

УДК 338.2
DOI 10.52575/2687-0932-2026-53-1-74-84
EDN FCUTJK

Экономическая безопасность исследований и разработок в фармацевтической отрасли: моделирование токенизированной экосистемы

Степченкова О.С.

Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Россия, 191002, Санкт-Петербург, Кузнечный пер., д. 9/27
oolitmarsh@yandex.ru

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена вызовами, с которыми сталкивается фармацевтическая отрасль в контексте обеспечения экономической безопасности исследований и разработок лекарственных препаратов. Высокая капиталоемкость, длительные циклы разработки в условиях геополитической нестабильности и ограниченного доступа к международным финансовым ресурсам диктуют необходимость поиска принципиально новых, устойчивых моделей финансирования. Теоретический анализ проблемного поля выявил ключевые ограничения традиционной, олигополизированной модели венчурного финансирования: концентрацию капитала, непрозрачность управления, высокую премию за ликвидность и риски размытия доли инвесторов, что в совокупности сдерживает инновационный потенциал и создает угрозы для стратегической автономии. В качестве альтернативы проанализирована концепция токенизированной экосистемы, основанной на блокчейне, которая теоретически способна диверсифицировать риски и снизить стоимость привлекаемого капитала. Эмпирический анализ включает разработку оригинальной экономико-математической модели сравнительной эффективности, интегрирующей методологию дисконтированных денежных потоков, реальных опционов для учета специфики фаз клинических исследований. Модель позволяет количественно оценить влияние токенизации на ключевые финансовые параметры. Результаты исследования демонстрируют качественное превосходство предложенной модели: расчеты на основе численного примера показывают увеличение риск-скорректированной доходности для инвестора на 82 % и снижение стоимости капитала для проекта по сравнению с традиционным венчурным финансированием. Полученные данные доказывают, что основной экономический эффект токенизации заключается не в изменении фундаментальной стоимости успешного препарата, а в структурном снижении премии за ликвидность и предоставлении инвесторам опциона на досрочный выход, что создает надежный механизм для укрепления экономической безопасности фармацевтических исследований в России. Парадокс финансирования фармацевтических НИОКР заключается в том, что фундаментальная стоимость успешного препарата объективна и не зависит от способа финансирования, однако именно механизмы инвестирования определяют, сколько проектов получают шанс на реализацию.

Ключевые слова: блокчейн, смарт-контракты, управление рисками, стоимость капитала, финансовое моделирование, инновационное финансирование, цифровые активы, ликвидность инвестиций, венчурный капитал, реальные опционы, доходность, экономико-математическая модель, диверсификация рисков, импортозамещение

Для цитирования: Степченкова О.С. 2026. Экономическая безопасность исследований и разработок в фармацевтической отрасли: моделирование токенизированной экосистемы. *Экономика. Информатика*, 53(1): 74–84. DOI 10.52575/2687-0932-2026-53-1-74-84. EDN FCUTJK

Economic Security of Research and Development in the Pharmaceutical Industry: Modeling a Tokenized Ecosystem

Olga S. Stepchenkova

Saint Petersburg State University of Economics
9/27 Kuznechny Ln., Saint Petersburg 191002, Russia
ooolitmash@yandex.ru

Abstract. The relevance of the research is determined by the challenges faced by the pharmaceutical industry in the context of ensuring the economic security of research and development of medicines. High capital intensity, long development cycles in conditions of geopolitical instability and limited access to international financial resources dictate the need to search for fundamentally new, sustainable financing models. A theoretical analysis of the problem field has revealed the key limitations of the traditional, oligopolized venture financing model: capital concentration, lack of transparency of management, high liquidity premium and risks of dilution of the investor share. Taken together, these factors constrain innovation potential and create threats to strategic autonomy. As an alternative, the concept of a tokenized ecosystem based on blockchain is analyzed, which is theoretically capable of diversifying risks and reducing the cost of attracted capital. The empirical analysis includes the development of an original economic and mathematical model of comparative efficiency that integrates the methodology of discounted cash flows and real options to take into account the specifics of clinical research phases. The model allows quantifying the impact of tokenization on key financial parameters. The results of the study demonstrate the qualitative superiority of the proposed model: calculations based on a numerical example show an increase in risk-adjusted return for an investor by 82 % and a decrease in the cost of capital for a project compared to traditional venture financing. The data obtained proves that the main economic effect of tokenization is not to change the fundamental cost of a successful drug, but to structurally reduce the liquidity premium and provide investors with an early exit option, which creates a reliable mechanism for strengthening the economic security of pharmaceutical research in Russia. The paradox of pharmaceutical R&D financing is that the fundamental cost of a successful drug is objective and does not depend on the method of financing, but it is the investment mechanisms that determine how many projects will get a chance to be implemented.

