

Здравоохранение и фармацевтическая деятельность

Обзорная статья

УДК [330.15:338.43]:61

doi:10.32687/1561-5936-2024-28-4-359-366

Биоэкономические тренды в современной медицине (обзор литературы)

Евгений Леонидович Борщук¹, Екатерина Владимировна Булычева^{2✉},
Дмитрий Николаевич Бегун³, Александр Борисович Зудин⁴

¹⁻³Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Россия;

⁴Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н. А. Семашко,
г. Москва, Российская Федерация

¹be@orgma.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3617-5908>

²bulucheva_yekaterina@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8215-8674>

³doctorbegun@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6821-9688>

⁴zudin@nptemp.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6966-5559>

Аннотация. Биоэкономика является не только современной динамично развивающейся наукой, но и основным трендом трансформации экономического пространства любой страны. Одним из приоритетных её направлений признана «красная» биотехнология, отражающая необходимость интеграции научных достижений в области биомедицины, персонализированной медицины, биофармацевтики, синтетической биологии, цифровых технологий в сферу здравоохранения. Проведённый анализ 58 отечественных и зарубежных научных публикаций показал наличие большого количества инновационных разработок, безопасное внедрение которых в практику требует совершенствования вопросов правового регулирования их использования, разработки механизмов интеграции не только в конкретную отрасль экономики, но и создания логистической архитектуры использования ресурсов «без остатка» в едином биоэкономическом пространстве. Всё это создаёт предпосылки для развития интегрированных, междисциплинарных исследований, направленных на разработку организационных и управленческих решений для реализации основных принципов эффективной биоэкономики. В области медицины в этом плане «первой скрипкой» становится наука «общественное здоровье и здравоохранение», методологический инструментарий которой позволит решить задачи, поставленные вызовами перед современным здравоохранением в аспекте интегрирования и трансформации в биоэкономическое развитие государства.

Ключевые слова: биоэкономика; биомедицина; биотехнологии; персонализированная медицина; цифровые технологии; биобезопасность; обзор литературы

Для цитирования: Борщук Е. Л., Булычева Е. В., Бегун Д. Н., Зудин А. Б. Биоэкономические тренды в современной медицине (обзор литературы) // Ремедиум. 2024. Т. 28, № 4. С. 359—366. doi:10.32687/1561-5936-2024-28-4-359-366

Healthcare and pharmaceutical activities

Review article

Bioeconomical trends in modern medicine (literature review)

Evgeny L. Borshchuk¹, Ekaterina V. Bulycheva^{2✉}, Dmitry N. Begun³, Alexander B. Zudin⁴

¹⁻³Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia;

⁴N. A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russian Federation

¹be@orgma.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3617-5908>

²bulucheva_yekaterina@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8215-8674>

³doctorbegun@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6821-9688>

⁴zudin@nptemp.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6966-5559>

Annotation. Bioeconomics is not only a modern dynamically developing science, but also the main trend in the transformation of the economic space of any country. One of its priority areas is «red» biotechnology, reflecting the need to integrate scientific achievements in the field of biomedicine, personalized medicine, biopharmaceuticals, synthetic biology, and digital technologies into the healthcare sector. The analysis 58 of domestic and foreign scientific publications has shown the presence of a large number of innovative developments, the safe implementation of which in practice requires improving the issues of legal regulation of their use, developing mechanisms for integration not only into a specific branch of the economy, but also creating a logistical architecture for the use of resources «without remainder» in a single bioeconomic space. All this creates prerequisites for the development of integrated, interdisciplinary re-

search aimed at developing organizational and managerial solutions aimed at implementing the basic principles of effective bioeconomics. In the field of medicine, in this regard, the science of public health and healthcare becomes the «leading violin», the methodological tools of which will allow solving the tasks posed by the challenges of modern healthcare in terms of integration and transformation into the bioeconomic course of state development.

Key words: *bioeconomics; biomedicine; biotechnology; personalized medicine; digital technologies; biosafety; literature review*

For citation: Borshchuk E. L., Bulychева E. V., Begun D. N., Zudin A. B. Economic trends in modern medicine (literature review). *Remedium*. 2024;28(4):359–366. (In Russ.). doi:10.32687/1561-5936-2024-28-4-359-366

Введение

Биоэкономика является не только современной динамично развивающейся наукой, но и основным трендом трансформации экономического пространства любой страны. Одним из приоритетных её направлений признана «красная» биотехнология, отражающая необходимость интеграции научных достижений в области биомедицины, персонализированной медицины, биофармацевтики, синтетической биологии, цифровых технологий в сферу здравоохранения. В настоящее время имеется достаточное количество научных достижений, требующих гармоничного встраивания в существующую систему здравоохранения. Однако для успешного развития биоэкономики в целом необходимо решение комплекса проблем организационного и управленческого характера. Преимущества биоэкономики в аспекте замкнутости, интегрированности, цикличности, связывающих в единое целое все секторы экономики, в настоящее время являются в то же время вызовами для каждой сферы. Изолированная трансформация каждого сектора экономики недостаточна для построения общего биоэкономического пространства страны [1]. В связи с этим становится актуальным понимание всех проблем внедрения и развития биоэкономики, а также их систематизация и проведение исследований для научного обоснования управленческих и организационных подходов её реализации на практике. Анализ существующего опыта внедрения инновационных разработок в области биотехнологий позволит определить основные тренды развития здравоохранения, а также усовершенствовать её существующую функциональную архитектуру.

Цель исследования — провести научный обзор опубликованных работ для определения основных биоэкономических трендов в современной медицине.

Материалы и методы

Научный обзор представляет собой анализ опубликованных работ в отечественной и зарубежной литературе по вопросам развития биоэкономики в медицине. По ключевым словам: «биоэкономика», «биомедицина», «биотехнологии», «персонализированная медицина», «цифровые технологии», «биобезопасность», которые являются её основными признаками и составляющими, в наукометрических базах eLIBRARY.RU и PubMed Central произведён поиск публикаций. При анализе аннотаций и текстов статей был сформирован итоговый реестр, включающий 43 отечественных и 15 зарубежных научных публикаций по теме статьи.

