в среднем в год при-

знавались 152 городских жителя, что в 2,5 раза больше по сравнению с аналогичным числом сельских жителей — 61 человек. При этом необходимо отметить, что среднегодовой уровень ПИ среди сельских жителей превалировал (в 1,4 раза) над показателем городских жителей, составляя 0,36 на 10 тыс. соответствующего населения против 0,26 на 10 тыс. соответствующего населения. Среднегодовое снижение уровня ПИ в течение исследуемого периода среди жителей города составило 2,3 %, среди жителей села данный показатель ниже и составил всего 0,6 % (таблица 7).

Таблица 6. Тяжесть ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. с учетом нозологической группы травмы

Table 6. Severity of PD due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024, taking into account the nosological group of injury

Нозологическая группа травмы (код по МКБ-10)	Число ВПИ	Группа инвалидности					
		Первая группа		Вторая группа		Третья группа	
		абс.	%	абс.	абс.	%	абс.
Множественные переломы бедренной кости (S72.7)	22	5	22,7	14	63,6	3	13,6
Множественные переломы голени (S82.7)	518	0	0,0	404	78,0	114	22,0
Переломы, захватывающие несколько областей тела (T02)	887	137	15,4	460	51,9	290	32,7
Травматические ампутации, захватывающие несколько областей тела (T05)	31	21	67,7	5	16,1	5	16,1
Другие травмы, охватывающие несколько областей тела, не классифицированные в других рубриках (T06)	490	76	15,5	256	52,2	158	32,2
Последствия травм нижней конечности (T93)	26	8	30,8	9	34,6	9	34,6
Последствия травм, захватывающих несколько областей тела, и травм неуточненной локализации (T94)	83	7	8,4	26	31,3	50	60,2

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

Таблица 7. Показатели ПИ взрослого населения вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. с учетом места жительства
Table 7. Rates of PD in the adult population due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024, taking into account the place of residence

Год	Место жительства					
	Город			Село		
	на 10 тыс. населения	95 % ДИ	темп прироста/ убыли, %	на 10 тыс. населения	95 % ДИ	темп прироста/ убыли, %
2015	0,28	0,24–0,32	—	0,33	0,25–0,41	—
2016	0,26	0,22–0,3	–6,8	0,42	0,32–0,52	29,9
2017	0,28	0,24–0,32	9,8	0,37	0,28–0,46	–12,5
2018	0,29	0,25–0,33	2,3	0,42	0,32–0,52	14,4
2019	0,23	0,19–0,27	–21,5	0,36	0,27–0,45	–15,5
2020	0,26	0,22–0,3	14,7	0,40	0,31–0,49	10,6
2021	0,26	0,22–0,3	–1,4	0,39	0,3–0,48	–1,0
2022	0,26	0,22–0,3	1,1	0,32	0,23–0,41	–19,7
2023	0,25	0,21–0,29	–5,9	0,30	0,22–0,38	–6,4
2024	0,22	0,18–0,26	–10,6	0,31	0,22–0,4	4,2
В среднем за год	0,26	0,22–0,3	–2,3	0,36	0,27–0,45	–0,6

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

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues **2026;23(3):105–115**

В ходе анализа тяжести инвалидности с учетом места проживания пациентов отмечается превалирование показателя среди сельских жителей над аналогичным показателем городских жителей — 72,5 и 67,3 % соответственно.

Таблица 8. Тяжесть ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. с учетом места проживания
Table 8. Severity of PD due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024, taking into account the place of residence

Население	Число ВПИ	Группа инвалидности					
		Первая группа		Вторая группа		Третья группа	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%
Городское	1515	191	12,6	829	54,7	495	32,7
Сельское	607	68	11,2	372	61,3	167	27,5

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

Превышение уровня ПИ и тяжести ПИ вследствие изучаемой патологии среди сельских жителей, отсутствие тенденции к снижению данного показателя требует дополнительного изучения и анализа.

Анализ региональной структуры ПИ показал, что наибольшее число лиц ВПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА проживало в Минской области — 500 человек (23,6 % от общего числа ВПИ). Значительное число лиц ВПИ также проживало в г. Минске — 367 человек (17,3 %). Наиболее высокий уровень ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА отмечен в Минской области, где он составил 0,43 на 10 тыс. соответствующего населения, превышая среднереспубликанский показатель на 53,6 %. Превышение уровня ПИ над среднереспубликанским отмечено также в Витебской (на 7,1 %) и Гродненской (на 3,6 %) областях (на 3,6 %) при уровне ПИ 0,30 и 0,29 на 10 тыс. соответствующего населения. Наименьший уровень ПИ вследствие изучаемой патологии отмечен в г. Минске — 0,23 на 10 тыс. соответствующего населения (таблица 9).

Таблица 9. Показатели ПИ взрослого населения вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. с учетом региона проживания
Table 9. Rates of PD in the adult population due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024, taking into account the region of residence

Регион проживания	Число ВПИ		Уровень ПИ	
	абс.	%	на 10 тыс. населения	95 % ДИ
Брестская область	250	11,8	0,24	0,21–0,27
Витебская область	278	13,1	0,30	0,27–0,33
Гомельская область	267	12,6	0,24	0,21–0,27
Гродненская область	238	11,2	0,29	0,25–0,33
Минская область	500	23,6	0,43	0,39–0,47
Могилевская область	222	10,5	0,27	0,23–0,31
г. Минск	367	17,3	0,23	0,21–0,25
Республика Беларусь	2122	100,0	0,28	0,24–0,32

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

В большинстве регионов страны отмечена общая тенденция значительного преобладания числа городских жителей ВПИ над числом сельских жителей, исключение составляет Минская область. Среди лиц, проживающих в данном регионе, ВПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА, количество сельских и городских жителей практически равное и составляет, соответственно, 52,4 и 47,6 %. Число сельских жителей ВПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА, проживающих в Минской области, составило 39,2 % от общего числа ВПИ, проживающих в сельской местности, что требует также детальной дополнительной проработки данного вопроса (таблица 10).

2026;23(3):105–115 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Таблица 10. Число ВПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. с учетом региона и места проживания
Table 10. The number of newly recognized disabled people due to multiple and combined injuries of the musculoskeletal system for the period of 2015-2024, taking into account the region and place of residence

Регион проживания	Число ВПИ	Из них			
		городские жители		сельские жители	
		абс.	%	абс.	%
Брестская область	250	178	71,2	72	28,8
Витебская область	278	194	69,8	84	30,2
Гомельская область	267	181	67,8	86	32,2
Гродненская область	238	170	71,4	68	28,6
Минская область	500	262	52,4	238	47,6
Могилевская область	222	163	73,4	59	26,6
г. Минск	367	367	100,0	—	—
Республика Беларусь	2122	1515	71,4	607	28,6

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

Заключение

В ходе исследования показателей ПИ взрослого населения Республики Беларусь вследствие множественных и сочетанных травм ОДА за период 2015–2024 гг. выявлено следующее:

— ежегодно ПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА устанавливалась в среднем у 212 человек, среднегодовой уровень ПИ составил 0,28 на 10 тыс. населения;

— в структуре ПИ превалируют мужчины (76,6 %), городские жители (71,4 %) и жители Минской области (23,6 %);

— уровень ПИ выше среди мужского населения (0,48 на 10 тыс. соответствующего населения), сельского населения (0,36 на 10 тыс. соответствующего населения) и жителей Минской области (0,43 на 10 тыс. соответствующего населения);

— средний возраст ВПИ трудоспособный — 44,9±12,9 года;

— наибольший вклад в нозологическую структуру ПИ вследствие изучаемой патологии вносили переломы, захватывающие несколько областей тела (41,8 %,), с уровнем ПИ — 0,12 на 10 тыс. населения;

— тяжесть ПИ высокая и составила 68,8 %, наиболее часто лицам с множественными и сочетанными травмами ОДА устанавливалась вторая группа инвалидности (56,6 %);

— показатели тяжести ПИ выше у лиц молодого возраста (70,1 % в возрастной группе 30–39 лет и 75,9 % в группе пациентов 18–29 лет), сельских жителей (72,5 %) и лиц ВПИ вследствие множественных переломов бедренной кости (86,4 %).

Установленные в ходе исследования тенденции к формированию контингента ВПИ вследствие множественных и сочетанных травм ОДА лицами трудоспособного возраста и высокие показатели тяжести инвалидности свидетельствуют о том, что последствия травматизма при данной нозологии травм являются не только медицинской, но и социально-экономической проблемой в связи с потерями трудовых ресурсов, а также выступают уверенным аргументом в вопросе необходимости совершенствования мероприятий медицинской реабилитации, направленных на оптимальное восстановление функционирования лиц и компенсацию утраченных функций с целью социально-бытовой адаптации и последующей реинтеграции к трудовой деятельности пациентов.

Список литературы / References

1. Колмакова Т.В. Амбулаторное лечение травм опорно-двигательного аппарата после сочетанных травм. В: Актуальные вопросы медицинской науки и практики: сб. ст. специалистов ТОГБУЗ «ГКБ им. Арх. Луки г. Тамбова». Тамбов: Принт-Сервис; 2019. С. 390-399.

Kolmakova TV. Outpatient treatment of musculoskeletal injuries after combined injuries. In: Current issues of medical science and practice: collection of articles by specialists of the Tambov Regional State Budgetary Healthcare Institution «Arkhangelsk City Clinical Hospital named after A.Luka». Tambov: Print-Service; 2019. pp. 390-399. (In Russ.).

2. Ибрагимов Ф.И., Касумов Н.А. Хирургическое лечение множественных и сочетанных травм. *Вестник хирургии*. 2018;177(5):30-35.
DOI: https://doi.org/doi.org/10.24884/0042-4625-2018-177-5-30-35

Ibragimov FI, Kasumov NA. Surgical treatment of multiple and combined injuries. *Bulletin of Surgery*. 2018;177(5):30-35. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/doi.org/10.24884/0042-4625-2018-177-5-30-35

3. Осипов Ю.В., Воронец О.А., Шнигир А.А. Множественная и сочетанная травмы опорно-двигательного аппарата как

медико-социальная проблема. В сб.: Медико-социальная экспертиза и реабилитация. 2024;26: 385-388.

Osipov YuV, Voronets OA, Shnigir AA. Multiple and combined injuries of the musculoskeletal system as a medical and social problem. In the collection of scientific articles: Medical and social examination and rehabilitation. 2024;26: 385-388. (In Russ.).

4. Назарова Е.О., Карпов С.М., Апагуни А.Э., Вышлова И.А. Современный взгляд на патогенетические механизмы травматической болезни при политравме (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий, элетронный журнал*. 2018;(1):126-130.
DOI: https://doi.org/10.24411/2075-4094-2018-15688

Nazarova EO, Karpov SM, Apaguni AE, Vyshlova IA. Modern view on the pathogenetic mechanisms of traumatic disease in polytrauma (literature review). *Bulletin of new medical technologies, electronic journal.* 2018;(1):126-130. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.24411/2075-4094-2018-15688

5 Матвеев Р.П. Причины и механизмы политравм опорно-двигательного аппарата на Севере. *Экология человека*. 2006;(2):55-57.

Matveev R.P. Causes and mechanisms of multiple injuries of the musculoskeletal system in the North. *Human ecology*. 2006;(2):55-57. (In Russ.).

6. Кулдашев К.А. Острая сочетанная черепно-мозговая травма: комплексная диагностика на этапах оказания медицинской помощи. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. 2012;76(6):40-44.

Kuldashev KA. Acute concomitant traumatic brain injury - a comprehensive diagnosis at different phases of treatment. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2012;76(6):40-44. (In Russ.).

7. Дорожно-транспортный травматизм: информационный бюллетень Всемирной организации здравоохранения, 2023. Глобальный веб-сайт всемирной организации здравоохранения. [дата обращения 2026 март 9]. Режим доступа: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

Road traffic injuries: World Health Organization fact sheet, 2023. World Health Organization global website. [Accessed 2026 March 9]. Available at: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries (In Russ.).

8. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2025. Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь; 2025. 305 с. [дата обращения 2026 март 9]. Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/9be/bw58kf25iyvf50lhg5ggffbiroi4haqa.pdf

Statistical Yearbook of the Republic of Belarus, 2025. Minsk: National Statistical Committee of the Republic of Belarus; 2025. 305 p. [Accessed March 9, 2026]. Available at: https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/9be/bw58kf25iyvf50lhg5ggffbiroi4haqa.pdf. (In Russ.).

9. Алексеенко С.Н., Дробот Е.В. Профилактика заболеваний: учебное пособие. М.: Академия Естествознания; 2015. 449 с.

Alekseenko SN, Drobot EV. Disease prevention: a tutorial. Moscow: Academy of Natural Sciences; 2015. 449 p. (In Russ.).

10. Pape HC, Borrelli JrJ, Moore EE, Pfeife R. Textbook of polytrauma management. A Multidisciplinary Approach. Springer: 2022. 677 p.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-95906-7.

11. Шапкин Ю.Г., Селиверстов П.А. Феномен взаимного отягощения повреждений при политравме. *Пермский медицинский журнал*. 2016;XXXIII(5):82- 94.

Shapkin YuG, Seliverstov PA. Phenomenon of mutual aggravation of injuries in polytrauma. *Perm Medical Journal*. 2016;XXXIII(5):82-94. (In Russ.).

12. Бондаренко А.В., Герасимова О.А., Лукьянов В.В., Тимофеев В.В., Круглыхин И.В. Состав, структура повреждений, летальность и особенности оказания помощи у пострадавших на этапах лечения политравмы. *Политравма.* 2014;(1):15-28.

Bondarenko AV, Gerasimova OA, Lukyanov VV, Timofeev VV, Kruglykhin IV. Composition, structure of injuries, mortality and features of providing assistance to victims at the stages of treatment of multiple trauma. *Polytrauma.* 2014;(1):15-28. (In Russ.).

13. Кривенко С.Н., Шпаченко Н.Н., Золотухин С.Е., Попов С.В., Романчук С.А. Патогенез травматической болезни при сочетанной травме опорно-двигательного аппарата (обзор литературы). *Вестник неотложной и восстановительной хирургии*. 2021;6(2):91-105.

Krivenko SN, Shpachenko NN, Zolotukhin SE, Popov SV, Romanchuk SA. Pathogenesis of traumatic disease in combined injury of the musculoskeletal system (literature review). *Bulletin of emergency and reconstructive surgery*. 2021;6(2):91-105. (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the authors

Осипов Юрий Витальевич, к.м.н., заведующий лабораторией медицинской экспертизы и реабилитации при ортопедотравматологической патологии, ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-0208-1723
e-mail: ortoped@meir.by

Воронец Ольга Александровна, старший научный сотрудник отдела научно-технической информации и организационно-методической работы, ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-0353-3683
e-mail: Volha_31@mail.ru

Шнигир Анастасия Анатольевна, научный сотрудник лаборатории медицинской экспертизы и реабилитации при ортопедотравматологической патологии, ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-6300-4947
e-mail: ortoped@meir.by

Yuri V. Osipov, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Medical Assessment and Rehabilitation in Orthopedic and Traumatological Pathology, National Science and Practice Center of Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-0208-1723
e-mail: ortoped@meir.by

Olga A. Voronets, Senior Researcher at the Department of Scientific and Technical Information and Organizational and Methodological Work, National Science and Practice Center of Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-0353-3683
e-mail: Volha_31@mail.ru

Anastasia A. Shnigir, Researcher at the Laboratory of Medical Assessment and Rehabilitation in Orthopedic and Traumatological Pathology, National Science and Practice Center of Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-6300-4947
e-mail: ortoped@meir.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Воронец Ольга Александровна
e-mail: Volha_31@mail.ru

Olga A. Voronets
e-mail: Volha_31@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 30.03.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 27.07.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

2026;23(3):116–125 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 616.89-008.445:614.4
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-13

Check for updates

Эпидемиология аутизма: в поисках биологических и психосоциальных детерминант роста

А. И. Авин, А. И. Мартыненко, М. Д. Аниськова

Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, г. Минск, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Проанализировать причины роста расстройств аутистического спектра (РАС) в Республике Беларусь.

Материалы и методы. Использованы данные полнотекстовых научных статей из международных научных баз данных, данные государственной статистической отчетности Республики Беларусь 1-психиатрия (Минздрав) «Отчет о заболеваниях психическими расстройствами, расстройствами поведения (кроме заболеваний, связанных с употреблением психоактивных веществ) и контингентах наблюдаемых пациентов», материалы базы данных Республиканской информационно-аналитической системы по медэкспертизе и реабилитации инвалидов Республики Беларусь. Относительные и интенсивные показатели рассчитаны с учетом демографических данных Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Результаты. В 2025 г. в Республике Беларусь распространенность РАС среди детей достигла показателя один случай на 251 ребенка. Феномен роста показателей РАС является сложным и многокомпонентным. Авторами выделены три основные группы причин роста данной патологии: биологические факторы, методологические факторы, факторы социальной адаптации.

Заключение. Полученные данные показали почти семикратный рост заболеваемости и инвалидности по РАС за период 2016–2025 гг. при относительной стабильности общего числа пациентов в возрасте 0–17 лет с психическими расстройствами, зарегистрированных организациями здравоохранения, что указывает на специфический эпидемиологический подъем РАС. Этот рост обусловлен сочетанием биологических детерминант (генетические факторы, осложнения беременности, выхаживание глубоко недоношенных детей), а также методологических и психосоциальных факторов, расширяющих диагностические границы и усиливающих выявляемость РАС. В Республике Беларусь на этом фоне выявляется преобладание тяжелой степени инвалидизации. Кроме того, отмечается преобладание мужского пола среди детей с установленным диагнозом «Детский аутизм», а также прослеживается формирование государственной системы раннего скрининга и применение биопсихосоциальной модели оказания помощи, что создает условия для своевременного выявления РАС, снижения социальной нагрузки и повышения качества жизни людей с РАС и их семей.

Ключевые слова: *расстройства аутистического спектра, эпидемиология, заболеваемость, инвалидность, биопсихосоциальная модель, факторы риска, ранняя диагностика, скрининг, распространенность*

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Авин АИ, Мартыненко АИ, Аниськова МД. Эпидемиология аутизма: в поисках биологических и психосоциальных детерминант роста. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):116–125. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-13*

Epidemiology of autism: in search of biological and psychosocial determinants of growth

Aliaksandr I. Avin, Aliaksandr I. Martynenka, Mayia D. Aniskova

Republican Science and Practice Centre of Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus

Abstract

Objective. To analyse the causes of the increase in autism spectrum disorders (ASD) in the Republic of Belarus.

Materials and methods. The data from full-text scientific articles in international academic databases, as well as data of official statistical reports of the Republic of Belarus 1-Psychiatry (Ministry of Health) "Report on mental disorders, behavioural disorders (excluding disorders related to the use of psychoactive substances) and the number of patients under observation", and data from the database of the Republican Information and Analytical System for Medical As-

© А. И. Авин, А. И. Мартыненко, М. Д. Аниськова, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):116–125

sessment and Rehabilitation of Persons with Disabilities of the Republic of Belarus . Relative and incidence rates were calculated taking into account demographic data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus were used.

Results. The prevalence of ASD in the Republic of Belarus reached a rate of 1 in 251 children in 2025. The phenomenon of rising ASD rates is complex and multifaceted. The authors have identified three main groups of causes for the increase in this condition: biological factors, methodological factors, and factors relating to social adaptation.

Conclusion. The data obtained showed an almost sevenfold increase in the incidence and disability rates for ASD over the period of 2016–2025, whilst the total number of patients aged 0-17 with mental disorders registered by healthcare organisations remained relatively stable, indicating a specific epidemiological rise in ASD. This increase is driven by a combination of biological determinants (genetic factors, pregnancy complications, and the care of extremely preterm infants), as well as methodological and psychosocial factors that broaden diagnostic criteria and enhance the detection of ASD. Against this backdrop, a predominance of severe disability is observed in the Republic of Belarus. Furthermore, there is a predominance of males among children diagnosed with «childhood autism», and the development of a national early screening system and the application of a biopsychosocial model of care are evident, which create the conditions for timely detection, a reduction in the social burden, and an improvement in the quality of life for people with ASD and their families.

Keywords: *autism spectrum disorders, epidemiology, morbidity, disability, biopsychosocial model, risk factors, early diagnosis, screening, prevalence*

Author contributions. All authors contributed substantially to the research and analysis work and preparation of the article, read and approved the final version for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Avin AI, Martynenka AI, Aniskova MD. Epidemiology of autism: in search of biological and psychosocial determinants of growth. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):116–125. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-13*

Введение

За последние десятилетия во всем мире фиксируется устойчивый рост показателей, связанных с РАС. Согласно последним метаанализам, глобальная распространенность РАС в общей популяции оценивается в пределах 1–2 % [1, 2]. Однако этот рост не является однородным феноменом. Он проявляется, как минимум, в трех взаимосвязанных тенденциях: в повышении регистрируемой заболеваемости, в увеличении распространенности инвалидности, а также в изменении структуры детской патологии. В связи с этим возникает резонный вопрос: что стоит за этим многокомпонентным ростом? Цель данной статьи — на основе анализа современных данных представить уровень, структуру и динамику РАС, а также рассмотреть комплекс факторов, объясняющих неуклонный рост этих расстройств, с разделением на три категории: этиологические (биологические), методологические (диагностические) и факторы социальной адаптации.

Проблема роста числа детей с РАС и его социальных последствий вызывает в Республике Беларусь растущую озабоченность профессионального сообщества и государства. Мировая статистика демонстрирует экспоненциальный рост выявляемости: если в середине 2000-х гг. распространенность РАС в развитых странах составляла около одного случая на 1000 детей, то сегодня этот показатель достиг одного на 30–50 детей. Республика Беларусь следует общемировому тренду, но с временным лагом. В 2025 г. распространенность РАС в стране составляет один случай на 251 ребенка (7097 случаев). Этот показатель сопоставим с уровнем диагностики в странах Европы середины 2000-х гг. (1:200–250) и отражает ту же динамику роста, которую развитые страны прошли 15–20 лет назад. Учитывая мировые тенденции, в ближайшие годы Беларуси предстоит пройти путь от европейских показателей 2006 г. к современным европейским значениям (1:40–50), что требует системной подготовки отечественного здравоохранения и образования.

Цель исследования

Проанализировать причины роста РАС в Республике Беларусь.

Материалы и методы

Использованы данные полнотекстовых научных статей из международных научных баз данных, государственной статистической отчетности Республики Беларусь 1-психиатрия (Минздрав) «Отчет о заболеваниях психическими расстройствами, расстройствами поведения (кроме заболеваний, связанных с употреблением психоактивных веществ) и контингентах наблюдаемых пациентов», материалы базы данных Ре-

спубликанской информационно-аналитической системы по медэкспертизе и реабилитации инвалидов Республики Беларусь. Относительные и интенсивные показатели рассчитаны с учетом демографических данных Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Результаты и обсуждение

За последние десять лет заболеваемость (R^2 = 0,88; p < 0,001) и инвалидность (R^2 = 0,90; p < 0,001) по РАС выросли почти в семь раз, в то время как общее число детей с психическими расстройствами существенно не меняется (R^2 = 0,25; p = 0,14). Детям с РАС приблизительно в 90 % случаев устанавливается инвалидность, т. е. нарушения психических функций у них стойкие, носят умеренный, выраженный или даже резко выраженный характер, что переводит проблему роста аутизма и его последствий в плоскость важнейших социально-экономических вызовов (таблица 1).

Таблица 1. Динамика общей заболеваемости по причине психических расстройств, в том числе вследствие РАС у детей в возрасте 0–17 лет в Республике Беларусь (по данным формы 1-психиатрия (Минздрав)), 2016–2025 гг.
Table 1. Dynamics of overall morbidity due to mental disorders, including those due to ASD in children aged 0-17 years in the Republic of Belarus (according to form 1-psychiatry (Ministry of Health)), 2016-2025.

Год	Общее число пациентов в возрасте 0–17 лет с психическими расстройствами, зарегистрированных организациями здравоохранения		Численность контингента инвалидов на конец года в возрасте 0–17 лет
	всего	из них с расстройствами аутистического спектра (F84.0-F84.3, F84.5)	расстройства аутистического спектра (F84.0-F84.3, F84.5)
2016	77351	1098	931
2017	72853	1343	1058
2018	67929	1602	1294
2019	64054	1821	1548
2020	60320	2115	1928
2021	62853	2733	2536
2022	63576	3400	3115
2023	64512	3987	3931
2024	66987	5401	4942
2025	68292	7097	6327

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

Современная наука рассматривает РАС как сложные нарушения развития, для которых не существует какой-то одной единственной причины. Можно утверждать, что детерминанты РАС — сложное и неразрывное взаимодействие генетической предрасположенности и факторов окружающей среды, которое по своей сути является биопсихосоциальным [3]. Для понимания причин роста регистрируемых случаев в последние десятилетия необходимо четко разделить три блока факторов:

1. Этиологические факторы (биологические причины возникновения): генетика, пренатальные и перинатальные воздействия. Они отвечают на вопрос: «Почему возникает болезнь?».

2. Методологические факторы (развитие системы знаний и инструментов): прогресс медицины, совершенствование диагностических критериев, феномен «замещения» диагнозов, повышение информированности врачей и населения. Они отвечают на вопрос: «Почему мы стали чаще и лучше выявлять болезнь?». Эти факторы не делают людей более аутичными, они делают аутизм более видимым для науки и статистики.

3. Факторы социальной адаптации (условия жизни с диагнозом): детско-родительские отношения, инклюзивная среда, поддержка государства, стигматизация. Они отвечают на вопрос: «Как качество жизни человека с РАС и тяжесть проявления симптомов зависят от окружения?».

Разберем каждую из этих групп факторов в отдельности:

1. Биологические детерминанты: этиология и предрасположенность. Современная наука объясняет предрасположенность к РАС через сложное взаимодействие генетических факторов и ранних биологических воздействий,

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):116–125

которые по своей сути являются факторами нейроразвития.

Генетический фундамент. Ученые идентифицировали уже более 100 генов, мутации или изменения в которых ассоциированы с повышенным риском развития РАС. Оценки наследуемости РАС достигают 80 % и выше [2, 4]. Эти гены играют ключевую роль в созревании нервной системы, формировании связей между нейронами и регуляции работы мозга. Типы мутаций вариабельны: это могут быть как унаследованные от родителей варианты генов, так и новые (спонтанные) мутации, возникающие на ранних этапах развития плода. В частности, зрелый возраст отца (и в меньшей степени матери) на момент зачатия связывают с более высоким риском появления таких новых генетических мутаций у ребенка, хотя количественно этот вклад оценивается как относительно небольшой [5]. Исследование в США показало, что первые дети двух возрастных родителей (мать старше 35 лет и отец старше 40 лет) имели почти в 3 раза более высокий риск развития аутизма по сравнению с третьими или последующими детьми молодых родителей [6].

В Республике Беларусь в 2021–2025 гг. доля мальчиков с установленным диагнозом F84.0 (детский аутизм) составляет 71,5–76,1 % (в среднем около 74 %), что примерно в 2,8 раза больше доли девочек (26 %); это согласуется с мировыми данными о мужской доминантности и тоже свидетельствует в пользу генетической предрасположенности, связанной с полом ребенка.

Пренатальные и перинатальные факторы риска. Здоровье матери во время беременности играет важную роль. Перенесенные будущей матерью инфекции (например, краснуха или грипп с тяжелой лихорадкой), прием некоторых лекарственных препаратов, а также такие состояния, как гестационный диабет или ожирение, являются установленными факторами риска развития РАС [4]. Экологические токсины, такие как жизнь в районах с загрязненным воздухом, контакт с тяжелыми металлами (ртутью, свинцом), пестицидами и фталатами, также могут оказывать повреждающее действие на развивающийся мозг плода [7].

«Эпидемия выживших»: парадокс недоношенности. Отдельного внимания заслуживает феномен, который можно назвать «эпидемией выживших». В развитых странах наблюдается парадоксальная ситуация: снижение младенческой смертности происходит на фоне стабильно высокого или даже растущего числа преждевременных родов. Это не означает, что здоровье детей ухудшается. Напротив, это является следствием колоссального прогресса в неонатологии и реанимации новорожденных. Сегодня в развитых странах выживают более 90 % детей, родившихся даже до 28-й недели беременности. То же касается и Республики Беларусь, где ежегодно рождается около 4–4,5 тыс. недоношенных детей, из них более 250 — с экстремально низкой массой тела (менее 1,5 кг). Выживаемость глубоко недоношенных детей в нашей стране находится на уровне развитых стран и составляет более 90 % [8].

