

Научная статья

Original article

УДК 631.1; 632.93; 577.2

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_12_283

edn: JBEJNB

ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ В США
TRENDS IN MODERN AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY IN THE
UNITED STATES



Жиганова Лариса Петровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института США и Канады Российской академии наук (ИСКРАН), Российская Федерация, 121069, Москва, Хлебный пер., д.2/3 (Larissa-Zhiganova@yandex.ru)

Zhiganova Larissa Petrovna, PhD in Biology, senior researcher, Institute of USA and Canada Studies, Russian Academy of Sciences (ISKRAN) 2/3 Khlebny pereulok, Moscow, Russian Federation 121069, e-mail: Larissa-Zhiganova@yandex.ru

Аннотация. Развитие биотехнологий в животноводстве, сельском хозяйстве, здравоохранении и ряде промышленных отраслей в США является стратегическим приоритетом на ближайшие десять лет. Внедрение искусственного интеллекта, развитие синтетической биологии и геномного редактирования растений и животных, культивация альтернативных белков и создание качественного гибридного мяса в биореакторах приведет к переформатированию традиционных секторов агропромышленного комплекса. Рост рынка биотехнологий в США будет определяться мощной научной базой, венчурным капиталом и последовательной национальной стратегией, закрепленной в регуляторных и исполнительных документах, с

четко обозначенной необходимостью сохранить лидерские позиции в развитии ключевой технологии будущего.

Abstract. The development of biotechnology in livestock farming, agriculture, healthcare, and a number of industrial sectors in the United States is a strategic priority for the next ten years. The implementation of artificial intelligence, the development of synthetic biology and genome editing in plants and animals, the cultivation of alternative proteins, and the creation of high-quality hybrid meat in bioreactors will lead to a transformation of traditional sectors of the agro-industrial complex. The growth of the US biotechnology market will be driven by a strong scientific base, venture capital, and a consistent national strategy, enshrined in regulatory and executive documents, clearly articulated to maintain leadership in the development of key technologies of the future.

Ключевые слова: биотехнологии в сельском хозяйстве и животноводстве, геномное редактирование CRISPR, биотопливо, биопестициды, культивируемое мясо, альтернативные белки

Keywords: biotechnology in agriculture and livestock, CRISPR gene editing, biofuels, biopesticides, cultured meat, alternative proteins

Введение

В течение ближайших десяти лет ключевыми технологическими трендами, которые будут определять стратегический контекст развития биотехнологий в сельском хозяйстве, животноводстве, а также здравоохранении и различных отраслях промышленности США, являются следующие:

- повсеместное внедрение искусственного интеллекта и предиктивной аналитики, что откроет рынок продуктов для прогнозного обслуживания, гипер-персонализированных услуг и автоматизации сложных бизнес-процессов;
- развитие синтетической биологии с формированием новых рынков биоматериалов и устойчивых сельхозкультур, персонализированной

медицины, альтернативных белков и синтетического мяса, а также переформатирование традиционных отраслей, в частности, животноводства, переход к рутинному геномному редактированию животных;

- ускоренный переход к зеленой энергетике и возобновляемым ресурсам (рост рынков водородной энергетики, систем хранения энергии, переработки отходов и производства экологичных материалов, ужесточение углеродного регулирования).

Данные тенденции развития носят сквозной характер и стирают границы между отраслями, а для США технологическое лидерство рассматривается как вопрос национальной безопасности и экономического суверенитета. В «Американской стратегии развития инновационных агробiotехнологий» («U.S. Agriculture Innovation Strategy») зафиксировано, что стратегическое планирование до 2030 года критически важно для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития агросектора [1]. Биотехнологии рассматриваются как ключевой инструмент для преодоления таких глобальных вызовов, как изменение климата, нехватка воды и растущий спрос на белок, и создания более устойчивой национальной продовольственной системы [2].