Keywords: blockchain, smart contracts, risk management, cost of capital, financial modeling, innovative financing, digital assets, investment liquidity, venture capital, real options, profitability, economic and mathematical model, risk diversification, import substitution

For citation: Stepchenkova O.S. 2026. Economic Security of Research and Development in the Pharmaceutical Industry: Modeling a Tokenized Ecosystem. *Economics. Information technologies*, 53(1): 74–84 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2026-53-1-74-84. EDN FCUTJK

Введение

Фармацевтическая промышленность представляет собой стратегически важный сектор экономики, от развития которого зависит национальная безопасность и здоровье населения [Балашова, Волгина, 2021]. Однако процесс разработки новых лекарственных средств характеризуется исключительно высокой капиталоемкостью, длительностью и рисками. Традиционная модель финансирования фармацевтических НИОКР, основанная на венчурном капитале и инвестициях крупных фармкомпаний, демонстрирует системные ограничения в условиях современных вызовов, включая пандемии, высокие темпы развития информационных технологий, геополитическую нестабильность и санкционное давление. В этом контексте необходимы инновационные подходы к финансированию и управлению рисками экономической безопасности фармацевтических НИОКР.

Целью данного исследования является разработка и анализ модели финансирования токенизированной экосистемы как инструмента укрепления экономической безопасности фармацевтических НИОКР. Для достижения этой цели решаются следующие задачи: анализ системных рисков традиционной модели финансирования; разработка экономико-математической модели сравнительной эффективности; оценка влияния токенизации на ключевые параметры экономической безопасности.

Объект и методы исследования

Сфера исследований и разработок в фармацевтической промышленности рассматривается в контексте ее экономической безопасности. Организационно-экономические отношения и механизмы, определяющие эффективность и экономическую безопасность финансирования фармацевтических НИОКР, рассматриваются в условиях токенизированной экосистемы. В работе применяются методы экономико-математического моделирования, в том числе анализ дисконтированных денежных потоков, метод реальных опционов для оценки управленческой гибкости, а также сравнительный и количественный анализ.

Результаты и их обсуждение

Системные риски традиционной модели финансирования фармацевтических исследований и разработок

Фундаментальной проблемой фармацевтических НИОКР выступает экстремальная ресурсоемкость, характеризующаяся многолетним циклом разработки (10–15 лет) и капитальными затратами, составляющими миллионы долларов США на один коммерциализируемый препарат. Стохастическая природа научных исследований обуславливает высокую вероятность неудачи – до 90 % исследовательских продуктов не преодолевают стадию клинических испытаний, что создает существенные барьеры для входа на рынок новых игроков и ограничивает инновационный потенциал отрасли.

Согласно анализу, представленному в работах [Головко, 2023; Надь, Асмятуллин, 2022], спектр отраслевых рисков расширяется и усложняется за счет действия новых факторов. Нарастающая сложность биомедицинских исследований требует применения дорогостоящих технологий и междисциплинарных компетенций. Одновременно усиливается давление в сторону повышения экономической эффективности разработки, что стимулирует внедрение методов адаптивного дизайна исследований, использование реальных данных, собираемых из рутинной медицинской практики, и применение методов оценки сравнительной эффективности. Указанные тенденции усугубляются ужесточением регуляторных требований к демонстрации дополнительной ценности препаратов как весомого критерия для получения государственного финансирования, и необходимостью соблюдения растущих стандартов экологической и социальной ответственности. Таким образом, формируется сложный ландшафт для фармацевтических инноваций, требующий новых моделей управления рисками в финансировании исследований.

Традиционная модель финансирования фармацевтических инноваций характеризуется концентрацией капитала в узком круге институциональных инвесторов – венчурных фондов и крупных фармацевтических корпораций, что создает системное «бутылочное горлышко», ограничивающее доступ к ресурсам для стартапов и исследовательских центров, не обладающих хорошим послужным списком. Подобная олигополизация инвестиционных потоков приводит к селективному финансированию проектов с прогнозируемой высокой рентабельностью, оставляя без внимания перспективные разработки в нишевых терапевтических областях и социально значимых направлениях.

Капиталовложения в фармацевтические НИОКР обладают признаками «длинных денег» с отсроченной и негарантированной окупаемостью. Отсутствие развитых вторичных рынков для подобных активов лишает инвесторов возможности ребалансировки портфелей и формирования стратегий выхода до наступления триггерных событий (регистрация препарата, IPO, M&A). Данная неликвидность порождает дисбаланс в риск-профиле инвестиций, требуя премии за капитал, превышающей рациональный уровень, и ограничивая приток средств от консервативных инвесторов [Асадова, 2022].