Многочисленные крупные исследования и мета-анализы подтверждают: преждевременные роды являются значимым фактором риска развития РАС, при этом более низкий гестационный возраст ассоциирован с более высоким риском [2, 9]. В группе детей, родившихся до 24-й недели гестации, РАС диагностируется в 24 % случаев [2]. Медицинские осложнения, типичные для недоношенных (внутрижелудочковые кровоизлияния, перивентрикулярная лейкомаляция), напрямую ведут к повреждению структур мозга, отвечающих за социальное познание и коммуникацию. При этом важно подчеркнуть, что современные исследования, такие как французское когортное исследование EPIPAGE-2, показывают: интенсивная терапия, направленная на выживание глубоко недоношенных детей, не приводит к увеличению частоты тяжелых нарушений развития по сравнению с менее интенсивными подходами, а скорее позволяет выжить большему числу детей с разным потенциалом здоровья [9].

Таким образом, благодаря достижениям медицины по спасению жизни самых уязвимых новорожденных формируется когорта детей с повышенным риском нарушений развития, что напрямую вносит вклад в рост показателей распространенности РАС.

2. Методологические факторы: диагностика, «расширение границ» и феномен замещения. Значительная часть наблюдаемого роста распространенности РАС связана не с тем, что дети стали «более аутичными», а с тем, что диагностические инструменты стали более чувствительными, а само понятие аутизма — более широким.

Эволюция диагностических критериев. Границы РАС значительно расширились за последние 30–40 лет. Ключевым моментом стало объединение ранее отдельных диагнозов (включая синдром Аспергера) в единую категорию «расстройства аутистического спектра». Это привело к тому, что люди с сохранным интеллектом и речью, которые раньше могли не получать диагноза РАС или получать иные диагнозы, теперь включаются в статистику РАС.

Повышение информированности врачей первичного звена и родителей о ранних при-

2026;23(3):116–125 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

знаках аутизма способствует тому, что дети, которых ранее рассматривали как имеющих «задержку речи» или «трудный характер», теперь своевременно попадают под наблюдение психиатров. При этом в профессиональной среде активно обсуждается проблема гипердиагностики: расширение круга специалистов, ставящих предварительный диагноз РАС (неврологи, педиатры), привело к тому, что в эту категорию все чаще попадают дети с задержками речевого развития, умственной отсталостью (УО) и иными состояниями. Этот методологический сдвиг существенно влияет на статистику и меняет «портрет» среднего пациента, который теперь охватывает более широкий спектр когнитивных и речевых нарушений. Ключевую роль в выявлении симптомов РАС при наличии данных нарушений играют скрининговые тесты, внедряемые в рутинную практику.

Крен диагностики: от умственной отсталости к РАС. Существенным методологическим фактором, влияющим на статистику, является высокая коморбидность РАС и УО и связанный с этим «крен» диагностики. Современные диагностические подходы рассматривают нарушения нейроразвития как широкий спектр симптомов, взаимосвязанных и специфически взаимовлияющих друг на друга [3]. Раньше ребенок с тяжелыми когнитивными и адаптивными нарушениями с высокой вероятностью получал диагноз «Умственная отсталость». Сегодня, благодаря пониманию специфики аутистических расстройств, того же ребенка с высокой вероятностью диагностируют как «РАС» (с уточнением об уровне интеллектуального развития). Происходит, по-видимому, своего рода «перетекание» пациентов из одной диагностической категории в другую, о чем дополнительно свидетельствует снижение в последние годы числа детей с диагнозом УО (R^2 = 0,80; p < 0,001) — –15,1 %, с одновременным ростом РАС (R^2 = 0,88; p < 0,001) — +546,5 %, или в 6,4 раза (рисунок 1).

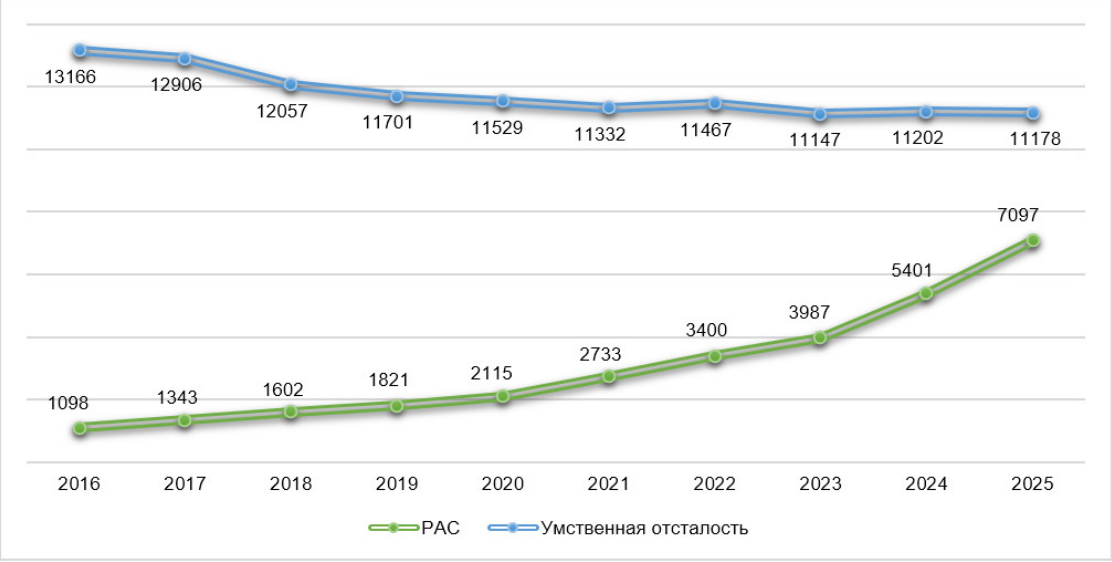


Рисунок 1. Динамика общей заболеваемости пациентов в возрасте 0–17 лет с РАС (F84.0-F84.3, F84.5) и УО (F70, F71-F79), зарегистрированных организациями здравоохранения Республики Беларусь (по данным формы 1-психиатрия (Минздрав)), 2016–2025 гг.
Figure 1. Overall morbidity dynamics in patients aged 0-17 years with ASD (F84.0-F84.3, F84.5) and mental retardation (F70, F71-F79) registered by healthcare organizations in the Republic of Belarus (according to Form 1-Psychiatry (Ministry of Health)), 2016-2025

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

Раньше пациентам с интеллектуальным недоразвитием и признаками аутизма чаще устанавливали диагноз «Умственная отсталость, торпидная форма». Сейчас же врачи ищут не просто факт сниженного интеллекта, а качественную структуру нарушений. Это не ошибка, а уточнение диагноза, позволяющее точнее подбирать коррекционную помощь, фокусируясь на коммуникации и социализации у пациентов с интеллектуальной недостаточностью.

Рост благосостояния населения и развитие системы здравоохранения. Наблюдаемые различия в распространенности РАС между странами, а также в разных по социально-экономическому уровню развития регионах одной страны во многом обусловлены именно

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):116–125

методологическими и контекстуальными факторами, а не только истинными биологическими различиями [1]. В Республике Беларусь наблюдается высокий уровень первичной инвалидности (ПИ) вследствие РАС по Минской области относительно других регионов, что может объясняться более высоким экономическим потенциалом области, близостью к столице с ее высокой материально-технической оснащенностью, а также более высоким доверием к столичной медицине (таблица 2).

Таблица 2. Региональные особенности ПИ среди детского населения вследствие РАС и УО, 2025 г.
Table 2. Regional characteristics of primary disability of the child population due to ASD and mental retardation, 2025

Регион	На 10 тыс. населения	
	умственная отсталость	расстройства аутистического спектра
Брестская область	4,17	8,99
Витебская область	2,15	8,07
Гомельская область	4,09	3,05
Гродненская область	2,44	4,97
Минская область	**4,20**	**15,91**
Могилевская область	1,69	8,95
г. Минск	1,43	7,60

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

Высокие показатели ПИ вследствие РАС в Минской области, достигающие 15,91 на 10 тыс. населения, на первый взгляд контрастируют с относительно низким уровнем в самом г. Минске (7,60 на 10 тыс. населения). Это различие во многом объясняется не столько истинной распространенностью РАС, сколько структурой доступной помощи. В столице развита сеть специализированных центров, предлагающих занятия по сенсорной интеграции 3–4 раза в неделю, а также регулярное тьюторское сопровождение, что позволяет родителям по крайней мере на первых порах эффективно корригировать состояние ребенка без оформления инвалидности. Для жителей г. Минска эти услуги доступны как территориально, так и по цене, что снижает мотивацию к прохождению формальной медико-социальной экспертизы. В то же время родители, проживающие в области, сталкиваются с дефицитом доступных коррекционных услуг по месту жительства. В сложившихся обстоятельствах они чаще предпочитают официально установить психиатрический диагноз и определить степень утраты здоровья, чтобы через статус инвалидности получить гарантированный доступ к государственной системе поддержки и льготам.

Успехи государственной системы раннего выявления аутизма. Авторами статьи проведен анализ возрастного распределения случаев ПИ среди детского населения, обусловленной диагнозом F84.0 (детский аутизм), в Республике Беларусь в 2021–2025 гг. (таблица 3).

Таблица 3. Распределение случаев ПИ среди детского населения вследствие F84.0 (детский аутизм) в Республике Беларусь по возрастным группам в 2021–2025 гг.
Table 3. Distribution of cases of primary disability of the child population due to F84.0 (childhood autism) in the Republic of Belarus by age groups in 2021-2025

Год	1–4 года		5–9 лет		10–14 лет		15–17 лет	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
2021	225	44,5	268	53,0	8	1,6	5	1,0
2022	253	46,3	276	50,5	17	3,1	1	0,2
2023	337	47,9	343	48,7	23	3,3	1	0,1
2024	524	54,1	419	43,3	18	1,9	7	0,7
2025	646	53,0	529	43,4	37	3,0	7	0,6

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

2026;23(3):116–125 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

В течение всего анализируемого периода (2021–2025 гг.) наибольший процент случаев ПИ приходится на две младшие возрастные группы: 1–4 года и 5–9 лет. В 2021 г. на категорию 1–4 года приходилось 44,5 % всех новых случаев, в то время как на категорию 5–9 лет — 53,0 %. Совокупно дети в возрасте 1–9 лет составили 97,5 % всех новых случаев ПИ по причине детского аутизма. Доля детей старших возрастных групп была незначительной: 10–14 лет — 1,6 %, 15–17 лет — 1,0 %.

В последующие годы отмечается последовательный рост абсолютного и относительного числа случаев в младшей возрастной группе (1–4 года): с 44,5 % в 2021 г. до 53,0 % в 2025 г. За тот же период несколько сократился процент детей 5–9 лет (с 53,0 % в 2021 г. до 43,4 % в 2025 г.). Хотя обе возрастные когорты остаются ведущими, тенденция к «омолаживанию» впервые признанных инвалидами по причине детского аутизма становится все более выраженной. Дети в возрасте 10–14 лет составляют в среднем лишь 2–3 % от общего числа новых случаев ПИ по годам наблюдения, а в возрастной группе 15–17 лет — менее 1 %. К 2025 г. наблюдается слегка увеличившаяся доля среди детей 10–14 лет (3,0 %) и стабильно низкие значения у детей 15–17 лет (0,6 %).

Данные свидетельствуют о том, что в Республике Беларусь создана и функционирует государственная система раннего выявления РАС и своевременного направления детей в центры раннего вмешательства (ЦРВ), детские поликлиники и центры коррекционно-развивающего обучения и реабилитации (ЦКРОиР). Основой системы является четкий алгоритм, регламентированный на национальном уровне и начинающийся с обязательного скрининга в обозначенные возрастные периоды. Скринингу подлежат все дети в возрасте 18 месяцев (1,5 года) и 36 месяцев (3 года). Инструментом служит Информационная система расширенной диагностики РАС (ИС РАС), доступная на портале isras.by. Родитель самостоятельно регистрируется в системе и последовательно заполняет два опросника: первичный «Тест на наличие аутизма у детей раннего возраста» и при выявлении риска — углубленный «Тест для родителей на определение наличия и степени выраженности признаков РАС». С результатами скрининга родитель обращается к участковому врачу-педиатру. Врач анализирует данные в ИС РАС и при подозрении на РАС выдает направление в ЦРВ и/или к детскому неврологу для углубленной диагностики. Специалисты ЦРВ и неврологи проводят обследование, заполняя в системе «Тест для медицинских работников», и разрабатывают индивидуальный план помощи, который может включать дополнительные обследования, индивидуальные и групповые занятия, а также консультирование и сопровождение семьи специалистами. Критерии направления в ЦРВ четко определены: помощь получают дети, имеющие риски развития нарушений или сами нарушения развития, независимо от конкретного диагноза, а также дети-инвалиды в возрасте до четырех лет (если программа помощи была начата до трех лет). Направление может быть выдано врачом либо родитель может обратиться самостоятельно.

Работу системы обеспечивают следующие документы: приказ Министерства здравоохранения Республики Беларусь «Об утверждении Методических рекомендаций» от 12.02.2025 № 148 (утвердил методические рекомендации по раннему выявлению РАС с использованием ИС РАС); постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь «О порядке проведения мероприятий по раннему вмешательству» от 07.10.2025 № 139 (установило единый порядок работы, критерии направления и формы помощи); клинический протокол «Медицинская реабилитация, медицинская абилитация пациентов в возрасте до 18 лет с расстройствами аутистического спектра» от 03.06.2025 № 54 (регламентирует процессы абилитации и реабилитации, состав мультидисциплинарной бригады); совместное постановление Министерства здравоохранения, Министерства образования и Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь «О порядке действий по направлению детей для оказания педагогической, медицинской, социальной и психологической помощи» от 13.06.2024 №101/69/41 (обеспечивает межведомственное взаимодействие при направлении детей для получения помощи разного профиля).

3. Психосоциальные детерминанты: от обвинения к поддержке. В этой сфере произошла, пожалуй, самая драматичная смена парадигм: от поиска «виноватых» среди родителей к пониманию семьи как главного ресурса поддержки.

Переосмысление роли среды: от причины к модулятору. Исторические психоаналитические концепции (Мелани Кляйн, Великобритания, 1946 г.; Грегори Бейтсон, США, 1956 г.), объяснявшие патологическую интроверсию нарушениями ранних отношений с матерью, отвергнуты современной наукой за отсутствием эмпирических доказательств. Вместе с тем современные исследования показывают, что семейная среда не является причиной РАС, но выступает значимым модулятором траектории развития болезни. Систематический обзор про-

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):116–125

спективных исследований подтверждает, что такие факторы, как родительский стресс и качество детско-родительских отношений, имеют значимые связи с последующим эмоциональным благополучием и поведенческими проблемами у аутичных детей [10]. Поддерживающая среда, ранняя коррекция и психообразование родителей способны максимально раскрыть потенциал ребенка, в то время как хронический стресс может усугублять трудности. Особенно актуален психологический фактор как модулятор дезадаптации при легких формах РАС, диагностируемых в более позднем возрасте. Нередко диагностика синдрома Аспергера, протекающего более мягко и благоприятно, происходит только после 20–25 лет, когда социальные требования (работа, семья) становятся непосильными, и компенсаторные механизмы дают сбой. Но таких форм не более 10 % от всех случаев РАС [11].

Социальная среда как фактор адаптации. Психолого-педагогическая запущенность или жестокое обращение не увеличивают риск возникновения РАС, но являются мощнейшими факторами, которые могут значительно ухудшить прогноз развития, усилить проблемное поведение и привести к глубокой социальной дезадаптации ребенка, у которого уже есть РАС.

Следует отметить, что в случаях крайней, тотальной социальной и сенсорной депривации может наблюдаться феномен так называемого «псевдоаутизма», или вторичного аутичного поведения, клинически имитирующего истинные расстройства аутистического спектра. Классическим примером здесь выступает синдром Маугли — состояние, при котором длительное отсутствие человеческого окружения, эмоциональной привязанности и речевой среды приводит к формированию симптомокомплекса, внешне идентичного тяжелому аутизму: отсутствие речи, стереотипные раскачивания, избегание взгляда, неспособность к социальному взаимодействию. В отличие от РАС в основе этих проявлений лежит не генетическая поломка, а функциональное недоразвитие мозга вследствие упущенных сенситивных периодов, что в некоторых случаях (при раннем помещении в благоприятную среду) допускает частичную компенсацию.

В современном обществе случаи «псевдоаутизма», к сожалению, встречаются все чаще, хотя и не всегда в столь драматичной форме, как воспитание животными. Речь идет о скрытых формах депривации: длительная социальная изоляция (в том числе у хронически болеющих детей — госпитализм), пребывание детей раннего возраста в закрытых интернатных учреждениях с низким уровнем ухода, случаи жестокого обращения, когда взрослые сознательно изолируют ребенка. Отдельно стоит выделить так называемый цифровой аутизм — псевдоаутистическое состояние, обусловленное ранним переходом активного родительского участия в воспитании ребенка к постоянному взаимодействию с гаджетами, что ограничивает развитие эмоционального контакта, внимания и речи [12].

Эти условия могут приводить к формированию стойких нарушений социального поведения, которые ошибочно квалифицируются как РАС, но на самом деле являются следствием отсутствия необходимой стимуляции в критические периоды развития. Дифференциальная диагностика между истинным аутизмом и депривационным псевдоаутизмом становится принципиально важной, так как определяет стратегию помощи: в первом случае приоритетом выступает поведенческая и сенсорная терапия, во втором — немедленное обогащение окружающей среды и формирование надежной привязанности.

Специфика постсоветского пространства: стигма и недоверие. Родители детей с РАС часто сталкиваются с социальными предрассудками и негативным опытом взаимодействия с равнодушным окружением, что формирует у них настороженность и желание изолировать ребенка от общества.

Таблица 4. Тяжесть первичной инвалидности вследствие РАС (F84.0) в 2021–2025 гг.
Table 4. Severity of primary disability due to ASD (F84.0) in 2021-2025

Степень утраты здоровья (СУЗ)	2021	2022	2023	2024	2025	2021–2025
СУЗ 1	0	5	4	8	8	25
СУЗ 2	98	147	236	350	492	1323
СУЗ 3	346	287	332	394	466	1825
СУЗ 4	62	108	132	216	253	771

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

2026;23(3):116–125 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Представленные в таблице 4 данные по тяжести первичной инвалидности у детей с диагнозом F84.0 (детский аутизм) за 2021–2025 гг. демонстрируют парадоксальную, на первый взгляд, картину: распределение по СУЗ не соответствует традиционному представлению о преобладании легких степеней утраты здоровья в общей массе инвалидов. Согласно ожидаемой модели, наибольшее количество детей должно приходиться на СУЗ 1 и СУЗ 2 (легкие и умеренные нарушения), а наименьшее — на СУЗ 4 (наиболее тяжелые). Однако реальные цифры показывают принципиально иную динамику.

За пятилетний период (2021–2025 гг.) мы наблюдаем устойчивое доминирование тяжелых степеней (СУЗ 3 — 1825 человек и СУЗ 4 — 771 человек) над легкой степенью (СУЗ 1 — всего 25 человек). Объяснение этого феномена кроется, вероятно, в совокупности социальных и системных барьеров, описанных в недавнем совместном российско-белорусском исследовании [13]. Авторы подтверждают, что на формирование родительских установок влияет не столько возраст или образование, сколько «ассоциированная стигма» и опыт интолерантного отношения со стороны окружающих.

Применительно к статистике инвалидности это работает следующим образом. Родители детей с легкими формами аутизма (СУЗ 1), сталкиваясь со стигматизацией и отсутствием понимания со стороны общества, часто отказываются от оформления инвалидности, чтобы избежать «ярлыка» психиатрического диагноза. В результате дети остаются вне официальной статистики и, что еще важнее, вне системы государственной поддержки, которая полагается при оформленной степени утраты здоровья. Родители вынуждены самостоятельно оплачивать большинство коррекционных занятий, что при легкой степени нарушений часто воспринимается как лучшее, чем «психиатрический учет».

В то же время дети с тяжелыми формами (СУЗ 3 и СУЗ 4) имеют настолько выраженные нарушения, что их родители не могут игнорировать необходимость оформления инвалидности — она становится надежным способом получить доступ к реабилитации, льготам и социальной поддержке. Кроме того, сама тяжесть состояния часто «защищает» семью от стигмы в том смысле, что окружающие визуально видят тяжесть нарушений и реже обвиняют родителей в «плохом воспитании», в отличие от ситуаций с высокофункциональными детьми, где поведенческие особенности могут восприниматься как капризы или следствие педагогической запущенности.

Таким образом, статистика СУЗ отражает не только реальную структуру распространенности разных форм аутизма, но также искажающее влияние социальных факторов. Стигма, страх перед психиатрией и необходимость самостоятельно оплачивать занятия создают ситуацию, в которой дети с легкими нарушениями остаются в «серой зоне» — невидимые для статистики, но и не получающие необходимой поддержки. Это требует не только совершенствования диагностических процедур, но и системной работы по дестигматизации психиатрических диагнозов и информированию семей о возможностях ранней помощи детям с РАС.

Заключение

Феномен роста показателей РАС является сложным и многокомпонентным. Анализ трех выделенных групп детерминант позволяет прийти к следующим выводам:

1. Биологические детерминанты являются истинными этиологическими факторами. Именно они определяют предрасположенность к этому расстройству. Генетические мутации, осложнения беременности и, в особенности, успешное выхаживание глубоко недоношенных детей создают ту когорту, в которой риск развития РАС многократно возрастает.

2. Методологические факторы и факторы социальной адаптации не являются причинами РАС, но существенно влияют на его статистический учет, течение и качество жизни пациентов. Методологические факторы, расширение критериев, улучшение диагностики, скрининг, а также обоснованный задачами ранней реабилитации «крен» диагностики от УО к РАС у коморбидных пациентов объясняют эпидемиологический «бум», делая аутизм видимым для статистики там, где раньше ставили другие диагнозы или не ставили никакого.

3. Факторы социальной адаптации (поддержка семьи, инклюзивная среда, стигматизация, доступность помощи) определяют траекторию развития конкретного ребенка. Они могут либо выступить мощнейшим протектором, смягчая симптоматику и способствуя социализации, либо, напротив, стать дополнительным стрессором, усугубляющим трудности поведения и приводящим к социальной изоляции.

4. Современный подход к РАС требует отказа от поиска виновных и перехода к комплексной биопсихосоциальной модели, где медицинская помощь, психологическая поддержка семьи и государственная политика по дестигматизации и созданию доступной среды работают в едином ключе, обеспечивая людям с РАС возможность жить полноценной жизнью.

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):116–125

Список литературы / References

1. Muthuka JK, Onyango C, Nzioki JM, et al. Global prevalence and covariates of autism spectrum disorder: a meta-analysis of the past two decades (2004-2025). *medRxiv*. 2025. DOI: https://doi.org/10.64898/2025.12.06.25341750

2. Yang B, Zaks N, Kajantie E, et al. Risk factors for autism spectrum disorder in individuals born preterm: a systematic review and meta-analysis of population-based studies. *Biological Psychiatry: Global Open Science*. 2025;5:100535.

3. Michelini G, Carlisi CO, Eaton NR, et al. Where do neurodevelopmental conditions fit in transdiagnostic psychiatric frameworks? Incorporating a new neurodevelopmental spectrum. *World Psychiatry*. 2024;23(3):333-357.

4. Love C, Sominsky L, O'Hely M, Berk M, Vuillermin P, Dawson SL. Prenatal environmental risk factors for autism spectrum disorder and their potential mechanisms. *BMC Medicine*. 2024;22(1):393. DOI: https://doi.org/10.1186/s12916-024-03617-3

5. Taylor JL, Debost JCPG, Morton SU, et al. Paternal-age-related de novo mutations and risk for five disorders. *Nature Communications*. 2019;10(1):3043.

6. Durkin MS, Maenner MJ, Newschaffer CJ, Lee LC, Cunniff CM, Daniels JL, et al. Advanced parental age and the risk of autism spectrum disorder. *American Journal of Epidemiology*. 2008;168(11):1268-1276. DOI: https://doi.org/10.1093/aje/kwn250

7. Van de Bor M. Environmental pollutants. In: Swaiman KF, Ashwal S, Ferriero DM, et al., editors. Swaiman's Pediatric Neurology. 7th ed. Philadelphia: Elsevier; 2026. p. 303-311.

8. Гнедько Т.В. Технологии выхаживания недоношенных детей: индикаторы эффективности внедрения. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2021;66(4):37-42.

Gnedko TV. Care technologies for premature infants: indicators of implementation effectiveness. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2021;66(4):37-42. (In Russ.).

9. Morgan AS, L'Hélias LF, Diguisto C, et al. Intensity of perinatal care for extreme preterm births and neurodevelopmental outcomes at age 5½: the EPIPAGE-2 cohort study. *BMJ Paediatrics Open*. 2025;9(1):e003531. DOI: https://doi.org/10.1136/bmjpo-2025-003531

10. Fitzgerald B, McCusker C, Dempsey M, Dunn Galvin A. Family processes and the emotional and behavioural well-being of autistic children and youth: a systematic review of prospective studies. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2025;12(2):197-223.

11. Шахова И.Ю., Самохина Л.В. Особенности диагностики аутизма во взрослом возрасте. *Молодой ученый*. 2025;36(587):174-177.

Shakhova IY, Samokhina LV. Features of autism diagnosis in adulthood. *Molodoy Uchenyy*. 2025;36(587):174-177. (In Russ.).

12. Nagel MC, Sharman R. Virtual autism and other screen disorders. 1st ed. Cham: Palgrave Macmillan; 2025. 233 p. (Palgrave Studies in Cyberpsychology). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-032-00803-9

13. Суслова Т.Ф., Айсина Р.М., Хитрюк В.В., Нестерова А.А. Отношение родителей к образовательной инклюзии детей с расстройствами аутистического спектра. *Вестник Московского государственного областного университета.* Серия: Психологические науки. 2020;(1):122-133.

Suslova TF, Aisina RM, Khitryuk VV, Nesterova AA. Parents' attitudes to educational inclusion of children with autism spectrum disorders. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Series: Psychological Sciences*. 2020;(1):122-133. (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the authors

Авин Александр Иванович, к.м.н., заведующий лабораторией медицинской экспертизы и реабилитации при психических и поведенческих расстройствах, ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации», Минск, Беларусь
ORCID: https//orcid.org/0009-0001-2255-5280
e-mail: avin-a@mail.ru

Мартыненко Александр Ильич, научный сотрудник лаборатории медицинской экспертизы и реабилитации при психических и поведенческих расстройствах, ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-3469-7247
e-mail: M.a.y.alexandr@gmail.com

Аниськова Майя Денисовна, младший научный сотрудник лаборатории медицинской экспертизы и реабилитации при психических и поведенческих расстройствах, ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-9363-5821
e-mail: aniskovamaja@gmail.com

Aliaksandr I. Avin, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Medical Assessment and Rehabilitation for Mental and Behavioral Disorders, National Science and Practice Center of Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus
ORCID: https//orcid.org/0009-0001-2255-5280
e-mail: avin-a@mail.ru

Aliaksandr I. Martynenka, Researcher at the Laboratory of Medical Assessment and Rehabilitation for Mental and Behavioral Disorders, National Science and Practice Center of Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-3469-7247
e-mail: M.a.y.alexandr@gmail.com

Mayia D. Aniskova, Junior Research at the Laboratory of Medical Assessment and Rehabilitation for Mental and Behavioral Disorders, National Science and Practice Center of Medical Assessment and Rehabilitation, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-9363-5821
e-mail: aniskovamaja@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Авин Александр Иванович
e-mail: avin-a@mail.ru

Aliaksandr I. Avin
e-mail: avin-a@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 14.04.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 20.07.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

2026;23(3):126–133 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 616.833.58-003.826-07
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-14

Check for updates CC BY

Липоматоз седалищного нерва: мультимодальный подход в диагностике

Лиган Цуй [1], Е. И. Письменникова[2], Д.И. Гавриленко[3]

[1]Третья больница Пекинского университета, г. Пекин, Китай

[2]Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

[3]Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Продемонстрировать клинический случай атипично расположенного липоматоза нерва (ЛН) с травматическим повреждением в анамнезе у взрослого пациента и современные возможности ультразвуковой диагностики при данной патологии.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ анамнеза заболевания пациента, проходившего лечение в Третьей больнице Пекинского университета (Китай).

Результаты. Липоматоз нерва — редкое доброкачественное врожденное поражение периферических нервов, крайне редко локализующееся в стволе седалищного нерва, что может вызывать затруднения в дифференциальной диагностике. Дифференциальная диагностика проводится со злокачественными новообразованиями (липосаркома, злокачественное новообразование оболочек периферических нервов), чтобы избежать необоснованно агрессивного лечения.

Заключение. Представленный клинический случай подчеркивает значимость интегративного подхода, базирующегося на мультидисциплинарном анализе клинических, морфологических данных и данных современных методов медицинской визуализации, для точной верификации редких опухолей периферических нервов нетипичной локализации.

Ключевые слова: *липоматоз нерва, ультразвуковое исследование, седалищный нерв, контрастное средство*

Вклад авторов. Цуй Л.: получение, описание и анализ медицинских изображений, критический пересмотр текста статьи с внесением в него ценного интеллектуального содержания; Письменникова Е.И.: сбор и обработка материала, перевод с китайского и английского информации, предоставленной профессором Л. Цуй и материалов статей из списка литературы; Гавриленко Д.И.: анализ данных, редактирование статьи, критический пересмотр текста статьи с внесением в него ценного интеллектуального содержания. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью выполнения любой части работы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов, без привлечения финансирования.