Экономика развития рынка биотехнологий

В текущем 2025 году мировой рынок биотехнологий составляет около 1,77 трлн долларов США. По данным опубликованных прогнозов, в 2026 году он вырастет до 2,02 трлн долларов США, а к 2034 году – капитализация рынка составит примерно 5,71 трлн долларов США (рис. 1). Доходность глобального рынка биотехнологий за прошедший год оценивается в 1,55 трлн долл., при этом доля США и Канады составляет 37,42% от общей выручки со среднегодовыми темпами роста (CAGR) 13,9%. Однако самый интенсивный рост эксперты ожидают в странах Азиатско-Тихоокеанского региона – 14,8% к 2034 г.

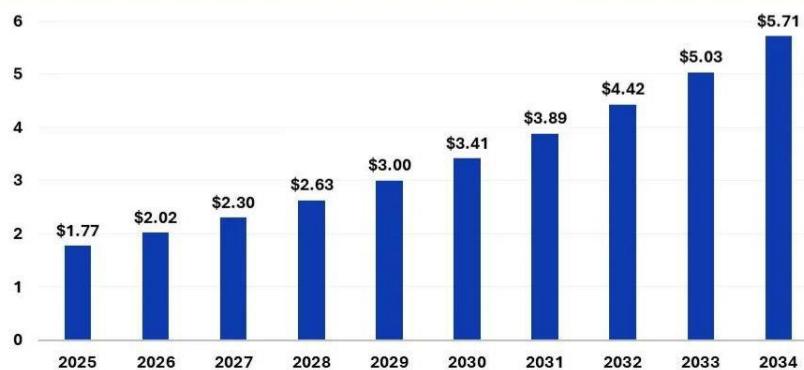


Рисунок 1. Прогнозируемый рост мирового рынка биотехнологий до 2034 г. (триллионы долл. США) [3]

На текущий момент за 2024 год при распределении по долям рынка лидирует сегмент биофармацевтики – 42% (рис. 2), и ожидается, что он будет расти в течение всего десятилетия со среднегодовым темпом 13,2%. При этом, среди инновационных технологий самую высокую долю рынка занял сегмент тканевой инженерии – 19,17% в 2024 г, а наиболее интенсивный рост – 15,1% – ожидается у компаний, занимающихся хроматографией.

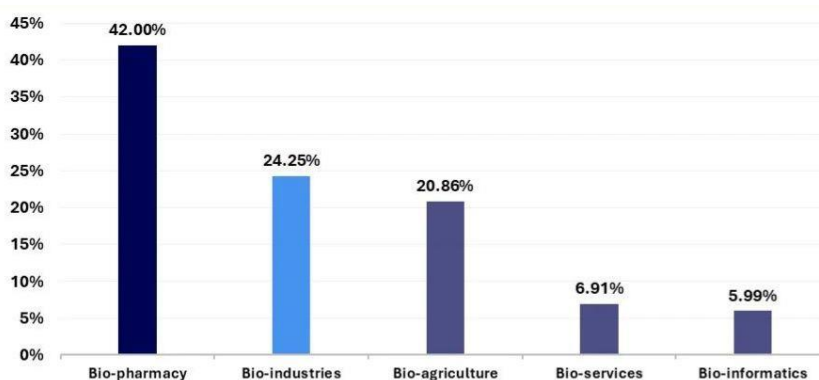


Рисунок 2. Распределение доходности по отраслям рынка биотехнологий за 2024 год [3]

Высокие показатели обеспечивались главным образом растущим спросом на биопрепараты и улучшенные свойства пищевых продуктов. Однако и в других сегментах сохраняется устойчивая тенденция к росту (табл. 1).

Таблица 1. Выручка глобального рынка биотехнологий в 2022-2024 гг.

Биотехнологии в различных сегментах рынка	Период, гг. (млрд долл. США)		
	2022	2023	2024
Биофармацевтика	507,57	575,26	652,56
Биотехнологии промышленности	298,88	335,41	376,75
Биотехнологии в сельском хозяйстве	253,40	286,43	324,06
Биоинформатика	72,55	82,23	93,04

Источник: [3,4].