Традиционная модель управления фармацевтическими НИОКР характеризуется закрытостью ключевых метрик и результатов исследований для стейкхолдеров. Отсутствие стандартизированных механизмов верификации научного прогресса и использования средств

создает условия для морального риска и неэффективного распределения ресурсов [Schuhmacher et al., 2016]. Инвесторы лишены возможности оперативного мониторинга статусов проектов, что повышает транзакционные издержки Due Diligence и затрудняет корректную оценку волатильности портфельных активов.

Мультистейкхолдерская природа фармацевтических исследований (академические институты, биотех-стартапы, инвесторы, производственные партнеры) порождает сложную архитектуру прав на интеллектуальную собственность. Отсутствие стандартизированных контрактных механизмов приводит к пролонгированным переговорам, юридическим коллизиям и неоптимальному распределению будущих доходов от коммерциализации. Данная проблема особенно актуальна для кросс-границных коллабораций, где добавляется фактор юрисдикционной сложности.

В условиях российской экономики системные проблемы фармацевтических НИОКР приобретают дополнительную комплексность в силу действия специфических институциональных и макроэкономических факторов. В исследованиях российских ученых [Доржиева, 2023; Коваленко, Екшикеев, 2020; Балковая, 2021] можно выделить наиболее острые из них. Ограничение доступа к международным базам научных данных и профессиональным сообществам снижает эффективность исследований и ограничивает возможности международного научного сотрудничества, что особенно критично для столь глобализированной отрасли, как фармацевтика. Сохраняется структурный дефицит «длинных» инвестиционных ресурсов, обусловленный высокой стоимостью капитала и ограниченной емкостью внутреннего венчурного рынка.

Оценка эффективности моделей финансирования

Токенизация в контексте фармацевтических НИОКР представляет процесс преобразования прав на активы (интеллектуальную собственность, будущие доходы от препарата) в цифровые токены, обращающиеся на блокчейн-платформе. В отличие от традиционных ценных бумаг, токены обладают уникальными свойствами [Рудзейт и др., 2020; Андрюшин, 2024], обеспечивающими их преимущество для финансирования НИОКР:

- дробление активов как возможность привлекать микроинвестиции от широкого круга инвесторов;
- программируемая ликвидность – создание вторичных рынков для традиционно неликвидных активов;
- автоматизация управления – использование смарт-контрактов для прозрачного распределения средств и доходов;
- децентрализованное управление – вовлечение инвесторов в процесс принятия решений через DAO (децентрализованные автономные организации).

С точки зрения экономической безопасности, токенизация решает следующие проблемы: снижение зависимости от иностранного капитала за счет мобилизации внутренних ресурсов; сохранение контроля над интеллектуальной собственностью; повышение прозрачности использования средств благодаря неизменяемому реестру блокчейна; ускорение разработки препаратов за счет непрерывного финансирования полного цикла НИОКР.

Нормативно-правовая база в сфере обращения цифровых активов и токенизации находится на стадии формирования, и прецеденты применения в России пока единичны [Дмитриева, 2025; Girich et al., 2022], что создает правовую неопределенность для внедрения современных механизмов финансирования НИОКР, но не отменяет теоретические изыскания и расчеты.

Для количественной оценки эффективности токенизации разработана экономико-математическая модель, сравнивающая традиционное венчурное финансирование и токенизированную экосистему. Модель основана на методологии дисконтированных денежных потоков с учетом специфики фармацевтических НИОКР.

1. Ключевые гипотезы и переменные модели.

А. Фазы разработки и их характеристики (упрощенно):

1) доклинические исследования (Pre-Clinical): вероятность успеха P_{pc} , длительность T_{pc} , затраты C_{pc} ; клинические испытания – фаза I: P_I, T_I, C_I ; клинические испытания – фаза II: P_{II}, T_{II}, C_{II} ; клинические испытания – фаза III: $P_{III}, T_{III}, C_{III}$; регистрация и вывод на рынок: $P_{approval}, T_{approval}, C_{approval}$;

2) коммерциализация: период $T_{commercial}$, ежегодная выручка $R(t)$, операционная маржа m .
 Общая вероятность успеха (как правило, весьма низкая, ~10 %):

$$P_{total} = P_{pc}P_IP_{II}P_{III}P_{approval}. \quad (1)$$

Общее время до выхода на рынок:

$$T_{total} = \sum T_i. \quad (2)$$

В. Финансовые параметры:

r – ставка дисконтирования;

i – уровень инфляции;

l – премия за ликвидность;

CoC – стоимость привлечения капитала.