Для цитирования: *Цуй Л, Письменникова ЕИ, Гавриленко ДИ. Липоматоз седалищного нерва: мультимодальный подход в диагностике. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):126–133. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-14*

Lipomatosis of the sciatic nerve: multimodal approach in diagnostics

Li-Gang Cui[1], Evgenia I. Pismennikova[2], Dzmitry I. Haurylenka[3]

[1]Peking University Third Hospital, Beijing, China

[2]Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

[3]Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To present a clinical case of atypically located nerve lipomatosis with traumatic injury in an adult patient's medical history, and to demonstrate the current capabilities of ultrasound diagnostics in this pathology.

Materials and methods. A retrospective analysis of the patient's medical history treated at the Peking University Third Hospital (China) was conducted.

© Лиган Цуй, Е. И. Письменникова, Д. И. Гавриленко, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):126–133

Results. Nerve lipomatosis is a rare benign congenital peripheral nerve lesion. Involvement of the sciatic nerve trunk is exceptionally uncommon and may pose diagnostic challenges in differential diagnosis. Differential diagnostics is carried out with malignant neoplasms (liposarcoma, malignant neoplasm of the peripheral nerve sheaths) to avoid unjustifiably aggressive treatment.

Conclusion. The presented clinical case highlights the importance of an integrative approach based on a multidisciplinary analysis of clinical, morphological, and advanced medical imaging data for the accurate verification of rare peripheral nerve tumors with atypical localization.

Keywords: *nerve lipomatosis; ultrasound examination; sciatic nerve; contrast agent*

Author contributions. Ligang Cui: acquisition, description, and analysis of medical images, critical revision for valuable intellectual content; Pismennikova E.I.: collection and processing of materials, translation, drafting of the manuscript, and critical revision for valuable intellectual content; Gavrilenko D.I.: data analysis, editing of the manuscript, critical revision for valuable intellectual content. All authors approved the final version of the manuscript for publication, and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Li-Gang Cui, Pismennikova EI, Gavrilenko DI. Lipomatosis of the sciatic nerve: multimodal approach in diagnostics. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):126–133. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-14*

Введение

Липоматоз нерва, известный также как фибролипоматозная гамартома, — редкое доброкачественное, медленно развивающееся врожденное поражение периферических нервов, крайне редко локализующееся в стволе седалищного нерва [1]. Клинически ЛН, как правило, проявляется как медленно растущее, безболезненное, веретенообразное образование по ходу нерва. Зачастую сопровождается симптомами компрессионной невропатии: парестезиями, онемением, болью в зоне иннервации пораженного нерва и мышечной слабостью [1]. Поражение характеризуется разрастанием зрелой жировой и фиброзной ткани в эпиневрии и периневрии. Жировые клетки инфильтрируют и дислоцируют нервные пучки, не проникая внутрь них, что приводит к веретенообразному утолщению нерва при сохранении его макроскопической структуры.

Этиология ЛН окончательно не установлена. Наиболее признанной является теория врожденного (дизэмбриогенетического) происхождения. Современные молекулярные исследования связывают ЛН со спектром PIK3CA-ассоциированные поражения с гиперпролиферацией [2, 3]. Это подтверждается частой ассоциацией ЛН с макродактилией (локальным гигантизмом за счет разрастания всех мезенхимальных тканей, включая костную) — по разным данным, в 25–33 % случаев, а также с клиническими проявлениями в раннем возрасте [4]. Другие ассоциированные поражения включают аномалию развития поперечной карпальной связки. В представленном случае генетическое исследование не проводилось, что является одним из ограничений работы.

Морфологически ЛН характеризуется специфической картиной инфильтрации эпиневрия фиброзно-жировой тканью с сохранением и компрессией нервных пучков. Микроструктурные изменения характеризуются тем, что в результате инфильтрации появляется формирование перineвральных септ и микрофасцикул. В некоторых описанных в литературных источниках случаях наблюдалась псевдолуковичная гипертрофия (концентрическое расположение периневральных клеток вокруг пучков) и пролиферация периневральных клеток с утолщением коллагеновых волокон [5].

Высокоразрешающее ультразвуковое исследование является ценным и доступным методом при данной патологии. Ультрасонографические признаки в В-режиме включают веретенообразное утолщение нерва, «лотосовый ризом» (lotus rhizome) на поперечном срезе: гипоэхогенные (темные) пучки нервных волокон окружены гиперэхогенной (светлой) жировой тканью, «спагетти-паттерн» на продольном срезе. Описан патогномоничный МР-признак: наличие жировой ткани между нервными фасцикулами, формирующее симптом «коаксиального кабеля» на аксиальных срезах и «спагетти» на корональных проекциях [5].

Представленный клинический случай подчеркивает значимость интегративного подхода, базирующегося на мультидисциплинарном анализе клинических данных, морфологических данных и данных современных инструментальных методов исследования, для точной верификации редких опухолей периферических нервов нетипичной локализации.

2026;23(3):126–133 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Цель исследования

Продемонстрировать клинический случай атипично расположенного ЛН с травматическим повреждением в анамнезе у взрослого пациента и современные возможности ультразвуковой диагностики при данной патологии.

Материалы и методы

Проведен ретроспективный анализ истории болезни пациента, проходившего лечение в Третьей больнице Пекинского университета (Китай). Пациент добровольно подписал информированное согласие на публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме (именно в этом журнале).

Случай из клинической практики

Мужчина, 51 год, обратился с жалобами на припухлость и прогрессирующий дискомфорт в области середины левого бедра по задней поверхности в течение 7–8 лет. Чувство локализованной тяжести носило интермиттирующий характер, возникало при сидении. Пациент объяснял это недостаточной физической активностью. Около 3 лет назад прошел курс традиционной китайской иглорефлексотерапии, однако после этого произошло прогрессирующее ухудшение. Так, в течение полугода отмечает появление и нарастание мышечной слабости с невозможностью тыльного сгибания и подошвенного сгибания в голеностопном суставе. Пациент первично обратился в отделение неврологии, где были выполнены основные обследования, а также проведены консультации с привлечением специалистов в области ортопедии, спортивной медицины, реабилитации, нейрохирургии и специалистов медицинской визуализации (ультразвуковой диагностики и магнитно-резонансной томографии (МРТ)).

Результаты физикального, лабораторного и инструментального исследования. При физикальном обследовании обнаружено пальпируемое, безболезненное, отграниченное образование в области среднего отдела задней поверхности левого бедра. Выполнено МРТ левого бедра с контрастным усилением (рисунок 1).

Обнаружено значительное утолщение левого седалищного нерва, общего малоберцового нерва и большеберцового нерва, с повышением сигнала на DWI и слабым усилением на постконтрастных сканах. Отмечается отек окружающих мягких тканей и некоторых мышц. Бедренная кость имеет нормальный сигнал, без определяемых патологических изменений сигнала. Предварительно высказано предположение о повреждении левого седалищного, общего малоберцового и большеберцового нервов с отеком окружающих мышц.

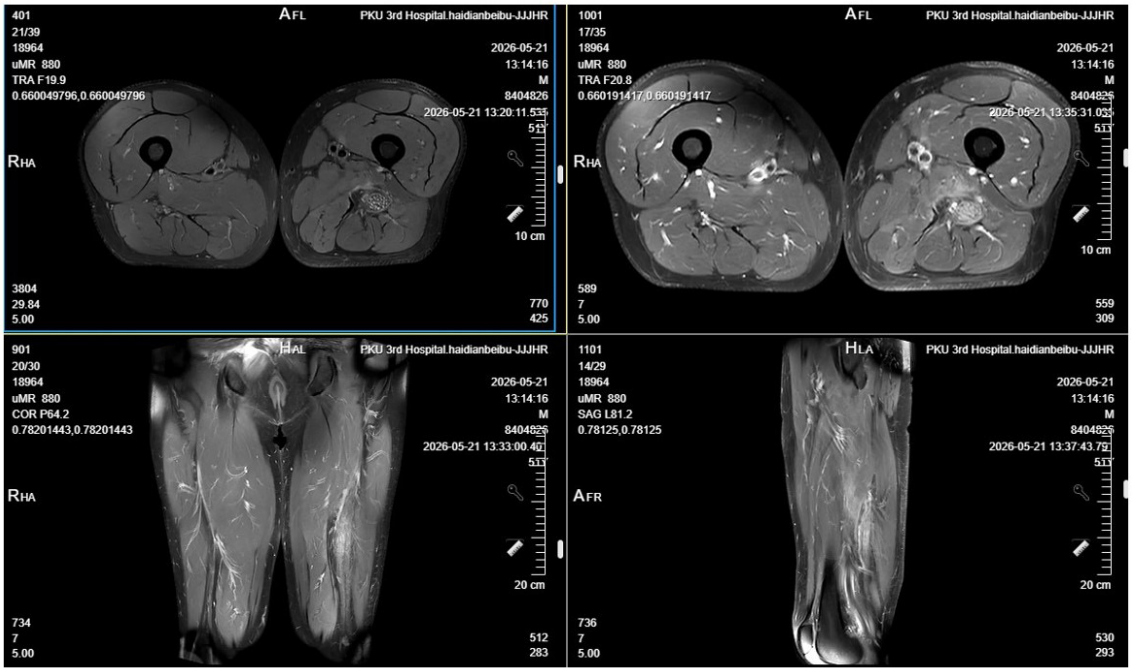
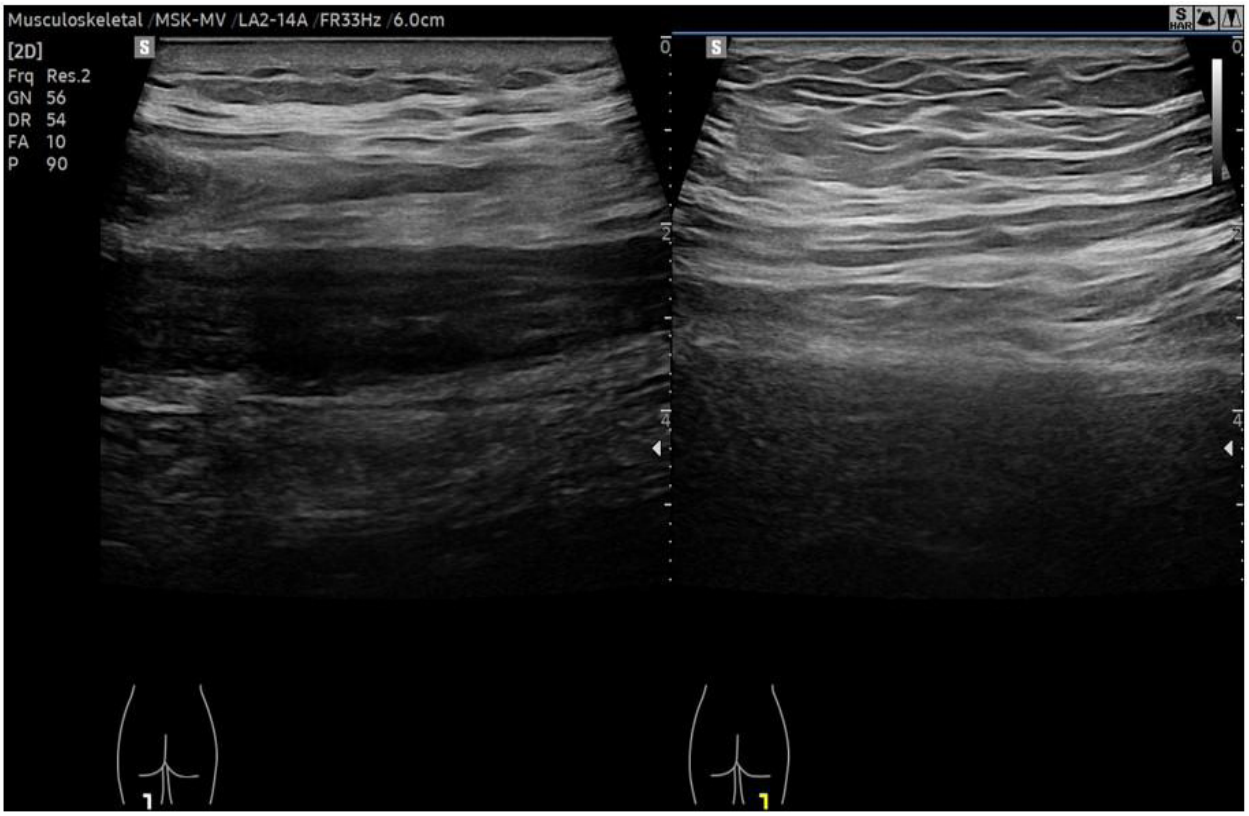


Рисунок 1. МРТ левого бедра: нативное ПД-ВИ с подавлением сигнала от жира и постконтрастные Т1-ВИ с жироподавлением. На задней поверхности левого бедра визуализируется образование овоидной формы с четкими контурами

Figure 1. MRI of the left thigh: proton density-weighted fat-saturated image and T1-weighted contrast-enhanced fat-saturated images. The formation of an ovoid shape with clear contours is visualized on the back surface of the left thigh

Затем было проведено ультразвуковое исследование линейным датчиком на аппарате экспертного класса в В-режиме, выявившее значительное утолщение седалищного нерва в сравнении с сопоставимым участком контрлатеральной стороны (рисунок 2) со снижением эхогенности, при этом структура нерва сохранялась четкой (рисунок 3).



А *Б*

Рисунок 2. Сонограмма продольного сечения седалищного нерва в месте поражения (А) и сопоставимый участок седалищного нерва контрлатеральной стороны (Б), В-режим
Figure 2. Sonogram of the longitudinal section of the sciatic nerve at the lesion site (A) and a comparable section of the sciatic nerve of the contralateral side (B), B-mode



А *Б*

Рисунок 3. Сонограммы поперечного (А) и продольного (Б) сечения седалищного нерва в месте поражения, В-режим
Figure 3. Sonograms of the transverse (A) and longitudinal (B) sections of the sciatic nerve at the lesion site, B-mode

В связи с тем, что по результатам МРТ нельзя было исключить объемное образование и воспалительные изменения, было выполнено контраст-усиленное ультразвуковое исследование (КУУЗИ) линейным датчиком с рабочей частотой 7–10 МГц и повышенным пространственным разрешением на аппарате экспертного класса: в зоне ROI 1 измененного седалищного

2026;23(3):126–133 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

нерва обнаружены признаки повышенного сигнала при контрастном усилении (PI > 20), замедление микроциркуляторного кровотока (MTT > 30 с, TTP > 35 с), повышение интенсивности сигнала (AUC высокая — 1139,67), что характерно для воспалительных изменений и неоангиогенеза, а также является признаком нарушения тканевой перфузии (рисунки 4, 5). Патологически измененный участок нерва имел умеренную васкуляризацию, организованный сосудистый рисунок (соответствует сосудам, идущим вдоль пучков), характеризовался отсутствием дефектов усиления (зон центральных некрозов и кровоизлияний) и медленным вымыванием контрастного средства, что указывает на доброкачественный характер образования.

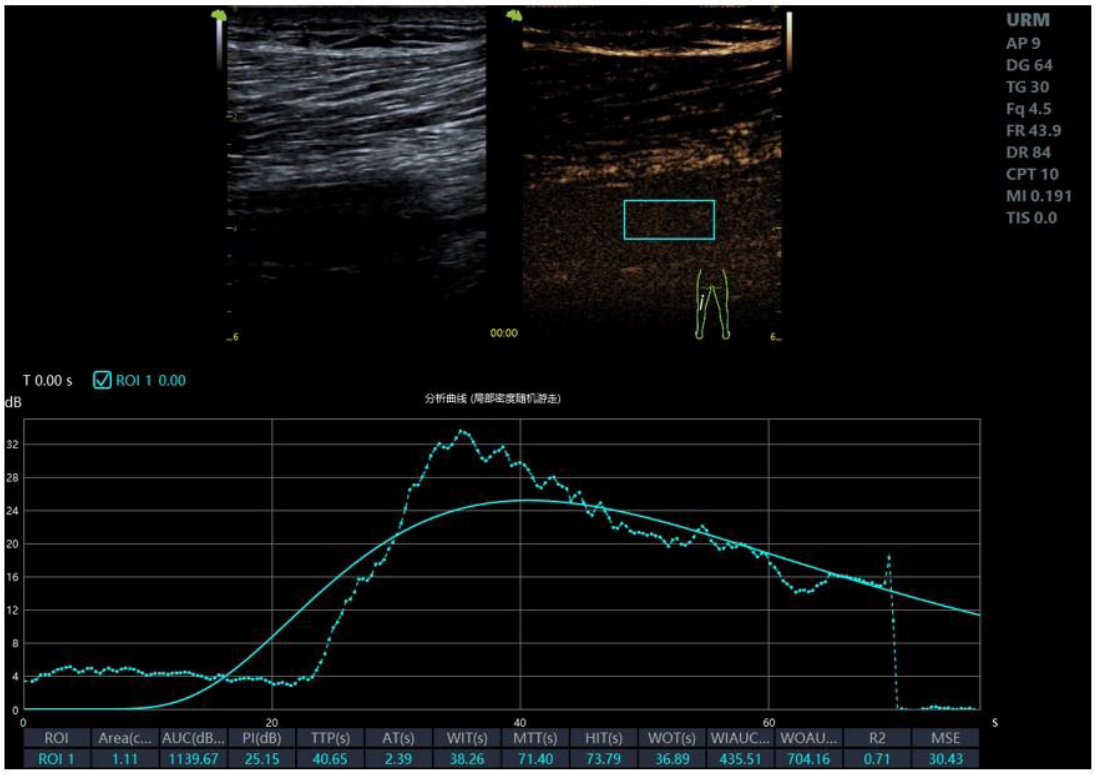
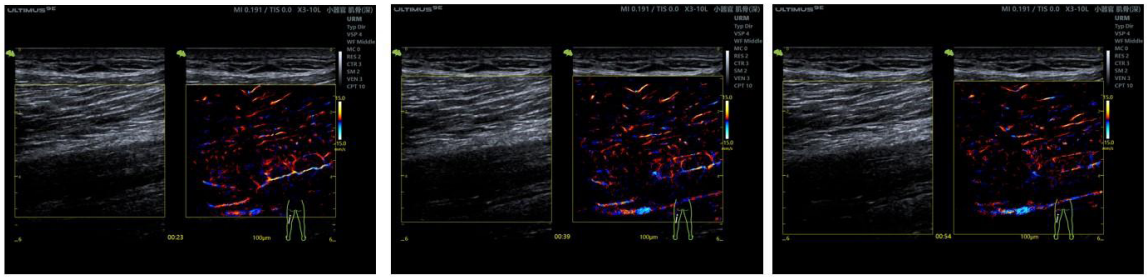


Рисунок 4. Выраженное усиление контрастирования в зоне поражения нерва с медленным вымыванием контрастного средства
Figure 4. Marked increase in contrast in the area of nerve damage with slow washing out of the contrast agent



А *Б* *В*

Рисунок 5. Контрастное усиление (КУУЗИ). Качественный ультразвуковой анализ с оценкой микроциркуляции в зоне поражения на 23 (А), 39 (Б) и 54 с (В)
Figure 5. Contrast enhancement (CEUS). Qualitative ultrasound analysis with assessment of microcirculation in the affected area at 23 (A), 39 (B) and 54 s (C)

Во время ультразвукового исследования после стандартной обработки операционного поля и инфильтрационной анестезии 1%-ным раствором лидокаина выполнена трепан-биопсия образования иглой 18G (рисунок 6). Получено 2 фрагмента беловатой ткани длиной 1,2 и 1,5 см. Материал был отправлен на гистологическое исследование. Процедура прошла без осложнений.

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):126–133

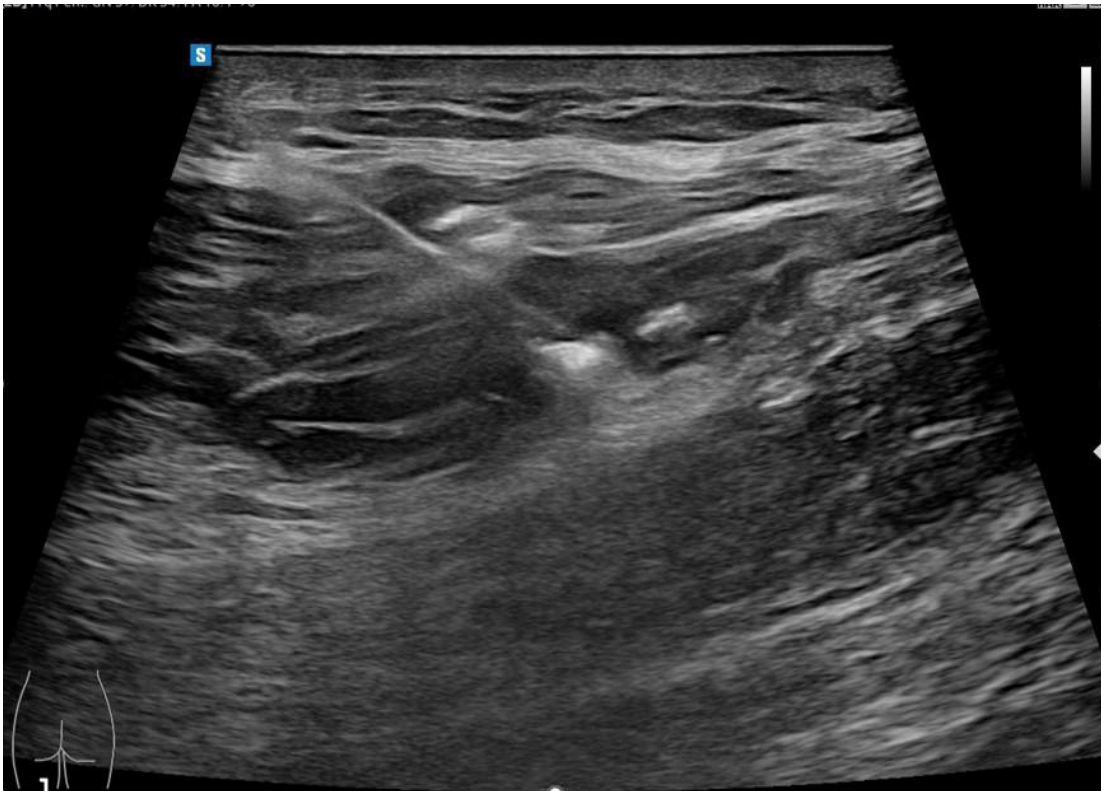


Рисунок 6. Биопсия зоны изменений седалищного нерва под ультразвуковой навигацией
Figure 6. Biopsy of the sciatic nerve abnormality under ultrasound guidance

По результатам гистологического исследования был установлен диагноз ЛН. В полученном материале обнаружены цитологически однородные без атипии клетки с видимыми жировыми включениями. Гистологическая картина соответствует веретеноклеточной опухоли.

Дифференциальный диагноз. Дифференциальная диагностика объемных образований седалищного нерва является сложной задачей ввиду многообразия возможных нозологических форм, включающих как доброкачественные (шваннома, нейрофиброма, ЛН), так и злокачественные поражения (злокачественная опухоль оболочек периферических нервов — MPNST, липосаркома) [6–8]. Ключевым методом визуализации, позволяющим без инвазивного вмешательства с высокой долей уверенности верифицировать ЛН, является МРТ. Патогномоничными признаками служат симптом «коаксиального кабеля» на аксиальных срезах и симптом «спагетти» на продольных проекциях, появляющиеся в результате гиперинтенсивных жировых прослоек между гипоинтенсивными нервными пучками [1, 3]. В некоторых случаях, подобных описанному в данной статье, КУУЗИ может быть полезным для принятия решения о выборе оптимального участка для выполнения биопсии под ультразвуковой навигацией, а также получения дополнительных признаков доброкачественной природы обнаруженных патологических изменений.

Лечение

Лечение ЛН остается дискуссионной проблемой и зависит от выраженности симптомов. Полное иссечение новообразования не рекомендуется, так как резекция участка нерва приводит к неврологическому дефициту. Оптимальная тактика ведения зависит от проявлений заболевания: наблюдение при бессимптомном течении или с минимальными симптомами, хирургическая декомпрессия (эпиневролиз, дебулкинг) при наличии симптомов компрессионной невропатии. Радикальное иссечение с реконструкцией нерва выполняется в редких случаях, когда декомпрессия неэффективна или новообразование тотально замещает нерв [9]. В представленном случае план лечения был определен мультидисциплинарной командой, включающей нейрохирурга, невролога и врачей медицинской визуализации, с тщательным взвешиванием риска неврологического дефицита и пользы от оперативного вмешательства. В настоящее время данному пациенту проводится консервативная терапия, включающая медикаментозное лечение нейротрофическими препаратами, реабилитационная гимнастика, рекомендовано использование ортеза и физиотерапевтические процедуры.

2026;23(3):126–133 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Результаты и обсуждение

Данный случай интересен уникальностью редкой локализации липоматоза. Кроме того, нельзя исключить сочетание обнаруженной врожденной патологии с последующей травматизацией во время сеансов иглорефлексотерапии. Результат количественной ультразвуковой оценки накопления контрастного средства соответствовал паттерну доброкачественного новообразования. В отличие от обычного цветового допплера, КУУЗИ позволяет оценить кровоток на капиллярном уровне, что критически важно для характеристики новообразований и выявления признаков злокачественности. КУУЗИ может использоваться не только для первичной дифференциальной диагностики, но и для навигации при биопсии (выбор оптимального участка). Несмотря на доброкачественный характер ЛН, прогрессирующее увеличение размеров и компрессия нервного ствола существенно ухудшает качество жизни, что требует динамического наблюдения пациентов.

Заключение

Представленный клинический случай демонстрирует, что при сочетании редкой локализации (седалищный нерв) и вероятных посттравматических изменений ЛН может быть сложной диагностической задачей. Однако верная интерпретация изображений, полученных при помощи современных методов медицинской визуализации (КУУЗИ), в комплексе с клиническими и морфологическими данными позволяет установить правильный диагноз. Осведомленность клиницистов и специалистов медицинской визуализации о возможности ЛН даже редких локализаций критически важна для своевременной и точной диагностики, предотвращения необоснованно агрессивного лечения и выбора оптимальной тактики ведения пациента.

Список литературы / References

1. Al Ghamdi YH, Alawad SH, Karem F, Alsaadi MJ. Fibrolipomatous hamartoma of the sciatic nerve: an atypical case report. *Front Radiol*. 2025;5:1-4.
DOI: https://doi.org/10.3389/fradi.2025.1663742

2. Keppler-Noreuil KM, Rios JJ, Parker VE, Semple RK, Lindhurst MJ, Sapp JC, et al. PIK3CA-related overgrowth spectrum (PROS): diagnostic and testing eligibility criteria, differential diagnosis, and evaluation. *Am J Med Genet A*. 2015;167A(2):287-295.
DOI: https://doi.org/10.1002/ajmg.a.36836

3. Canaud G, Hammill AM, Adams D, Vikkula M, Keppler-Noreuil KM. A review of mechanisms of disease across PIK3CA-related disorders with vascular manifestations. *Orphanet J Rare Dis*. 2021;16(1):1-10.
DOI: https://doi.org/10.1186/s13023-021-01929-8

4. Gupta A, Geetha V, Monappa V, Bhat SS. Multiple neural fibrolipomas with macrodactyly. *Indian J Dermatol*. 2011;56(6):766-767.
DOI: https://doi.org/10.4103/0019-5154.91851

5.毛荣军, 杨克非, 王坚. 神经脂肪瘤病的临床病理学特征分析. 中华病理学杂志 2011;40(3):165-168.

6. Toms AP, Anastakis D, Bleakney RR, Marshall TJ. Lipofibromatous hamartoma of the upper extremity: a review of the radiologic findings for 15 patients. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;186(3):805-811.
DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.2214/AJR.04.1717

7. Broski SM, Johnson GB, Howe BM, Nathan MA, Wenger DE, Spinner RJ, et al. Evaluation of (18)F-FDG PET and MRI in differentiating benign and malignant peripheral nerve sheath tumors. *Skeletal Radiol*. 2016;45(8):1097-1105.
DOI: https://doi.org/10.1007/s00256-016-2394-7

8. Yao C, Zhou H, Dong Y, Alhaskawi A, Hasan Abdullah Ezzi S, Wang Z, et al. Malignant peripheral nerve sheath tumors: latest concepts in disease pathogenesis and clinical management. *Cancers (Basel)*. 2023;15(4):1-19.
DOI: https://doi.org/10.3390/cancers15041077

9. Marek T, Spinner RJ, Syal A, Wahood W, Mahan MA. Surgical treatment of lipomatosis of nerve: a systematic review. *World Neurosurg*. 2019;128:587-592.