При сравнительном анализе за последние три года сектор тканевой инженерии и регенерации занял наибольшую долю рынка по доходности – 19,17% в 2024 г., – что обусловлено высокой востребованностью в здравоохранении. В ближайшей перспективе наиболее быстрый рост ожидается в области хроматографии (CAGR до 15,1%), поскольку эти методы позволяют получать высокоточные результаты.

Таблица 2. Выручка глобального рынка биотехнологий в 2022-2024 гг. (продолжение).

Область применения биотехнологий	Период, гг. (млрд долл. США)		
	2022	2023	2024
Ферментация	103,04	116,39	131,58
Тканевая инженерия и регенерация	236,90	265,50	297,81
ПЦР-технологии	63,08	70,78	79,49
Нанобиотехнологии	43,28	49,24	56,07
Хроматография	30,41	33,61	37,18
Клеточный анализ (Cell-Based Assay)	157,35	178,64	203,01
Секвенирование ДНК	203,70	229,01	257,70

Источник: [3,4].

Основные факторы роста рынка биотехнологий

Искусственный интеллект.

Ключевым фактором, оказывающим влияние на состояние рынка, как в настоящее время, так и в долгосрочной перспективе является применение

искусственного интеллекта (ИИ). Алгоритмы ИИ не только ускоряют сам процесс исследований, но также повышают точность результатов и снижают расходы компаний. Развитие технологических достижений, таких как генное редактирование CRISPR, применение ИИ в создании лекарственных препаратов (более эффективное распознавание клеток-мишеней, прогнозирование свойств молекул, интерпретация генов), подкрепляется растущим спросом на прецизионную медицину, активными процессами цифровизации в сфере биоинформатики и геномики. Также, в развивающихся странах рынок стимулируется через упрощение регулирования со стороны надзорных органов для ускорения вывода продуктов для массового потребления и компенсации затрат разработчикам и производителям. Растущий спрос на экологичные методы земледелия стимулирует разработку новых вариантов генетически модифицированных культур, более устойчивых к изменению климата, вредителям и болезням [5].

Прецизионная медицина и генная терапия.

Другим драйвером роста станут достижения в области прецизионной медицины и генной терапии. Основная задача здравоохранения будущего – перейти от лечения симптомов к точечному исправлению причин заболеваний на генетическом уровне. В предстоящие десять лет ожидается взрывной рост клеточных (CAR-T) и генных таргетных препаратов для лечения онкологических, редких (орфанных) и наследственных заболеваний. Технологии редактирования генома CRISPR перейдут из стадии исследований в активную клиническую практику. Это открывает окно возможностей для перехода к прецизионной медицине, которая будет адаптирована к индивидуальным генетическим профилям. Компании, специализирующиеся на генетическом тестировании, идентификации биомаркеров и персонализированных стратегиях лечения, будут использовать подобный растущий спрос [4,6]. Доминирующие позиции в

этом направлении принадлежат американским корпорациям-гигантам, которые ведут подобные разработки самым активным образом (см. табл. 3).

Таблица 3. Мировые лидеры в области биотехнологий фармацевтического сектора.

Компания	Специализация в биотехнологии
«Джонсон энд Джонсон», США (Johnson & Johnson)	глобальная медицинская компания, работающая в области фармацевтики, медицинских устройств, разрабатывает биологические препараты, вакцины клеточной и генной терапии
«Амген», США (Amgen)	ведущая биотехнологическая компания, специализируется на инновационных биопрепаратах, включая моноклональные антитела и рекомбинантные белки для применения в онкологии, нефрологии и при аутоиммунных заболеваниях
Пфайзер, США (Pfizer)	разрабатывает вакцины, таргетные препараты генной терапии и препараты на основе мРНК
«Мерк энд Ко», США Merck & Co	Разрабатывает биопрепараты и вакцины для иммунотерапии рака, интегрирует НИОКР с крупномасштабным производством и коммерциализацией
«Гилеад Сайенсис», США (Gilead Sciences)	Специализируется на противовирусной терапии, клеточной и генной терапии и иммунологии, в частности известна разработкой методов лечения ВИЧ и вирусного гепатита, а также онкологических заболеваний (Biktarvy и Trodelvy)
«Биоген», США (Biogen)	Является разработчиком биопрепаратов для неврологических и нейродегенеративных заболеваний (рассеянный склероз и другие редкие неврологические болезни)
«Модерна», США (Moderna)	Пионер в области технологий с мРНК, работает над вакцинами и лекарственными препаратами с возможностью быстрого дизайна и масштабируемого производства
«Регенерон Фармасьютикалс», США (Regeneron Pharmaceuticals)	Разрабатывает моноклональные антитела и другие биопрепараты для воспалительных, сердечно-сосудистых и глазных заболеваний
«Новавакс», США (Novavax)	Сфокусирована на рекомбинантных белковых вакцинах и инновационных нанотехнологиях
«Вертекс Фармасьютикалс»	Специализируется на биопрепаратах при