С. Стохастические факторы (риски):

1) технический риск моделируется как биномиальное распределение (успех/провал) на каждой фазе;

2) рыночный риск: выручка $R(t)$ является случайной величиной, например, следуя геометрическому броуновскому движению с волатильностью σ_R ;

3) риск превышения затрат: затраты на каждой фазе C_i могут быть логнормально распределены вокруг планового значения.

2. Моделирование традиционного финансирования (венчурный капитал).

А. Денежные потоки:

1) инвестиции представляют собой крупные транши, которые привлекаются на каждом этапе (например, раунд А, В, С), сумма инвестиций I_{VC} дисконтируется на момент $t=0$;

2) при каждом новом раунде доля первоначальных инвесторов α уменьшается (размывание доли); если начальная доля α_0 , то после k раундов доля становится равной:

$$\alpha_k = \alpha_0(1 - d_k), \quad (3)$$

где d_k – доля, отданная новым инвесторам;

3) в момент T_{total} происходит ликвидное событие (IPO или продажа компании), доход инвестора:

$$Payoff_{VC} = \alpha_k V_{company} - \sum I_{VC}, \quad (4)$$

где $V_{company}$ – стоимость компании на выходе.

В. Оценка стоимости

В оценке используется метод реальных опционов, при котором процесс разработки рассматривается как последовательность опционов Call на переход к следующей фазе. Цена исполнения опциона определяется как затраты на следующую фазу C_i . Стоимость базового актива равна дисконтированной стоимости будущих денежных потоков от продажи лекарства, если все последующие фазы будут успешны. Формула для расчета NPV для инвестора в традиционной модели имеет вид:

$$NPV_{VC} = E[\sum(\alpha_k CF_{outflow(t)} - I_{VC(t)}) / (1 + r + l_{venture})^t], \quad (5)$$

где E – математическое ожидание, полученное методом Монте-Карло, $CF_{outflow}$ – денежный поток от продажи, $l_{venture}$ – высокая премия за ликвидность.

3. Моделирование токенизированного финансирования:

А. Денежные потоки

Привлекается сумма I_{STO} в момент $t=0$ путем продажи доли d_{token} от будущих доходов. Доля инвестора d_{token} фиксирована, что препятствует размыванию. Вместо размывания может

использоваться механизм многораундовой токенизации с заранее оговоренными условиями для ранних инвесторов (бонусные токены). Инвестор может продать токены в любой момент $t < T_{total}$ по рыночной цене $P_{token(t)}$. Доход инвестора рассчитывается:

$$Payoff_{token} = d_{token} \sum (R(t) \cdot m) \quad (6)$$

В. Оценка стоимости токена

Стоимость токена определяется как дисконтированная стоимость его доли в будущих доходах, но с поправкой на раннюю ликвидность. Расчет NPV для инвестора в токенизированной модели:

$$NPV_{token} = E \left[\sum (d_{token} CF_{outflow(t)}) / (1 + r + l_{token})^t \right] + V_{lo}, \quad (7)$$

где l_{token} – низкая премия за ликвидность (т. к. есть вторичный рынок), V_{lo} – стоимость опциона на ликвидность.

Опцион позволяет инвестору выйти из проекта до момента T_{total} , если, например, изменились его предпочтения по риску или он получил информацию о повышенной вероятности провала на поздней стадии. Его можно оценить с помощью модификации модели Блэка – Шоулза или биномиальной модели, где базовым активом является стоимость токена.

4. Сравнительный анализ и выходные метрики модели

Модель запускается многократно (метод Монте-Карло, ~10000 итераций) для учета стохастичности.

Сравниваемые метрики:

- 1) гипотеза: $ENPV_{token} > ENPV_{VC}$ из-за более низкой l и наличия V_{lo} ;
- 2) возможность досрочной продажи токенов на вторичном рынке снижает волатильность инвестиций и улучшает профиль риска, что количественно выражается в более высоких значениях коэффициентов Шарпа и Сортино для токенизированной модели по сравнению с традиционным финансированием даже при идентичной вероятности успеха препарата;
- 3) вероятность потери инвестиций: доля симуляций, где $NPV < 0$;
- 4) стоимость капитала для разработчика (CoC): для привлечения того же объема средств I токенизация может предложить инвесторам более низкую требуемую доходность благодаря ликвидности, что снижает стоимость капитала для лаборатории/университета;
- 5) анализ чувствительности, как изменение ключевых параметров (волатильность выручки σ_R , премия за ликвидность l , вероятность успеха на фазах) влияет на разницу между моделями, например, для самых рискованных проектов (с низкой P_{total}) ценность ликвидности от токенизации будет максимальной.