Информация об авторах / Information about the authors

Цуй Лиган, профессор, заведующий отделением ультразвуковой диагностики, Третья больница Пекинского университета, Пекин, Китай
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0717-7445
e-mail: cuijuegang@126.com

Письменникова Евгения Игоревна, старший преподаватель кафедры лучевой диагностики с курсом ФПКиП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7496-545X
e-mail: pismennikova.gsmu@gmail.com

Гавриленко Дмитрий Иванович, к.м.н., доцент, врач функциональной диагностики (заведующий) отделения функциональной диагностики и радиоизотопных исследований, ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7496-6164
e-mail: dm.gavrilenko891@gmail.com

Li-Gang Cui, Professor, Head of the Department of Ultrasound Diagnostics, Peking University Third Hospital, Beijing, China
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0717-7445
e-mail: cuijuegang@126.com

Evgenia I. Pismennikova, Senior Lecturer at the Department of Diagnostic Radiology with a Course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7496-545X
e-mail: pismennikova.gsmu@gmail.com

Dzmitry I. Haurylenka, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Functional Diagnostics Physician (Head) of the Department of Functional Diagnostics and Radioisotope Studies, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7496-6164
e-mail: dm.gavrilenko891@gmail.com

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues **2026;23(3):126–133**

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Письменникова Евгения Игоревна
e-mail: pismennikova.gsmu@gmail.com

Evgenia I. Pismennikova
e-mail: pismennikova.gsmu@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 15.06.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 02.07.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

2026;23(3):134–143 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 577.21:[616.98:578.834.1]:614.47
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-15

Check for updates

Оценка гуморального иммунного ответа и поствакцинальных явлений при использовании различных вакцин против COVID-19 в ходе пандемии с учетом смены штаммов вируса

Е. С. Корсак

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Изучить гуморальный иммунный ответ и оценить частоту поствакцинальных явлений при использовании различных вакцин против COVID-19 в ходе пандемии с учетом смены штаммов вируса.

Материалы и методы. Проведено исследование иммуногенности и частоты поствакцинальных явлений при иммунизации против COVID-19 с использованием вакцин «Спутник V», Sinopharm и Soberana Plus, разрешенных к применению в Республике Беларусь, а также вакцины «БелКовидВак».

Результаты. По результатам генотипирования штаммов SARS-CoV-2 в 2021 г. большинство образцов (67,3 %) составили геновариванты линий B.1.617.2 («Дельта»). В 2022 г. они составили 1,3 % образцов. В 2022 г. 93,5 % образцов принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2, не относящимся к B.1.1.529 и B.1.617.2. Наибольшая концентрация IgG к SARS-CoV-2 наблюдалась на 90-й день после введения вакцины «БелКовидВак». В исследовании частоты нежелательных явлений (НЯ) после первичной иммунизации вакцинами «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) и Sinopharm (BBIBP-CorV) у 45 % участников были зарегистрированы НЯ легкой или средней степени выраженности: болезненность (74,1 %) и покраснение (11,1 %) в месте инъекции, повышение температуры тела (40,7 %), слабость (3,7 %), головная боль (3,7 %), отечность места инъекции (3,7 %). В группе вакцинированных «Спутником V» статистически значимо чаще отмечалась повышенная температура тела ($p < 0,001$). По данным исследования вакцины «БелКовидВак», большинство НЯ относились к категориям «Системные нарушения и реакции в месте введения», «Нарушения со стороны нервной системы», «Нарушения со стороны дыхательной системы, органов грудной клетки и средостения» и «Лабораторные и инструментальные данные» легкой степени выраженности. После введения вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) НЯ отмечены в 37,8 % случаев ($p = 0,02$). Наиболее часто отмечена болезненность в месте инъекции (67,3 % случаев).

Заключение. Вакцины против COVID-19 имеют благоприятный профиль безопасности и формируют гуморальный иммунный ответ, сохраняющийся в течение нескольких месяцев.

Ключевые слова: *генотипирование, SARS-CoV-2, нежелательные явления, вакцинация, циркуляция антител, COVID-19*

Благодарности. Автор выражает благодарность д.м.н., профессору Игорю Олеговичу Стоме за вклад в координацию работы при проведении исследований, а также коллективам кафедры общей и клинической фармакологии и научно-исследовательской лаборатории за техническое и логистическое сопровождение.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Автор заявляет об отсутствии спонсорской поддержки в проведении исследования.

Для цитирования: *Корсак ЕС. Оценка гуморального иммунного ответа и поствакцинальных явлений при использовании различных вакцин против COVID-19 в ходе пандемии с учетом смены штаммов вируса. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):134–143. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-15*

© Е. С. Корсак, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):134–143

Assessment of the humoral immune response and post-vaccination events when using various COVID-19 vaccines during the pandemic, taking into account the change of virus strains

Katsiaryna S. Korsak

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To study the humoral immune response and evaluate the frequency of post-vaccination events when using various COVID-19 vaccines during the pandemic, taking into account the change in virus strains.

Materials and Methods. The study of the immunogenicity and frequency of post-vaccination events during COVID-19 immunization using the vaccines Sputnik V, Sinopharm and Soberana Plus approved for use in the Republic of Belarus, as well as the vaccine BelKovidVak, was conducted.

Results. According to the results of genotyping of SARS-CoV-2 strains in 2021, the majority of the samples (67.3%) were genovariants of B.1.617.2 (Delta) lines. In 2022 they accounted for 1.3% of samples. In 2022 93.5% of samples belonged to other genetic lines of the SARS-CoV-2 virus not related to B.1.1.529 and B.1.617.2. The highest concentration of IgG to SARS-CoV-2 was observed on the 90th day after administration of the BelKovidVak vaccine. In a study of the frequency of adverse events after primary immunization with Sputnik V (Gam-COVID-Vac) and Sinopharm (BBIBP-CorV) vaccines, 45% of participants had mild or moderate adverse events: soreness (74.1%) and redness (11.1%) at the site of injections, fever (40.7%), weakness (3.7%), headache (3.7%), swelling of the injection site (3.7%). Elevated body temperature was significantly more common ($p<0.001$) in the group vaccinated with Sputnik V. According to the BelKovidVak vaccine study, most of the adverse events fell into the categories of “Systemic disorders and injection site reactions”, “Nervous system disorders”, “Respiratory, thoracic and mediastinal disorders” and “Laboratory and instrumental data” of mild severity. Adverse events were noted in 37.8% of cases ($p=0.02$) after administration of the Soberana Plus vaccine (FINLAY-FR-1A). Soreness at the injection site was most often noted (67.3% of cases).

Conclusion. COVID-19 vaccines have a beneficial safety profile and develop a humoral immune response that persists for several months.

Keywords: *genotyping, SARS-CoV-2, adverse events, vaccination, antibodies circulation, COVID-19*

Acknowledgments. The author expresses gratitude to the Doctor of Medical Sciences, Professor Igor Stoma for his contribution to coordinating the research, as well as to the staff of the Department of General and Clinical Pharmacology, and the Research Laboratory for technical and logistical support.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Korsak KS. Assessment of the humoral immune response and post-vaccination events when using various COVID-19 vaccines during the pandemic, taking into account the change of virus strains. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):134–143. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-15*

Введение

Вакцинация от COVID-19 стала переломным моментом в борьбе с пандемией [1]. Исследование вакцин производилось беспрецедентно быстрыми темпами. Многие вакцинные платформы были применены впервые. Процесс разработки вакцин обычно занимает 10–15 лет, однако пандемия внесла коррективы, и была проведена процедура ускоренной регистрации для экстренного использования вакцин. Во многом ускоренные темпы разработки вакцин были достигнуты благодаря имеющимся наработкам, приобретенным в период эпидемий SARS-CoV и MERS-CoV. Аденовирусная платформа использовалась для создания вакцины от лихорадки Эбола, а с платформой мРНК ранее проводились клинические испытания [2].

Однако ускоренная разработка вакцин создала в обществе настороженность в их отношении. Процент сомневающихся в вакцинах от COVID-19 варьируется в зависимости от региона: США и Западная Европа демонстрируют самый низкий уровень доверия, в то время как в Китае наблюдается более позитивное отношение к иммунизации. Опасения в отношении вакцин от COVID-19 во многом обусловлены возможной недостаточной изученностью, обусловленной темпами клинических исследований, что, как следствие, вызывает недоверие к их безопасности [1, 3].

В современных условиях мнение о вакцинах и вакцинации формирует не только профессиональное сообщество, но и ресурсы, не прошедшие рецензирование и не имеющие какой-либо

2026;23(3):134–143 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

экспертной оценки. При большом количестве доступных источников информация способна ввести в заблуждение, особенно при недостаточном уровне знаний в области иммунопрофилактики. В последнее время растет популярность нейросетей, которые также способны моделировать мировосприятие своих пользователей. Массовое распространение нейросетей вызывает опасения относительно используемых ими источников, полноты предоставляемой информации, затрагивает этические вопросы касательно авторства, нейтральности в вопросах, не имеющих однозначного ответа, а также поднимает вопрос об ответственности [4, 5].

В ходе пандемии последовательно сменялись генетические варианты вируса SARS-CoV-2. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) представила классификацию линий и клад SARS-CoV-2, используя буквы греческого алфавита, в соответствии с их значимостью для пандемии; в частности, использовались термины VOC — «вариант, вызывающий опасения» (Альфа, Бета, Гамма, Дельта, Омикрон), VOI — «вариант, вызывающий интерес» и VUM — «вариант, находящийся под наблюдением». Увеличение генетического разнообразия является особенностью эволюции РНК-вирусов. Наличие РНК-полимеразы повышает вероятностью ошибок, порождающих множественные мутации. Самая высокая скорость мутации в SARS-CoV-2 наблюдается в гене S (поверхностный антиген), что увеличивает сродство к ACE2 (ангиотензинпревращающий фермент 2), позволяющая вирусу ускользать от иммунного ответа, что влияет на эпидемиологические и патогенетические характеристики, такие как базовое репродуктивное число (R0), трансмиссивность и летальность. Вакцины оказали сильное селективное давление на изменчивость вируса SARS-CoV-2. Вместе с тем вакцинация в значительной степени снижает заболеваемость, госпитализацию и летальность [6].

Несмотря на то, что пандемия завершилась, вирус SARS-CoV-2 продолжает циркулировать в популяции. Он способен уклоняться от нейтрализующих антител, что может быть критично для групп риска тяжелого течения данной инфекции [7]. По имеющимся данным, у лиц, наиболее уязвимых для COVID-19, наряду с повышенным риском заражения и развития осложнений, изначально более низкие показатели сероконверсии, а также у них быстрее происходит снижение эффективности вакцинации [8, 9]. Введение бустерных доз вакцины группам риска способно восстановить защиту от COVID-19, снижая частоту госпитализации, тяжелого течения и последствий перенесенной инфекции, вызванной SARS-CoV-2, в течение нескольких месяцев [10, 11]. Несмотря на преимущества вакцинации для групп риска, в обществе по-прежнему существует настороженность в адрес новых вакцин, в том числе в отношении их безопасности [12, 13]. При наличии альтернативы вакцин от COVID-19, имеющихся в организациях здравоохранения Республики Беларусь, возникновение НЯ после вакцинации часто является определяющим фактором в пользу того или иного производителя. Пополнение объема данных о безопасности вакцин от COVID-19 может значительно снизить тревожность в их отношении [12].

Цель исследования

Изучить гуморальный иммунный ответ и оценить частоту поствакцинальных явлений при использовании различных вакцин против COVID-19 в ходе пандемии с учетом смены штаммов вируса.

Материалы и методы

Оценку поствакцинального иммунного ответа проводили методом иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием микропланшетного фотометра Sunrise Tecan (Австрия). Для проведения ИФА использованы наборы реагентов производства ЗАО «Вектор-Бест» (РФ), предназначенные для количественного определения иммуноглобулинов класса G к SARS-CoV-2 — «SARS-CoV-2-IgG количественный-ИФА-БЕСТ» и дифференциального определения иммуноглобулинов класса G к S-белку SARS-CoV-2 «SARS-CoV-2-IgG спектр-ИФА-БЕСТ».

Исследования безопасности вакцин «Спутник V», Sinopharm и Soberana Plus проводились на базе научно-исследовательской лаборатории УО «Гомельский государственный медицинский университет». Участники исследования заполняли анкету, где предложено было указать дату рождения, наличие хронических заболеваний, анамнез по COVID-19, а также перечислить поствакцинальные реакции (если таковые имели место), их интенсивность и продолжительность. Все участники исследования были информированы о целях исследования и предстоящих процедурах, у всех было получено информированное письменное согласие на участие в исследовании.

В исследовании частоты НЯ после первичной иммунизации от COVID-19 вакцинами «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) и Sinopharm (BBIBP-CorV) участвовало 60 человек. На долю мужчин пришлось 30 % (18 человек), женщины составили 70 % участников (42 человека). В анамнезе у 28,3 % (17 человек) присутствовали хронические

заболевания. Участники исследования были разделены на две равные группы исходя из полученной ими вакцины:

— 50 % участников (30 человек) были привиты вакциной «Спутник V» (Gam-COVID-Vac, РФ): 11 мужчин (36,7 %) и 19 женщин (63,3 %);

— 50 % участников (30 человек) привиты вакциной Sinopharm (BBIBP-CorV, КНР): 7 мужчин (23,3 %) и 23 женщины (76,7 %).

В исследовании частоты НЯ после введения бустерной вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) приняли участие 98 человек. Медиана возраста составила 21 год [19; 22]: 84 человека (85,7 %) младше 25 лет, 8 человек (8,2 %) в возрасте 25–45 лет, 6 человек (6,1 %) старше 45 лет. О наличии хронических заболеваний сообщили 14 участников (14,3 %). Большинство участников исследования составили женщины (80,6 %), на долю мужчин пришлось 19,4 % — 19 человек. В качестве первичной иммунизации от COVID-19 участники были привиты вакциной «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) / «Спутник Лайт» — 54 человека, или 55,1 % участников; вакциной Sinopharm (BBIBP-CorV) — 21 человек, или 21,4 % участников; вакцинами «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) / «Спутник Лайт» и Sinopharm (BBIBP-CorV) — 19 человек, или 19,4 % участников; были не привиты или указали другие вакцины 4 человека, или 4,1 % участников.

В клиническом исследовании инактивированной бустер-вакцины «БелКовидВак» было включено 135 участников: 24 человека в первом этапе и 111 — во втором (74 участника получили вакцину «БелКовидВак», 37 участников получили плацебо (изотонический раствор 0,5 мл натрия хлорида). Возраст участников варьировался от 19 до 61 года. Медиана возраста составила 44 года [38; 49]. На долю мужчин пришлось 51,9 % (70 человек), женщины составили 48,1 % (65 человек).

Выделение РНК SARS-CoV-2 проводили с использованием коммерческого набора («АртБиоТех», Республика Беларусь). Выявление РНК SARS-CoV-2 осуществлялось методом полимеразной цепной реакцией с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) на амплификаторе с детекцией в режиме реального времени, с использованием тест-системы «АртТест COVID-19», с эндогенным внутренним контрольным образцом.

Для генотипирования позитивных образцов проводили выявление генетических линий B.1.617.2 (дельта-штамм SARS-CoV-2) и B.1.1.529 (омикрон-штамм SARS-CoV-2) на основе характерных для них мутаций методом одностадийной ОТ-ПЦР с детекцией результатов в режиме «реального времени» с использованием коммерческих наборов «АртТест COVID-19», комплектация BIT («АртБиоТех», Республика Беларусь). Образцы, которые не относились к генетическим линиям B.1.617.2 (дельта-штамм SARS-CoV-2) и B.1.1.529 (омикрон-штамм SARS-CoV-2), обозначались как «другие генетические линии, не относящиеся к B.1.617.2 (дельта-штамм SARS-CoV-2) и B.1.1.529 (омикрон-штамм SARS-CoV-2)».

Статистическая обработка данных проведена с помощью языка программирования для статистического анализа данных R (версия 4.2.1). Уровень значимости установлен $p < 0,05$.

Результаты

Для изучения превалирующих штаммов SARS-CoV-2 в популяции было проведено генотипирование образцов у 487 пациентов г. Гомеля и Гомельской области, у которых методом ПЦР была выявлена РНК SARS-CoV-2. Для генотипирования коммерческой тест-системой «АртТест COVID-19», комплектация BIT («АртБиоТех», Республика Беларусь) были использованы две группы, обследованные в 2021 и 2022 гг. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты генотипирования общей РНК SARS-CoV-2 за 2021–2022 гг.
Table 1. SARS-CoV-2 RNA genotyping results for 2021-2022

Период исследования	Количество пациентов с выявленной общей РНК SARS-CoV-2	Средний возраст (медиана)	Частота встречаемости генетической линии B.1.1.529 (омикрон-штамм SARS-CoV-2), % (количество)	Частота встречаемости генетической линии B.1.617.2 (дельта- штамм SARS-CoV-2), % (количество)	Частота встречаемости других генетических линий SARS-CoV-2, не относящихся к B.1.1.529 и B.1.617.2
Май 2021 – декабрь 2021	257	46,0 (44,8)	2,3 (6)	67,3 (173)	30,4 (78)
Январь 2022 – сентябрь 2022	230	43,6 (42,2)	5,2 (12)	1,3 (3)	93,5 (215)

2026;23(3):134–143 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Как видно из данных таблицы 1, в период с мая 2021 г. по декабрь 2021 г. 67,3 % образцов соответствовали генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 2,3 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2 и, соответственно, 30,4 % принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2. В период с января 2022 г. по сентябрь 2022 г. 1,3 % образцов соответствовали генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 5,2 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2 и соответственно 93,5 % принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2.

Изучение продолжительности циркуляции иммуноглобулинов класса G к вирусу SARS-CoV-2 проводилось в ходе клинического исследования инактивированной бустер-вакцины «БелКовидВак» (2023–2024 гг.).

На рисунке 1 отражена динамика концентрации IgG к вирусу SARS-CoV-2 у участников клинического исследования. Наиболее высокая концентрация IgG наблюдалась на 90-й день после введения вакцины «БелКовидВак» и плацебо.

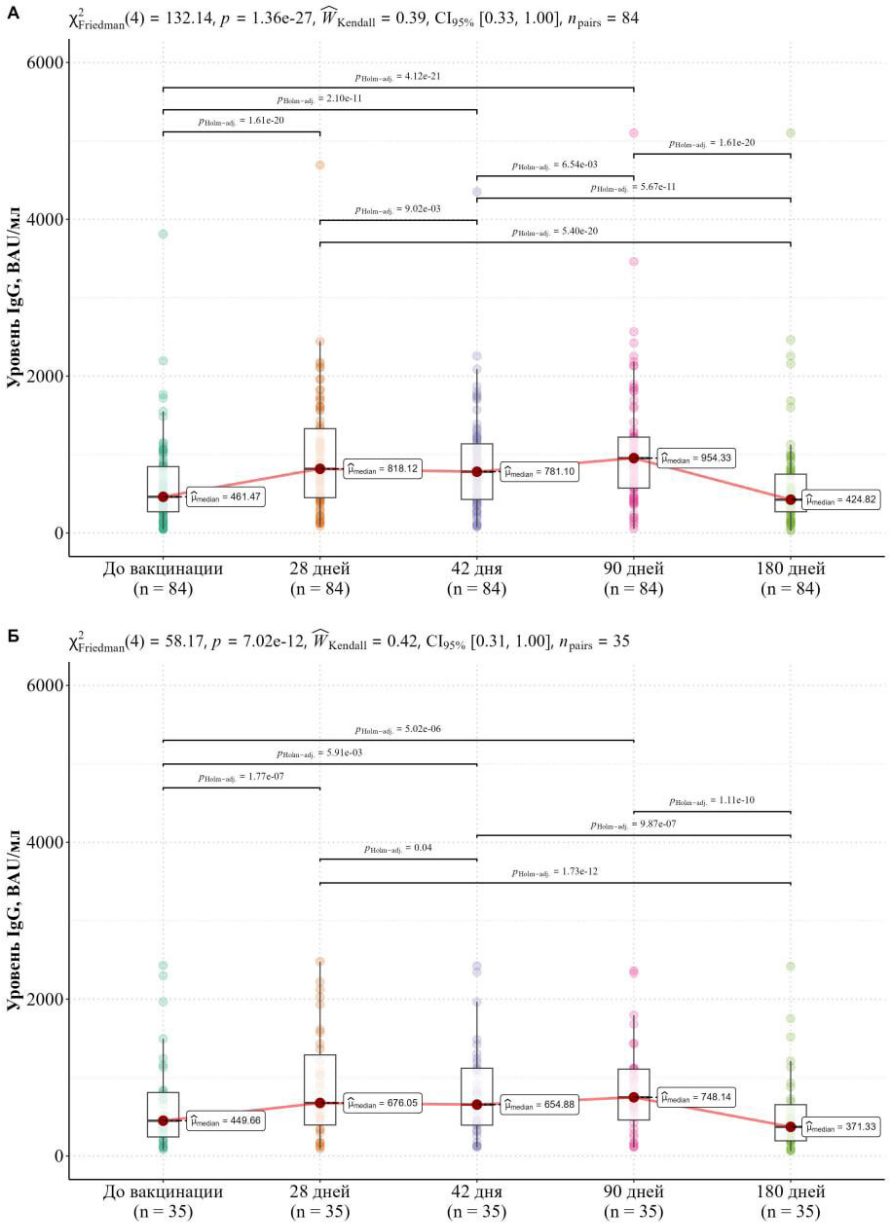


Рисунок 1. Изменение концентрации иммуноглобулинов класса G к поверхностному гликопротеину S коронавируса SARS-CoV-2 (BAU/мл) у участников исследования до введения на 28-й, 42-й , 90-й и 180-й день после введения: А — вакцина «БелКовидВак»; Б — плацебо

Figure 1. Changes in concentration of IgG to the surface glycoprotein S of SARS-CoV-2 coronavirus (BAU /ml) in the study participants before administration, for the 28th day, 42th day, 90th day and 180th day after administration: A — BelCovidVac vaccine; B — placebo

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):134–143

В исследовании частоты НЯ после первичной иммунизации от COVID-19 вакцинами «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) и Sinopharm (BBIBP-CorV) у 45 % участников (27 человек) были зарегистрированы НЯ, все они имели легкую или среднюю степень выраженности. Наиболее часто участники исследования отмечали болезненность (74,1 %, или 20 человек) и покраснение (11,1 %, или 3 человека) в месте введения вакцины, также сообщалось о повышении температуры тела до субфебрильных значений продолжительностью до трех дней (40,7 %, или 11 человек), некоторые участники сообщали о нескольких НЯ. Участники исследования также отмечали слабость (3,7 %, или 1 человек), головную боль (3,7 %, или 1 человек), отечность места введения вакцины (3,7 %, или 1 человек). НЯ после введения вакцины от COVID-19 присутствовали в обеих группах участников исследования (p = 0,12), однако, в группе вакцинированных «Спутником V» статистически значимо чаще отмечалась повышенная температура тела (p = 0,006).

В ходе проведенного исследования вакцины «БелКовидВак» было зарегистрировано 209 НЯ у 100 его участников. Большинство из них имели легкую или умеренную степень выраженности, были непродолжительными и не требовали медикаментозного вмешательства. Частота встречаемости НЯ была сопоставима в группах после введения вакцины и плацебо и составила: 55,7 % в группе получивших вакцину и 59,5 % в группе плацебо (рисунок 2). Статистически значимых различий между группами вакцинации и плацебо не обнаружено (p = 0,841).

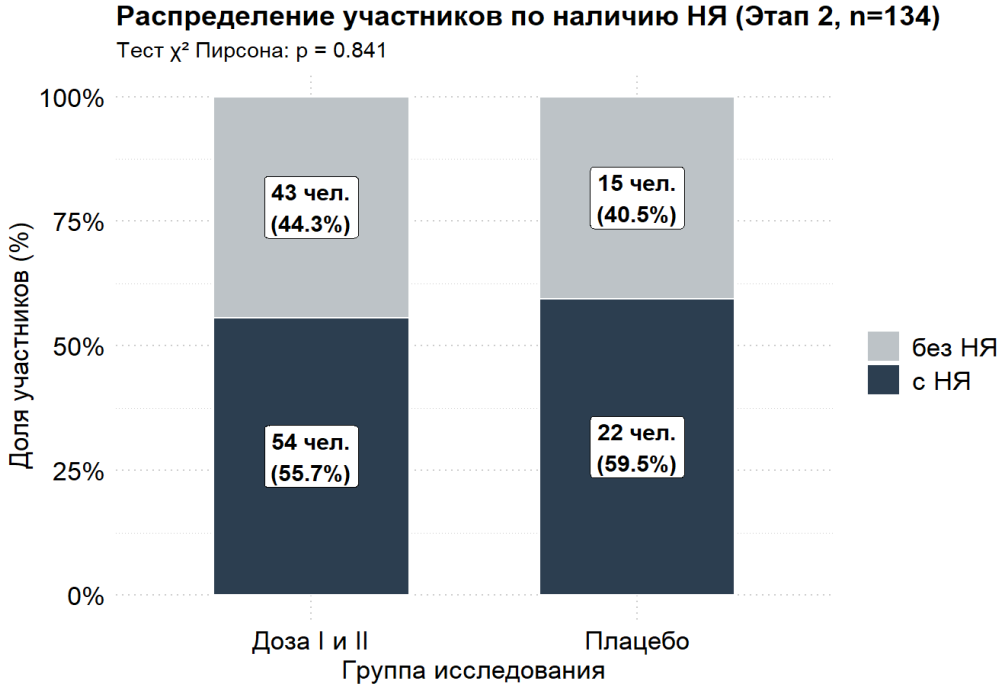


Рисунок 2. Сопоставление частоты нежелательных явлений после введения вакцины «БелКовидВак» и плацебо
Figure 2. Comparison of adverse reactions frequency after administration of BelCovidVac vaccine and placebo

При сравнении группы с НЯ по категориям выявлено статистически значимое различие по частоте возникновения боли в месте инъекции. В группе вакцинированных это событие регистрировалось значимо чаще (p = 0,048). Сравнение групп по другим категориям не выявило статистически значимых различий (рисунок 3).

О НЯ после введения бустерной вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) сообщили 37 человек (37,8 %). Поствакцинальные реакции были легкой или умеренной степени выраженности и не требовали медицинской помощи. Наиболее часто регистрировались следующие НЯ: болезненность в месте введения вакцины (33,7 % случаев — 33 человека), повышение температуры тела (10,2 % случаев — 10 человек), отечность (3,1 % случаев — 3 человека) и покраснение места введения вакцины (3,1 % случаев — 3 человека), также участники исследования сообщали о нескольких НЯ.

При сопоставлении частоты НЯ в возрастных группах (рисунок 4) наибольшее число поствакцинальных реакций было у участников младше 25 лет (39,3 %), однако данное сравнение не имело статистической значимости (p = 0,71).