(Vertex Pharmaceuticals)	генетических заболеваниях (напр., муковисцидоз)
«БиоНтех», Германия (BioNTech)	Автор инноваций в области мРНК-вакцин и персонализированной иммунотерапии, один из лидеров в биотехнологиях для онкологии и инфекционных заболеваний.
«CRISPR Терапевтикс», Швейцария, США (CRISPR Therapeutics)	Пионер в области геномного редактирования, использует технологию CRISPR-Cas9 для разработки препаратов для лечения генетических и орфанных заболеваний

Источник: [3,7].

Биопроизводство и синтетическая биология.

Последние достижения в этой области позволяют использовать живые клетки (дрожжей, бактерий и др.) в качестве «фабрик» по производству практически любого продукта, начиная от лекарственных препаратов и вакцин до различных полимерных материалов и биотоплива. Синтетическая биология в ближайшем будущем позволит проектировать микроорганизмы с заданными свойствами для создания новых биоразлагаемых пластиков, экологически чистых химикатов и устойчивых к болезням сельскохозяйственных культур [8]. Приоритетная задача – создание национальной экосистемы биопроизводства для снижения зависимости от зарубежных цепочек поставок. В США прямые государственные инвестиции в эту область одновременно стимулируют интерес крупных частных корпораций к «зеленым» технологиям.

Цифровое здоровье и ИИ-биотех.

Интеграция искусственного интеллекта и больших данных (big data) в биологические исследования обладает громадным потенциалом. ИИ станет рутинным инструментом анализа медицинских изображений и подбора персонализированных схем лечения, открытия новых лекарств и распознавания трехмерной структуры белков. Сегодня это уже делает AlphaFold (разработка корпорации Google DeepMind) [9]. Программа на основе искусственного интеллекта с высокой точностью предсказывает

трехмерную структуру белков по их аминокислотной последовательности. Это революционное достижение в биологии, которое доступно для использования учеными по всему миру в том числе и для некоммерческих исследований. Участие крупнейших в мире IT-компаний (Google, IBM) подразумевает использование огромных объемов медицинских данных, а также всплеск инвестиций в биомедицинские стартапы [10].

Трансформация отрасли животноводства

К 2030 году биотехнологии в животноводстве США будут ориентированы на создание высокопродуктивных, устойчивых к болезням и климатическим стрессам пород с минимальным воздействием на окружающую среду, а управление процессами будет выполняться при помощи автоматизированных систем сбора и анализа данных.

Геномная селекция станет рутинным стандартизированным процессом, ожидается массовое использование высокоплотного генотипирования и геномной оценки (Genomic prediction) для отбора племенных животных на основе их ДНК. Это ускорит генетический прогресс в стадах, повышая продуктивность, устойчивость к болезням и эффективность кормления [1,11]. Ожидается появление первых коммерческих линий крупного рогатого скота и свиней с отредактированными генами устойчивости к заболеваниям (например, к репродуктивно-респираторному синдрому свиней (PRRS) - вирусному заболеванию, которое приводит к серьезным экономическим убыткам в свиноводстве), а также устранение нежелательных признаков (например, комолости у молочного скота) [12,13].