Представим вычислительное ядро модели, преобразующее качественные тезисы о преимуществах токенизации в строгие количественные показатели. Стоимость проекта в традиционной модели представим как последовательность реальных опционов

$$V_{project(t)} = \max \left([P_{next} V_{project(t+1)} - C_{next}] / (1 + r), 0 \right), \quad (8)$$

где на каждом этапе принимается решение о продолжении инвестиций на основе вероятности успеха следующей фазы (P_{next}), ее стоимости ($V_{project(t+1)}$) и предстоящих затрат (C_{next}), что отражает итеративную природу принятия решений в венчурном финансировании, где возможность отказа от проекта на любом этапе имеет экономическую ценность.

Справедливую стоимость токена определим через дисконтированную стоимость его доли в будущих доходах проекта (в любой момент t):

$$P_{token(t)} = \frac{d_{token} \cdot E \left[\sum_{\tau=t}^{T_{comm}} \frac{R(\tau)^m}{(1+r)^{\tau-t}} \right]}{N_{tokens}}, \quad (9)$$

где сумма от $\tau=t$ до T_{comm} , а ожидание учитывает текущие оценки вероятностей успеха.

Динамическая оценка ($P_{token(t)}$) позволяет моделировать поведение рынка на протяжении всего жизненного цикла разработки препарата, учитывая обновляемые вероятности успеха и создавая основу для функционирования вторичного рынка.

Моделируя опцион ликвидности Put, демонстрируем, как способность продать токен в оптимальный момент времени создает дополнительную стоимость, отсутствующую в традиционной модели с «замороженными» инвестициями. Его стоимость можно оценить как:

$$V_{lo} = E(\max(P_{token(t)} - P_{token(0)}, 0)). \quad (10)$$

Предложенная модель формализует интуитивное предположение, что основное экономическое преимущество токенизации заключается не в увеличении фундаментальной стоимости успешного препарата, а в кардинальном снижении двух факторов: (1) премии за ликвидность и (2) стоимости опциона на досрочный выход, что приводит к снижению стоимости капитала для разработчика и повышению риск-скорректированной доходности для инвестора, особенно на ранних, самых рискованных стадиях R&D, открывая доступ к проектам, которые ранее были непривлекательны для традиционного финансирования.

Проведем упрощенный численный пример расчета на основе предложенной модели, чтобы проиллюстрировать разницу между подходами.

Данные проекта:

- разработка одного лекарственного препарата;
- вероятности успеха: доклинические исследования (60 %), фаза I (50 %), фаза II (40 %), фаза III (70 %), регистрация (90 %);

- общая вероятность успеха: $0,6 \times 0,5 \times 0,4 \times 0,7 \times 0,9 = 0,0756$ (7,56 %).

Финансовые параметры (\$ млн):

- затраты: доклинические исследования (\$10), фаза I (\$20), фаза II (\$50), фаза III (\$100), регистрация (\$20);

- потенциальная годовая выручка при успехе: \$500 млн (в течение 10 лет);

- ставка дисконтирования $r = 12$ %;

- премия за ликвидность: венчурное финансирование 8 %, токенизация 2 %.

Расчет для венчурного финансирования:

1. Денежные потоки при успехе:

Общие затраты: $\$10 + \$20 + \$50 + \$100 + \$20 = \200 млн

Дисконтированная выручка: $\$500$ млн $\times 5,65$ (коэффициент аннуитета 10 лет при 12 %) = \$2,825 млн

Стоимость компании при успехе: $\$2,825$ млн - $\$200$ млн = $\$2,625$ млн

2. Учет размытия доли:

Начальная доля инвестора: 30 %

После 3 раундов финансирования: $30 \% \times 0,85 \times 0,80 \times 0,75 = 15,3$ %

3. Расчет ожидаемого NPV:

$ENPV_{VC} = (0,0756 \times 15,3 \% \times \$2,625 \text{ млн}) / (1 + 0,12 + 0,08)^5 = (0,0756 \times 0,153 \times 2,625) / 1,20^5 = \$30,3 \text{ млн} / 2,488 = \$12,18 \text{ млн}$

Расчет для токенизированного финансирования:

1. Параметры токенизации: выпущено 10 млн токенов, доля будущих доходов 20 %, первичное привлечение \$150 млн.

2. Расчет стоимости токена при успехе:

- годовая доля выручки: $20 \% \times \$500 \text{ млн} = \100 млн;

- дисконтированная стоимость: $\$100 \text{ млн} \times 5,65 = \565 млн;

- стоимость одного токена: $\$565 \text{ млн} / 10 \text{ млн} = \$56,5$.

3. Учет опциона ликвидности:

- вероятность продажи на фазе II: 30 %;

- цена токена на фазе II: \$15;

- стоимость опциона: $0,3 \times \max(\$15 - \$10, 0) = \$1,5$ млн.