При подготовке публикации использовались общенаучные методы исследования (анализ, синтез, дедукция и индукция).

Результаты

Биоэкономика является относительно новой областью науки, предметом изучения которой считают биотехнологии [1, 2]. Фокус биоэкономики сосредоточен на инновациях и разработке технологий, основанных на использовании возобновляемых ресурсов как в качестве сырья, так и в качестве энергии в процессе производства [3, 4]. К примеру, в медицине становится актуальным вопрос вторичного использования высококачественного пластика, который в настоящее время после обеззараживания захоранивается на полигонах твёрдых бытовых отходов, тогда как в рамках концепции биоэкономики он может эффективно использоваться во многих отраслях.

Концепция биоэкономики развивалась в течение последних 15 лет и находит всё больше применения в различных секторах экономики, использующих биологические ресурсы [5]. Согласно современным представлениям, под биоэкономикой понимается комплексный процесс, который охватывает все секторы и системы, использующие биологические ресурсы: животные, растения, микроорганизмы, производные биомассы, органические отходы. Интегрированность как важный элемент биоэкономики определяется включением и взаимосвязью в ней всех экосистем и предоставляемых ими услуг, все секторы первичного производства, которые используют и производят биологические ресурсы, и процессы для производства продукции¹. Проведённый зарубежными и отечественными учёными научный анализ показал, что для формирования успешной биоэкономики необходимы её устойчивость и замкнутость [2, 5].

Под устойчивостью понимается такой процесс, где человек и природа рассматриваются как одна живая система, где всё взаимосвязано и в основе лежит сохранение биоразнообразия на основе современных технологий управления экосистемами.

Необходимость соблюдения принципа замкнутости — замкнутого цикла определяется ограниченностью ресурсов. Однако, несмотря на важность этого процесса, в научной литературе обнаружены два существенных пробела. Во-первых, несмотря на растущее внимание, уделяемое цикличности, разра-

¹ OECD. The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda. Main Findings and Policy Conclusions. Paris: OECD. 2018. URL: https://www.oecd.org/en/publications/the-bioeconomy-to-2030_9789264056886-en.html (дата обращения: 18.08.2024).

ботка строгой экономической основы для интерпретации её роли в биоэкономике по-прежнему отсутствует. Во-вторых, цикличность — это не свойство, которое можно понять изолированно, её необходимо включить в ряд других организационных свойств системы биоэкономики, такие как разделяемость процессов, каскадность и гибкость.

Наряду с актуальностью указанных выше свойств биоэкономики — устойчивостью и замкнутостью, важными аспектами в этой области является ряд принципов успешной её реализации: приоритет инновационных процессов; повышенная технологическая разделяемость процессов; гибкость и каскадирование; применяемость для сегментации рынка; приоритет организационных концепций системного уровня [5, 6].

Среди ведущих проблем реализации на практике биоэкономики в научной литературе особое место отводится отсутствию учёта различия между возобновляемыми и невозобновляемыми ресурсами и недостаточный учёт последствий и динамики оптимальной доли невозобновляемых ресурсов. Авторы опубликованных работ связывают это с проблемами управления, а также с отсутствием оценки оптимального уровня рециркуляции/цикличности в системе [1, 2, 5].

Анализ показал, что основным биоэкономическим трендом в медицине является «красная» биотехнология [7, 8]. В научном и практическом аспектах особую актуальность приобрели биомедицина и биофармацевтика [2, 7]. В отечественной литературе имеется достаточное количество публикаций по вопросам и способам диагностики, лечения и профилактики широкого спектра заболеваний [9, 10], в основе которых лежат биотехнологии. За последние 5 лет более 60 отечественных разработок оформлены в виде патентов.

В зарубежной научной литературе одним из перспективных трендов в биомедицине по диагностике, лечению заболеваний является использование наночастиц [11], а также отмечены риски их использования [12, 13].

Ещё одним перспективным направлением в биомедицине является использование клеточных биомедицинских технологий, которые в настоящее время широко используются при лечении широкого спектра заболеваний [14–17]. В научной литературе постоянно поднимается вопрос о необходимости совершенствования правового регулирования биологических клеточных продуктов [18, 19]. Существует проблема отсутствия чёткого разделения технологий на различные виды между исследовательскими организациями. Имеется несовершенство лицензирования препаратов клеточной терапии, в результате чего многие перспективные методы лечения остаются экспериментальными и применяются в единичных случаях.

Персонализированная медицина является флагманом развития биоэкономики [20, 21], а её реализация на практике существенно зависит от совершенствования правовых и организационных основ [22–24]. В настоящее время в действующем законо-

дательстве и нормах отсутствуют чёткие определения многих ключевых понятий. В частности, не приведены точные формулировки понятий зрелых и незрелых, аутологичных и аллогенных клеток, клеточной терапии и самой продукции клеточных технологий. Это приводит к тому, что в части разработки и внедрения биомедицинских клеточных продуктов нет полноценного стандарта (к примеру, в законодательных актах преимущественное внимание уделено гемопоэтическим клеткам, причём лицензии выдаются не на весь комплекс манипуляций в производстве биомедицинских клеточных технологий, а лишь на отдельные элементы). Это значительно тормозит развитие клеточных технологий в области мезенхимальных, эмбриональных, фетальных и других клеток. Хотя право на индивидуальное лечение связано с конституционным правом на охрану здоровья, правовое регулирование персонализированной медицины остаётся фрагментарным [17]. Имеются лишь подзаконные акты, стратегические планы и отдельные клинические рекомендации и стандарты. Необходимо определить статус персонализированной медицины и внести системные изменения в действующие законы о медицинской помощи, чтобы врачи могли эффективно применять её достижения в своей практике.

Защита персональных данных становится особенно актуальной в контексте персонализированной медицины. Неурегулированность этой области может привести к кризису доверия между различными медицинскими учреждениями. Одной из ключевых организационных проблем являются биобанки и их функции. Важно найти баланс между доступностью образцов и сохранением медицинской тайны при обязательном получении информированного согласия [24].