Прецизионное животноводство (precision livestock farming) станет возможным благодаря широкому внедрению сенсоров, компьютерного зрения и ИИ для мониторинга здоровья, поведения и продуктивности каждого животного в реальном времени. Это позволит перейти от группового управления к индивидуальному, сократить использование антибиотиков и создать более комфортные и здоровые условия содержания [14,15].

Внедрение методов управления микробиомом и кормовых биотехнологий является ключевым для разработки пробиотиков следующего поколения, ферментов и кормовых добавок на основе микробиома для повышения эффективности усвоения питательных веществ и снижения выбросов метана у травоядных животных. Это ключевой элемент стратегии США по снижению экологического следа животноводства [1].

Агробиотехнологии и альтернативные белковые продукты

Технологии редактирования генов (CRISPR) станут мейнстримом для создания сортов сельхозкультур, устойчивых к засухе, болезням и экстремальным погодным условиям. Акцент сместится с повышения урожайности на устойчивость к климатическим стрессам. В области биоинженерии микробиома появятся коммерческие продукты на основе синтетических микробных сообществ, направленно повышающих плодородие почв, эффективность усвоения питательных веществ и устойчивость растений.

Доля биопестицидов и биостимуляторов на рынке средств защиты растений (СЗР) значительно вырастет – до 25% к 2035 году в связи с давлением регуляторов и растущим спросом на органическую продукцию. Для прецизионного назначения биопрепаратов будет проводиться анализ данных с дронов и спутников в реальном времени при помощи ИИ (например, для целевого внесения элиситоров для защиты от конкретного патогена) [16,17].

Среди альтернативных белковых продуктов наибольшие усилия сосредоточены на производстве культивируемого мяса высокого качества. Белки, полученные с помощью точной ферментации (precision fermentation) в биореакторах, должны обеспечить соответствие по вкусу, текстуре и питательным свойствам натуральному аналогу. После преодоления регуляторных барьеров и при успешном масштабировании производства (то есть, снижение стоимости менее 10 долларов США за кг) культивируемое

мясо займет нишу премиального сегмента, однако вряд ли в полной мере составит конкуренцию традиционному мясу для массового потребителя.

Производство растительных белковых продуктов нового поколения на основе бобовых (нут, чечевица) и ферментированных растительных белков будет постепенно приближаться по органолептике к продуктам животного происхождения, захватывая долю рынка в сегменте полуфабрикатов и общепита. Спрос ожидается на персонализированные белковые продукты, то есть – с заданными функциональными свойствами, например, с оптимизированным аминокислотным профилем для спортсменов или пожилых людей. Сочетание агробιοтехнологий с пищевыми технологиями приведет к созданию гибридных продуктов («умные» растительные смеси, обогащенные микробными белками) и трансформации традиционных цепочек создания стоимости в агропромышленном комплексе США [18,19].

Государственная поддержка и регулирование рынка биотехнологий

Успешное развитие биотехнологических направлений гарантировано активной поддержкой регуляторных органов во многих странах мира и в США, в частности.

Вектор развития современных стратегий биоэкономики был заложен в 2009 году, когда была опубликована стратегия развития рынка биотехнологий до 2030 года («The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda»), подразумевающая масштабную трансформацию мировой экономики, а также задающая рамки государственного регулирования для создания режима наибольшего благоприятствования с одновременной минимизацией рисков внедрения новых биологических технологий. В этом документе была заложена дорожная карта для государственной политики, которой сегодня придерживаются многие страны, включая США, Китай и государства ЕС, в своих национальных стратегиях по развитию биоэкономики [20].

Американская государственная стратегия была зафиксирована в

дальнейшем в рамках Исполнительного указа о продвижении биотехнологий и инноваций в области биопроизводства для устойчивой, безопасной и защищенной американской биоэкономики («Executive Order on Advancing Biotechnology and Biomanufacturing Innovation for a Sustainable, Safe, and Secure American Bioeconomy») от 12 сентября 2020 года [21]. Указ позиционирует биотехнологии как основу следующей волны экономического роста США на базе комплексной государственной стратегии, которая объединяет научные исследования, промышленную политику, образование и вопросы национальной безопасности с целью достижения технологического суверенитета и глобального лидерства в биоэкономике.

Основная цель – сохранить лидерство США в области биотехнологий и биопроизводства. Указ является ответом на стратегические вызовы, такие как зависимость от зарубежных цепочек поставок, и признает биотехнологии ключевой технологией будущего. Первоочередными задачами являются:

- развитие внутренних мощностей биопроизводства, госзакупки, господдержка пилотных и опытных производств, чтобы снизить зависимость от зарубежных цепочек поставок критически важных материалов (например, активных фармацевтических ингредиентов);
- ускорение трансфера технологий и внедрение биотехнологических разработок из лаборатории в реальный сектор экономики через финансирование НИОКР различными федеральными агентствами, упрощение процессов коммерциализации, создание партнерств между государственным и частным секторами. В качестве ключевых отраслей, где биотехнологии имеют приоритет, обозначены здравоохранение (разработка новых лекарств, методов терапии и диагностики), сельское хозяйство (создание инновационных удобрений, устойчивых к климату культур и белков), а также промышленность и энергетика (создание биоматериалов, биотоплива и экологически чистых химикатов) [21].

Ключевые проблемы и риски

Для преодоления влияния негативных тенденций на развитие биотехнологий необходимо стимулировать инвестиции в фундаментальные научные исследования со стороны государства (НИОКР), что в свою очередь станет катализатором для притока частных инвестиций. Упрощение существующих норм и принятие единого стандарта дорожной карты по одобрению биотехнологического продукта и выводу его на рынок к массовому потребителю, а также стимулирование спроса при помощи государственных закупок, налоговых льгот для разработчиков и производителей также внесет весомый вклад в развитие биотехнологического сектора. Важным аспектом является разработка и поддержка инфраструктуры (напр., биореакторов) и программ подготовки специалистов по биотехнологиям в каждом секторе рынка. Соотношение рисков и пользы внедрения биотехнологической продукции в различных сферах жизни человека необходимо обсуждать в рамках публичного диалога с привлечением общественности для формирования социального консенсуса по ряду чувствительных для общества вопросов [3-6].

Таким образом, основными препятствиями на пути прогресса биотехнологий являются следующие:

- ценообразование и стоимость (высокая стоимость биотехнологических продуктов и необходимость добиться экономической эффективности при массовом потреблении);
- регуляторные барьеры (сложные и не всегда предсказуемые процессы одобрения новых продуктов, например, содержащие ГМО, или генные лекарственные препараты);
- общественное восприятие и этика (необходимость публичных дискуссий о безопасности ГМО, конфиденциальности генетических данных и этических границах, например, редактирование зародышевой линии человека);
- интеллектуальная собственность (создание сбалансированной патентной

системы, которая стимулирует инновации, но не блокирует дальнейшие исследования);

- согласованность регуляторных стандартов (государственная политика в области биоэкономики должна быть согласована с таковыми для сферы сельского хозяйства, энергетики, охраны окружающей среды и здравоохранения).

Заключение

Рост рынка биотехнологий в США будет определяться мощной научной базой, венчурным капиталом и последовательной национальной стратегией, закреплённой в регуляторных и исполнительных документах. По прогнозам, биотехнологии станут неотъемлемой частью производства в таких секторах, как здравоохранение, сельское хозяйство, химическая промышленность. Драйверами роста являются растущий спрос на услуги здравоохранения, учитывая общемировую тенденцию старения населения и потребность в инновационных методах лечения и диагностики; необходимость решать проблемы продовольственной безопасности и устойчивости сельского хозяйства в условиях растущей численности населения, изменений климата и нехватки природных ресурсов; экологическая и энергетическая безопасность (поиск альтернатив ископаемому топливу – биотопливу, переход к «зеленой» экономике).

Список источников

1. U.S. Agriculture Innovation Strategy. <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/AIS.508-01.06.2021.pdf>
2. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Science Breakthroughs to Advance Food and Agricultural Research by 2030. Washington, DC: The National Academies Press, 2019. <https://www.nationalacademies.org/projects/DELS-BANR-16-05>
3. Biotechnology Market Size, Share and Trends 2025 to 2034. Precedence Research, 2025. <https://www.precedenceresearch.com/biotechnology-market>

4. US Biotechnology Market 2024–2033. Custom Market Insights
<https://www.custommarketinsights.com/report/us-biotechnology-market/>
5. Biotechnology market analysis & forecast: 2025-2032. Coherent Market Insights. March 2025 <https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/biotechnology-market-4025>
6. U.S. Biotechnology Market Size, Share & Trends Analysis Report By Technology (Nanobiotechnology, Tissue Engineering and Regeneration), By Application (Health, Food & Agriculture), And Segment- Industry Analysis, Share, Growth, Regional Outlook and Forecasts, 2024-2033. Nova One Advisor, April 2025 <https://www.novaoneadvisor.com/report/us-biotechnology-market>
7. Top 20 pharma and biopharma companies. Contract Pharma, 2025
<https://www.contractpharma.com/top-companies-reports/top-25-pharma-and-biopharma/>
8. Synthetic Biology Market Size & Share Analysis - Growth Trends And Forecast (2025-2030) November 25, 2025
<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/synthetic-biology-market>
9. AlphaFold Server Powered by AlphaFold 3 <https://alphafoldserver.com>
10. Szigetvári G., Mesko B. A review of technology giants' healthcare collaborations. *Mhealth*. 2023 Mar 15;9:17. doi: 10.21037/mhealth-22-45
11. Alison L Van Eenennaam. 6 Perspectives on the global regulation of genetically modified livestock. *Journal of Animal Science*, Vol. 103, Issue Supplement 3, October 2025, P. 39 <https://doi.org/10.1093/jas/skaf300.048>
12. Van Eenennaam, A.L. The Uses of Animal Biotechnology to Improve Animal Welfare. In *The Welfare of Cattle*, T. Engle, D.J. Klingborg, DVM and B.E. Rollin, 2019, eds. pp. 51-59. CRC Press, Boca Raton, FL
13. Lubieniechi S.A. et al. Regulation of animal and plant agricultural biotechnology. *Trends in Biotechnology*, March 2025, Vol. 43, Issue 3, pp.511-521 /<https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2024.11.003>
14. *Translational Animal Science*. Oxford Academic, Vol. 5, Issue 1, January 2021

<https://academic.oup.com/tas/issue/5/1>

15. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2018. Science Breakthroughs to Advance Food and Agricultural Research by 2030. Washington, DC: The National Academies Press. doi:<https://doi.org/10.17226/25059>.

16. The State of Food and Agriculture 2023 – Revealing the true cost of food to transform agrifood systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023, Rome <https://doi.org/10.4060/cc7724en>

17. Biopesticides. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/pesticides/biopesticides>

18. Dodds W. The alternative protein segment: What's next? Jun 2024 <https://www.foodmanufacture.co.uk/Article/2024/06/20/what-s-next-for-the-alternative-proteins-category>

19. Morach B., Witte B., Walker D., von Koeller E., et al. Food for Thought: The Protein Transformation Report. March 2021 <https://www.bcg.com/publications/2021/the-benefits-of-plant-based-meats>

20. The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). April 2009 DOI:10.1787/9789264056886-en

https://www.researchgate.net/publication/288364690_The_Bioeconomy_to_2030_Designing_a_Policy_Agenda

21. Executive Order on Advancing Biotechnology and Biomanufacturing Innovation for a Sustainable, Safe, and Secure American Bioeconomy. September 2020 <https://bidenwhitehouse.archives.gov/briefing-room/presidential-actions/2022/09/12/executive-order-on-advancing-biotechnology-and-biomanufacturing-innovation-for-a-sustainable-safe-and-secure-american-bioeconomy/>

© Жиганова Л.П., 2025. Московский экономический журнал, 2025, № 12.