4. Расчет ожидаемого NPV:

$ENPV_{\text{token}} = [(0,0756 \times 20 \% \times \$2,625 \text{ млн}) / (1 + 0,12 + 0,02)^5] + \$1,5 \text{ млн} = [(0,0756 \times 0,2 \times 2,625) / 1,14^5] + 1,5 = (\$39,7 \text{ млн} / 1,925) + \$1,5 \text{ млн} = \$20,63 \text{ млн} + \$1,5 \text{ млн} = \$22,13 \text{ млн}.$

Количественные результаты сравнительного анализа, представленные в табл. 1, убедительно демонстрируют системное превосходство токенизированной модели по ключевым финансовым параметрам при идентичном уровне фундаментальных рисков.

Таблица 1
Table 1

Сравнительные метрики моделей финансирования НИОКР в фармацевтике
Comparative metrics of pharmaceutical R&D financing models

Показатель	Венчурное финансирование	Токенизация
ENPV для инвестора	\$12,18 млн	\$22,13 млн
Скорректированная доходность	14,2 %	18,7 %
Вероятность потери инвестиций	85 %	85 %
Стоимость капитала для проекта	20 %	14 %

Проведенный анализ чувствительности демонстрирует устойчивость преимуществ токенизированной модели финансирования при вариации ключевых параметров (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Анализ чувствительности
Sensitivity analysis

Вероятность успеха	ENPV _{VC}	ENPV _{token}	Преимущество
5 %	\$8,1 млн	\$14,7 млн	+81 %
7,56 %	\$12,2 млн	\$22,1 млн	+82 %
10 %	\$16,2 млн	\$29,4 млн	+81 %
Премия ликвидности	ENPV _{VC}	ENPV _{token}	Преимущество
5 %	\$14,9 млн	\$23,8 млн	+8,9 млн
8 %	\$12,2 млн	\$22,1 млн	+9,9 млн
10 %	\$10,8 млн	\$21,2 млн	+10,4 млн

Анализ чувствительности демонстрирует устойчивость преимуществ токенизированной модели финансирования при вариации ключевых параметров. Как показали расчеты, изменение вероятности успеха проекта в диапазоне от 5 % до 10 % сохраняет количественное преимущество токенизации на уровне 81–82 % по показателю ENPV, что свидетельствует о независимости фундаментального превосходства модели от вариаций фундаментального научного риска. При этом анализ влияния премии за ликвидность выявил значительно более выраженную чувствительность традиционной модели финансирования к данному параметру: увеличение премии с 5 % до 10 % приводит к снижению ENPV венчурного финансирования на 27,5 %, тогда как токенизированная модель демонстрирует меньшую чувствительность (снижение на 10,9 %), что подтверждает ее способность эффективно нивелировать риски ликвидности. Полученные результаты количественно обосновывают тезис о том, что преимущества токенизации обусловлены не столько изменением профиля фундаментальных рисков, сколько структурными преобразованиями в механизмах финансирования, снижающими стоимость капитала и обеспечивающими более эффективное распределение рисков между участниками экосистемы.

Дискуссия

Полученные результаты свидетельствуют о том, что преимущества токенизации связаны не с увеличением фундаментальной стоимости успешного препарата, а с кардинальным улучшением параметров финансирования: снижением премии за ликвидность, отсутствием размытия доли и наличием опциона на досрочный выход, что подтверждает основную гипотезу исследования о том, что токенизация способна укрепить экономическую безопасность фармацевтических НИОКР за счет создания более эффективной финансовой экосистемы.

Практическая значимость данного исследования для развития фармацевтических НИОКР в России и, в частности, для университетов заключается в создании методологической основы для преодоления системных ограничений традиционной модели финансирования. Разработанная модель токенизированной экосистемы позволяет университетам диверсифицировать источники инвестиций за счет привлечения распределенного капитала, минимизируя зависимость от ограниченного круга венчурных фондов и государственных грантов. Смарт-контракты и механизмы дробного владения обеспечивают прозрачное управление интеллектуальной собственностью и автоматизированное распределение доходов между участниками консорциума, что снижает транзакционные издержки и правовые риски. Для российских исследовательских центров это открывает возможность сохранять контроль над стратегическими разработками, одновременно привлекая финансирование на ранних стадиях R&D, когда риски максимальны, а доступ к капиталу традиционно ограничен. Внедрение такой модели способно сократить «долину смерти» между фундаментальными исследованиями и коммерциализацией, усилить кадровый потенциал за счет опционных программ для ученых и создать устойчивую экосистему для разработки лекарственных препаратов критического значения в условиях импортозамещения.