Современные цифровые технологии резко ускоряют разработку и внедрение научных достижений в сферу биоэкономики [9, 25] и помогают создать более совершенную организационную модель здравоохранения [26]. В настоящее время наиболее перспективными цифровыми технологиями в области здравоохранения считаются искусственные нейронные сети, глубокое машинное обучение, биосенсоры, биочипы, аналитика больших данных, разработка мобильных приложений медицинского назначения, бионика, биомеханика, «цифровая терапия» [27–29].

Цифровые технологии здравоохранения широко используются в мировой практике. Было разработано и внедрено множество цифровых решений в области здравоохранения. В большинстве стран, включая США, доступны цифровые ресурсы здравоохранения для предоставления информации, поддержки самоконтроля, планирования действий и поддержания здорового поведения в долгосрочной перспективе [29]. Правительства, некоммерческие организации и коммерческие структуры разработали тысячи веб-сайтов и приложений, ориентированных на здравоохранение. Однако зарубежные исследователи отмечают, что в результате распространения цифровых медицинских технологий, ориентирован-

ных на потребителя, пользователи часто перегружены доступными цифровыми медицинскими предложениями [29]. В связи с этим были предприняты меры по повышению уровня навигации населения в цифровом здравоохранении; систематизация самих цифровых инструментов здравоохранения; а также повышение уровня навигационной грамотности самих работников здравоохранения, чтобы они могли помочь пациентам ориентироваться в экосистеме цифрового здравоохранения [29, 30]. Зарубежные исследователи отмечают, что авторы технологий часто разрабатывают цифровые решения для здравоохранения, срок службы которых недолговечен и которые не отражают реальные потребности населения и пациентов [31].

Анализ опубликованных данных о преимуществах и недостатках существующих цифровых экосистем здравоохранения определил основные направления его совершенствования:

- использование подходов к проектированию, ориентированные на пользователя;
- оценка доступности технологии с точки зрения результатов на уровне пользователей и населения;
- улучшение выбора и навигации к наиболее подходящим ресурсам при активном участии в качестве фокус-групп клиницистов и пользователей;
- использование передовых практик в области безопасности данных, конфиденциальности и этичного использования;
- разработка инструментов укрепления здоровья, которые были бы инклюзивными, эффективными и рентабельными [29].

Важным глобальным направлением в мировой практике считается переход от монолитных систем электронных медицинских карт к экосистемному подходу для достижения интероперабельности (способность продукта или системы, интерфейсы которых полностью открыты, взаимодействовать и функционировать с другими продуктами или системами без каких-либо ограничений доступа и реализации) с помощью надёжной системы обмена [32]. Подобно магазинам приложений мобильных телефонов и планшетов, новые приложения в области цифрового здравоохранения смогут обмениваться данными с устаревшими системами электронных медицинских карт способами, улучшающими удобство их использования и функциональность. Этот сдвиг поможет системам здравоохранения расти более быстрыми темпами, чтобы соответствовать темпам экономики, ориентированной на пациента. Работа над своевременными адаптивными вмешательствами, индивидуальным принятием решений, соблюдением режима приёма лекарств, поведенческим фенотипированием и многими другими аспектами поведенческой информатики должна найти новое применение в экосистеме, основанной на вовлечённости пациентов. Как считают зарубежные исследователи, модули, обеспечивающие самостоятельную поддержку методов когнитивно-поведенческой терапии, для обезболивания, отказа от куре-

ния, снижения стресса и других видов поведенчески-ориентированной терапии могут быть вплетены в новую экосистему в качестве дополнения к очному лечению [33–35]. Понимание того, как наилучшим образом согласовать автоматизированные, виртуальные и очные визиты населения и пациентов в медицинские организации в рамках новой экосистемы, потребует сосредоточения внимания на исследованиях по данному вопросу.

Важно отметить, что научным исследованиям по вопросу цифровых экосистем в здравоохранении в отечественной литературе уделяется большое внимание. Так, по запросу в наукометрической базе eLIBRARY.RU по ключевому слову «экосистемы в здравоохранении» был сформирован реестр, включающий 24 научные публикации, включающие в свои заголовки поисковое ключевое слово. Важно отметить, что многие научные публикации посвящены вопросам информационно-правового обеспечения цифровой системы здравоохранения [36], концептуальным основам формирования и развития [37, 38], роли государства в управлении экосистемой здравоохранения [39], взаимодействию с существующим бизнесом экосистем и цифровизацией здравоохранения [40], перспективам развития [41], становлению экосистем в региональном здравоохранении [42–44], инструментам для создания экосистем в здравоохранении [45–48], а также вопросам защиты и угроз [49]. Анализ опубликованной отечественной литературы позволил нам прийти к выводу, что пути развития экосистем в здравоохранении России идентичны мировому опыту.

В последнее десятилетие активно разрабатываются и внедряются в медицину технологии искусственного интеллекта [50]. В то же время при анализе опубликованных статей становится очевидной актуальность необходимости совершенствования правового регулирования в сфере технологии искусственного интеллекта [50–54].

Последние 15 лет активно развивается синтетическая биология, которая понимается как междисциплинарная наука на стыке биотехнологий, молекулярной, клеточной и эволюционной биологии, электротехники и геной инженерии [55, 56].

Актуальным вопросом биоэкономики при использовании биотехнологий является обеспечение их биобезопасности. Так, в коллективной монографии под редакцией А. А. Мохова глубоко раскрывается эта проблема — это и правовые аспекты обеспечения биобезопасности при проведении генетических исследований как составной части экологической безопасности на примере проблемы влияния вреда, причиненного окружающей среде, на здоровье человека и на геном; вопросы организации обеспечения биобезопасности в условиях медицинских организаций; генетическая паспортизация населения как вклад в биологическую безопасность; угрозы и системы обеспечения биологической безопасности [57]. В монографии С. Н. Орехова раскрывается проблема рисков и последствий создания «генетического оружия» и угроз биотерроризма [8]. Особое место в развитии биоэкономики занимает

вопрос киберрисков. Осознание уязвимостей в системе безопасности, которые могут возникнуть в результате кибератак в сфере биоэкономики, привело к появлению термина «кибербиобезопасность». Кибербиобезопасность представляет собой объединение усилий различных сообществ для выявления и устранения сложной экосистемы уязвимостей безопасности на стыке наук о жизни, информационных систем, биобезопасности и кибербезопасности. Пакеты данных биоинформатики, а также другие инструменты ввода данных или системы управления производственными процессами, используемые биотехнологическими предприятиями, могут быть подвержены несанкционированному доступу. Последствия кибератаки могут быть серьёзными: отказ систем управления, остановка работы технологического оборудования или производственная авария, а также выпуск дефектной биотехнологической продукции. Это, в свою очередь, может привести к непоправимому ущербу для людей, животных, растений или окружающей среды.