2026;23(3):134–143 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

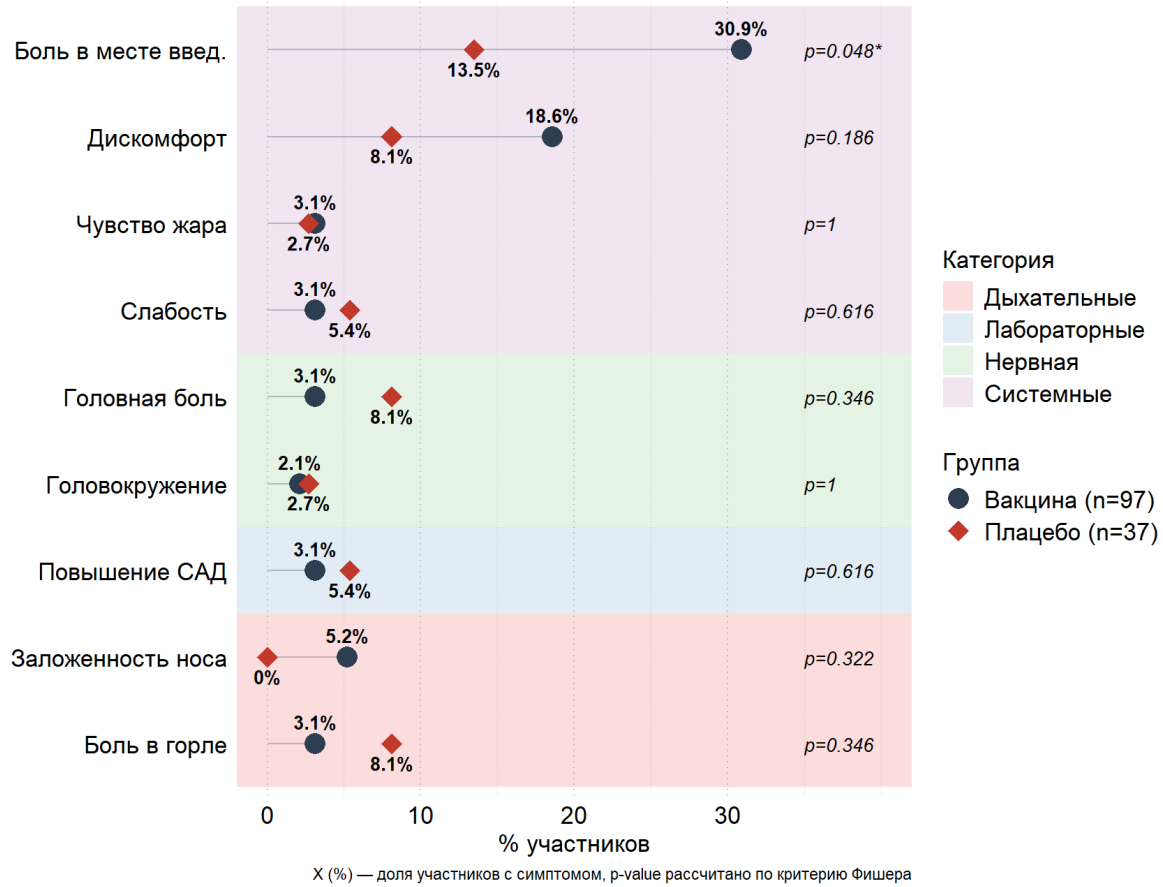


Рисунок 3. Сопоставление частоты нежелательных явлений после введения вакцины «БелКовидВак» и плацебо по категориям
Figure 3. Comparison of adverse reactions frequency after administration of BelCovidVac vaccine and placebo by category

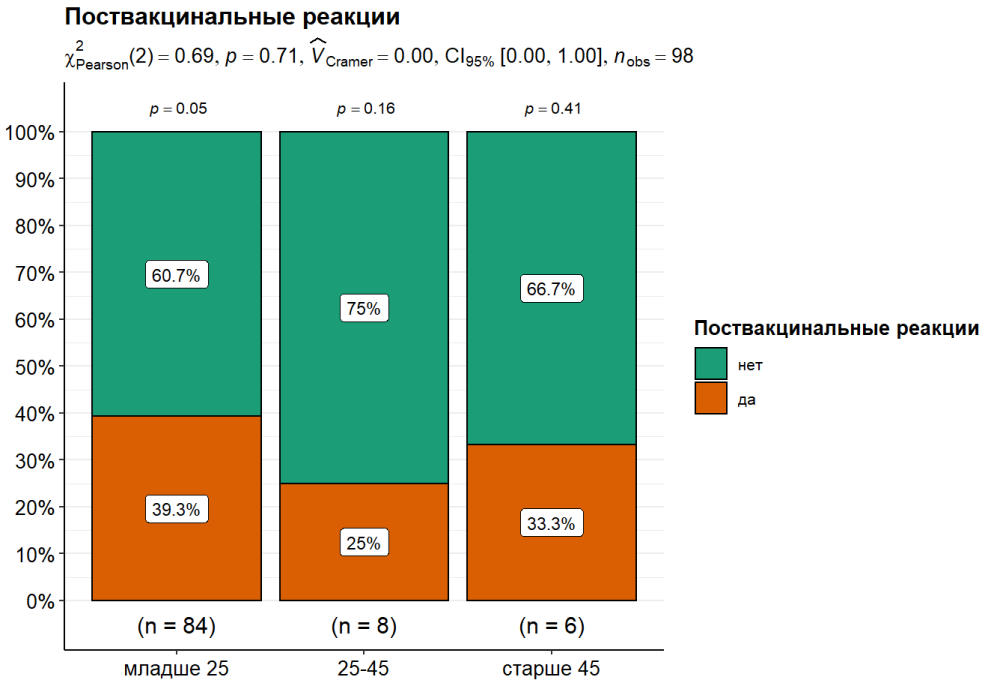


Рисунок 4. Сопоставление частоты нежелательных явлений после введения бустерной вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) в возрастных группах «младше 25 лет», «25–45 лет», «старше 45 лет»
Figure 4. Comparison of adverse reactions frequency after after administration of Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) booster vaccine in age groups “under 25 years old”, “ 25-45 years old”, “over 45 years old”

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):134–143

Обсуждение

По результатам генотипирования в период с мая 2021 г. по декабрь 2021 г. 67,3 % образцов соответствовали генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 2,3 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2, в период с января 2022 г. по сентябрь 2022 г. генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2 соответствовало 1,3 % образцов, к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2 относились 5,2 % образцов, большинство образцов (93,5 %) принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2, не относящимся к штаммам B.1.1.529 и B.1.617.2.

В ходе пандемии наиболее значимыми генетическими вариантами SARS-CoV-2 были альфа (2020–2021 гг.), дельта (2021–2022 гг.) и омикрон (с ноября 2021 г. по настоящее время). Вариант омикрон был впервые выявлен в Республике Беларусь в декабре 2021 г., впоследствии вытеснив остальные генетические варианты. С конца 2022 г. по настоящий момент 100 % выявляемых образцов составляют рекомбинантные варианты SARS-CoV-2, которые являются гибридом варианта омикрон [14].

Сохраняется необходимость вакцинации от COVID-19 наиболее уязвимых категорий граждан [8, 9]. Постепенно цель вакцинации смещается с предотвращения симптоматической инфекции SARS-CoV-2 к снижению тяжести течения COVID-19 [15]. Продолжительность защитного действия вакцин от COVID-19 находится в пределах 3–6 месяцев [16, 17]. Бустерная доза инактивированной вакцины против SARS-CoV-2 может обеспечить дополнительную защиту от инфекции, вызываемой вирусом омикрон, в течение 120 дней после вакцинации, затем ее эффективность снижается [18]. Эффективность вакцин быстрее снижается против симптоматической инфекции, чем против тяжелого течения COVID-19 [19]. Эффективность ревакцинации против COVID-19 выше, если интервал между дозами более 9 месяцев, по сравнению с интервалом 5–9 месяцев [18].

При изучении продолжительности циркуляции IgG к SARS-CoV-2 инактивированной бустер-вакцины «БелКовидВак» (2023–2024 гг.) наибольшая концентрация IgG была выявлена через 90 дней после иммунизации. К 180 дню после введения вакцины «БелКовидВак» уровень IgG значимо снизился. Ранее нами проводились исследования продолжительности циркуляции антител после иммунизации от COVID-19 вакцинами «Спутник V» и Sinopharm (2021 г.), Soberana Plus (2022–2023 гг.), разрешенными к применению в Республике Беларусь, где получены аналогичные данные по продолжительности гуморального иммунитета: через 6 месяцев после введения вакцин «Спутник V» и Sinopharm уровень IgG к SARS-CoV-2 значимо снижается по сравнению с уровнем IgG через 42 дня после иммунизации ($p > 0,001$) [20]; после введения вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) высокий уровень IgG к SARS-CoV-2 сохранялся на 90-й день после иммунизации, однако через 180 дней после иммунизации снизился по сравнению с показателем, полученным через 90 дней ($p = 0,02$) [21].

По данным многочисленных исследований безопасности вакцин от COVID-19, наиболее частыми нежелательными поствакцинальными явлениями были местные (болезненность, дискомфорт в месте инъекции) и системные реакции легкой и умеренной степени (головная боль, слабость, повышение температуры тела, миалгия, болезненность суставов и костей, озноб, потливость) [5]. Большинство поствакцинальных реакций не требует медицинской помощи [9].

Появление данных о нежелательных поствакцинальных явлениях со стороны сердечно-сосудистой системы повысило настороженность в обществе. По данным исследований, иммунизация мРНК-вакцинами (Pfizer-BioNTech и Moderna) повышает риск миокардита и перикардита, в основном у молодых мужчин (12,6 случая на миллион доз мРНК-вакцин против COVID-19, введенных мужчинам в возрасте 16–29 лет). Большинство отмеченных состояний были непродолжительными и имели легкую или умеренную степень тяжести. Связи мРНК-вакцин с инфарктом миокарда или сердечной аритмией выявлено не было [22]. У привитых вакцинами на основе аденовирусных векторов (AstraZeneca и Johnson&Johnson) отмечались редкие случаи тромбоза с синдромом тромбоцитопении [1, 7].

Стоит отметить, что, в отличие от редких кратковременных нежелательных явлений после вакцинации, инфекция COVID-19 является причиной многих сердечно-сосудистых заболеваний, а также приводит к осложнениям со стороны дыхательной, нервной, иммунной системы, желудочно-кишечного тракта, печени и почек [3, 22].

Во многих странах мира практикуют сезонную вакцинацию, вводя вакцину от COVID-19 и гриппа одновременно [23]. По данным VAERS (Vaccine Adverse Event Reporting System), частота НЯ при одновременном введении вакцин от COVID-19 и гриппа сопоставима с частотой при их раздельном введении. В ряде случаев при совместном введении вакцин преобладали системные поствакцинальные реакции (головная боль, озноб, чувство усталости, пирексия) [24].

2026;23(3):134–143 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

В нашем исследовании выявленные НЯ после введения инактивированной вакцин «Спутник V», Sinopharm, «БелКовидВак» и Soberana Plus не отличались от таковых после введения других вакцин, широко применяемых в мировой практике.

Учитывая сохраняющуюся иммуногенность вакцин от COVID-19, несмотря на периодическую смену штаммов SARS-CoV-2, вакцины, созданные на основе ранее циркулировавших штаммов, не теряют актуальности [25].

Заключение

В период с мая 2021 г. по декабрь 2021 г. 67,3 % образцов соответствовало генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 2,3 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2. В период с января 2022 по сентябрь 2022 г. 1,3 % образцов соответствовали генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 5,2 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2, 93,5 % принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2.

Наибольшая концентрация IgG к SARS-CoV-2 наблюдалась на 90-й день после введения вакцин «БелКовидВак» и Soberana Plus (FINLAY-FR-1A), к 180-му дню после введения вакцин уровень IgG значимо снизился. После иммунизации вакцинами «Спутник V» и Sinopharm уровень IgG SARS-CoV-2 значимо снизился через 6 месяцев.

Частота НЯ после введения вакцин от COVID-19 («Спутник V» (Gam-COVID-Vac), Sinopharm (BBIBP-CorV)), Soberana Plus (FINLAY-FR-1A), «БелКовидВак») сопоставима с частотой НЯ после иммунизации от других инфекций. Большинство НЯ были легкой или средней степени выраженности, не требовали медикаментозного вмешательства и разрешились самостоятельно.

Список литературы / References

1. Bin Abdulrahman K, Bin Abdulrahman A. Scrutinizing the COVID-19 vaccine safety debate. *Human Vaccines Immunotherapeutics.* 2024;20(1):2401646.
DOI: https://doi.org/10.1080/21645515.2024.2401646

2. Zasada AA, Darlińska A, Wiatrzyk A, Woźnica K, Formińska K, et al. COVID-19 Vaccines over Three Years after the Outbreak of the COVID-19 Epidemic. *Viruses.* 2023;15(9):1786.
DOI: https://doi.org/10.3390/v15091786

3. Jiesisibieke ZL, Liu WY, Yang YP, Chien CW, Tung TH. Effectiveness and Safety of COVID-19 Vaccinations: An Umbrella Meta-Analysis. *International Journal of Public Health.* 2023;68:1605526.
DOI: https://doi.org/10.3389/ijph.2023.1605526

4. Daungsupawong H, Wiwanitkit V. ChatGPT and safety of COVID-19 vaccines. *Human Vaccines Immunotherapeutics.* 2023;19(2):2263982.
DOI: https://doi.org/10.1080/21645515.2023.2263982

5. Josiah BO, Uzor CC, Duncan BA, Enebeli EC, Otoboyor NL. Efficacy, safety, and public attitude toward COVID-19 vaccines: A systematic review. *Annals of African Medicine.* 2023;22(4):405-414.
DOI: https://doi.org/10.4103/aam.aam_13_23

6. González-Vázquez LD, Arenas M. Molecular Evolution of SARS-CoV-2 during the COVID-19 Pandemic. *Genes (Basel).* 2023 Feb 4;14(2):407.
DOI: https://doi.org/10.3390/genes14020407

7. Feikin DR, Higdon MM, Andrews N, Collie S, Deloria Knoll M, et al. Assessing COVID-19 vaccine effectiveness against Omicron subvariants: Report from a meeting of the World Health Organization. *Vaccine.* 2023;41(14):2329-2338.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.02.020

8. Kirsebom FCM, Andrews N, Stowe J, Ramsay M, Lopez Bernal J. Duration of protection of ancestral-strain monovalent vaccines and effectiveness of bivalent BA.1 boosters against COVID-19 hospitalisation in England: a test-negative case-control study. *Lancet Infect Dis.* 2023;23(11):1235-1243.
DOI: https://doi.org/10.1016/S1473-3099(23)00365-1

9. Frankenthal D, Zatlawi M, Karni-Efrati Z, Keinan-Boker L, Glatman-Freedman A, et al. Evaluation of adverse events and comorbidity exacerbation following the COVID-19 booster dose: A national survey among randomly-selected booster recipients. *PLoS One.* 2025;20(7):e0326231.
DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326231

10. Antonelli M, Penfold RS, Canas LDS, Sudre C, Rjoob K, et al. SARS-CoV-2 infection following booster vaccination: Illness and symptom profile in a prospective, observational community-based case-control study. *J Infect.* 2023;87(6):506-515.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jinf.2023.08.009

11. Chemaitelly H, Ayoub HH, Tang P, Coyle P, Yassine HM, et al. Long-term COVID-19 booster effectiveness by infection history and clinical vulnerability and immune imprinting: a retrospective population-based cohort study. *Lancet Infect Dis.* 2023;23(7):816-827.
DOI: https://doi.org/10.1016/S1473-3099(23)00058-0

12. Majumder MAA, Bharatha A, Kumar S, Chatterjee M, Gupta S, et al. Self-reported side effects of COVID-19 vaccines among health professions students in India. *PeerJ.* 2024;12:e17083.
DOI: https://doi.org/10.7717/peerj.17083

13. Khan F, Khan MT, Zaman S, Mujtaba S, Batool A, et al. Side Effects of COVID-19 Vaccines Among Diabetic Subjects and Healthy Individuals. *Cureus.* 2023;15(3):e36005.
DOI: https://doi.org/10.7759/cureus.36005

14. Гасич ЕЛ, Булда КЮ, Коско АД, Дашкевич АМ, Горбунов ВА. Мониторинг геновариантов SARS_CoV-2 на территории Республики Беларусь в 2023 г. В сб.: «Противодействие новой коронавирусной инфекции и другим инфекционным заболеваниям» и «Результаты и перспективы сотрудничества совместных научных центров по изучению и профилактике инфекционных болезней в странах Африки, Азии и Южной Америки». Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции и Международной конференции. Саратов, 2023. С. 66-68.

Gasich EL, Bulda KYu, Kosko AD, Dashkevich AM, Gorbunov VA. Monitoring of SARS-CoV-2 genovariants in the territory of the Republic of Belarus in 2023. In: Countering the New Coronavirus Infection and Other Infectious Diseases" and "Results and Prospects for Cooperation of Joint Scientific Centers for the Study and Prevention of Infectious Diseases in Africa, Asia and South America". Saratov, 2023. P. 66-68.

15. Wang X, Zhang Y, Huang C, Yang H, Jiang C, et al. Booster vaccines dose reduced mortality in hospitalized COVID-19 patients requiring oxygen supplementation: Evidence from the Beijing Omicron outbreak. *Hum Vaccin Immunother.* 2024;20(1):2361500.
DOI: https://doi.org/10.1080/21645515.2024.2361500

16. Süner AF, Ergör G, Çağlayan D, Türe N, Güzel I, et al. Waning Humoral Immune Response Following the Third and Fourth SARS-COV-2 Vaccine: A Cohort Study in Healthcare Workers. *Influenza Other Respir Viruses.* 2024;18(9):e70003.
DOI: https://doi.org/10.1111/irv.70003

17. Rodriguez Velásquez S, Biru LE, Hakiza SM, Al-Gobari M, Triulzi I, et al. Long-term levels of protection of different types of immunity against the Omicron variant: a rapid literature review. *Swiss Med Wkly.* 2024;154:3732.
DOI: https://doi.org/10.57187/s.3732

18. Liu D, Feng S, Sha F, Liao Y, Xie X, et al. Inactivated SARS-CoV-2 Vaccine Booster Against Omicron Infection Among Quarantined Close Contacts. *JAMA Netw Open.* 2023;6(10):e2339507.
DOI: https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.39507

19. Tamandjou Tchuem CR, Auvigne V, Vaux S, Montagnat C, Paireau J, et al. Vaccine effectiveness and duration of protection of COVID-19 mRNA vaccines against Delta and Omicron BA.1 symptomatic and severe COVID-19 outcomes in adults aged 50 years and over in France. *Vaccine.* 2023;41(13):2280-2288.
DOI: https://doi. 10.1016/j.vaccine.2023.02.062

20. Корсак ЕС, Стома ИО, Воропаев ЕВ, Осипкина ОВ, Ковалев АА. Изучение гуморального иммунитета против коронавирусной инфекции COVID-19 у привитых вакцинами, доступными в Республике Беларусь (Спутник V (Gam-COVID-Vac), РФ и Sinopharm (BBIBP-CorV), КНР). *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика.* 2023;22(1):28-37.
DOI: https://doi.org/10.31631/2073-3046-2023-22-1-28-37

Korsak KS, Stoma IO, Voropaev EV, Osipkina OV, Kovalev AA. Study of Humoral Immunity against Coronavirus Infection COVID-19 in Vaccinated Individuals with Vaccines Available in the Republic of Belarus (Sputnik V (Gam-COVID-Vac), RF and Sinopharm (BBIBP-CorV), PRC). *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2023;22(1):28-37. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.31631/2073-3046-2023-22-1-28-37

21. Корсак ЕС, Воропаев ЕВ, Осипкина ОВ, Ковалёв АА, Стома ИО. Иммунологическая эффективность бустерной вакцины «Soberana Plus» (FINLAY-FR-1A). *Проблемы здоровья и экологии.* 2024;21(4):26-36.
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-4-03

Korsak KS, Voropaev EV, Osipkina OV, Kovalev AA, Stoma IO. Immunological effectiveness of the booster Soberana Plus vaccine (FINLAY-FR-1A). *Health and Ecology Issues*. 2024;21(4):26-36. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-4-03

22. Chang Y, Lv G, Liu C, Huang E, Luo B. Cardiovascular safety of COVID-19 vaccines in real-world studies: a systematic review and meta-analysis. *Expert Review of Vaccines.* 2023; 22(1):25-34.
DOI: https://doi.org/10.1080/14760584.2023.2150169

23. Kenigsberg TA, Hanson KE, Klein NP, Zerbo O, Goddard K, et al. Safety of simultaneous vaccination with COVID-19 vaccines in the Vaccine Safety Datalink. *Vaccine.* 2023;41(32):4658-4665.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.06.042

24. Moro PL, Zhang B, Ennulat C, Harris M, McVey R, et al. Safety of co-administration of mRNA COVID-19 and seasonal inactivated influenza vaccines in the vaccine adverse event reporting system (VAERS) during July 1, 2021-June 30, 2022. *Vaccine.* 2023;41(11):1859-1863.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2022.12.069

25. García-Rivera D, Rodríguez-González M, Paredes-Moreno B, Puga-Gomez R, Ricardo-Delgado Y, et al. Safety and Cross-Neutralizing Immunity Against SARS-CoV-2 Omicron Sub-Variant After a Booster Dose with SOBERANA® Plus in Children and Adolescents. *Vaccines (Basel).* 2025:27;13(12):1198.
DOI: https://doi.org/10.3390/vaccines13121198

Информация об авторе / Information about the author

Корсак Екатерина Сергеевна, ассистент кафедры эпидемиологии и доказательной медицины, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3461-3246
e-mail: katsiaryna.korsak@gsmu.by

Katsiaryna S. Korsak, Assistant at the Department of Epidemiology and Evidential Medicine, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3461-3246
e-mail: katsiaryna.korsak@gsmu.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Корсак Екатерина Сергеевна
e-mail: katsiaryna.korsak@gsmu.by

Katsiaryna S. Korsak
e-mail: katsiaryna.korsak@gsmu.by

Поступила в редакцию / Received 06.04.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 07.05.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

2026;23(3):144–151 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 618.146:576.3-076:575:578.827.1
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-16

Check for updates CC BY

Комплексная оценка жидкостной цитологии и молекулярных маркеров (ВПЧ, микроРНК, ИППП) из единого образца в диагностике интраэпителиальных неоплазий шейки матки

Л. П. Зайцева[1], А. А. Булатова[2], В. С. Волчек[3], А. С. Зайцева[3], В. А. Сантарович[4], А. В. Малек[5]

[1]Гомельский областной клинический онкологический диспансер, г. Гомель, Беларусь
[2]Научно-производственная биотехнологическая компания «Альгимед Техно», г. Минск, Беларусь
[3]Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь
[4]Общество с ограниченной ответственностью «Гравита», г. Минск, Беларусь
[5]Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Резюме

Цель исследования. Продемонстрировать возможность комплексной оценки молекулярно-цитологических параметров из единого образца биоматериала (в стабилизирующей жидкостной среде), выявить закономерности их ассоциации со степенью интраэпителиальной неоплазии шейки матки.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное многоцентровое исследование с участием 87 пациенток репродуктивного возраста (декретированные группы 21, 24, 27 лет), проходивших цитологический скрининг (ПАП-тест) в учреждениях Гомеля и Гомельской области в феврале – марте 2026 г. Биоматериал исследовали методом жидкостной цитологии (ЖЦ) (система Бетесда, TBS 2014). Из остаточного объема единого образца выполняли генотипирование 22 типов вируса папилломы человека (ВПЧ) (полимеразная цепная реакция (ПЦР) в реальном времени), исследование на инфекции, передаваемые половым путем (ИППП) (*Ureaplasma spp.*, *Chlamydia trachomatis*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Mycoplasma genitalium*), и количественный анализ экспрессии шести маркерных микроРНК (miR-21, miR-29b, miR-145, miR-451a, miR-1246, miR-1290) с расчетом диагностического параметра miR-CERVIX. Статистический анализ включал критерий Краскела — Уоллиса, корреляционный анализ Спирмена и точный критерий Фишера.

Результаты. Установлена статистически значимая зависимость уровня экспрессии микроРНК от степени цитологических изменений ($p < 0,001$). Медианные значения параметра miR-CERVIX составили: при NILM — 0,33 [0,15; 0,46], при LSIL — 0,61 [0,56; 0,64], при HSIL — 0,69 [0,57; 0,77] и были значимо выше при сравнении NILM с группами LSIL и HSIL ($p < 0,001$). В группе HSIL ВПЧ высокого онкогенного риска выявлен в 100 % случаев, при этом доминировал ВПЧ 16-го типа (изолированно или в комбинации). Мультиинфекция ВПЧ чаще встречалась в группах с LSIL и HSIL. Корреляционный анализ установил статистически значимую зависимость ($p < 0,001$) уровня экспрессии микроРНК от степени цитологических изменений (NILM, LSIL, HSIL).

Выявлена высокая вариабельность индекса miR-CERVIX в группе NILM (0,01–0,74), что указывает на субклинические молекулярные сдвиги и обосновывает углубленное обследование при значениях ≥ 0,60. Кроме того, индекс miR-CERVIX позволяет персонализировать тактику ведения в группе LSIL: значения < 0,60 ассоциированы с благоприятным течением, ≥ 0,75 — с риском прогрессирования.

Заключение. Комплексная оценка ЖЦ и молекулярных маркеров из единого образца устраняет диагностические ошибки на преаналитическом этапе, обеспечивает высокую сопоставимость данных, оптимизирует клинический маршрут, исключая необходимость повторных визитов для забора материала.

Индекс miR-CERVIX является чувствительным маркером степени CIN. Он позволяет проводить дифференциальную стратификацию риска в группах NILM и LSIL, тогда как в группе HSIL выступает объективным подтверждением молекулярной агрессии опухоли. Комплексный подход, включающий оценку ВПЧ-статуса, профиля микроРНК, формирует методологическую базу для оптимизации диагностического триажа и требует дальнейшей проспективной валидации с гистологическим подтверждением.

Ключевые слова: *шейка матки, интраэпителиальная неоплазия, жидкостная цитология, вирус папилломы человека, микроРНК, скрининг*

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в концепцию исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов и написание статьи. Каждый из авторов ознакомился с финальной версией статьи и одобрил ее для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования. Исследование выполнено без привлечения грантов и спонсорской поддержки. Молекулярные исследования проведены при поддержке НПБК «Альгимед Техно».

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):144–151

Для цитирования: *Зайцева ЛП, Булатова АА, Волчек ВС, Зайцева АС, Сантарович ВА, Малек АВ. Комплексная оценка жидкостной цитологии и молекулярных маркеров (ВПЧ, микроРНК, ИППП) из единого образца в диагностике интраэпителиальных неоплазий шейки матки. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):144–151. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-16*

Comprehensive assessment of liquid-based cytology and molecular markers (HPV, microRNA, STD) from a single specimen in the diagnosis of cervical intraepithelial neoplasia

Larysa P. Zaitsava[1], Anna A. Bulatova[2], Vladislav S. Volchek[3], Alina S. Zaitsava[3], Viktoria A. Santarovich[4], Anastasia V. Malek[5]

[1]Gomel Regional Clinical Oncology Centre, Gomel, Belarus

[2]Research and Production Biotechnology Company «Algimed Techno», Minsk, Belarus

[3]Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

[4]Gravita LLC, Minsk, Belarus

[5]N.N.Petrov National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

Abstract

Objective. To demonstrate the feasibility of a comprehensive assessment of molecular and cytological parameters from a single specimen (preserved in a stabilizing liquid medium), and to identify patterns of association between these parameters and the degree of cervical intraepithelial neoplasia.

Materials and methods. A retrospective multicenter study was conducted involving 79 female patients of reproductive age (decreed cohorts aged 21, 24, and 27 years old) who underwent cytological screening (PAP test) in medical institutions in Gomel and Gomel Region in February–March 2026. The biomaterial was analyzed using liquid-based cytology (LBC) (the Bethesda System, TBS 2014). From the residual volume of the same specimen, genotyping for 22 HPV types (real-time PCR), testing for sexually transmitted diseases (STD) (*Ureaplasma spp., Chlamydia trachomatis, Neisseria gonorrhoeae, Mycoplasma genitalium*), and quantitative analysis of the expression of six marker microRNAs (miR-21, miR-29b, miR-145, miR-451a, miR -1246, miR -1290) were performed, with calculation of the diagnostic parameter miR-CERVIX. Statistical analysis included the Kruskal-Wallis test, Spearman's correlation analysis, and Fisher's exact test.

Results. A statistically significant dependence of microRNA expression levels on the degree of cytological changes was established ($p<0.001$). The median *miR-CERVIX* values were: for NILM – 0.33 [0.15; 0.46], for LSIL – 0.61 [0.56; 0.64], and for HSIL – 0.69 [0.57; 0.77]. These values were significantly higher when comparing NILM with the LSIL and HSIL groups ($p<0.001$). In the HSIL group, a high-oncogenic risk HPV was detected in 100% of cases, with HPV type 16 dominating (either isolated or in combination). HPV multi-infection was more frequent in the LSIL and HSIL groups. Correlation analysis confirmed a statistically significant dependence ($p<0.001$) of microRNA expression levels on the degree of cytological changes (NILM, LSIL, HSIL).

High variability of the miR-CERVIX index was detected in the NILM group (0.01–0.74), indicating subclinical molecular changes and justifying extended work-up in patients with values ≥0.60. Furthermore, the miR-CERVIX index allows personalization of management strategy in the LSIL group: values <0.60 are associated with a favorable outcome, whereas values ≥0.75 indicate a risk of progression.

Conclusion. The comprehensive assessment of the liquid-based cytology and molecular markers from a single sample prevents preanalytical errors, ensures high data comparability, and optimizes the clinical pathway, thereby eliminating the need for additional visits for specimen collection. The miR-CERVIX index is a sensitive marker of the CIN degree. It enables differential risk stratification within the NILM and LSIL groups, whereas in the HSIL group it serves as an objective confirmation of the molecular aggressiveness of the lesion. A comprehensive approach including the assessment of HPV status and microRNA profile forms a methodological basis for optimizing diagnostic triage and requires further prospective validation with histological confirmation.

Keywords: *uterine cervix, cervical intraepithelial neoplasia, liquid-based cytology, human papillomavirus, microRNA, screening*

Author contributions. All authors made substantial contributions to the study conception, data collection and analysis, interpretation of results, and manuscript preparation. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. This study was conducted without sponsorship. Molecular analyses were performed with the technical support of the Research and Production Biotechnology Company "Algimed Techno".

2026;23(3):144–151 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

For citation: *Zaitsava LP, Bulatova AA, Volchek VS, Zaitsava AS, Santarovich VA, Malek AV. Comprehensive assessment of liquid-based cytology and molecular markers (HPV, microRNA, STD) from a single specimen in the diagnosis of cervical intraepithelial neoplasia. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):144–151. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-16*

Введение

Рак шейки матки (РШМ) занимает четвертое место в структуре онкологической заболеваемости и смертности среди женщин во всем мире [1]. По данным GLOBOCAN 2022, ежегодно регистрируется 668 тыс. новых случаев заболевания и более 371 тыс. смертей от данной патологии [1]. В Республике Беларусь в 2024 г. выявлено 840 новых случаев РШМ, из них 57,4 % диагностированы на I–II стадии [2].

Инфицирование вирусом папилломы человека высокого канцерогенного риска (ВПЧ ВКР) выступает ключевым фактором риска развития РШМ, однако лишь у небольшой доли пациенток вирусная персистенция прогрессирует до цервикальной интраэпителиальной неоплазии (CIN) и инвазивной карциномы [3]. Это обусловливает необходимость совершенствования методов стратификации риска среди ВПЧ-позитивных женщин. В последние годы активно изучается потенциал дополнительных молекулярных маркеров, включая исследование ИППП, и анализ экспрессии микроРНК [4].

МикроРНК представляют собой короткие некодирующие молекулы РНК, регулирующие экспрессию генов на посттранскрипционном уровне. Изменения профиля микроРНК ассоциированы с канцерогенезом шейки матки, причем их экспрессия отражает не только наличие вирусной инфекции, но и воспалительный фон и инфекционную нагрузку [5]. Появление отечественной диагностической системы на основе анализа шести маркерных молекул открыло перспективы внедрения этого подхода в практику [6].

Внедрение ЖЦ позволило стандартизировать приготовление цитологических препаратов и обеспечить возможность рефлекс-тестирования — автоматического запуска дополнительных молекулярных анализов при получении пограничного цитологического результата [7, 8]. Использование единого образца обеспечивает строгую сопоставимость результатов за счет исключения преаналитических ошибок, обусловленных повторными заборами [9]. Схема комплексного исследования из единого образца представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Схема комплексного исследования из единого образца
Figure 1. Flowchart of comprehensive testing from a single specimen.

Цель исследования

Продемонстрировать возможность комплексной оценки молекулярно-цитологических параметров из единого образца биоматериала (в стабилизирующей жидкостной среде), выявить закономерности их ассоциации со степенью интраэпителиальной неоплазии шейки матки.

Материалы и методы

Исследование носило ретроспективный многоцентровой характер с централизованной лабораторной обработкой образцов. Взятие клинического материала осуществлялось в амбулаторно-поликлинических организациях г. Гомеля и Гомельской области. Биоматериал, консервированный в стабилизирующей среде для ЖЦ (виала), транспортировался в централизованную цитологическую лабораторию учреждения «Гомельский областной клинический онкологический диспансер», где выполняли приготовление препаратов с использованием автоматизированной системы NOVAPREP (Республика Беларусь) и окраску по протоколу Папаниколау в автоматизированной станции Myreva (Испания).

Интерпретацию результатов цитологического исследования осуществляли согласно терминологической системе Бетесда (TBS, 2014) с дополнительной оценкой воспалительных изменений и фоновых процессов [10].

За период февраль – март 2026 г. из архива лаборатории отобрано 87 виал. В исследование включены женщины репродуктивного возраста — пациентки декретированных возрастных групп (21, 24 и 27 лет), подлежащие обязательному цитологическому скринингу (ПАП-тест) согласно постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь «О порядке проведения диспансеризации взрослого населения» от 16.12.2024 № 173. Критерии включения: наличие достаточного количества биоматериала в виале после цитологического исследования для выполнения молекулярных тестов и полнота клинико-анамнестических данных. В связи с полной совместимостью используемых молекулярных тест-систем с консервантами ЖЦ технические ограничения преаналитического этапа сведены к минимуму. Основным критерием невключения служило недостаточное количество остаточного биоматериала в виале после приготовления цитологического препарата; его клеточность оценивалась визуально (по наличию осадка), что не гарантировало необходимую концентрацию нуклеиновых кислот для молекулярного исследования. Наибольшую долю когорты в выборке составили пациентки с отрицательным заключением в отношении интраэпителиального поражения или злокачественности (NILM) — 47 человек (54,0 %). Цитологические признаки плоскоклеточных интраэпителиальных поражений низкой степени (LSIL) выявлены у 23 пациенток (26,4 %), высокой степени (HSIL) — у 11 (12,6 %). В категорию «атипичные клетки плоского эпителия неясного значения / не исключающие LSIL/HSIL (ASC-US/ASC-H)» было включено 6 обследованных (7 %).

После выполнения цитологического исследования остаточный объем клеточной суспензии направляли в лабораторию научно-производственной биотехнологической компании «Альгимед Техно» для молекулярно-генетических исследований. Образцы аликвотировали на станции NOVAPREP, центрифугировали для седиментации клеток, из осадка выделяли нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) с помощью набора ALPREP (Республика Беларусь). Полученную смесь использовали для: качественного анализа с генотипированием вирусной ДНК, качественного анализа ДНК бактериальных патогенов, количественного анализа эндогенных молекул микроРНК.

Типирование ВПЧ выполняли методом ПЦР в реальном времени. Определяли 22 генотипа ВПЧ: 18 генотипов высокого онкогенного риска (16, 18, 26, 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59, 66, 68, 73, 82) и 4 генотипа низкого онкогенного риска (6, 11, 42, 44). Исследование на ИППП выполняли методом ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией (панель: *Chlamydia trachomatis, Neisseria gonorrhoeae, Ureaplasma spp., Mycoplasma genitalium*).

Для оценки профиля экспрессии шести маркерных молекул микроРНК (miR-21, -29b, -145, -451a, -1246, -1290) использовали набор реагентов NOVAprep-miR-Cervix, предполагающий проведение обратной транскрипции и количественной ПЦР. Анализ данных включал оценку контрольных реакций и расчет значения диагностического параметра miR-CERVIX на основе значений пороговых циклов (Ct). Интерпретация результатов базировалась на градации: < 0,60 — низкий уровень (норма/регрессия), 0,60–0,74 — умеренный уровень (LSIL), ≥ 0,75 — высокий уровень (HSIL) [6].

Обработку данных выполняли с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 27.0. Для качественных признаков применяли точный критерий Фишера. Для количественных признаков оценивали нормальность распределения с использованием теста Шапиро — Уилка. Распределение числовых признаков отличалось от закона нормального распределения. В этой связи результаты были представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного интервала (Q^1; Q^3). Сравнительный анализ между группами проводился с использованием критерия Краскела — Уоллиса с последующим post-hoc тестом Данна. Для сравнения качественных признаков использовался двусторонний тест Фишера, для установления взаимосвязей использовалась корреляция Спирмена. Статистически значимым считали уровень $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

На первом этапе молекулярных исследований был проведен анализ ВПЧ-статуса, который продемонстрировал высокую ассоциацию ВПЧ ВКР с цитологическими изменениями. В группе HSIL ВПЧ ВКР выявлен у 100 % пациенток (11/11), что подтверждает его ключевую роль в канцерогенезе шейки матки [11]. Наиболее часто определялся ВПЧ 16-го типа (54,5 %, 6/11), в том числе в виде моноинфекции (27,2 %, 3/11). Мультиинфекция (≥ 2 генотипов) отмечена в 36,4 % (4/11) наблюдений. Полученные данные согласуются с результатами международных исследований, демонстрирующих, что множественные инфекции ВПЧ встречаются у 25–73 % ВПЧ-по-

2026;23(3):144–151 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

зитивных женщин и ассоциированы с повышенным риском развития HSIL [11].

В группе LSIL ДНК ВПЧ ВКР была верифицирована в 87,0 % случаев (20/23). ВПЧ 16-го типа выявлен у 56,5 % пациенток (13/23), при этом в 17,4 % (4/23) наблюдений он был представлен в виде моноинфекции, а в 39,1 % (9/23) — в структуре мультиинфекции (≥ 2 генотипов). Таким образом, все случаи коинфекции в данной группе включали ВПЧ 16-го типа. По данным многоцентровых исследований, общая распространенность ВПЧ в группе LSIL также составляет 93 %, а ВПЧ 16-го типа выявляется в 19,6 % случаев [11].

В 2 из 23 случаев LSIL (8,7 %) ДНК ВПЧ не была обнаружена, однако в обоих случаях выявлена *Ureaplasma spp*. Индекс miR-CERVIX в этих наблюдениях существенно различался, что позволяет предположить различную природу цитологических изменений: низкое значение индекса согласуется с реактивным характером поражения на фоне инфекции, тогда как повышенное значение требует исключения ВПЧ-независимого пути неопластической трансформации [12].

В группе NILM ДНК ВПЧ ВКР была верифицирована у 23,4 % пациенток (11/47). ВПЧ 16-го типа выявлен в 6,4 % наблюдений (3/47), из которых в одном случае (2,1 %) он был представлен в виде моноинфекции, а в двух (4,2 %) — в структуре мультиинфекции. Мультиинфекция (≥ 2 генотипов ВПЧ) установлена в 10,6 % (5/47) случаев. Такие данные согласуются с выводами современных работ о транзиторном характере инфекции в популяции и могут быть обусловлены возрастными особенностями обследованной когорты и региональными эпидемиологическими характеристиками [13,14].

Малая выборка в категориях ASC-US/ASC-H (n = 6) не позволила провести достоверный анализ распределения ВПЧ-инфекции и оценку потенциальной роли индекса miR-CERVIX в данных подгруппах, что следует рассматривать как ограничение исследования.

Воспалительные изменения зарегистрированы у 36,4 % (4/11) пациенток с HSIL, 26,1 % (6/23) — с LSIL и 25,5 % (12/47) — в группе NILM. Различия между группами HSIL и NILM достигли статистической значимости (p = 0,047), тогда как между HSIL и LSIL значимых различий не установлено (p > 0,05). Полученные данные свидетельствуют о возможной ассоциации воспалительного процесса с прогрессированием CIN. Хроническое воспаление в сочетании с персистирующей ВПЧ-инфекцией способствует канцерогенезу через повреждение ДНК реактивными формами кислорода, активацию COX-2 и стимуляцию постоянной регенерации эпителия, что является независимым фактором риска HSIL и требует более тщательного наблюдения пациенток [15,16].

На следующем этапе был проведен анализ ассоциации профиля экспрессии микроРНК с инфекционной нагрузкой и наличием воспалительных изменений (таблица 1).

Таблица 1. Влияние инфекционной нагрузки на уровень экспрессии микроРНК
Table 1. The influence of infectious load on the level of microRNA expression

Группа	n	Медиана уровня экспрессии микроРНК
Мультиинфекция (≥ 2 типа ВПЧ) (1)	17	0,6 [0,54; 0,77]
ВПЧ 16+ (2)	8	0,64 [0,57; 0,78]
Наличие ИППП (3)	31	0,54 [0,26; 0,64]
Воспаление (4)	22	0,51 [0,37; 0,60]
ВПЧ-негативные (5)	34	0,39 [0,17; 0,47]
p		$p_{1,5}$ = 0,005 $p_{2,5}$ = 0,001

Анализ влияния инфекционной нагрузки на значение индекса miR-CERVIX показал, что наиболее высокие значения наблюдались при инфицировании ВПЧ 16-го типа (медиана — 0,64 [0,57; 0,78]) и мультиинфекции ВПЧ (медиана — 0,54 [0,60;0,77]), тогда как в группе ВПЧ-негативных пациенток медиана составила 0,39. Различия между группами ВПЧ 16+ и ВПЧ-негативными, а также между группой мультиинфекции и ВПЧ-негативными достигли статистической значимости ($p_{2,5}$ = 0,001 и $p_{1,5}$ = 0,005 соответственно).

Наиболее частым возбудителем ИППП во всех цитологических группах являлась *Ureaplasma spp*. Частота выявления ИППП не демонстрировала четкой корреляции с тяжестью CIN: максимальные значения отмечены в группе LSIL (66,7 %), минимальные — в группе HSIL (18,2 %). Несмотря на отсутствие статистически значимой ассоциации между ИППП и степенью CIN (p > 0,05), высокая частота выявления урогенитальных инфекций (37,1 %) указывает на их потенциальную роль как кофактора цервикаль-

ного канцерогенеза. ИППП, создавая хроническое воспаление и нарушая локальный иммунный ответ, могут формировать благоприятный фон для персистенции ВПЧ и прогрессирования CIN [17].

По результатам исследования также установлена статистически значимая зависимость уровня экспрессии микроРНК от степени выраженности цитологических изменений (таблица 2).

Таблица 2. Уровни экспрессии микроРНК в зависимости от цитологического заключения
Table 2. MicroRNA expression levels according to cytological diagnosis

Группа	n	Медиана уровня экспрессии микроРНК	Диапазон значений
NILM (1)	47	0,33 [0,15; 0,46]	0,01–0,74
LSIL (2)	23	0,61 [0,56; 0,64]	0,16–0,96
HSIL (3)	11	0,69 [0,57; 0,77]	0,52–0,94
p		$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$	

Из данных таблицы 2 следует, что в группе NILM медиана индекса miR-CERVIX составила 0,33 [0,15; 0,46] при широком диапазоне значений (0,01–0,74). Верхняя граница диапазона значений индекса miR-CERVIX в группе NILM перекрывалась со значениями в группе LSIL и приближалась к порогу значений HSIL, что, вероятно, может указывать на субклинические молекулярные сдвиги, транзиторную ВПЧ-инфекцию, влияние воспалительного процесса или индивидуальные особенности базальной экспрессии маркерных микроРНК [18]. Пациенткам с заключением NILM и индексом miR-CERVIX ≥ 0,60 требуются углубленное обследование (ВПЧ-генотипирование, исследование на ИППП) и динамическое наблюдение.

В группе LSIL медиана индекса miR-CERVIX составила 0,61 [0,56; 0,64] при диапазоне 0,16–0,96, что статистически значимо превышало показатели группы NILM ($p < 0,001$). Учитывая биологическую гетерогенность группы LSIL (вариабельность течения от спонтанной регрессии до прогрессирования в HSIL), индекс miR-CERVIX позволяет проводить внутреннюю стратификацию риска внутри данной группы: значения < 0,60 ассоциированы с благоприятным прогнозом и высокой вероятностью спонтанной регрессии, тогда как значения ≥ 0,75 указывают на повышенный риск прогрессирования в HSIL и служат основанием для углубленного обследования.

В группе HSIL была зафиксирована наиболее высокая медиана индекса miR-CERVIX — 0,69 [0,57; 0,77] при диапазоне значений 0,52–0,94. Сравнительный анализ выявил статистически значимые различия между группами HSIL и NILM ($p < 0,001$), при этом нижняя граница диапазона в группе HSIL (0,52) перекрывалась с верхней границей группы LSIL, что отражает постепенный характер молекулярных изменений при прогрессировании CIN.

Корреляционный анализ Спирмена выявил умеренную прямую статистически значимую связь между значением индекса miR-CERVIX и степенью выраженности цитологических изменений (NILM, LSIL, HSIL): $p < 0,001$. Полученный результат подтверждает, что нарастание тяжести CIN сопровождается прогрессивным увеличением значения индекса miR-CERVIX.

Заключение

1. Установлена статистически значимая корреляция между индексом miR-CERVIX и степенью CIN ($p < 0,001$) с последовательным нарастанием медианных значений — от 0,33 (NILM) до 0,69 (HSIL).

2. Высокая вариабельность индекса miR-CERVIX в группе NILM (0,01–0,74) указывает на субклинические молекулярные сдвиги, что обосновывает углубленное обследование при значениях ≥ 0,60. Кроме того, индекс позволяет персонализировать тактику ведения в группе LSIL: значения < 0,60 ассоциированы с благоприятным течением, а ≥ 0,75 — с высоким риском прогрессирования.

3. Доминирование ВПЧ 16-го типа и мультиинфекций ВПЧ подтверждено в 100 % случаев HSIL. Воспаление и ИППП выступают фоном для персистенции вируса и прогрессирования CIN, тогда как индекс miR-CERVIX объективно отражает именно неопластическую трансформацию.

4. Комплексный подход, включающий оценку ВПЧ-статуса, профиля микроРНК, формирует методологическую базу для оптимизации диагностического триажа и требует дальнейшей проспективной валидации с гистологическим подтверждением.

2026;23(3):144–151 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Список литературы / References

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegelet R, Soerjomataram I, Jemal A. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2024;74(3):229-263.
DOI: https://doi.org/10.3322/caac.21834

2. Океанов А.Е., ред. Рак в Беларуси: цифры и факты, 2015–2024. Минск: Белорусский канцер-регистр; 2025. Режим доступа: https://omr.by/spetsialistam/sbornik-statistika-onkologicheskikh-zabolevanij Дата доступа: 20.05.2026.

Okeanov AE, editor. Cancer in Belarus: Numbers and Facts, 2015–2024. Minsk: Belarusian Cancer Registry; 2025. Available from: https://omr.by/spetsialistam/sbornik-statistika-onkologicheskikh-zabolevanij Accessed: 2026 May 20. (in Russ.).

3. Schiffman M, Doorbar J, Wentzensen N, de Sanjosé S, Fakhry C, Monk B, et al. Carcinogenic human papillomavirus infection. *Nat Rev Dis Primers*. 2016;2:16086.
DOI: https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.86

4. Pardini B, De Maria D, Francavilla A, Di Gaetano C, Ronco G, Naccarati A. MicroRNAs as markers of progression in cervical cancer: a systematic review. *BMC Cancer*. 2018;18(1):696.
DOI: https://doi.org/10.1186/s12885-018-4590-4

5. Babion I, Snoek BC, Novianti PW, Jaspers A, van Trommel N, Heideman DAM, et al. Triage of high-risk HPV-positive women in population-based screening by miRNA expression analysis in cervical scrapes. *Clin Epigenetics*. 2018;10:76.
DOI: https://doi.org/10.1186/s13148-018-0509-9

6. Kniazeva M, Zabegina L, Shalaev A, Smirnova O, Lavrinovich O, Berlev I, et al. NOVAprep-miR-Cervix: New Method for Evaluation of Cervical Dysplasia Severity Based on Analysis of Six miRNAs. *Int J Mol Sci*. 2023;24(11):9114.
DOI: https://doi.org/10.3390/ijms24119114

7. Волченко Н.Н., Сушинская Т.В., Борисова О.В., Мельникова В.Ю., Петров А.Н. Сравнительный анализ традиционной и жидкостной цитологии мазков из шейки матки. *Исслед. и практ. в медицине.* 2019;6(1):83-90.
DOI: https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-1-8

Volchenko NN, Sushinskaya TV, Borisova OV, Melnikova VYu, Petrov AN. Comparative analysis of conventional and liquid-based cytology of cervical smears. *Research and Practical Medicine*. 2019;6(1):83-90. (in Russ.).
DOI: https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-1-8

8. Баяндина Н.Н., Славнова Е.Н. Цитологический метод в ранней диагностике рака шейки матки: эволюция, принципы, технологии, перспективы. *Онкология. Журн. им. П.А. Герцена*. 2023;12(2):49-55.
DOI: https://doi.org/10.17116/onkolog20231202149

Bayandina NN, Slavnova EN. Cytological method in early diagnosis of cervical cancer: evolution, principles, technologies, perspectives. *P.A. Herzen Journal of Oncology*. 2023;12(2):49-55. (in Russ.).
DOI: https://doi.org/10.17116/onkolog20231202149

9. Makde MM, Sathawane P. Liquid-based cytology: Technical aspects. *CytoJournal*. 2022;19:41.
DOI: https://doi.org/10.25259/CMAS_03_16_2021

10. Nayar R, Wilbur DC. The Bethesda System for Reporting Cervical Cytology: Definitions, Criteria, and Explanatory Notes. 3rd ed. Springer; 2015.

11. Liao G, Jiang X, She B, Tang H, Wang Z, Zhou H, et al. Multi-Infection Patterns and Co-infection Preference of 27 Human Papillomavirus Types Among 137,943 Gynecological Outpatients Across China. *Front Oncol*. 2020;10:449.
DOI: https://doi.org/10.3389/fonc.2020.00449

12. Carreras R, Alameda F, Bellosillo B, Lloveras B, Miralpeix E, Mancebo G, & Solé-Sedeno J. M. Utility of Human Papillomavirus Genotyping in the Management of Low-Grade Squamous Intraepithelial Lesions. *Journal of Lower Genital Tract Disease*. 2028;22(1):13-16.
DOI: https://doi.org/10.1097/LGT.0000000000000354

13. Bosch FX, de Sanjosé S. The epidemiology of human papillomavirus infection and cervical cancer. *Journal of Infectious Diseases*. 2007;195(Suppl 1):S14-S25.
DOI: https://doi.org/10.1086/511246

14. de Sanjosé S, Diaz M, CastellsaguÉ X, Clifford GM, Bruni L, Muñoz N, et al. Worldwide prevalence and genotype distribution of cervical human papillomavirus DNA in women with normal cytology: a meta-analysis. *Lancet Infect Dis*. 2007;7(7):453-459.
DOI: https://doi.org/10.1016/S1473-3099(07)70158-5

15. Fernandes JV, de Medeiros Fernandes TA, de Azevedo JC, Cobucci RN, de Carvalho MG, et al. Link between chronic inflammation and human papillomavirus-induced carcinogenesis (Review). *Oncol Lett*. 2015;9(3):1015-1026.
DOI: https://doi.org/10.3892/ol.2015.2884

16. Long T. Severe Inflammation Indicates High Risk of HSIL: From a Cross-Sectional Study. *J Cancer Metastasis Treat*. 2019;5:45.
DOI: https://doi.org/10.20517/2394-4722.2019.45

17. Vieira-Baptista P, Lima-Silva J, Pinto C, Saldanha C, Beires J, Martinez-de-Oliveira J, Donders G. Bacterial vaginosis, aerobic vaginitis, vaginal inflammation and major Pap smear abnormalities. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases.* 2016;35(4):657-663.

18. Wu J, Cai H, Xiang YB, Matthews CE, Ye F, Zheng W, et al. Intra-individual variation of miRNA expression levels in human plasma samples. *Biomarkers*. 2018 May-Jun;23(4):339-346.
DOI: https://doi.org/10.1080/1354750X.2018.1427794

Информация об авторах / Information about the authors

Зайцева Лариса Петровна, врач клинической лабораторной диагностики (заведующий) централизованной цитологической лабораторией, У «Гомельский областной клинический онкологический диспансер», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7638-9364
e-mail: larysazaitsava2802@gmail.com

Булатова Анна Александровна, руководитель отдела научных исследований и разработок, НПБК «Альгимед Техно», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-8750-2680
e-mail: bulatovan84@mail.ru

Волчек Владислав Станиславович, заведующий профессорским консультативным центром, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6027-0078
e-mail: volvst@yandex.ru

Larysa P. Zaitsava, Clinical Laboratory Diagnostics Doctor (Head) of the Centralized Cytological Laboratory, Gomel Regional Clinical Oncology Centre, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7638-9364
e-mail: larysazaitsava2802@gmail.com

Anna A. Bulatova, Head of the Research and Development Department, Research and Production Biotechnology Company “Algimed Techno”, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-8750-2680
e-mail: bulatovan84@mail.ru

Vladislav S. Volchek, Head of Professorian Consultative Center, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6027-0078
e-mail: volvst@yandex.ru

Зайцева Алина Сергеевна, студентка 2 курса лечебного факультета, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-3066-5149
e-mail: alinazaitsava@icloud.com

Сантарович Виктория Александровна, врач акушер-гинеколог первой категории, ООО «Гравита», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0790-7595
e-mail: torimore@mail.ru

Малек Анастасия Валерьевна, заведующий лабораторией субклеточных технологий, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5334-7292
e-mail: anastasia@malek.com.ru

Alina S. Zaitsava, Second-year student of the Faculty of General Medicine, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-3066-5149
e-mail: alinazaitsava@icloud.com

Viktoria A. Santarovich, Obstetrics and Gynecology Doctor of the First Category, Gravita LLC, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0790-7595
e-mail: torimore@mail.ru

Anastasia V. Malek, Head of the Subcellular Technologies Laboratory, N.N.Petrov National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5334-7292
e-mail: anastasia@malek.com.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Зайцева Лариса Петровна
e-mail: larysazaitsava2802@gmail.com

Larysa P. Zaitsava
e-mail: larysazaitsava2802@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 22.05.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 07.07.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

2026;23(3):152–159 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК 616-006.448-039.35:612.112.94-085
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-17

Check for updates CC BY

Анти-BCMA CAR-T-клеточная терапия при рефрактерной / рецидивирующей форме множественной миеломы: клинический опыт одного центра

Ж. М. Козич[1], Н. Н. Климкович[3], Ж. Н. Пугачева[1], В. Н. Мартинков[1], А. Н. Мелешко[2], Д. В. Луцкович[2]

[1]Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, г. Гомель, Беларусь
[2]Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии, г. Минск, Беларусь
[3]Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Оценить эффективность клинического использования анти-BCMA CAR-T-клеток у пациентов с рефрактерной / рецидивирующей множественной миеломой (РРММ).

Материалы и методы. На клинической базе ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека» (ГУ «РНПЦ РМиЭЧ») анти-BCMA (B-Cell Maturation Antigen — антиген созревания В-клеток) CAR-T-клеточную терапию (Chimeric Antigen Receptor — химерный антигенный рецептор) получили 6 пациентов с множественной миеломой (ММ) с существенной степенью предлеченности. До CAR-T-клеточной терапии все пациенты получили от 3 до 5 линий лечения, включая аутологичную трансплантацию гемопоэтической стволовой клетки (ауто-ТГСК). Период наблюдения составил от 3 до 13 месяцев (медиана — 9,5 месяца). Создание химерного антигенного рецептора (CAR) против мишени ММ — белка BCMA, получение модельной клеточной линии с эктопической экспрессией BCMA и проведение лейкафереза выполнялось в лаборатории генетических биотехнологий ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии» (ГУ «РНПЦ ДОГИ»). Режим лимфодеплеции включал применение циклофосфамида и флударабина. Контроль уровня BCMA CAR-T-клеток осуществлялся методом проточной цитометрии в периферической крови на 3, 7, 14, 28 и 60-е сутки. Проведен анализ ответа на терапию, динамики минимальной остаточной болезни, персистенции BCMA CAR-T-клеток и рецидивирования заболевания.

Результаты. Персистенция CAR-T-клеток в периферической крови пациентов с 7–14-го дня после введения клеточного продукта определялась у 5 пациентов из 6. Время пиковой экспансии CAR-T коррелировало с максимальным противоопухолевым ответом, выражающемся в отсутствии клинико-лабораторных признаков новообразования. Наиболее частым нежелательным явлением, ассоциированным с иммунными эффекторными клетками, была гематологическая токсичность, развившаяся у всех пациентов.

Заключение. Терапия CAR-T-клетками, направленными на BCMA, показала высокую эффективность в лечении пациентов с рефрактерной / рецидивирующей формой ММ с достаточно приемлемым профилем безопасности. Общие показатели ответа на анти-BCMA CAR-T-клеточную терапию проявлялись в достижении полной ремиссии на 28-е сутки и составили 100 %. За время наблюдения рецидив развился у 2 пациентов. Отсутствие рецидива на данный момент зафиксировано в 66,7 % случаев, что можно расценивать как многообещающее начало.

Ключевые слова: *множественная миелома, CAR-T-клеточная терапия, эффективность*

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проводилось в рамках НИР «Разработать и внедрить метод анти-BCMA CAR-T-клеточной терапии пациентов с множественной миеломой».

Для цитирования: *Козич ЖМ, Климкович НН, Пугачева ЖН, Мартинков ВН, Мелешко АН, Луцкович ДВ. Анти-BCMA CAR-T-клеточная терапия при рефрактерной / рецидивирующей форме множественной миеломы: клинический опыт одного центра. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):152–159. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-17*

© Ж. М. Козич, Н. Н .Климкович, Ж. Н. Пугачева, В. Н. Мартинков, А. Н. Мелешко, Д. В. Луцкович, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):152–159

Anti-BCMA CAR-T cell therapy for refractory / relapsed multiple myeloma: clinical experience of a center

Zhanna M. Kozich[1], Natalia N. Klimkovich[3], Janna N. Pugacheva[1], Victor N. Martinkov[1], Alexander N. Meleshko[2], Dzmitry V. Lutskovich[2]

[1]Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus

[2]Belarusian Research Center for Pediatric Oncology, Hematology and Immunology, Minsk, Belarus

[3]Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Abstract

Objective. To evaluate the clinical efficacy of anti-BCMA CAR-T cells in patients with refractory / recurrent multiple myeloma (RRMM.)

Materials and methods. Six patients with multiple myeloma MM who had undergone significant pretreatment got anti-BCMA (B-Cell Maturation Antigen) CAR-T (Chimeric Antigen Receptor) cell therapy at the clinical site of the Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology. Prior to CAR-T cell therapy, all patients got three to five lines of treatment, including autologous hematopoietic stem cell transplantation (auto-HSCT). The follow-up period ranged from 3 to 13 months (median is 9.5 months). The creation of a chimeric antigen receptor (CAR) for the MM target — BCMA protein, the generation of a model cell line with ectopic BCMA expression, and leukapheresis were performed at the Genetic Biotechnology Laboratory of the Belarusian Research Center for Pediatric Oncology, Hematology and Immunology. The lymphodepletion regimen included cyclophosphamide and fludarabine. BCMA CAR-T cell levels were monitored by flow cytometry in peripheral blood on days 3, 7, 14, 28, and 60. The response to therapy, the dynamics of minimal residual disease, the persistence of BCMA CAR-T cells, and disease recurrence were analyzed.

Results. Persistence of CAR-T cells in the peripheral blood of patients from 7 to 14 days after administration of the cell product was detected in 5 of 6 patients. The time of peak CAR-T expansion correlated with the maximum antitumor response, expressed as the absence of clinical and laboratory signs of tumor growth. The most common adverse event associated with immune effector cells was hematological toxicity which developed in all patients.

Conclusion. CAR-T cell therapy targeting BCMA demonstrated high efficacy in the treatment of patients with refractory / recurrent MM with an acceptable safety profile. Overall response rates to anti-BCMA CAR-T cell therapy resulted in complete remission by day 28 and were 100%. Relapses occurred in two patients during the follow-up period. The absence of relapse has been recorded in 66.7% of cases to date, which can be regarded as a promising start.

Keywords: *multiple myeloma, CAR T-cell therapy, efficacy*

Author contributions. All authors made a significant contribution to the search and analysis work and the preparation of the article, read and approved the final version for publication.

Conflict of interest. The authors declares no conflict of interest

Funding. The study was conducted within the research project “To develop and implement a method of anti-BCMA CAR-T cell therapy in patients with multiple myeloma”

For citation: *Kozich ZhM, Klimkovich NN, Pugacheva JN, Martinkov VN, Meleshko AN, Lutskovich DV. Anti-BCMA CAR-T cell therapy for refractory / relapsed multiple myeloma: clinical experience of a center. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):152–159. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-17*

Введение

Множественная миелома — злокачественное заболевание плазматических клеток, секретирующих патологический иммуноглобулин. [1]. Несмотря на значительный прогресс в лечении, это заболевание по-прежнему остается в категории неизлечимых, предполагаемая медиана общей выживаемости составляет 5,6–13 месяцев [2]. Основной проблемой лечения пациентов с ММ, получивших большое количество предшествующих линий химиотерапии (ХТ), является формирование клонов плазматических клеток (ПК) с высокой резистентностью к доступным лекарственным средствам за счет накопления серии генетических мутаций и эпигенетических поломок, обеспечивающих устойчивость и жизнеспособность опухоли. Поэтому продолжается поиск новых возможностей для преодоления резистентности к противоопухолевой терапии, из которых многообещающей является терапия генетически модифицированными собственными Т-лимфоцитами (CAR-T-клеточная терапия), которая может стать методом спасения для данной категории пациентов.

Антиген созревания В-клеток (BCMA), преимущественно экспрессируемый на зрелых В-лимфоцитах, играет важную роль в активации и созревании В-клеток. В литературных источниках в последнее десятилетие появляется все больше данных, свидетельствующих о вовлечении BCMA в рост опухоли, метастазирование опухолевых клеток, что делает его перспектив-

2026;23(3):152–159 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

ной терапевтической мишенью [3]. BCMA, также известный как кластер CD269 или суперсемейство рецепторов фактора некроза опухоли-17, представляет собой трансмембранный гликопротеин, преимущественно экспрессирующийся на поздних стадиях развития или зрелых В-лимфоцитах ПК, состоящий из 184 аминокислот с приблизительной молекулярной массой 20 кДа [4]. BCMA обнаруживается на поверхности почти всех линий клеток ММ (80–100 %) и присутствует в злокачественных плазматических клетках в большем количестве, чем в нормальных плазматических клетках [5]. Поэтому BCMA стал перспективной мишенью для терапии ММ [6].

Так, CAR-T-терапия с химерным антигенным рецептором, направленная против BCMA (терапия CAR-T-клетками), представляет собой инновационный метод иммунотерапии [7]. По предварительным данным она эффективна даже при самых неблагоприятных формах заболевания, сопровождающихся множественными деструктивными поражениями, экстрамедулярными плазмоцитомами, а также наличием молекулярно-генетических изменений [8].

В нашей стране описан первый опыт применения академического анти-BCMA CAR-T-клеточного продукта при лечении пациентов с РРММ. Представлены результаты лечения пациентов с РРММ с существенной степенью предлеченности, получавших терапию CAR-T-клетками в ГУ «РНПЦ РМиЭЧ».

Цель исследования

Оценить эффективность клинического использования анти-BCMA CAR-T-клеток у пациентов с РРММ.

Материалы и методы

На клинической базе ГУ «РНПЦ РМиЭЧ» анти-BCMA CAR-T-клеточную терапию получили 6 пациентов с ММ с существенной степенью предлеченности. До CAR-T-клеточной пациенты получили от 3 до 5 линий терапии, среди которых курсы ХТ на основе бортезомиба, леналидомида, иксазомиба, помалидомида, а также аутологичную трансплантацию гемопоэтической стволовой клетки (ауто-ТГСК).

Диагноз РРММ установлен согласно критериям Международной рабочей группы по ММ [9]. Исследование проводилось в рамках выполнения государственного научно-исследовательского проекта (№ 132.23 государственной программы «Наукоемкие технологии и техника») в соответствии с Хельсинкской декларацией. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ГУ «РНПЦ РМиЭЧ» (протокол № 8 от 04.12.2023). Всем пациентам лечение начиналась после подписания добровольного информированного согласия.

У всех пациентов отмечено прогрессирование заболевания и рефрактерность к иммуномодуляторам и ингибиторам протеасом. Возможности подтверждения экспрессии BCMA в нашей клинической практике не было.

Технология создания химерного антигенного рецептора (CAR) против мишени ММ — белка BCMA, получение модельной клеточной линии с эктопической экспрессией BCMA и проведение лейкафереза выполнялось в лаборатории генетических биотехнологий ГУ «РНПЦ ДОГИ». Экспериментальные образцы CAR-T-клеток производились из Т-лимфоцитов пациента, полученных путем афереза, согласно лабораторному регламенту. После процедуры афереза осуществлялся сбор мононуклеарных клеток на градиенте плотности с использованием Lymphocyte Separation Medium. Ориентировочный срок изготовления биомедицинского клеточного продукта CAR-T-клеток составлял 10–13 дней. Оценка качества конечного клеточного продукта CAR-T-клеток включала исследования микробиологической безопасности, содержания CAR-T-клеток, жизнеспособность. Характеристика клеточного продукта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика клеточного продукта пациентов

Table 1. Characteristics of the patient's cell product

Параметры	Характеристика клеточного продукта					
	ID 1	ID 2	ID 3	ID 4	ID 5	ID 6
Дата получения лимфоцитов пациента	28.05.2025	01.07.2025	12.06.2025	14.10.2025	14.10.2025	24.03.2026
Дата введения клеточного продукта	13.06.2025	17.07.2025	11.08.2025	11.11.2025	20.01.2026	08.04.2026
Доза CAR-T-клеток, полученная пациентом	$122x10^6$	$107x10^6$	$70x10^6$	$64,9x10^6$	$43x10^6$	$95,5x10^6$
Доза CAR-T-клеток на килограмм веса пациента	$1,67x10^6$	$1,11x10^6$	$1,0x10^6$	$1,0x10^6$	$1,2x10^6$	$1,0x10^6$
Суммарная клеточность анти-BCMA CAR-T-продукта	$245×10^6$	$250x10^6$	$140x10^6$	$105x10^6$	$272x10^6$	$334x10^6$

Лимфодеплетирующая ХТ (режим лимфодеплеции включал применение циклофосфамида и флударабина) проведена в –5, –4, –3 дни. День введения клеточного продукта нумеровался как 0 день.

Оценка состояния пациента проводилась в день введения клеточного продукта. Затем мониторинг показателей жизненно важных функций осуществлялся каждые 6 часов в течение первого дня. С целью динамического мониторинга возможного развития острых инфузионных реакций, связанных с входящими в состав клеточного продукта криоконсервантами, введение клеточного продукта осуществлялось в блоке ХТ. Для мониторинга возможных явлений токсичности, связанных с клеточным продуктом, госпитализация пациентов длилась 30 дней после введения CAR-T-клеток.

Медицинская профилактика осложнений и лечение осложнений проводились согласно разработанному протоколу лечения, который был включен в инструкцию по применению «Метод лечения пациентов с множественной миеломой с использованием анти-BCMA CAR-T-клеточной терапии» (регистрационный № 103-1225 от 30.12.2025).

Стадирование неблагоприятных реакций проводилось согласно критериям CTCAE v5. Оценка клинического ответа проводилась согласно рекомендованным IMWG критериям [10].

Контроль уровня BCMA CAR-T-клеток осуществлялся методом проточной цитометрии в периферической крови на 3, 7, 10, 14, 28 и 60-е сутки. Далее, ввиду отсутствия BCMA CAR-T-клеток на более поздних сроках, их не определяли.

Минимальная остаточная болезнь (МОБ) определялась методом иммунофенотипирования при исследовании костного мозга (КМ) пациентов на проточном цитофлуориметре (двухлазерный проточный цитофлюориметр FACSCalibur, Becton Dickinson, США), с чувствительностью 10^4, с использованием панели антител, включающей CD138, CD38, CD45, CD56, CD27, CD19, цитоплазматические каппа и лямбда. М-градиент в сыворотке крови определяли методом элктрофореза белков в электрофоретической системе SAS3/SAS4 (Helena Laboratories, США) на 7, 14, 28 и 60-й день.

Период наблюдения за пациентами составил от 3 до 13 месяцев.

Медиана возраста пациентов была равна 59,5 года (минимум — 50 лет, максимум — 66 лет). Клинико-лабораторная характеристика пациентов представлена в таблице 2.

Таблица 2. Характеристика пациентов на момент старта CAR-T-терапии
Table 2. Characteristics of patients at the start of CAR-T therapy

Параметры		Характеристика пациентов					
		ID 1	ID 2	ID 3	ID 4	ID 5	ID 6
Возраст, лет		58	57	61	66	62	50
Пол		Ж	М	М	Ж	Ж	М
Дата диагноза		06.2018	06.2023	09.2021	03.2024	06.2016	07.2021
Стадия заболевания (ISS)		II	II	II	III	II	II
Наличие экстрамедулярных плазмоцитом		Нет	Нет	Нет	Есть	Нет	Нет
Количество линий терапии		5	3	4	3	4	3
Количество курсов ХТ		24	13	17	11	16	10
Рефрактерность к ХТ препаратам	Bortezomib	Да	Да	Да	Да	Да	Да
	Lenalidomide	Да	Да	Да	Да	Да	Да
	Ixazomib	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
	Cyclophosphamide	Да	Нет	Да	Да	Да	Да
	Pomalidomide	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Количество предшествующих ауто-ТГСК		1	2	2	1	1	2
Статус по шкале ECOG, баллы		1	1	1	1	1	1
Количество ПК в КМ, %		22,6	17,4	33,6	12,2	13,8	47,8
Количество клональных ПК в КМ, %		18,2	15	23,4	11	11,3	43,2
М-градиент в сыворотке, %		24,86	9,89	6,9	10,04	0	23,66
Соотношение цепей Ig κ/λ		56,4	0,39	6,68	0,37	1,25	0,04
Наличие поражения костей скелета		Нет	Есть	Есть	Есть	Нет	Есть
Сопутствующие заболевания		—	АГ	ИБС, БА, ОНМК	ИБС, АГ, ХПН	АГ	—

Примечание. Ж — женский пол, М — мужской пол, АГ — артериальная гипертензия, ИБС — ишемическая болезнь сердца, БА — бронхиальная астма, ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения, ХБП — хроническая болезнь почек.

2026;23(3):152–159 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Результаты и обсуждение

Всем пациентам с целью профилактики инфекционных осложнений перед лимфодеплецией проведено введение внутривенного иммуноглобулина человеческого в дозе 0,4 мг на 1 кг веса. Глубокая цитопения в виде нейтропении ($0{,}3x10^9$/л), анемии (нижние границы гемоглобина — 56–60 г/л), тромбоцитопении (нижние границы тромбоцитов — до $17x10^9$/л), потребовавшая проведения заместительной терапии после проведения лимфодеплеции, развилась у 2 пациентов.

Сразу после инфузии CAR-T-клеток у всех пациентов в течение 7 дней не отмечалось подъема температуры или других реакций. По данным лабораторных исследований повышения уровня С-реактивного белка, прокальцитонина, ферритина и клеточных печеночных трансаминаз не наблюдалось.

Персистенция CAR-T-клеток в периферической крови пациентов с 7–14-го дня после введения клеточного продукта определялась у 5 пациентов. У 1 пациентки пик персистенции CAR-T-лимфоцитов отмечен на 25–28-й день после инфузии CAR-T.

По достижении своего пика уровень CAR-T-клеток со временем снижался, но CAR-T-клетки оставались детектируемыми у всех пациентов к концу исследования. На 60-е сутки после введения персистенция CAR-T-лимфоцитов в периферической крови (уровень более 0,1 кл/мкл) сохранялась у 3 пациентов.

Период пиковой экспансии CAR-T совпадал по времени с максимальным противоопухолевым ответом, выражающемся в отсутствии клинико-лабораторных признаков опухоли. У 1 пациентки не регистрировался ответ на терапию. На 14-е сутки после инфузии CAR-T был установлен незначительный прирост количества опухолевых ПК в КМ. Однако на 28-й день терапии определено полное их исчезновение. При этом синдром высвобождения цитокинов у данной пациентки также отмечался позже — на 23–25-е сутки после инфузии CAR-T.

При исследовании МОБ на 14-й день после введения клеточного продукта отмечено достижение полного ответа у 4 (66,7 %) пациентов, а на 28-й день полный ответ достигнут у всех пациентов, который сохраняется у 4 пациентов (рисунок 1).

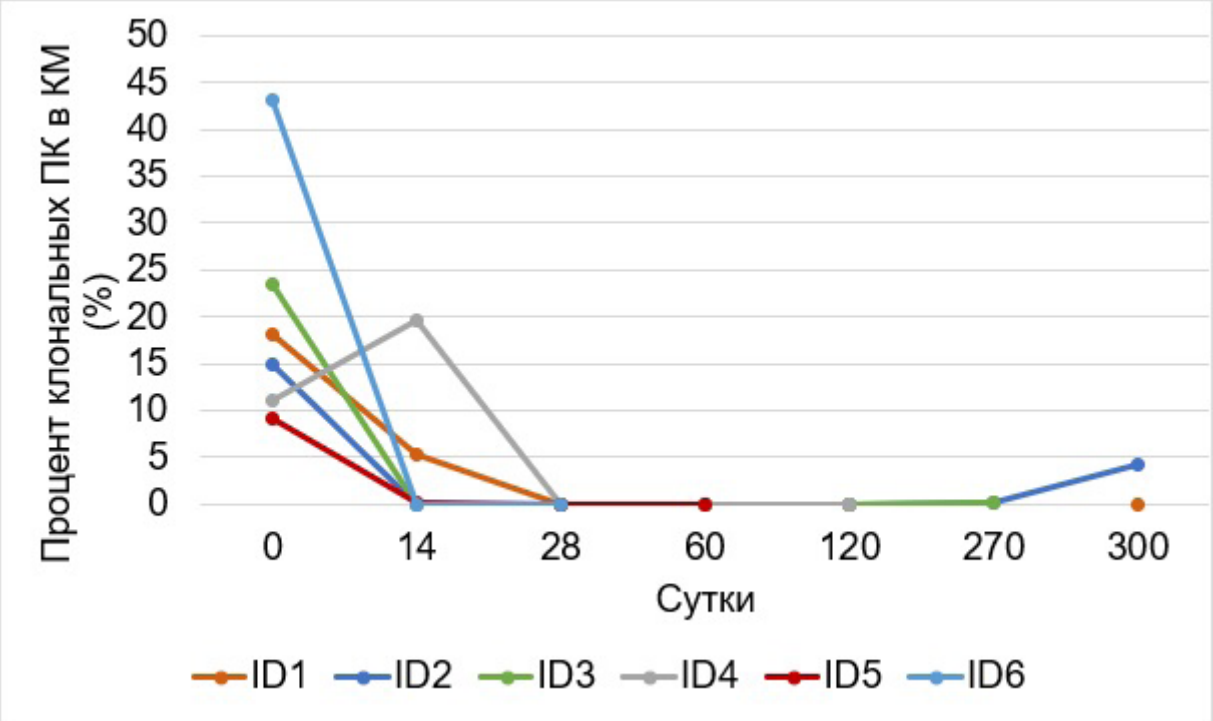


Рисунок 1. Динамика МОБ
Figure 1. Dynamics of the MRD

Эффективность лечения анти-BCMA CAR-T-клетками также была оценена по динамике М-градиента в крови. К 180-му дню у всех пациентов достигнут нулевой уровень М-градиента (рисунок 2).

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):152–159

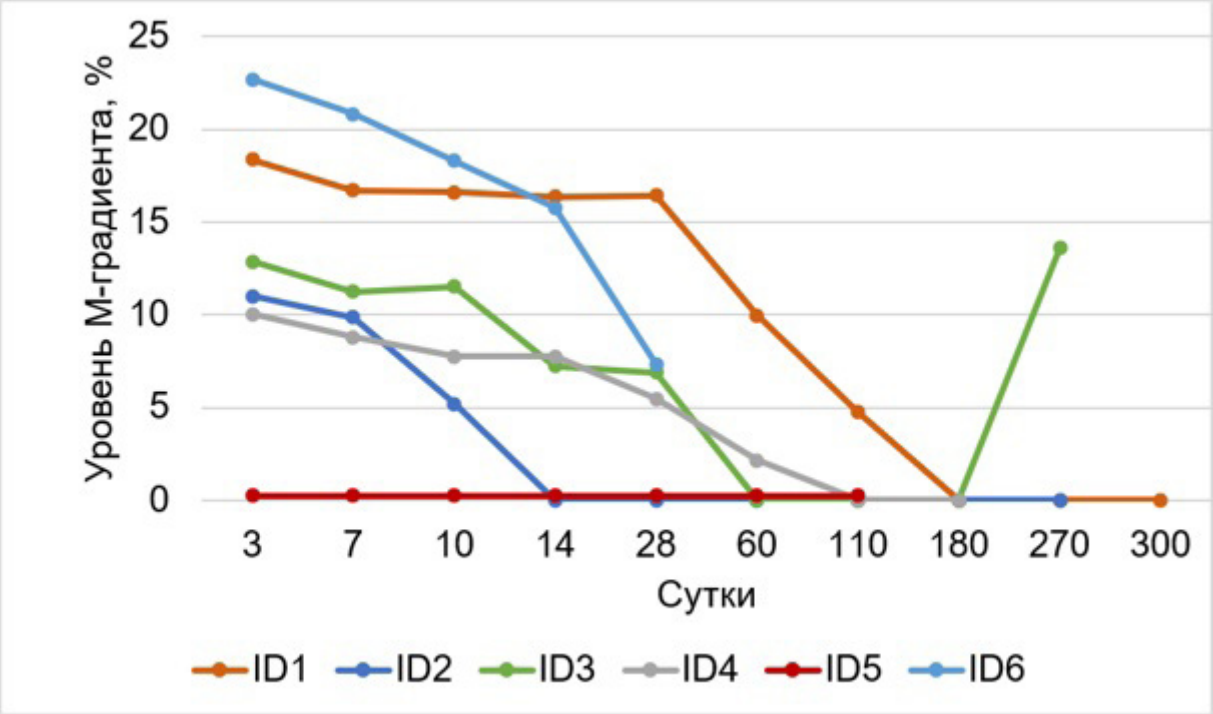


Рисунок 2. Динамика М-градиента за период наблюдения
Figure 2. Dynamics of the M-gradient over the observation period

В настоящее время (медиана наблюдения после введения CAR-T-клеток — 9,5 месяца (от 3 до 13 месяцев)) 4 пациента из 6 (66,7 %) находятся в полной клинико-гематологической ремиссии. У 1 пациента на 270-й день от введения CAR-T-клеток развился внекостномозговой рецидив в виде экстрамедуллярных плазмоцитом с поражением легких, печени, внутригрудных и брюшных лимфоузлов, желудка, новых костных плазмоцитом при сохраняющейся МОБ в объеме 0,165 %. У 2-го пациента после введения CAR-T-клеток и достижения на 28-е сутки ремиссии развился на 300-е сутки костномозговой рецидив заболевания (МОБ — 4,5 %) с появлением новых очагов остеодеструктивного поражения.

Наблюдаемые токсические осложнения, ассоциированные с применением CAR-T-клеток, имели специфический для данного вида терапии профиль. Между 7-ми и 14-ми сутками после инфузии CAR-T у 5 пациентов наблюдался синдром высвобождения цитокинов 1-й степени, характеризовавшийся лихорадкой, длившейся от 3 до 4 суток с однократным подъемом температуры до фебрильных цифр 1 раз в сутки, купировавшейся введением антипиретиков внутривенно (парацетамола и нестероидных противовоспалительных препаратов), у 1 пациентки синдром выброса цитокинов отмечен на 23–25-й день.

Не было зарегистрировано ни одного случая синдрома нейротоксичности, ассоциированного с иммунными эффекторными клетками (ICANS). Никому из пациентов не потребовалась повторная госпитализация в связи с какими-либо отдаленными токсическими или иными нежелательными явлениями. Проведение лечения также не сопровождалось гепатотоксичностью, и только у одного пациента отмечалось превышение печеночного показателя — аланинаминотрансферазы (АЛТ) с 7-го по 14-й день, который, однако, не превышал 120 ЕД и самостоятельно восстановился на 14-й день на фоне инфузионной терапии.

Гематологическая токсичность 3–4-й степени развилась после инфузии CAR-T-клеток на 7–14-й день и включала глубокую нейтропению (0,04–0,1x10^9/л), лейкопению (0,1–1,0x10^9/л) и лимфопению (0,024–0,3x10^9/л) у всех пациентов. Гематологическая токсичность 2–3-й степени тяжести по тромбоцитопении (нижняя граница — 37–56x10^9/л), не требующая заместительной терапии, отмечена у 4 пациентов. У всех пациентов показатели гемограммы нормализовались к 30-му дню наблюдения.

2026;23(3):152–159 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

Заключение

Терапия CAR-T-клетками показала высокую эффективность в лечении пациентов с рефрактерной / рецидивирующей формой ММ с приемлемым профилем безопасности. Применение анти-BCMA CAR-T-клеточной терапии у пациентов с прогрессирующей рефрактерной ММ в ГУ «РНПЦ РМиЭЧ» позволило добиться ремиссии в 100 % случаев, которая сохранялась не менее 3 месяцев у всех пациентов, наблюдавшихся в течение этого срока. Долгосрочный эффект терапии сохранялся у 66,7 % пациентов при медиане наблюдения 9,5 месяца, что подтверждает значительный потенциал данного вида лечения.

Благодаря использованию CAR-T-клеточной терапии появилась возможность достижения долгосрочной ремиссии у пациентов с таким потенциально некурабельным заболеванием, как ММ. Перспективы CAR-T-клеточной терапии также могут быть связаны с применением этой технологии в ранних линиях лечения у пациентов с ММ.

Список литературы / References

1. Elbahoty MH, Bhavyasree P, Rajeev RS. Multiple myeloma: clinical characteristics, current therapies and emerging innovative treatments targeting ribosome biogenesis dynamics. *Clinical & Experimental Metastasis*. 2024;41(6):829-842. DOI: https://doi.org/10.1007/s10585-024-10305-2

2. Mikhael J. Treatment options for triple-class refractory multiple myeloma. *Clinical Lymphoma Myeloma and Leukemia.* 2020;20(1):1-7.

3. Hengli D, Yan Z, Zhang M, et al. APRIL, BCMA and TACI proteins are abnormally expressed in non-small cell lung cancer. *Oncology Letters.* 2016;12(5):3351-3355.

4. Novak AJ, Darce J. Arendt BK, et al. Expression of BCMA, TACI, and BAFF-R in multiple myeloma: a mechanism for growth and survival. *Blood.* 2004;103(2):689-694. DOI:10.1182/blood-2003-06-2043

5. Eckhert E, Hewitt R, Liedtke M. B-cell maturation antigen directed monoclonal antibody therapies for multiple myeloma. *Immunotherapy.* 2019;11(9):801-811.

6. Shah N, Chari A, Scott E, et al. B-cell maturation antigen (BCMA) in multiple myeloma: rationale for targeting and current therapeutic approaches. *Leukemia*. 2020;34(4):985-1005.

7. Zhang X, Ouyang C, Sun G, Liu H, Qi J, Suo X. Anti−BCMA CAR−T cell immunotherapy for relapsed or refractory multiple myeloma. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2023;26(4):471. DOI: https://doi.org/10.3892/etm.2023.12170

8. Anjum R, Asfeen U, Bollu B, et al. Anti-BCMA CAR T-cell therapy in relapsed/refractory multiple myeloma with extramedullary disease: Comparative outcomes and evolving strategies. *Blood*. 2025;146(S1):7608. DOI: https://doi.org/10.1182/blood-2025-7608

9. Rajkumar SV. Multiple myeloma: 2022 update on diagnosis, risk stratification, and management. *American Journal of Hematology*. 2022;97(8):1086-1107. DOI: https://doi.org/10.1002/ajh.26590

10. Kumar S, Paiva B, Anderson KC, et.al. International Myeloma Working Group consensus criteria for response and minimal residual disease assessment in multiple myeloma. *The lancet oncology*. 2016;17(8):e328–e346. DOI: 10.1016/S1470-2045(16)30206-6

Информация об авторах / Information about the authors

Козич Жанна Михайловна, к.м.н., доцент, врач-гематолог, ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3488-6650
e-mail: jannakozi@rambler.ru

Климкович Наталья Николаевна, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой детской онкологии, гематологии и иммунологии, УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7645-3952
e-mail: det.hematology@mail.ru

Пугачева Жанна Никитична, врач лабораторной диагностики клинико-диагностической лаборатории, ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0310-5532
e-mail: j.pugacheva@gmail.com

Мартинков Виктор Николаевич, к.б.н., ведущий научный сотрудник отраслевой лаборатории научно-диагностических исследований, ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7029-5500
e-mail: martinkov@rcrm.by

Мелешко Александр Николаевич, к.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории генетических биотехнологий, ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6964-3635
e-mail: meleshko@tut.by

Zhanna M. Kozich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Hematologist, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3488-6650
e-mail: jannakozi@rambler.ru

Natalia N. Klimkovich, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Pediatric Oncology, Hematology and Immunology, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7645-3952
e-mail: det.hematology@mail.ru

Janna N. Pugacheva, Clinical Laboratory Diagnostics Doctor at the Clinical Diagnostic Laboratory, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0310-5532
e-mail: j.pugacheva@gmail.com

Viktor N. Martinkov, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Applied Research Laboratory of Scientific and Diagnostic Research, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7029-5500
e-mail: martinkov@rcrm.by

Alexander N. Meleshko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Genetic Biotechnologies, Belarusian Research Center for Pediatric Oncology, Hematology and Immunology, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6964-3635
e-mail: meleshko@tut.by

Луцкович Дмитрий Викторович, научный сотрудник лаборатории генетических биотехнологий, ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3998-8023
e-mail: Lutskovichdm@gmail.com

Dmitry V. Lutskovich, Researcher at the Laboratory of Genetic Biotechnologies, Belarusian Research Center for Pediatric Oncology, Hematology and Immunology, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3998-8023
e-mail: Lutskovichdm@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Козич Жанна Михайловна
e-mail: jannakozi@rambler.ru

Zhanna M. Kozich
e-mail: jannakozi@rambler.ru

Поступила в редакцию / Received 26.07.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 06.08.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026

2026;23(3):160–165 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

УДК: 617.741-004.1
https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-18

Check for updates CC BY

Рефракционные результаты после факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ у пациентов с различной аксиальной длиной глаза

С. М. Гридюшко[1], В. Л. Красильникова[2], О. Н. Дудич[2], А. М. Прудник[3]

[1]Гомельская областная специализированная клиническая больница, г. Гомель, Беларусь

[2]Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Беларусь

[3]Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Оценить частоту достижения эмметропической послеоперационной рефракции после факоэмульсификации катаракты с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) у пациентов с различным исходным рефракционным профилем и сопоставить рефракционный результат с переднезадней осью глаза (ПЗО).

Материалы и методы. В ретроспективное сравнительное исследование включено 129 глаз 129 пациентов в возрасте 65,4±9,8 года. По исходному сферическому эквиваленту (СЭ) выделены группы гиперметропии (n = 21), эмметропии (n = 85) и миопии (n = 23). Послеоперационную рефракцию оценивали не ранее чем через один месяц. Основным показателем было абсолютное отклонение послеоперационного СЭ от эмметропии. Строгую эмметропию определяли как СЭ от –0,25 до +0,25 D, дополнительно анализировали долю глаз в пределах ±0,50 D и ±1,00 D. Индивидуальная целевая рефракция не была документирована для всей выборки, поэтому ошибку прогноза не рассчитывали.

Результаты. Средняя ПЗО составила 22,4±1,1 мм в группе исходной гиперметропии, 23,8±1,3 мм — в группе эмметропии и 26,9±2,4 мм — в группе миопии ($p < 0,001$). Строгая эмметропия достигнута в 59 из 129 глаз (45,7 %): в 42,9, 48,2 и 39,1 % случаев соответственно ($p = 0,709$). Послеоперационный СЭ находился в пределах ±0,50 D в 71,3 % глаз в общей выборке, в том числе у 66,7 % пациентов с исходной гиперметропией, 72,9 % — с эмметропией и 69,6 % — с миопией ($p = 0,833$). Отклонение более 1,00 D отмечено у 10,9 % пациентов. Наибольшая его частота была в группе с наименьшей ПЗО: 14,3 % при исходной гиперметропии против 9,4 % при эмметропии и 13,0 % при миопии ($p = 0,759$). Таким образом, при промежуточной ПЗО наблюдалась наибольшая доля результатов, близких к эмметропии, тогда как при крайних значениях ПЗО доля выраженных отклонений была выше, однако межгрупповые различия не достигли статистической значимости.

Заключение. После факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ строгая эмметропия достигнута в 45,7 % глаз, а СЭ в пределах ±0,50 D от эмметропии — в 71,3 %. ПЗО достоверно различалась между исходными рефракционными группами. Наиболее высокая доля отклонений более 1,00 D наблюдалась в группе с короткой ПЗО, а наиболее высокая частота результата в пределах ±0,50 D — в группе с эмметропической ПЗО. Полученные данные обосновывают учет ПЗО при анализе послеоперационного рефракционного результата, но не позволяют считать ПЗО независимым предиктором отклонения без индивидуального многофакторного анализа.

Ключевые слова: *катаракта, интраокулярная линза, эмметропия, сферический эквивалент, переднезадняя ось глаза, биометрия, рефракционный результат*

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции исследования, анализ и интерпретацию данных, подготовку и редактирование рукописи; окончательная версия статьи одобрена всеми авторами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Гридюшко СМ, Красильникова ВЛ, Дудич ОН, Прудник АМ. Рефракционные результаты после факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ у пациентов с различной аксиальной длинной глаза. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):160–165. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-18*

© С. М. Гридюшко, В. Л. Красильникова, О. Н. Дудич, А. М. Прудник, 2026

Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues 2026;23(3):160–165

Refractive outcomes after cataract phacoemulsification with intraocular lens implantation in patients with different axial eye lengths

Sergey M. Gridjushko[1], Viktoria L. Krasilnikova[2], Oksana N. Dudich[2], Aleksander M. Prudnik[3]

[1]*Gomel Regional Specialized Clinical Hospital, Gomel, Belarus*

[2]*Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus*

[3]*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus*

Abstract

Objective. To assess the frequency of achieved postoperative emmetropic refraction after cataract phacoemulsification with intraocular lens (IOL) implantation in patients with different preoperative refractive profiles, and to compare refractive outcomes with axial length (AL).

Materials and methods. This retrospective comparative study included 129 eyes of 129 patients aged 65.4±9.8 years old. According to the spherical equivalent (SE), the groups were classified as hyperopic (n=21), emmetropic (n=85), or myopic (n=23). Postoperative refraction was assessed no sooner than 1 month after surgery. The primary index was the absolute distance of postoperative SE from emmetropia. Strict emmetropia was defined as SE between -0.25 and +0.25 D, additionally proportions within ±0.50 D and ±1.00 D were analyzed. Individual target refraction was not documented for the entire cohort, therefore, refractive prediction error was not calculated.

Results. Mean AL was 22.4±1.1 mm in the hyperopic group, 23.8±1.3 mm in the emmetropic group, and 26.9±2.4 mm in the myopic group (p<0.001). Strict emmetropia was achieved in 59 eyes from 129 (45.7%): in 42.9%, 48.2%, and 39.1% of cases respectively (p=0.709). Postoperative SE was within ±0.50 D in 71.3% of eyes overall, including 66.7% in patients with intact hyperopia, 72.9% with emmetropia, and 69.6% with myopia (p=0.833). A deviation greater than 1.00 D occurred in 10.9% of patients. Its highest frequency was in the group with the shortest AL: 14.3% versus 9.4% in the intermediate-AL group and 13.0% in the longest-AL group (p=0.759).

Thus, with intermediate AL, the highest proportion of results close to emmetropia was observed, whereas with extreme AL values, the proportion of pronounced deviations was higher, but the intergroup differences did not reach statistical significance.

Conclusion. Strict postoperative emmetropia was achieved in 45.7% of eyes, while 71.3% were within ±0.50 D of emmetropia. AL differed significantly between preoperative refractive groups. The highest proportion of deviations greater than 1.00 D was observed in the group with a short AL, and the highest frequency of results within ±0.50 D was observed in the group with an emmetropic axial length. The obtained data justify taking into account AL when analyzing the postoperative refractive result, but do not allow considering AL as an independent predictor of deviation without individual multivariate analysis.

Keywords: *cataract, intraocular lens, emmetropia, spherical equivalent, axial length, biometry, refractive outcome*

Author contributions. All authors made a significant contribution to the study concept, data analysis and interpretation, manuscript preparation and editing; all authors approved the final version of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Gridjushko SM, Krasilnikova VL, Dudich ON, Prudnik AM. Refractive outcomes after cataract phacoemulsification with intraocular lens implantation in patients with different axial eye lengths. Health and Ecology Issues. 2026;23(3):160–165. DOI: https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-18*

Введение

После факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ рефракционный результат оценивают по достигнутой послеоперационной рефракции и, при наличии документированной расчетной цели, по отклонению от запланированного сферического эквивалента. Эти два показателя не являются взаимозаменяемыми. Ошибка прогнозирования характеризует точность расчета ИОЛ относительно индивидуальной цели, тогда как расстояние послеоперационного СЭ от нуля показывает, насколько фактическая рефракция близка к эмметропии.

В рекомендациях European Society of Cataract and Refractive Surgeons эмметропия определяется как рефракция от –0,25 до +0,25 D [1]. В клинических исследованиях также часто используют более широкие интервалы — ±0,50 D и ±1,00 D, однако в большинстве таких работ указано, что они относятся именно к ошибке прогнозирования, т. е. к отклонению от заранее заданной цели [2–4, 11–13]. Если индивидуальная целевая

2026;23(3):160–165 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

рефракция отсутствует в части архивных данных, корректнее анализировать достигнутый послеоперационный СЭ относительно эмметропии и не называть этот показатель ошибкой расчета.

Одним из основных биометрических параметров, используемых при расчете оптической силы ИОЛ, является ПЗО. Современные формулы обеспечивают высокую точность в широком диапазоне ПЗО, однако короткие и длинные глаза считаются отдельными биометрическими подгруппами, в которых выбор формулы, способ измерения ПЗО и учет сегментарной биометрии могут менять рефракционный результат [2, 5–15]. Поэтому сопоставление фактически достигнутой эмметропии с ПЗО представляет самостоятельный клинический интерес даже в ретроспективной выборке, где расчетная цель доступна не для всех пациентов.

Цель исследования

Оценить частоту достижения эмметропической послеоперационной рефракции после факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ у пациентов с различным исходным рефракционным профилем и сопоставить рефракционный результат с ПЗО.

Материалы и методы

Проведено ретроспективное нерандомизированное сравнительное исследование. Проанализированы данные 129 глаз 129 пациентов, которым выполнена факоэмульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ в капсульный мешок. Средний возраст составил 65,4±9,8 года, диапазон — от 36 до 87 лет. В исследование включено 108 женщин и 21 мужчина.

Критериями включения были возраст старше 18 лет, выполненная факоэмульсификация с имплантацией ИОЛ, наличие предоперационной рефрактометрии и оптической биометрии, а также послеоперационной рефрактометрии не ранее чем через один месяц. Исключали глаза с тяжелой сопутствующей офтальмопатологией, способной существенно ограничивать функциональный результат, с предшествующими рефракционными или внутриглазными операциями и с неполными послеоперационными данными.

По исходному СЭ пациенты распределены на три группы:

— гиперметропия при СЭ больше +0,50 D, n = 21;

— эмметропический исходный профиль при СЭ от –0,50 до +0,50 D, n = 85;

— миопия при СЭ меньше –0,50 D, n = 23.

Исходный рефракционный профиль использовали для клинической стратификации, а ПЗО рассматривали как основной объективный биометрический параметр.

До операции выполняли визометрию, авторефрактометрию, кератометрию и оптическую биометрию с определением ПЗО, глубины передней камеры и толщины хрусталика. Расчет оптической силы ИОЛ выполняли по формулам Barrett Universal II, Haigis или SRK/T в зависимости от доступных биометрических данных и принятого в клинике протокола.

Послеоперационную рефракцию оценивали по сферическому эквиваленту, рассчитанному как сумма сферического компонента и половины цилиндрического компонента. Для каждого глаза определяли абсолютное расстояние от эмметропии: послеоперационный СЭ. Строгой эмметропией считали СЭ от –0,25 до +0,25 D. Дополнительно оценивали долю глаз с послеоперационными СЭ: меньше 0,50 D, меньше 1,00 D и больше 1,00 D.

Индивидуальная целевая рефракция не была надежно документирована во всех историях болезни. По этой причине в исследовании не рассчитывали ошибки прогнозирования и не оценивали точность конкретной формулы расчета ИОЛ. Все показатели относятся к фактически достигнутой послеоперационной рефракции относительно эмметропии.

Количественные данные представлены как M±SD. Для сравнения количественных параметров между тремя группами применяли однофакторный дисперсионный анализ или критерий Краскела - Уоллиса в зависимости от распределения. Категориальные показатели сравнивали с использованием критерия χ^2; при малых ожидаемых частотах учитывали ограничения данного теста. Для частоты достижения строгой эмметропии, диапазона ±0,50 D и ±1,00 D дополнительно рассчитаны межгрупповые значения p по таблицам сопряженности 3×2. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Основные клинико-биометрические характеристики групп представлены в таблице 1. Наиболее выраженные межгрупповые различия отмечены по ПЗО. В группе исходной гиперметропии средняя ПЗО составляла 22,4±1,1 мм, в группе эмметропии — 23,8±1,3 мм, в группе миопии — 26,9±2,4 мм ($p < 0,001$). Таким образом, исходный рефракционный профиль в данной выборке был тесно связан прежде всего с аксиальной длиной глаза.

В общей выборке строгая эмметропия, т. е. послеоперационный СЭ в пределах ±0,25 D, достигнута в 59 из 129 глаз (45,7 %). У 92 глаз (71,3 %) СЭ находился в пределах ±0,50 D, у 115 глаз (89,1 %) — в пределах ±1,00 D. Выраженное отклонение от эмметропии более 1,00 D зарегистрировано в 14 глазах (10,9 %).

Распределение по взаимно исключающим интервалам показано в таблице 2. Статистически значимых различий между тремя исходными рефракционными группами по структуре послеоперационного отклонения от эмметропии не выявлено ($\chi^2 = 1,15$; $p = 0,979$).

Таблица 1. Клинико-биометрическая характеристика групп
Table 1. Clinical and biometric characteristics of the groups

Параметр	Гиперметропия (n = 21)	Эмметропия (n = 85)	Миопия (n = 23)	p
Возраст, лет	68,2±10,1	64,8±9,6	66,3±10,2	> 0,05
ПЗО, мм	22,4±1,1	23,8±1,3	26,9±2,4	< 0,001
Глубина передней камеры, мм	2,9±0,5	3,2±0,6	3,5±0,6	< 0,05
Толщина хрусталика, мм	4,8±0,5	4,5±0,6	4,2±0,6	< 0,05
K1, D	43,8±1,9	43,5±1,8	42,9±2,1	> 0,05
K2, D	44,5±2,0	44,2±1,9	43,6±2,2	> 0,05

Примечание. ПЗО — переднезадняя ось глаза; K1 и K2 — плоский и крутой меридианы кератометрии.
Note: AL - axial length; K1 and K2 are the flat and steep keratometry meridians.

Таблица 2. Распределение послеоперационного сферического эквивалента по расстоянию от эмметропии
Table 2. Distribution of postoperative spherical equivalent according to distance from emmetropia

Абсолютное отклонение |СЭ|	Гиперметропия (n = 21)	Эмметропия (n = 85)	Миопия (n = 23)	Всего (n = 129)
≤ 0,25 D	9 (42,9 %)	41 (48,2 %)	9 (39,1 %)	59 (45,7 %)
0,26–0,50 D	5 (23,8 %)	21 (24,7 %)	7 (30,4 %)	33 (25,6 %)
0,51–1,00 D	4 (19,0 %)	15 (17,6 %)	4 (17,4 %)	23 (17,8 %)
> 1,00 D	3 (14,3 %)	8 (9,4 %)	3 (13,0 %)	14 (10,9 %)

При анализе клинически используемых кумулятивных границ строгая эмметропия чаще отмечалась в группе исходной эмметропии (48,2 %), чем в группах гиперметропии (42,9 %) и миопии (39,1 %), однако различия были статистически незначимы ($p = 0,709$). В пределах ±0,50 D также чаще находились глаза с исходным эмметропическим профилем: 72,9 % против 66,7 % в группе гиперметропии и 69,6 % в группе миопии ($p = 0,833$). В пределах ±1,00 D соответствующие значения составили 90,6, 85,7 и 87,0 % соответственно ($p = 0,759$).

Таблица 3. Частота достижения эмметропической зоны в зависимости от исходного рефракционного профиля
Table 3. Frequency of achieving the emmetropic zone depending on the preoperative refractive profile

Показатель	Гиперметропия ПЗО 22,4±1,1 мм	Эмметропия ПЗО 23,8±1,3 мм	Миопия ПЗО 26,9±2,4 мм	p
Строгая эмметропия, |СЭ| ≤ 0,25 D	9 (42,9 %)	41 (48,2 %)	9 (39,1 %)	0,709
|СЭ| ≤ 0,50 D	14 (66,7 %)	62 (72,9 %)	16 (69,6 %)	0,833
|СЭ| ≤ 1,00 D	18 (85,7 %)	77 (90,6 %)	20 (87,0 %)	0,759
|СЭ| > 1,00 D	3 (14,3 %)	8 (9,4 %)	3 (13,0 %)	0,759

Наибольшая доля выраженных отклонений более 1,00 D наблюдалась в группе исходной гиперметропии, характеризовавшейся минимальной ПЗО 22,4±1,1 мм. В группе миопии с максимальной ПЗО 26,9±2,4 мм эта доля также была выше, чем в группе с промежуточной ПЗО — 23,8±1,3 мм. Таким образом, описательно распределение имело U-образный характер: лучшие показатели близости к эмметропии наблюдались при промежуточной ПЗО, а при более коротких и более длинных глазах доля отклонений увеличивалась. В данной выборке эта тенденция не была статистически подтверждена.

Обсуждение

Основной результат исследования состоит в том, что послеоперационный СЭ оказался в строгой зоне эмметропии ±0,25 D у 45,7 % глаз,

2026;23(3):160–165 Проблемы здоровья и экологии / Health and Ecology Issues

в пределах ±0,50 D — у 71,3 % и в пределах ±1,00 D — у 89,1 %. Эти показатели характеризуют фактически достигнутую рефракцию относительно нуля. Они не являются показателями точности расчета ИОЛ, поскольку для расчета ошибки прогнозирования требуется индивидуальная предоперационная рефракционная цель. ПЗО достоверно различалась между исходными рефракционными группами: от 22,4±1,1 мм при гиперметропии до 26,9±2,4 мм при миопии. Это различие значительно более выражено, чем различия по кератометрии. Поэтому при интерпретации послеоперационного СЭ исходный рефракционный профиль в данной выборке целесообразно рассматривать прежде всего вместе с аксиальной длиной глаза, а не как самостоятельную характеристику.

В группе с промежуточной ПЗО 23,8±1,3 мм доля глаз в пределах ±0,50 D от эмметропии была наибольшей и составила 72,9 %. В группе с минимальной ПЗО она составляла 66,7 %, в группе с максимальной ПЗО — 69,6 %. Аналогичная картина наблюдалась для выраженного отклонения более 1,00 D: 9,4 % при промежуточной ПЗО против 14,3 % при короткой и 13,0 % при длинной ПЗО. Формально межгрупповые различия не достигли статистической значимости. Поэтому корректно говорить о наблюдаемой тенденции, а не о доказанном независимом влиянии ПЗО.

Такое направление результатов согласуется с данными исследований, в которых точность расчета ИОЛ анализировали отдельно в коротких, средних и длинных глазах. В крупных сериях показано, что характеристики ошибки расчета зависят от ПЗО и используемой формулы [2–4, 11, 12]. Современные формулы и сегментарная биометрия уменьшают различия между биометрическими подгруппами, но не устраняют необходимость отдельной оценки коротких и длинных глаз [5–10, 13–15]. В исследовании Hata и Kobayashi сегментарная ПЗО улучшала рефракционную точность прежде всего в коротких глазах [9]. В проспективной работе Hung и соавт. (2026) при использовании swept-source OCT биометрии и Barrett Universal II точность в длинных глазах была сопоставима с точностью в глазах с нормальной ПЗО, что показывает зависимость результата не только от анатомии, но и от технологии измерения и расчета [10].

Сравнение полученных данных (71,3 % глаз в пределах ±0,50 D) с литературными показателями частоты ошибки прогноза в пределах ±0,50 D некорректно проводить напрямую. В публикациях Melles и соавт., Darcy и соавт. и других авторов граница ±0,50 D относится к отклонению фактической рефракции от расчетной цели [2, 3]. В настоящем исследовании она относится к отклонению фактической рефракции от эмметропии. Это различие принципиально: пациент с запланированной небольшой миопией может иметь корректный расчет ИОЛ и одновременно находиться вне выбранной зоны эмметропии.

Дополнительным аргументом в пользу анализа ПЗО является то, что исходный сферический эквивалент у пациента с катарактой может изменяться вследствие индуцированного хрусталиком миопического или гиперметропического сдвига и поэтому не всегда точно характеризует анатомический тип глаза. ПЗО в большей степени отражает его аксиальные особенности и лучше подходит для анатомической стратификации пациентов. Вместе с тем ПЗО не характеризует топографию заднего полюса, в том числе положение фовеа и дистанцию «диск зрительного нерва — макула». Поэтому дальнейший анализ вероятности достижения эмметропии целесообразно проводить с учетом индивидуального значения ПЗО и дополнять ОКТ-параметрами макулярной зоны и геометрии заднего полюса.

Заключение

1. Строгая послеоперационная эмметропия в пределах ±0,25 D достигнута в 45,7 % глаз. СЭ в пределах ±0,50 D от эмметропии получен в 71,3 % случаев, в пределах ±1,00 D — в 89,1 %.

2. ПЗО достоверно различалась между исходными рефракционными группами: 22,4±1,1 мм при гиперметропии, 23,8±1,3 мм при эмметропии и 26,9±2,4 мм при миопии ($p < 0,001$).

3. Наибольшая частота выраженного отклонения от эмметропии более 1,00 D отмечена в группе с наименьшей ПЗО (14,3 %). В группе с максимальной ПЗО она составляла 13,0 %, в группе с промежуточной ПЗО — 9,4 %. Различия не достигли статистической значимости.

4. ПЗО следует учитывать при стратификации послеоперационных рефракционных результатов. Представленные данные показывают тенденцию к большей частоте отклонений при крайних значениях ПЗО, но для доказательства независимого прогностического значения ПЗО необходим индивидуальный многофакторный анализ.

5. Отсутствие статистически значимых различий по частоте достижения эмметропии при выраженных межгрупповых различиях ПЗО указывает, что аксиальная длина не исчерпывает анатомические факторы рефракционного результата. В последующих моделях ПЗО целесообразно оценивать совместно с параметрами переднего сегмента и ОКТ-характеристиками заднего полюса, прежде всего положением фовеа, дистанцией «диск зрительного нерва — макула» и морфометрией макулярной зоны.

Список литературы / References

1. European Society of Cataract and Refractive Surgeons. ESCRS Recommendations for Cataract Surgery. European Society of Cataract and Refractive Surgeons; [date of access: 2026 Jul 27]. Available from: https://www.escrs.org/escrs-recommendations-for-cataract-surgery

2. Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of Intraocular Lens Calculation Formulas. *Ophthalmology*. 2018;125(2):169-178. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.08.027

3. Darcy K, Gunn D, Tavassoli S, Sparrow J, Kane JX. Assessment of the accuracy of new and updated intraocular lens power calculation formulas in 10 930 eyes from the UK National Health Service. *J Cataract Refract Surg*. 2020;46(1):2-7. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2019.08.014

4. Connell BJ, Kane JX. Comparison of the Kane formula with existing formulas for intraocular lens power selection. *BMJ Open Ophthalmol*. 2019;4(1):e000251. DOI: https://doi.org/10.1136/bmjophth-2018-000251

5. Wang Q, Jiang W, Lin T, Zhu Y, Chen C, Lin H, Chen W. Accuracy of intraocular lens power calculation formulas in long eyes: a systematic review and meta-analysis. *Clin Exp Ophthalmol.* 2018;46(7):738-749. DOI: https://doi.org/10.1111/ceo.13184

6. Shammas HJ, Taroni L, Pellegrini M, Shammas MC, Jivrajka RV. Accuracy of newer intraocular lens power formulas in short and long eyes using sum-of-segments biometry. *J Cataract Refract Surg*. 2022;48(10):1113-1120. DOI: https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000958

7. Li X, Wang X, Liao X. How to choose the intraocular lens power calculation formulas in eyes with extremely long axial length? A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2024;19(1):e0296771. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296771

8. Gao R, Zhang J, Han X, et al. Intraocular lens calculation formula selection for short eyes: based on axial length and anterior chamber depth. *BMC Ophthalmol.* 2025;25(1):21. DOI: https://doi.org/10.1186/s12886-024-03793-z

9. Hata S, Kobayashi M. Refractive accuracy of the new Barrett formula using segmented axial length compared with that of the traditional Barrett Universal II formula. *J Cataract Refract Surg.* 2025;51(4):294-299. DOI: https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001609

10. Hung KC, Ho TC, Lin PJ. Refractive outcomes after cataract surgery using swept-source OCT biometry and image-guided toric IOL alignment: a prospective comparative study in normal versus long axial length eyes. *Sci Rep.* 2026;16(1):11566. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-026-41920-6

11. Kane JX, Van Heerden A, Atik A, Petsoglou C. Intraocular lens power formula accuracy: comparison of 7 formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42(10):1490-1500. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.07.021

12. Cooke DL, Cooke TL. Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42(8):1157-1164. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.06.029

13. Gökce SE, Zeiter JH, Weikert MP, Koch DD, Hill W, Wang L. Intraocular lens power calculations in short eyes using 7 formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2017;43(7):892-897. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.07.004

14. Shrivastava AK, Nayak S, Mahobia A, Anto M, Pandey P. Accuracy of intraocular lens power calculation formulae in short eyes: a systematic review and meta-analysis. *Indian J Ophthalmol*. 2022;70(3):740-748. DOI: https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_934_21

15. Moshirfar M, Durnford KM, Jensen JL, Beesley DP, Peterson TS, Darquea IM, Ronquillo YC, Hoopes PC. Accuracy of six intraocular lens power calculations in eyes with axial lengths greater than 28.0 mm. *J Clin Med.* 2022;11(19):5947. DOI: https://doi.org/10.3390/jcm11195947

Информация об авторах / Information about the authors

Гридюшко Сергей Михайлович, врач-офтальмолог отделения микрохирургии глаза № 2, У «Гомельская областная специализированная клиническая больница», Гомель, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-9013-6616
e-mail: Grd.sergey8@gmail.com

Красильникова Виктория Леонидовна, д.м.н., профессор, профессор, кафедры офтальмологии, Институт повышения квалификации и переподготовки кадров в здравоохранении УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5852-2616
e-mail: krasilnikova_vik@mail.ru

Дудич Оксана Николаевна, д.м.н., профессор, профессор кафедры офтальмологии, Институт повышения квалификации и переподготовки кадров в здравоохранении УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-6554-3230
e-mail: oksana_s20@mail.ru

Прудник Александр Михайлович, к.техн.н., доцент, доцент кафедры инженерной психологии и эргономики, УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, Беларусь
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6180-1819
e-mail: aleksander.prudnik@bsuir.by

Sergey M. Gridjushko, Ophthalmologist at the Eye Microsurgery Department No. 2, Gomel Regional Specialized Clinical Hospital, Gomel, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-9013-6616
e-mail: Grd.sergey8@gmail.com

Viktoria L. Krasilnikova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor at the Department of Ophthalmology, Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5852-2616
e-mail: krasilnikova_vik@mail.ru

Oksana N. Dudich, Candidate of Medical Sciences, Professor, Professor at the Department of Ophthalmology, Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-6554-3230
e-mail: oksana_s20@mail.ru

Aleksander M. Prudnik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Engineering Psychology and Ergonomics, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6180-1819
e-mail: aleksander.prudnik@bsuir.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Гридюшко Сергей Михайлович
e-mail: Grd.sergey8@gmail.com

Sergey M. Gridjushko
e-mail: Grd.sergey8@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 30.07.2026
Поступила после рецензирования / Accepted 11.08.2026
Принята к публикации / Revised 04.09.2026



Памяти академика
АНАТОЛИЯ НИКОЛАЕВИЧА МИХАЙЛОВА
(03.11.1936 – 14.08.2026)

14 августа 2026 г. на 90-м году жизни скончался выдающийся ученый, основатель белорусской школы лучевой диагностики, академик Национальной академии наук Беларуси Анатолий Николаевич Михайлов.

Анатолий Николаевич родился 3 ноября 1936 г. в деревне Индыково Витебского района в крестьянской семье. Трудное детство, опаленное войной и оккупацией, не сломило его, а напротив — закалило характер и породило в нем ту невероятную жажду знаний и стремление к созиданию, которые определили всю его жизнь.

В 1955 г. он с золотой медалью окончил среднюю школу, а в 1961 г. — лечебный факультет Витебского государственного медицинского института. Анатолий Николаевич начал свой трудовой путь в медицине рядовым рентгенологом в Гомеле. Вся его последующая жизнь была неразрывно связана с Белорусской медицинской академией последипломного образования: с 1977 г. и на протяжении почти полувека он бессменно возглавлял кафедру лучевой диагностики, формируя стандарты современной медицинской визуализации.

Научное наследие академика Михайлова огромно. Им опубликовано более 850 научных работ, включая 43 монографии, получено 50 патентов на изобретения.

Его исследования охватывали широкий спектр проблем кардиологии, пульмонологии, гастроэнтерологии, остеологии, ангиологии и урологии. В 1992 г. за цикл работ по сердечно-сосудистой системе Анатолий Николаевич был удостоен Государственной премии Республики Беларусь.

Главным достижением Анатолия Николаевича стала созданная им научная школа. Под его руководством выросли десятки кандидатов и докторов наук, которые сегодня продолжают его дело в учреждениях здравоохранения страны.

Международное признание пришло к ученому еще в конце 1990-х гг.: он был удостоен Золотой медали Международного биографического центра в Кембридже и вошел в число выдающихся мировых лидеров науки по версии Американского биографического института.

Заслуги академика были высоко оценены государством: он был кавалером медали Франциска Скорины, обладателем почетного звания «Заслуженный деятель науки».

Анатолий Николаевич был тесно связан с Гомельским государственным медицинским университетом. Его связь с нашим вузом носила характер плодотворного научного и общественного сотрудничества, основанного на огромном авторитете ученого в области лу-

чевой диагностики. Анатолий Николаевич регулярно выступал в качестве ключевого спикера на научно-практических конференциях, проводимых в ГомГМУ. Профессор Михайлов входил в состав редакционного совета научного журнала «Проблемы здоровья и экологии», который издается Гомельским государственным медицинским университетом. В сентябре 2025 г. Анатолий Николаевич был удостоен звания «Почетный доктор» ГомГМУ. В мае 2026 г. его участие в конференции было отмечено вручением почетной грамоты университета за вклад в развитие образования и науки.

Светлая память об Анатолии Николаевиче Михайлове — выдающемся ученом, педагоге и человеке — навсегда сохранится в сердцах его учеников, коллег и всех, кто его знал. Анатолий Николаевич ушел из жизни, но его научное наследие и созданная им школа продолжают жить.

Редакция журнала «Проблемы здоровья и экологии» выражает глубокие соболезнования родным, близким и коллегам Анатолия Николаевича.

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3
ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

https://journal.gsmu.by
DOI: 10.51523/2708-6011.2026-23-3