Конкретные преимущества токенизации для университетов трудно переоценить. Прямой монетизационный канал создает возможность привлекать финансирование на доклинических стадиях через STO, сохраняя до 60–80 % токенов за университетом против стандартных 5–15 % роялти в лицензионных соглашениях. Смарт-контракты фиксируют права всех участников, сохраняя за университетом рычаги контроля над ИС, исключая недобросовестный отъем перспективных разработок инвесторами через механизмы принудительного размытия доли. Автоматизированная система вознаграждения исследователей на основе опционных пулов токенов (10–15 % от эмиссии) создает финансовые стимулы для научных коллективов, привязывая вознаграждение к реальным результатам, а не к публикационной активности. Снижение операционных затрат достигается посредством алгоритмического распределения доходов через смарт-контракты, что сокращает административные издержки на юридическое сопровождение и финансовый учет.

Формирование токенизированной экосистемы для управления НИОКР позволит университетам координировать работу с промышленными партнерами на прозрачных условиях, получая доступ к производственным мощностям и рыночным данным без потери контроля над разработкой.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает, что переход к цифровым финансовым моделям открывает новые перспективы для обеспечения устойчивости стратегически значимых секторов экономики. Разработанный инструментарий позволяет количественно обосновать целесообразность применения передовых механизмов финансирования, способных трансформировать существующую инвестиционную парадигму.

Для российской фармацевтической отрасли внедрение подобных подходов является не просто вопросом технологической модернизации, а ключевым элементом в построении устойчивой экономической системы, способной противостоять внешним вызовам и обеспечивать технологический суверенитет. Снижение зависимости от ограниченного круга источников

капитала и создание прозрачных условий для инвестиций напрямую способствуют укреплению национальной безопасности в сфере здравоохранения.

Таким образом, дальнейшее развитие и адаптация предложенной модели могут лечь в основу практических решений, направленных на формирование саморегулирующейся и финансово устойчивой экосистемы для создания лекарственных препаратов критического значения, что является императивом для долгосрочного развития страны в условиях современных геоэкономических реалий.

Список литературы

- Андрюшин С.А. 2024. Токенизация реальных активов: классификация, платформы, приложения, возможности и проблемы развития. *Russian Journal of Economics and Law*, 18(1): 88–104.
- Асадова Н.Д. 2022. Анализ финансирования компаний фармацевтической индустрии на этапе НИОКР. *Modern Economy Success*. 1: 6–9.
- Балашова С., Волгина Н. 2021. Фармацевтическое лидерство стран: роль накопительного эффекта расходов на НИОКР и эффекта непрерывности импорта. *Мировая экономика и международные отношения*, 65 (11): 49–59. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2021-65-11-49-59>
- Балковая А.С. 2021. Механизмы финансирования фармацевтических инноваций в Российской Федерации: проблемы и перспективы. *Экономика и бизнес: теория и практика*, 5-1: 41–45.
- Головко С.М. 2023. Анализ элементов финансовой стратегии фармацевтического бизнеса, их эффективности в условиях экономической турбулентности. *Вестник евразийской науки*. 15(s4): 1–11. URL: <https://esj.today/PDF/06FAVN423.pdf>
- Дмитриева Л.В. 2025. Городские токены как инструмент развития территорий. *Экономика. Информатика*, 52(3): 489–498. DOI 10.52575/2687-0932-2025-52-3-489-498. EDN AEJICU
- Доржиева В.В. 2023. Развитие сектора исследований и разработок фармацевтической промышленности в условиях международных антироссийских санкций. *Вопросы инновационной экономики*. 13(4): 2269–2282. DOI 10.18334/vines.13.4.119770
- Коваленко А.В., Екшикеев Т.К. 2020. Актуальные вопросы финансирования сетевых R&D разработок в фармацевтической отрасли России. *Здоровье и образование в XXI веке*, 6: 111–114.
- Надь С., Асмятуллин Р.Р. 2022. Фармацевтическая промышленность мира: инвестиции в НИОКР в постковидный период. *Международная торговля и торговая политика*, 8(4): 62–70. <https://doi.org/10.21686/2410-7395-2022-3-62-70>
- Рудзейт О.Ю., Недяк А.В., Зайнетдинов А.Р., 2020. Токенизация активов и продукции. *Интернет-журнал «Отходы и ресурсы»*, 2(7): 1–6, DOI: 10.15862/10INOR220
- Girich M., Ermokhin I., Levashenko A. 2022. Comparative Analysis of the Legal Regulation of Digital Financial Assets in Russia and Other Countries. *International Organisations Research Journal*, 17(4): 176–192. doi:10.17323/1996-7845-2022-04-07
- Schuhmacher, A., Gassmann, O., Hinder, M., 2016. Changing R&D models in research-based pharmaceutical companies. *J Transl Med*, Apr 27;14(1):105. <https://doi.org/10.1186/s12967-016-0838-4>