Обсуждение

Обзор научной литературы показал, что биоэкономика является не только современной динамично развивающейся наукой, но и основным трендом трансформации экономического пространства любой страны. Одним из приоритетных её направлений является «красная» биотехнология, отражающая необходимость интеграции научных достижений в области биомедицины, персонализированной медицины, биофармацевтики, синтетической биологии, цифровых технологий в сферу здравоохранения. Проведённый анализ 92 отечественных и зарубежных научных публикаций показал наличие большого количества инновационных разработок, безопасное внедрение которых в практику требует совершенствования вопросов правового регулирования их использования, не только разработки механизмов интеграции в конкретную отрасль экономики, но и создания логистической архитектуры использования ресурсов «без остатка» в едином биоэкономическом пространстве. Всё это создаёт предпосылки для развития интегрированных, междисциплинарных исследований, направленных на разработку организационных и управленческих решений для реализации основных принципов эффективной биоэкономики. В области медицины в этом плане «первой скрипкой» становится наука «общественное здоровье и здравоохранение», методологический инструментарий которой позволит решить задачи, поставленные перед современным здравоохранением, в аспекте интегрирования и трансформации в биоэкономическое развитие государства. Эта наука представляет собой концепцию, основанную на применении биотехнологий и использовании возобновляемых биологических ресурсов для производства товаров, услуг и энергии. Согласно паспорту специальности основные научные направления исследований, проводимых в настоящее время и в будущем, с большой степенью вероятности позволят решить поставленные перед современным

здравоохранением задачи: урегулирование нормативно-правовых вопросов использования биотехнологий в здравоохранении, усовершенствование качества, доступности и безопасности медицинской помощи с использованием биотехнологий. Для этого в распоряжении науки «общественное здоровье, организация и социология здравоохранения, медико-социальная экспертиза» имеется комплекс социально-гигиенических и статистических методов: аналитический метод, метод прогнозирования, анкетирование, факторный анализ, организационный эксперимент, ситуационное моделирование.

Заключение

Анализ литературы показал перспективность развития биоэкономики. Наряду с преимуществами развития биоэкономики в целом, и в медицине в частности, формируется необходимость преодоления определённых вызовов. Активное использование биотехнологий в рамках реализации биоэкономики требует глубокой проработки вопросов правового аспекта, а также обеспечения био- и кибербезопасности. В области медицины на первый план выходит наука «общественное здоровье и здравоохранение», методологический инструментарий которой позволит решить задачи, стоящие перед современным здравоохранением, в аспекте интегрирования и трансформации в биоэкономическое развитие государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеева И. В. Биоэкономика как одно из стратегических направлений устойчивого развития // Научное обозрение. Экономические науки. 2019. № 1. С. 16–21.
2. Герцик Ю. Г. Основные тенденции развития биомедицинских и биофармацевтических технологий в биоэкономике // Ремедиум. 2022. № 1. С. 50–57.
3. Жиганова Л. П. Современные инновационные биотехнологии США // Московский экономический журнал. 2019. № 12. С. 210–228.
4. Герцик Ю. Г. Значение и особенности маркетинга инноваций в медицинской промышленности // Маркетинг в России и за рубежом. 2020. № 4. С. 79–86.
5. Viaggi D., Zavalloni M. Bioeconomy and circular economy: implications for economic evaluation in the post-COVID era // Circ. Econ. Sustain. 2021. Vol. 1, N 4. P. 1257–1269. DOI: 10.1007/s43615-021-00113-1
6. de Schutter L. Bioeconomy transitions through the lens of coupled social-ecological systems: a framework for place-based responsibility in the global resource system // Sustainability (Switzerland). 2019. Vol. 11, N 20. P. 5705. DOI: 10.3390/su11205705
7. Максимцев И. А., Сулейманкадиева А. Э., Фомичева Н. М. и др. Теория и практика развития биоэкономики: инновации, цифровизация, трансформация... СПб.; 2019. 154 с.
8. Орехов С. Н., Яворский А. Н. Биоэкономика и биобезопасность // В книге: Биоэкономика: доктрина, законодательство, практика / под ред. С. Н. Орехова. М.; 2021. С. 80–97.
9. Беляева А. А., Колосов С. В. Перспективы развития медицинской биотехнологии // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2019. № 1. С. 294–295.
10. Белкова Д. А., Дорохина О. А., Кочукова А. А. Биотехнологии будущего в России. Современные направления научных исследований // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Нефтекамск; 2023. С. 7–11.
11. Dash S., Das T., Patel P. et al. Emerging trends in the nanomedicine applications of functionalized magnetic nanoparticles as novel therapies for acute and chronic diseases // J. Nanobiotechnol. 2022. Vol. 20, N 1. P. 393. DOI: 10.1186/s12951-022-01595-3
12. Verma S. K., Panda P. K., Kumari P. et al. Determining factors for the nano-biocompatibility of cobalt oxide nanoparticles: proximal

- discrepancy in intrinsic atomic interactions at differential vicinage // *Green Chem.* 2021. Vol. 23. P. 3439–3458.
13. Verma S. K., Jha E., Panda P. K. et al. Advanced nanostructured materials for environmental remediation. Biological effects of green-synthesized metal nanoparticles: a mechanistic view of antibacterial activity and cytotoxicity / ed. A. Mehta. Cham; 2019. P. 145–171.
 14. Едоменко Н. В. Технология применения дермальных фибробластов в составе биомедицинского клеточного продукта // *Актуальные проблемы биомедицины — 2022: материалы XXVIII Всероссийской конференции молодых учёных с международным участием.* СПб.; 2022. С. 368–369.
 15. Коровин А. Е., Горичный В. А., Соколова М. О. и др. Клеточная трансплантология как одно из основных направлений биомедицинских клеточных технологий // *Клиническая патофизиология.* 2019. Vol. 25, N 2. P. 13–20.
 16. Бройтман В. И., Бройтман Н. Некоторые результаты лечения пациентов с осложнениями сахарного диабета с помощью биомедицинских клеточных технологий // *Фундаментальная и клиническая диабетология в 21 веке: от теории к практике: сборник тезисов конференции по лечению и диагностике сахарного диабета.* М.; 2021. С. 20–21.
 17. Черненко И. Н., Плехова Н. Г. Актуальные вопросы применения клеточных технологий в практическом здравоохранении России // *Вестник «Биомедицина и Социология».* 2021. Т. 6, № 1. С. 30–36. DOI: 10.26787/nydha-2618-8733-2021-6-1-30-36
 18. Пестрикова А. А. Проблемы формирования нормативно-правовой системы в области геномных исследований (международно-правовой аспект) // *Право и бизнес: правовое пространство для развития бизнеса в России: Коллективная монография.* М.; 2020. С. 126–135.
 19. Кирушина И. В., Мезенцев А. О. Биомедицинское право России: возможность существования и перспективы развития // *Российско-азиатский правовой журнал.* 2020. № 1. С. 18–22.
 20. Сафронов Ю. Н. Перспективы и основные направления развития предиктивной, превентивной и персонализированной медицины в Российской Федерации // *Главный врач.* 2021. № 4. С. 3–9.
 21. Берг Л. Н. Персонализированная медицина: правовые и организационные основы медицины будущего // *Lex Genetica.* 2023. Т. 2, № 1. С. 7–23. DOI: 10.17803/lexgen-2023-2-1-7-23
 22. Чудаков С. Ю., Кузнецов П. П., Галямова М. Р., Гострый А. В. Клиническая практика в сфере персонализированной медицины в России: правовое поле и формирование стандартов качества // *Менеджмент качества в медицине.* 2019. № 4. С. 109–116.
 23. Зивилев В. Г., Карильо-Аркас А. Х., Чудаков С. Ю., Копелиович Г. Б. Средства и методы традиционных систем мира в программах персонализированной медицины: правовая основа и мировой опыт // *Терапевт.* 2020. № 1. С. 58–65.
 24. Романовский Г. Б. Правовая политика в сфере персонализированной медицины // *Наука. Общество. Государство.* 2020. № 8. С. 54–62.
 25. Маглинова Т. Г. Цифровые технологии, цифровая революция и цифровая экономика: вызовы и последствия // *Естественно-гуманитарные исследования.* 2023. № 3. С. 158–161.
 26. Шамшурина Н. Г. Социальные перспективы цифровизации здравоохранения: медико-социологический аспект // *Социология медицины.* 2019. Т. 18, № 1. С. 50–54. DOI: 10.18821/1728-2810-2019-18-1-50-54
 27. Крутиков В. К., Косогорова Л. А., Якунина М. В. и др. Движущие силы развития цифровой экономики в медицинской сфере: сотрудничество в глобальном масштабе // *Креативная экономика.* 2022. Т. 16, № 4. С. 1535–1550.
 28. Абдуганиева Ш. Х., Хуан Р. Д. С. Информация в биомедицине // *Universum: технические науки.* 2023. № 9-2. С. 35–37.
 29. Hesse B. W., Conroy D. E., Kwaśnicka D. et al. We're all in this together: recommendations from the Society of Behavioral Medicine's Open Science Working Group // *Transl. Behav. Med.* 2021. Vol. 11, N 3. P. 693–698. DOI: 10.1093/tbm/ibaa126
 30. Wisniewski H., Gorrindo T., Rauseo-Ricupero N. et al. The role of digital navigators in promoting clinical care and technology integration into practice // *Digit. Biomark.* 2020. Vol. 4, Suppl 1. P. 119–135.
 31. Smith B., Magnani J. W. New technologies, new disparities: the intersection of electronic health and digital health literacy // *Int. J. Cardiol.* 2019. Vol. 292. P. 280–282.
 32. The Office of the National Coordinator for Health Information Technology. 2020–2025 Federal Health IT Strategic Plan. Washington; 2020. 46 p.
 33. Zheng C., Chen X., Weng L. Benefits of mobile apps for cancer pain management: Systematic review // *JMIR Mhealth Uhealth.* 2020. Vol. 8, N 1. P. e17055.
 34. Cadham C. J., Jayasekera J. C., Advani S. M. CISNET-SCALE Collaboration. Smoking cessation interventions for potential use in the lung cancer screening setting: a systematic review and meta-analysis // *Lung Cancer.* 2019. Vol. 135. P. 205–216.
 35. Cillessen L., Johannsen M., Speckens A. E. M., Zachariae R. Mindfulness-based interventions for psychological and physical health outcomes in cancer patients and survivors: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *Psychooncology.* 2019. Vol. 28, N 12. P. 2257–2269.
 36. Карцхия А. А. Информационно-правовое обеспечение цифровой экосистемы здравоохранения // *Правовая информатика.* 2021. № 1. С. 13–23.
 37. Губернаторов А. М., Чирков М. А., Чистяков М. С., Золкин А. Л. Цифровой сегмент медицинского обслуживания как высокотехнологичная цифровая экосистема здравоохранения // *Ключевые позиции и точки развития экономики и промышленности: наука и практика: материалы II Международной научно-практической конференции.* Липецк; 2022. С. 153–157.
 38. Костенко Е. Г. Цифровая экосистема в сфере здравоохранения // *Приоритетные научные направления 2024: сборник материалов XLVII международной очно-заочной научно-практической конференции.* М.; 2024. С. 137–139.
 39. Дубовцев Ю. А. Приоритеты государственного управления сферой здравоохранения в условиях развития цифровых экосистем // *Цифровая экономика и финансы: материалы VII Международной научно-практической конференции.* СПб.; 2024. С. 358–362.
 40. Кийкова Д. А. Бизнес-экосистемы и цифровизация здравоохранения // *Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО: материалы Пятидесятой научной и учебно-методической конференции.* СПб.; 2021. С. 223–226.
 41. Бургонов О. В., Голубецкая Н. П. Перспективные направления формирования цифровой экосистемы здравоохранения // *Цифровая экономика, умные инновации и технологии: сборник трудов Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с зарубежным участием.* СПб.; 2021. С. 124–128.
 42. Зубов Е. В. Единая информационная система здравоохранения Пермского края как цифровая основа экосистемы охраны здоровья населения региона // *Статистика здравоохранения нового времени: материалы Второго съезда медицинских статистиков Москвы.* М.; 2020. С. 30–32.
 43. Голубецкая Н. П., Бургонов О. В., Ушакова Е. В. Формирование экосистемы регионального здравоохранения в цифровой экономике // *Стратегическое управление развитием цифровой экономики на основе умных технологий / под ред. А. В. Бабкина.* СПб.; 2021. С. 201–221.
 44. Сагадатов Л. В. Цифровая экосистема здравоохранения Республики Башкортостан // *Поколения Y и Z в постпандемийной реальности: идентификации, ориентации, поведение: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции.* Уфа; 2022. С. 129–134.
 45. Аксенова Е. И., Горбатов С. Ю. Применение технологий 5G в здравоохранении: как новый стандарт сотовой связи меняет экосистему отрасли. М.; 2021.
 46. Николаев В. А. Организация телереабилитации пациентов, перенесших инсульт, в рамках экосистемы цифрового здравоохранения // *Менеджмент в здравоохранении: вызовы и риски XXI века: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции.* Волгоград; 2022. С. 66–69.
 47. Шамаев Д. М., Заяц В. В., Орлов С. Б. Платформы и экосистемы ИИ в здравоохранении // *Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2023): сборник трудов по материалам IX Международной конференции и молодёжной школы.* Самар; 2023. Т. 4. С. 42242.
 48. Зима Д. ИТ-решения играют ключевую роль в развитии цифровой экосистемы здравоохранения // *Менеджмент качества в медицине.* 2024;2:2–4.
 49. Филимонов И. В. Экосистема здравоохранения как форма организации противодействия биологическим угрозам // *Философско-методологические основания управления общественным здоровьем: развитие здравоохранения в постпандемийный период: материалы Шестой ежегодной научно-практической конференции.* М.; 2023. С. 66–74.
 50. Холодная Е. В. О перспективных направлениях правового регулирования в сфере технологии искусственного интеллекта //

- Вестник Университета имени О. Е. Кутафина (МГЮА). 2019. № 12. С. 89–96. DOI: 10.17803/2311-5998.2019.64.12.089-096
51. Титков В. С. Правовое регулирование и перспективы развития искусственного интеллекта в сфере медицины // Право и бизнес: правовое пространство для развития бизнеса в России. М.; 2020. С. 355–361.
 52. Ковелина Т. А., Собянин А. В., Марухно В. М. К вопросу о правовом регулировании применения искусственного интеллекта в медицине // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2022 № 2. С. 148–151.
 53. Никитенко С. В. Международно-правовое регулирование использования искусственного интеллекта в области медицины // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. 2023. Т. 1, № 3. С. 215–229.
 54. Минбалеев А. В., Титова Е. В. Проблемы правового регулирования использования искусственного интеллекта в спортивной медицине // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S1. С. 108–114.
 55. Корсакова И. И., Белоусов А. М., Жиркова И. Н. и др. Синтетическая биология: потенциальные риски и вопросы регулирования // Материалы XVI Межгосударственной научно-практической конференции по вопросам санитарной охраны территории и снижения риска распространения чумы. Саратов; 2022. С. 97–98.
 56. Li J., Zhao H., Zheng L., An W. Advances in synthetic biology and biosafety governance // Front. Bioeng. Biotechnol. 2021. Vol. 9. P. 598087. DOI: 10.3389/fbioe.2021.598087
 57. Richardson L. C., Connell N. D., Lewis S. M. et al. Cyberbiosecurity: a call for cooperation in a new threat landscape // Front. Bioeng. Biotechnol. 2019. Vol. 7. P. 99. DOI: 10.3389/fbioe.2019.00099
- #### REFERENCES
1. Gordeeva I. V. Bioeconomics as one of the strategic directions of sustainable development. *Nauchnoe obozrenie. Jekonomicheskie nauki*. 2019;(1):16–21.
 2. Hercik Yu. G. The main trends in the development of biomedical and biopharmaceutical technologies in bioeconomics. *Remedium*. 2022;(1):50–57.
 3. Zhiganova L. P. Modern innovative biotechnologies of the USA. *Moskovskij jekonomicheskij zhurnal*. 2019;(12):210–228.
 4. Herzik Yu. G. The importance and features of innovation marketing in the medical industry. *Marketing v Rossii i za rubezhom*. 2020;(4):79–86.
 5. Viaggi D., Zavalloni M. Bioeconomy and circular economy: implications for economic evaluation in the post-COVID era. *Circ Econ. Sustain*. 2021;1(4):1257–1269. DOI: 10.1007/s43615-021-00113-1
 6. de Schutter L. Bioeconomy transitions through the lens of coupled social-ecological systems: a framework for place-based responsibility in the global resource system. *Sustainability (Switzerland)*. 2019;11(20):5705. DOI: 10.3390/su11205705
 7. Maksimtsev I. A., Suleymankadieva A. E., Fomicheva N. M. et al. Theory and practice of bioeconomics development: innovations, digitalization, transformation... St. Petersburg; 2019. 154 p. (In Russ.)
 8. Orekhov S. N., Yavorsky A. N. Bioeconomics and biosafety: In: Bioeconomics: doctrine, legislation, practice. monograph. Moscow, 2021:80–97. (In Russ.)
 9. Belyaeva A. A., Kolosov S. V. Prospects for the development of medical biotechnology. *Bjulleten' Severnogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta*. 2019;(1):294–95.
 10. Belyakova D. A., Dorokhina O. A., Kochukova A. A. Biotechnologies of the future in Russia. In: Modern directions of scientific research: materialy mezhdunarodnoj (zaочноj) nauchno-prakticheskoy konferencii. Neftekamsk; 2023:7–11. (In Russ.)
 11. Dash S., Das T., Patel P. et al. Emerging trends in the nanomedicine applications of functionalized magnetic nanoparticles as novel therapies for acute and chronic diseases. *J Nanobiotechnol*. 2022;20(1):393. DOI: 10.1186/s12951-022-01595-3
 12. Verma S. K., Panda P. K., Kumari P. et al. Determining factors for the nano-biocompatibility of cobalt oxide nanoparticles: proximal discrepancy in intrinsic atomic interactions at differential vicinage. *Green Chem*. 2021;23:3439–3458.
 13. Verma S. K., Jha E., Panda P. K. et al. Advanced nanostructured materials for environmental remediation. Biological effects of green-synthesized metal nanoparticles: a mechanistic view of antibacterial activity and cytotoxicity. Cham; 2019:145–171.
 14. Edomenko N. V. Technology of application of dermal fibroblasts as part of a biomedical cell product. In: Aktual'nye problemy biomeditsiny — 2022: Materialy XXVIII Vserossijskoj konferencii molodyh uchjonyh s mezhdunarodnym uchastiem. St. Petersburg; 2022:368–369. (In Russ.)
 15. Korovin A. E., Gorchichny V. A., Sokolova M. O., et al. Cell transplantation as one of the main directions of biomedical cell technologies. *Klinicheskaja patofiziologija*. 2019;25(2):13–20.
 16. Brightman V. I., Broitman N. Some results of treatment of patients with complications of diabetes mellitus using biomedical cell technologies. In: Fundamental'naja i klinicheskaja diabetologija v 21 veke: ot teorii k praktike: Sbornik tezisev konferencii po lecheniju i diagnostike saharnogo diabeta. Moscow; 2021:20–21. (In Russ.)
 17. Chernenko I. N., Plekhova N. G. Topical issues of the application of cellular technologies in practical healthcare in Russia. *Vestnik «Biomedicina i Sociologija»*. 2021;6(1):30–36. DOI: 10.26787/nydha-2618-8733-2021-6-1-30-36
 18. Pestrikova A. A. Problems of formation of the regulatory and legal system in the field of genomic research (international legal aspect). In: Pravo i biznes: pravovoe prostranstvo dlja razvitiya biznesa v Rossii: Kollektivnaja monografija. Moscow; 2020:126–135. (In Russ.)
 19. Kiryushina I. V., Mezentsev A. O. Biomedical law of Russia: the possibility of existence and prospects for development. *Rossijsko-aziatskij pravovoj zhurnal*. 2020;(1):18–22.
 20. Safronov Yu. N. Prospects and main directions of development of predictive, preventive and personalized medicine in the Russian Federation. *Glavnyj vrach*. 2021;(4):3–9.
 21. Berg L. N. Personalized medicine: legal and organizational foundations of medicine of the future. *Lex Genetica*. 2023;2(1):7–23. DOI: 10.17803/lexgen-2023-2-1-7-23
 22. Chudakov S. Yu., Kuznetsov P. P., Galyamova M. R., Gostry A. V. Clinical practice in the field of personalized medicine in Russia: the legal field and the formation of quality standards. *Menedzhenie kachestva v medicine*. 2019;(4):109–116.
 23. Zilov V. G., Carillo-Arkas A. H., Chudakov S. Yu., Kopeliovich G. B. Means and methods of traditional systems of the world in personalized medicine programs: legal basis and world experience. *Terapevt*. 2020;(1):58–65.
 24. Romanovsky G. B. Legal policy in the field of personalized medicine. *Nauka. Obshhestvo. Gosudarstvo*. 2020;8(129):54–62.
 25. Maglina T. G. Digital technologies, digital revolution and digital economy: challenges and consequences. *Estestvenno-gumitarnye issledovanija*. 2023;3(47):158–161.
 26. Shamshurina N. G. Social prospects of digitalization of healthcare: medical and sociological aspect. *Sociologija mediciny*. 2019;18(1):50–54. DOI: 10.18821/1728-2810-2019-18-1-50-54
 27. Krutikov V. K., Kosogorova L. A., Yakunina M. V. et al. Driving forces of digital economy development in the medical field: cooperation on a global scale. *Kreativnaja jekonomika*. 2022;16(4):1535–1550.
 28. Abduganieva Sh. Kh., Juan R. D. S. Information in biomedicine. *Universum: tehnichestkie nauki*. 2023;9-2(114):35–37.
 29. Hesse B. W., Conroy D. E., Kwaśnicka D. et al. We're all in this together: recommendations from the Society of Behavioral Medicine's Open Science Working Group. *Transl. Behav. Med*. 2021;11(3):693–698. DOI: 10.1093/tbm/ibaa126
 30. Wisniewski H., Gorrindo T., Rauseo-Ricupero N. et al. The role of digital navigators in promoting clinical care and technology integration into practice. *Digit. Biomark*. 2020;4(Suppl 1):119–135.
 31. Smith B., Magnani J. W. New technologies, new disparities: the intersection of electronic health and digital health literacy. *Int. J. Cardiol*. 2019;292:280–282.
 32. The Office of the National Coordinator for Health Information Technology. 2020–2025 Federal Health IT Strategic Plan. Washington; 2020. 46 p.
 33. Zheng C., Chen X., Weng L. Benefits of mobile apps for cancer pain management: Systematic review. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020;8(1):e17055
 34. Cadham C. J., Jayasekera J. C., Advani S. M. CISNET-SCALE Collaboration. Smoking cessation interventions for potential use in the lung cancer screening setting: a systematic review and meta-analysis. *Lung Cancer*. 2019;135:205–216.
 35. Cillessen L., Johannsen M., Speckens A. E. M., Zachariae R. Mindfulness-based interventions for psychological and physical health outcomes in cancer patients and survivors: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychooncology*. 2019;28(12):2257–2269.
 36. Kartskhiya A. A. Information and legal support of the digital ecosystem of healthcare. *Pravovaja informatika*. 2021;1:13–23.
 37. Gubernatorov A. M., Chirkov M. A., Chistyakov M. S., Zolkin A. L. The digital segment of medical care as a high-tech digital ecosystem.

- tem of healthcare. In: Kljuचेvyе pozicii i tochki razvitiya jekonomiki i promyshlennosti: nauka i praktika: Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Lipetsk, 2022:153–157. (In Russ.)
38. Kostenko E. G. Digital ecosystem in the field of healthcare. Prioritetnye nauchnye napravleniya 2024: Sbornik materialov XLVII mezhdunarodnoj ochno-zaochnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Moscow, 2024:137–139. (In Russ.)
 39. Dubovtsev Yu. A. Priorities of public health management in the context of the development of digital ecosystems. In: Tsifrovaya jekonomika i finansy: Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. St. Petersburg, 2024:358–362. (In Russ.)
 40. Kiikova D. A. Business ecosystems and digitalization of healthcare. In: Al'manah nauchnyh rabot molodyh uchenykh Universiteta ITMO: Materialy Pjatisdesjatoj nauchnoj i uchebno-metodicheskoy konferencii. Saint-Petersburg, 2021:223–226. (In Russ.)
 41. Burgonov O. V., Golubetskaya N. P. Promising directions for the formation of a digital healthcare ecosystem. In: Tsifrovaya jekonomika, umnye innovacii i tehnologii: Sbornik trudov Nacional'noj (Vserossijskoj) nauchno-prakticheskoy konferencii s zarubezhnym uchastiem. St. Petersburg, 2021:124–128. (In Russ.)
 42. Zubov E. V. The Unified health information system of the Perm Region as the digital basis of the ecosystem of public health protection in the region. In: Statistika zdravooohranenija novogo vremeni: Materialy Vtorogo s'ezda medicinskih statistikov Moskvy. Moscow; 2020:30–32. (In Russ.)
 43. Golubetskaya N. P., Burgonov O. V., Ushakova E. V. Formation of the ecosystem of regional healthcare in the digital economy. In: A. V. Babkin (ed.). Strategicheskoe upravlenie razvitiem cifrovoj jekonomiki na osnove umnyh tehnologij. St. Petersburg; 2021:201–221. (In Russ.)
 44. Sagadatova L. V. Digital ecosystem of healthcare in the Republic of Bashkortostan. In: Pokoleniya Y i Z v postpandemijnoj real'nosti: identifikacii, orientacii, povedenie: Sbornik statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Ufa; 2022:129–134. (In Russ.)
 45. Aksenova E. I., Gorbatov S. Yu. Application of 5G technologies in healthcare: how the new cellular standard is changing the industry ecosystem. Moscow; 2021. (In Russ.)
 46. Nikolaev V. A. Organization of tele-rehabilitation of stroke patients within the framework of the digital healthcare ecosystem. In: Menedzhment v zdravooohranenii: vyzovy i riski XXI veka: Sbornik materialov VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Volgograd; 2022:66–69. (In Russ.)
 47. Shamaev D. M., Zayats V. V., Orlov S. B. AI platforms and ecosystems in healthcare. In: Informacionnye tehnologii i nanotehnologii (ITNT-2023): Sbornik trudov po materialam IX Mezhdunarodnoj konferencii i molodezhnoj shkoly. Samara; 2023;4:42242. (In Russ.)
 48. Zima D. OT-solutions play a key role in the development of the digital health ecosystem. *Quality management in medicine*. 2024;2:2–4.
 49. Filimonov I. V. Health ecosystem as a form of organization for countering biological threats. In: Filosofsko-metodologicheskie osnovaniya upravleniya obshhestvennym zdorov'em: razvitie zdravooohranenija v postpandemijnyj period: Materialy Shestoj ezhegodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Moscow, 2023:66–74. (In Russ.)
 50. Holodnaya E. V. On promising areas of legal regulation in the field of artificial intelligence technology. *Vestnik Universiteta imeni O. E. Kutafina (MGJuA)*. 2019;(12):89–96. DOI: 10.17803/2311-5998.2019.64.12.089-096
 51. Titkov V. S. Legal regulation and prospects for the development of artificial intelligence in the field of medicine. In: Pravo i biznes: pravovoe prostranstvo dlja razvitiya biznesa v Rossii. Moscow; 2020:355–361.
 52. Kavelina T. A., Sobyanyan A. V., Marukhno V. M. On the issue of legal regulation of the use of artificial intelligence in medicine. *Gumanitarnye, social'no-jekonomicheskie i obshhestvennye nauki*. 2022;2:148–151.
 53. Nikitenko S. V. International legal regulation of the use of artificial intelligence in the field of medicine. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatishcheva*. 2023;1(3):215–229.
 54. Minbaleev A. V., Titova E. V. Problems of legal regulation of the use of artificial intelligence in sports medicine. *Chelovek. Sport. Medicina*. 2024;24(S1):108–114.
 55. Korsakova I. I., Belousov A. M., Zhirkova I. N., Pimenova Yu. Yu., Shadrina S. V. Synthetic biology: potential risks and regulatory issues. In: Materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii po voprosam sanitarnoj ohrany territorii i snizhenija riska rasprostraneniya chumy. Saratov; 2022: 97–98. (In Russ.)
 56. Li J., Zhao H., Zheng L., An W. Advances in synthetic biology and biosafety governance. *Front. Bioeng. Biotechnol*. 2021;9:598087. DOI: 10.3389/fbioe.2021.598087
 57. Richardson L. C., Connell N. D., Lewis S. M., Pauwels E., Murch R. S. Cyberbiosafety: a call for cooperation in a new threat landscape. *Front. Bioeng. Biotechnol*. 2019;7:99. DOI: 10.3389/fbioe.2019.00099

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.05.2024; одобрена после рецензирования 19.06.2024; принята к публикации 07.11.2024.
The article was submitted 16.05.2024; approved after reviewing 19.06.2024; accepted for publication 07.11.2024.