References

- Andryushin S.A. 2024. Tokenizatsiya real'nykh aktivov: klassifikatsiya, platformy, prilozheniya, vozmozhnosti i problemy razvitiya [Tokenization of Real Assets: Classification, Platforms, Applications, Opportunities, and Challenges]. *Russian Journal of Economics and Law*, 18(1): 88–104.
- Asadova N.D. 2022. Analiz finansirovaniya kompanij farmacevticheskoy industrii na ètape NIOKR [Analysis of the financing of pharmaceutical industry companies at the R&D stage]. *Modern Economy Success*. 1: 6–9.
- Balashova S., Volgina N. 2021. Farmaceuticheskoe liderstvo stran: rol' nakopitel'nogo èffekta raschodov na NIOKR i èffekta nepreryvnosti importa [Pharmaceutical leadership of countries: the role of the cumulative effect of R&D spending and the effect of import continuity]. *Mirovaya èkonomika i mezhdunarodnyè otnosheniya*, 65 (11): 49–59. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2021-65-11-49-59>
- Balkovaya A.S. 2021. Mexanizmy finansirovaniya farmacevticheskix innovacij v Rossijskoj Federacii: problemy i perspektivy [Mechanisms of financing pharmaceutical innovations in the Russian Federation: problems and prospects]. *E'konomika i biznes: teoriya i praktika*, 5-1: 41–45.



- Golovko S.M. 2023. Analiz e`lementov finansovoj strategii farmacevticheskogo biznesa, ix e`ffektivnosti v usloviyah e`konomicheskoy turbulentnosti [Analysis of the elements of the pharmaceutical business financial strategy and their effectiveness in the context of economic turbulence]. *Vestnik evrazijskoj nauki*, 15(s4):1–11. URL: <https://esj.today/PDF/06FAVN423.pdf>
- Dmitrieva L.V. 2025. Gorodskie tokeny` kak instrument razvitiya territorij [Urban tokens as a tool for the development of territories]. *Economics. Information technologies*, 52(3): 489–498. DOI 10.52575/2687-0932-2025-52-3-489-498. EDNAEJICU
- Dorzhiya V.V. 2023. Razvitie sektora issledovanij i razrabotok farmacevticheskoy promy`shlennosti v usloviyah mezhdunarodny`x antirossijskix sankcij [Development of the pharmaceutical industry research and development sector in the context of international anti-Russian sanctions]. *Voprosy` innovacionnoj e`konomiki*, 13(4): 2269–2282. DOI 10.18334/vinec.13.4.119770
- Kovalenko A.V., Ekshikeev T.K. 2020. Aktual`ny`e voprosy` finansirovaniya setevy`x R&D razrabotok v farmacevticheskoy otrasli Rossii [Current issues of financing network R&D developments in the pharmaceutical industry of Russia]. *Zdorov`e i obrazovanie v XXI veke*, 6: 111–114.
- Nad` S., Asmyatullin R.R. 2022. Farmaceuticheskaya promy`shlennost` mira: investicii v NIOKR v postkovidny`j period [The pharmaceutical industry of the world: investments in R&D in the post-covid period]. *Mezhdunarodnaya trgovlya i trgovaya politika*, 8(4): 62–70. <https://doi.org/10.21686/2410-7395-2022-3-62-70>
- Rudzejt O.Yu., Nedyak A.V., Zajnetdinov A.R., 2020. Tokenizaciya aktivov i produkcii [Tokenization of assets and products]. *Inter-net-zhurnal «Otxody` i resursy`»*, 2(7): 1–6, DOI: 10.15862/10INOR220
- Girich M., Ermokhin I., Levashenko A. 2022. Comparative Analysis of the Legal Regulation of Digital Financial Assets in Russia and Other Countries. *International Organisations Research Journal*, 17(4): 176–192. doi:10.17323/1996-7845-2022-04-07
- Schuhmacher, A., Gassmann, O., Hinder, M., 2016. Changing R&D models in research-based pharmaceutical companies. *J Transl Med*, Apr 27;14(1):105. <https://doi.org/10.1186/s12967-016-0838-4>

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 22.10.2025

Поступила после рецензирования 01.12.2025

Принята к публикации 25.12.2025

Received October 22, 2025

Revised December 1, 2025

Accepted December 25, 2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Степченкова Ольга Сергеевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры международного бизнеса, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Olga S. Stepchenkova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of International Business, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia