

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2410-7395-2023-3-87-100>

**ВАКЦИНЫ КАК ПРОДУКТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ
И ОСОБЫЙ ТОВАР
НА МЕЖДУНАРОДНОМ РЫНКЕ
БИОФАРМПРЕПАРАТОВ**

Е. С. Титова

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
Москва, Россия

С. С. Шишкин

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы
биотехнологии» Российской академии наук, Москва, Россия

Состояние мирового рынка биофармпрепаратов в настоящее время приобретает особое значение не только как важнейшая экономическая характеристика и условие успешной организации здравоохранения в разных странах, но и как гарантия безопасности от возможных пандемий. Особую роль при этом играют разнообразные вакцины, производство которых стало одним из секторов современной биоэкономики. Биоэкономика как вид деятельности базируется на промышленных биотехнологиях и новых подходах, основанных на знаниях, для эффективного производства биопродуктов, вырабатываемых из природных ресурсов, и ориентирована на решение экологических, политических и социальных вопросов для обеспечения устойчивого развития. Цель статьи – изучение общих тенденций производства и оборота вакцин на рынке биофармпрепаратов с учетом пандемии COVID-19. Приводятся данные об осложнениях после вакцинации и проявлениях конкуренции фармкомпаний на рынке вакцин с различными последствиями. Сделан вывод, что эффективное функционирование мирового рынка вакцин можно рассматривать как важный элемент устойчивого развития на пути к достижению защиты граждан от опасных болезней и обеспечению социального благополучия ввиду развития биотехнологий.

Ключевые слова: биоэкономика, рынок биофармпрепаратов, COVID-19.

**VACCINES AS A PRODUCT
OF INDUSTRIAL BIOTECHNOLOGIES
AND A SPECIAL COMMODITY
IN THE INTERNATIONAL
BIOPHARMACEUTICALS MARKET**

Ekaterina S. Titova

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Sergey S. Shishkin

Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Global biopharmaceutical market state is currently of particular importance not only as a primary economic characteristic and a condition for the successful healthcare organization in

different countries, but also as a safety from possible pandemics guarantee. Various vaccines production plays a special role becoming one of the modern bioeconomy sectors. The bioeconomy, as an activity, is based on industrial biotechnologies and new knowledge-based approaches for the efficient bioproducts production derived from natural resources, and is focused on solving various environmental, as well as political and even social issues for sustainable development. The purpose of the article is to study the general trends in the production and turnover of vaccines on the biopharmaceutical market, taking into account the COVID-19 pandemic. Data on vaccination complications and manifestations of pharmaceutical companies' competition in the vaccine market with various consequences are presented. It is concluded that the effective functioning of the global vaccine market can be considered as an important element of sustainable development on the way to achieving the protection of citizens from dangerous diseases and ensuring social welfare due to the development of biotechnologies.

Keywords: bioeconomy, biopharmaceuticals market, COVID-19.

Введение

Во многих странах на государственном уровне десятилетиями осуществляется вакцинация против широкого спектра заболеваний в первую очередь инфекционных [3; 13; 14; 19], что соответствует решениям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Эффективность проводимой вакцинации подтверждена многочисленными исследованиями.

Одним из примеров успеха вакцинации считается ликвидация во второй половине XX в. веками регистрируемой заболеваемости натуральной оспы [7]. С 2000 г. благодаря использованию современных вакцин произошло кратное снижение зарегистрированных случаев таких распространенных ранее заболеваний, как корь, свинка, коклюш и др. (рис. 1). При этом показано, что своевременная вакцинация существенно снижает заболеваемость и смертность при различных тяжелых инфекциях [3], особенно в условиях эпидемий и пандемий. В частности, при недавней пандемии COVID-19 это привело к возникновению глобального рынка соответствующих вакцин [1]. Принципиально важно, что достижение желаемых для здравоохранения (и общества в целом) результатов может быть осуществлено при производстве десятков и даже сотен миллионов доз вакцин и при их оперативном использовании (рис. 2). Организация подобного достаточно специфического производства и выведение на рынок биопродуктов, которые должны обладать определенными свойствами (требуемой иммуногенностью, безопасностью для вакцинируемых и др.) – весьма сложные задачи. К их решению привлекаются и крупные фармкомпании, и государственные структуры, владеющие соответствующими биотехнологиями [12; 17; 22].

Во второй декаде XXI в. активное использование промышленных биотехнологий для достижения устойчивого развития, в частности, обеспечение мирового рынка биофармпрепаратами, связывают с формированием особого сегмента экономики – биоэкономики.

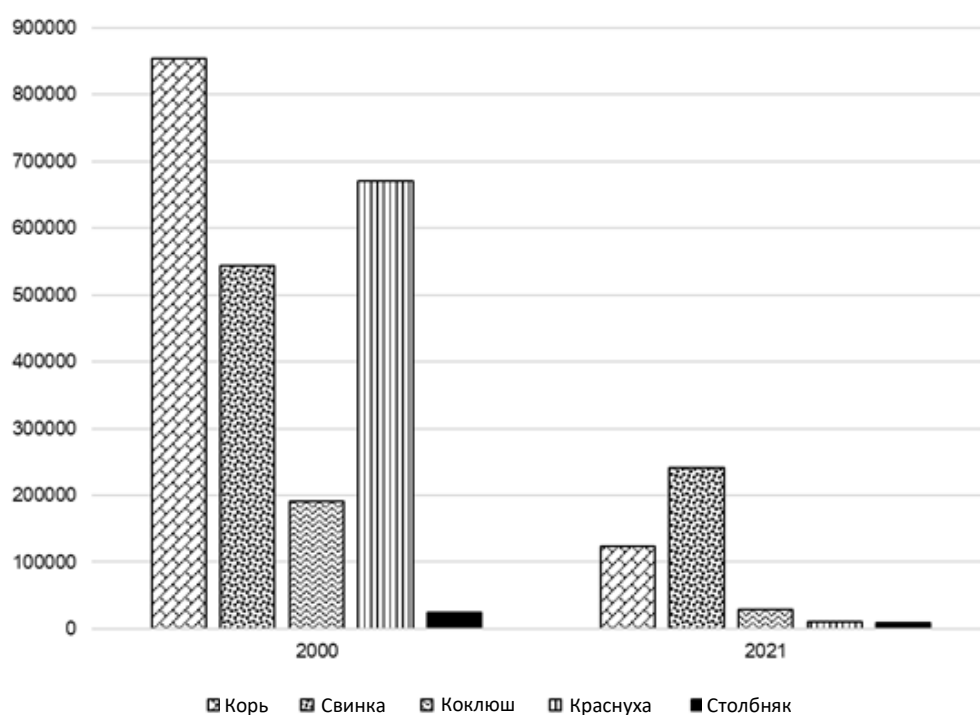


Рис. 1. Количество зарегистрированных случаев заболевания, 2000–2021 (в ед.)¹

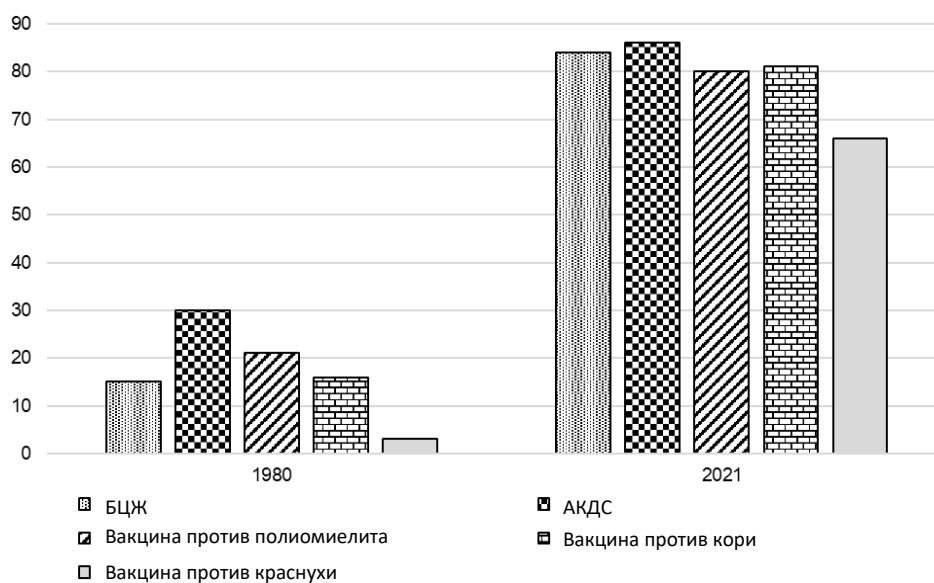


Рис. 2. Динамика охвата вакцинацией по видам вакцин, 1980–2021 (в %):
БЦЖ (BCG – *Bacillus Calmette-Gurin*) – вакцина против туберкулеза;
АКДС – адсорбированная коклюшно-дифтерийно-столбнячная вакцина

¹ Источник рис. 1 и 2: World Health Organization. Immunization dashboard. – URL: <https://immunizationdata.who.int/>

Несмотря на то что в настоящее время лидирующие позиции в развитии биоэкономики занимают США и ряд других западных стран, в сложившейся международной ситуации для Российской Федерации объективной необходимостью становится выход на передний край в биоэкономической деятельности. Очевидно, что такой путь позволит нашей стране постепенно достигнуть замещения отечественными биофармпрепаратами (в частности, вакцинами) определенных импортных биопродуктов, а также решить другие важные взаимосвязанные задачи.

В связи с тем что заболевание коронавирусной инфекцией затронуло миллионы людей и стало беспрецедентным бременем для систем здравоохранения и экономик, целью статьи стало изучение особенностей создания и поступления на рынок вакцин для борьбы с пандемией COVID-19 [18; 23].

Данное исследование было проведено с использованием методов сравнения положений до и после пандемии, а также метода экспертных оценок. Подбор материалов осуществлялся на основе анализа общедоступных баз данных (PubMed NCBI, ScienceDirect и отечественной научной электронной библиотеки) с учетом сведений из нормативно-правовых актов Российской Федерации, отечественных и зарубежных документов министерств и ведомств. Кроме того, анализировались общедоступные данные международных объединений: Всемирной организации здравоохранения, ЮНИСЕФ ООН, Всемирной торговой организации и др. Для подтверждения роста числа исследований в области биоэкономики применялся библиометрический анализ.

Вакцины от COVID-19 как биопродукты со стратегическим значением

Традиционные подходы к разработке вакцин и проведению необходимых клинических исследований, а также к осуществлению организации производства и выведению на рынок вакцины против инфекционного заболевания требуют достаточно продолжительного времени (порядка 10–15 лет) и значительных инвестиций [16, 20]. Однако начавшаяся пандемия COVID-19, которую характеризуют как самую смертоносную за последние 100 лет (после так называемого испанского гриппа), потребовала резкой активизации работ по созданию вакцин против вызвавшего ее вируса SARS-CoV-2. Как результат, в кратчайшие сроки (фактически за полтора года) было разработано несколько технологических платформ, на основе которых был создан ряд вакцин, в том числе и российская вакцина Спутник V [9; 17; 22].

В настоящее время вакцины, производимые против COVID-19, представляют собой разнообразные биофармпрепараты, среди которых можно выделить основные семь типов (рис. 3) [9; 20].

Естественно, что каждый тип вакцин (после прохождения всех медицинских проверок и получения прав на применение) нуждался в соответствующих промышленных биотехнологиях для обеспечения масштабирования при производстве [2; 9; 17; 22].

ДНК-содержащие	Инактивированные (убитые)	Живые ослабленные	РНК-содержащие
Содержащие вирусоподобные частицы (Virus like particle, VLP)	Вакцины против COVID-19		Содержащие вирусный вектор (Virus-like vector)
Субъединичные вакцины на основе синтетических препаратов или рекомбинатных белков			

Рис. 3. Основные типы вакцин против COVID-19 [10; 21]

В начале третьей декады XXI в. ведущими производителями вакцин против COVID-19 в мире стали такие крупные компании, как Pfizer (США), BioNTech (Германия), Sinovac Biotech (Китай), AstraZeneca (Великобритания), Moderna (США) и др. [2]. Определенное место с производством российской вакцины Спутник V занял и Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалеи (Россия). В начале 2023 г. высокого уровня вакцинации против COVID-19 удалось достигнуть в большинстве стран Европы, Азии, Америки и Австралии, тогда как во многих странах Африки ситуация оказалась значительно хуже¹.

Таким образом, пандемия COVID-19 вызвала появление на глобальном рынке фармпрепаратов, которые стали использоваться как средства влияния на другие государства [1].

Вместе с тем в настоящее время заболеваемость COVID-19 существенно уменьшилась. Например, в Российской Федерации после нескольких волн подъема, во время одной из которых заболеваемость достигала 200 тыс. заболевших в сутки, в 2023 г. этот показатель, по разным оценкам, колебался на уровне менее 15 тыс. в сутки [4]. По мнению академика Г. Онищенко, «Пандемия коронавируса, пройдя полных три года и вот уже три месяца в этом году, считайте, закончилась»². В 2023 г. во многих странах, включая Россию, Китай и США, на государственном уровне стали отменять противокавидные меры. Соответственно, следует ожидать и изменений в спросе на такой товар, как вакцины от COVID-19.

¹ World Health Organization Coronavirus (COVID-19) Dashboard. – URL: <https://covid19.who.int/>

² RIA Novosti. – URL: <https://ria.ru/20230403/covid-19-1862658455.html>

Вакцины, как особый товар, представляющий собой продукты промышленных биотехнологий

К вакцинам, являющимся биофармпрепаратами поставляющимися на рынок, предъявляется ряд требований. Во-первых, они должны обеспечивать выработку у иммунизируемых лиц защитного иммунитета против определенного заболевания или заболеваний. Во-вторых, их применение не должно вызывать серьезных побочных эффектов. В-третьих, их основные характеристики должны сохраняться на всем пути от производителя до потребителя. Наличие у вакцин характеристик, относящихся к первым двум требованиям, устанавливается в ходе соответствующих клинических исследований и является обязательным условием для получения разрешения на их использование и производство. При этом ответственность за обеспечение этих характеристик несет в первую очередь производитель, а также продавец и пользователь (как правило, медицинское учреждение, осуществляющее вакцинацию). Вместе с тем, несмотря на все предосторожности, при массовой вакцинации против COVID-19 наблюдались случаи тяжелых осложнений и даже смерти людей после вакцинирования [24].

Поскольку вакцины содержат белки и/или другие способные к разложению биоматериалы, условия хранения такого товара и его транспортировки (которые могут быть достаточно продолжительными, например, при межгосударственных поставках) обычно предусматривают соблюдения жесткого температурного интервала от +2 до +8°C [6]. Однако некоторые вакцины (включая вакцины против COVID-19) требуют при транспортировке и при хранении поддержания температуры от -18°C и ниже. Поэтому их транспортируют в специальных авторефрижераторах, термоконтейнерах, сумках-холодильниках, поддерживающих температуру на уровне около -21°C [5].

В разгар пандемии к середине 2021 г. было произведено около 3 млрд вакцинных доз [20]. По данным Всемирной организации здравоохранения только в 2021 г. объем мировой торговли вакцинами составил около 16 млрд доз на сумму 141 млрд долларов США (против 5,8 млрд доз и 38 млрд долл. США в 2019 г.), что составило 10% мирового фармацевтического рынка¹. При этом объем поставок, за исключением вакцин против COVID-19, оценивается ВОЗ в 42 млрд долларов и составляет 4% фармацевтического рынка, т. е. значительную часть международных поставок вакцин 2021 г. составляли вакцины против COVID-19. Сведения об объемах мировых поставок вакцин против COVID-19 и основных странах-поставщиках (на примере Европы) представлены на рис. 4.

Как видно из данных, представленных на рис. 4, из-за нехватки поставок стали появляться поддельные вакцины и поддельная документа-

¹ Global Vaccine Market Report. A Share Understanding for Equitable Access to Vaccines, 2022. – URL: <https://www.who.int/publications/m/item/global-vaccine-market-report-2022>

ция на лекарства на торговых площадках так называемого даркнета (Darknet) с негативными последствиями для потребителей и здравоохранения в целом [10].

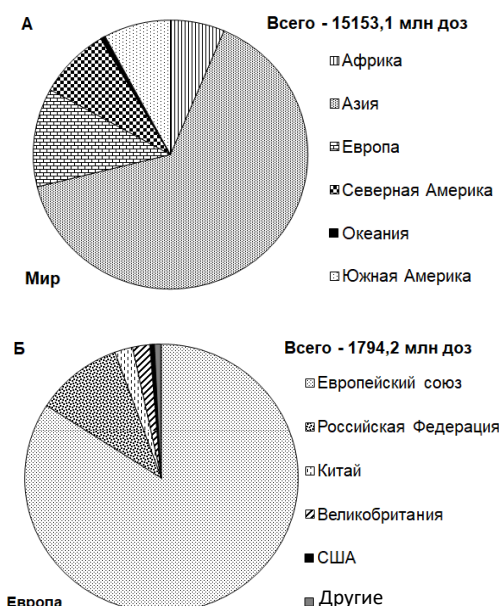


Рис. 4. Объем и структура поставок вакцин против COVID-19 по регионам мира, 2022:

А – объем внутреннего потребления по регионам мира; Б – страны-производители вакцин, поставляемых на Европейский рынок¹

Решение экономических вопросов с поставками требуемых вакцин на рынок в первую очередь влекло за собой разработку соответствующих промышленных биотехнологий. Для этого нужно было обеспечить производителей специальным оборудованием, штаммами микроорганизмов, средами для клеточных культур, различными фильтрами и другими одноразовыми расходными материалами.

С завершением пандемии COVID-19 и с последующим падением спроса на соответствующие вакцины, возникнет необходимость существенной корректировки и их производства, и всей логистической цепи доставки этих биопродуктов от производителей потребителям.

Таким образом, очевидно, что вакцины против COVID-19 как продукты промышленных биотехнологий и как товары на международном рынке обладают рядом особенностей, которые следует учитывать при организации их производства.

¹ Vaccine Trade Tracker. – URL: https://www.wto.org/english/tratop_e/covid19_e/vaccine_trade_tracker_e.htm

В целом промышленные биотехнологии, получившие развитие в XX в., в XXI в. образовали значительный сектор современной экономики, который обеспечивает международный рынок не только вакцинами, но и многими другими биопродуктами с высокой добавленной стоимостью [21]. В настоящее время подобные технологии предусматривают культивирование различных микроорганизмов (бактерий, дрожжей, микроводорослей), которые специально модифицируются методами генной инженерии для создания продукции, пользующейся рыночным спросом. В частности, создаются специальные клеточные фабрики, использующие промышленные биотехнологии.

Формирование биоэкономики и ее роль в производстве биопродуктов для международного рынка

Термин «биоэкономика» стал появляться в единичных публикациях начала XXI в. При этом он постепенно вошел в политические дискуссии ряда западноевропейских государств, чему способствовало принятие так называемой Лиссабонской программы. В ней и во многих последующих публикациях отмечалась целесообразность использования достижений наук о жизни (включая геномику и другие «омики»), а также новых биотехнологий для переработки возобновляемых ресурсов и обеспечения экономического роста [8; 11; 15]. Сейчас использование термина «биоэкономика» получило широкое признание. При этом подчеркивается, что данный вид деятельности основывается на научных знаниях. Обобщенные сведения о библиометрической активности по запросу ключевого слова «биоэкономика», приведены на рис. 5.

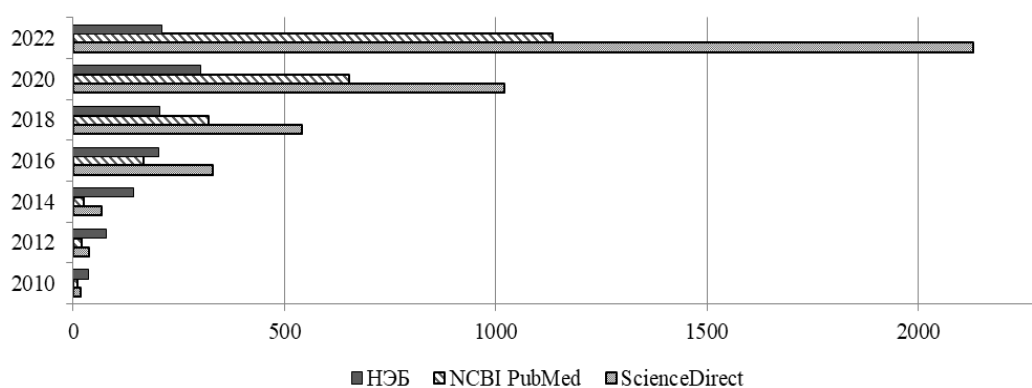


Рис. 5. Динамика количества публикаций по запросу ключевого слова «биоэкономика», 2010–2022 гг. (в ед.) [6].

В настоящее время многие авторы считают, что от развития биоэкономики можно ожидать решения сложных и взаимосвязанных экономических задач при одновременном достижении желаемых экологических

целей [6; 15; 25]. Более того, десятки государств стали обращаться к биоэкономике как возможности перейти к устойчивым системам первичного производства биоресурсов и их переработке в биопродукты. Общий взгляд на современное состояние биоэкономике и производимую продукцию представлен на рис. 6.



Рис. 6. Общий взгляд на состояние биоэкономике и промышленное производство некоторых биопродуктов в начале третьей декады XXI в. [6; 15; 25]

Таким образом, не только вакцины, но и многие другие биопродукты биоэкономике в настоящее время поступают на рынок, становясь значимой частью современной международной торговли.

Заключение

Результаты проведенного исследования показывают, что развивающаяся биоэкономике становится источником появления многих важных товаров на мировом рынке. При этом появляющиеся товары обладают рядом особенностей, делающих их не просто предметом торговли, но и государственными средствами реализации различных национальных интересов и расширения влияния на другие государства. Это заключение получило подтверждение в ходе борьбы с пандемии COVID-19, когда создание, выведение на рынок и осуществление массовой вакцинации против нового вируса SARS-CoV-2 стали жизненно необходимыми [9; 17; 23].

Несмотря на то, что вакцины как товар массового потребления составляют относительно небольшую часть современного фармацевтического рынка, несомненно, наличие в странах собственной вакцинной индустрии можно рассматривать как неотъемлемый элемент национальной безопасности, а сами вакцины как стратегически важные биофармпрепараты [2]. Как следствие, многие аспекты биоэкономической деятельности,

в частности, создание и производство вакцин, можно характеризовать как актуальные направления для экономики нашей страны.

Список литературы

1. *Арсентьева И. И.* Трансформация медицинской и вакцинной дипломатии в эпоху COVID-19 // Вестник МГИМО-Университета. – 2022. – Т. 15. – № 5. – С. 182–207.
2. *Горошко Н. В., Пацала С. В., Емельянова Е. К.* Рынок COVID-19-вакцин как новый сегмент мирового вакцинного рынка // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2021. – Т. 6. – № 2 (20). – С. 178–190.
3. *Наркевич И. А., Трухин В. П., Басакина И. И., Барабанова А. И., Тернинко Т. М.* Анализ структуры и ассортимента вакцин на Российском фармацевтическом рынке // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2019. – № 4. – С. 94–100.
4. Оперативные данные о COVID-19. – URL: <https://xn--80aesfpebagmfb1c0a.xn--p1ai/>
5. *Погарская А. С., Конфино К. В.* Реализация подхода холодовой цепи при транспортировке и хранении иммунобиологических препаратов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2022. – № 30 (4). – С. 666–672. – DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-4-666-672
6. *Титова Е. С., Шишкин С. С., Штырно Д. А.* Биоэкономика – один из путей к устойчивому развитию регионов // Федерализм. – 2023. – Т. 28. – № 1 (109). – С. 56–79. – DOI: 10.21686/2073-1051-2023-1-56-79
7. 40 лет без оспы. В ВОЗ напоминают о важном достижении человечества. – URL: <https://news.un.org/ru/story/2019/12/1368841>
8. *Aguilar A., Bocheureau L., Matthiessen L.* Biotechnology as the Engine for the Knowledge-Based Bio-Economy // Biotechnology & Genetic Engineering Reviews. – 2010. – Vol. 26. – P. 371–388. – DOI: 10.5661/bger-26-371
9. *Bayani F., Hashkavaei N. S., Arjmand S. et al.* An Overview of the Vaccine Platforms to Combat COVID-19 with a Focus on the Subunit Vaccines // Progress in Biophysics and Molecular Biology. – 2023. – Vol. 178. – P. 32–49. – DOI: 10.1016/j.pbiomolbio.2023.02.004
10. *Catalani V., Townshend H. D., Prilutskaya M. et al.* Profiling the Vendors of COVID-19 Related Product on the Darknet: An Observational Study // Emerging Trends in Drugs, Addictions and Health. – 2023. – Vol. 3. – P. 100051. – DOI: 10.1016/j.etdah.2023.100051
11. *Deshar P.* A Global Look into the Prospects of Bioeconomy // Yrkeshögskolan Novia, 2016. – URL: <http://www.theseus.fi/handle/10024/115759>
12. *Huddart J. E. A., Crawford A. J., Luna-Tapia A. L. et al.* EBP-Colombia and the Bioeconomy: Genomics in the Service of Biodiversity Conservation

and Sustainable Development // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. – 2022. – Vol. 119 (4). – P. e2115641119. – DOI: 10.1073/pnas.2115641119

13. *Leigang Jin, Leiluo Geng, Ranyao Yang, Aimin Xu*. Fibroblast Growth Factor-Based Pharmacotherapies for the Treatment of Obesity-Related Metabolic Complications // Annual Review of Pharmacology and Toxicology. – 2023. – Vol. 63. – P. 359–382. – DOI: 10.1146/annurev-pharmtox-032322-093904

14. *Kesik-Brodacka M*. Progress in Biopharmaceutical Development // Biotechnology and Applied Biochemistry. – 2018. – Vol. 65 (3). – P. 306–322. – DOI: 10.1002/bab.1617

15. *Kircher M., Maurer K-H, Herzberg D*. KBBE: The Knowledge-Based Bioeconomy: Concept, Status and Future Prospects // EFB Bioeconomy Journal. – 2022. – Vol. 2. – P. 100034. – DOI: 10.1016/j.bioeco.2022.100034

16. *Kumar V., Kumar S., Sharma P. C*. Recent Advances in the Vaccine Development for the Prophylaxis of SARS Covid-19 // International Immunopharmacology. – 2022. – Vol. 111. – P. 109175. – DOI: 10.1016/j.intimp.2022.109175

17. *Logunov D. Y., Dolzhikova I. V., Shcheblyakov D. V. et al*. Gam-COVID-Vac Vaccine Trial Group. Safety and Efficacy of an rAd26 and rAd5 Vector-Based Heterologous Prime-Boost COVID-19 Vaccine: an Interim Analysis of a Randomised Controlled Phase 3 Trial in Russia // Lancet. – 2021. – Vol. 397 (10275). – P. 671–681. – DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00234-8

18. *Miao G., Chen Z., Cao H. et al*. From Immunogen to COVID-19 Vaccines: Prospects for the Post-Pandemic Era // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2023. – Vol. 158. – P. 114208. – DOI: 10.1016/j.biopha.2022.114208

19. *Mitragotri S., Burke P. A., Langer R*. Overcoming the Challenges in Administering Biopharmaceuticals: Formulation and Delivery Strategies // Nature Reviews Drug Discovery. – 2014. – Vol. 13 (9). – P. 655–672. – DOI: 10.1038/nrd4363

20. *Ndwandwe D., Wiysonge C. S*. COVID-19 vaccines // Current Opinion in Immunology. – 2021. – Vol. 71. – P. 111–116. – DOI: 10.1016/j.coi.2021.07.003

21. *Nielsen J., Tillegreen C. B., Petranovic D*. Innovation trends in industrial biotechnology // Trends in Biotechnology. – 2022. – Vol. 40 (10). – P. 1160–1172. – DOI: 10.1016/j.tibtech.2022.03.007

22. *Pavli A., Maltezou H. C*. Travel vaccines throughout history // Travel Medicine and Infectious Disease. – 2022. – Vol. 46. – P. 102278. – DOI: 10.1016/j.tmaid.2022.102278

23. *Pollet J., Chen W. H., Strych U*. Recombinant Protein Vaccines, a Proven Approach Against Coronavirus Pandemics // Advanced Drug Delivery Reviews. – 2021. – Vol. 170. – P. 71–82. – DOI: 10.1016/j.addr.2021.01.001

24. Song T. J., Shin J. I., Yon D. K. et al. Cerebral Venous Thrombosis after ChAdOx1 nCoV-19 Vaccination: a Systematic Review // European Review for Medical and Pharmacological Sciences. – 2023. – Vol. 27 (1). – P. 404–410. – DOI: 10.26355/eurrev_202301_30894

25. Wohlgemuth R., Twardowski T., Aguilar A. Bioeconomy Moving Forward Step by Step – a Global Journey // New Biotechnology. – 2021. – Vol. 61. – P. 22–28. – DOI: 10.1016/j.nbt.2020.11.006

References

1. Arsenteva I. I. Transformatsiya meditsinskoy i vaktsinnoy diplomatii v epokhu COVID-19 [Transformation of Medical and Vaccine Diplomacy in the Era of COVID-19]. *Vestnik MGIMO-Universiteta* [Bulletin of MGIMO-University], 2022, Vol. 15, No. 5, pp. 182–207. (In Russ.).

2. Goroshko N. V., Patsala S. V., Emelyanova E. K. Rynok COVID-19-vaktsin kak novyy segment mirovogo vaktsinnogo rynka [The Market for COVID-19 Vaccines as a New Segment of the Global Vaccine Market]. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politicheskie, sotsiologicheskie i ekonomicheskie nauki* [Bulletin of the Kemerovo State University. Series: Political, Sociological and Economic Sciences], 2021, Vol. 6, No. 2 (20), pp. 178–190. (In Russ.).

3. Narkevich I. A., Trukhin V. P., Basakina I. I., Barabanova A. I., Terninko T. M. Analiz struktury i assortimenta vaktsin na Rossiyskom farmatsevticheskom rynke [Analysis of the Structure and Range of Vaccines in the Russian Pharmaceutical Market]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*. [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]. 2019, No. 4, pp. 94–100. (In Russ.).

4. Operativnye dannye o COVID-19 [Operational Data on COVID-19]. (In Russ.). Available at: <https://xn--80aesfpebagmfbcl0a.xn--p1ai/>

5. Pogarskaya A. S., Konfino K. V. Realizatsiya podkhoda kholodovoy tsepi pri transportirovke i khraneniі immunobiologicheskikh preparatov [Implementation of the Cold Chain Approach in the Transportation and Storage of Immunobiological Preparations]. *Problemy sotsialnoy gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny* [Problems of Social Hygiene, Health Care and the History of Medicine], 2022, No. 30 (4), pp. 666–672. (In Russ.). DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-4-666-672

6. Titova E. S., Shishkin S. S., Shtykhno D. A. Bioekonomika – odin iz putey k ustoychivomu razvitiyu regionov [Bioeconomy as One of the Ways to Sustainable Development of Russian Regions]. *Federalizm* [Federalizm], 2023, Vol. 28, No. 1 (109), pp. 56–79. (In Russ.). DOI: 10.21686/2073-1051-2023-1-56-79

7. 40 let bez ospy. V VOZ napominayut o vazhnom dostizhenii chelovechestva [40 Years without Smallpox. WHO Reminds about the

Important Achievement of Mankind]. (In Russ.). Available at: <https://news.un.org/ru/story/2019/12/1368841>

8. Aguilar A., Bochereau L., Matthiessen L. Biotechnology as the Engine for the Knowledge-Based Bio-Economy. *Biotechnology & Genetic Engineering Reviews*, 2010, Vol. 26, pp. 371–388. DOI: 10.5661/bger-26-371

9. Bayani F., Hashkavaei N. S., Arjmand S. et al. An Overview of the Vaccine Platforms to Combat COVID-19 with a Focus on the Subunit Vaccines. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 2023, Vol. 178, pp 32–49. DOI: 10.1016/j.pbiomolbio.2023.02.004

10. Catalani V., Townshend H. D., Prilutskaya M. et al. Profiling the Vendors of COVID-19 Related Product on the Darknet: an Observational Study. *Emerging Trends in Drugs, Addictions and Health*, 2023, Vol. 3, p. 100051. DOI: 10.1016/j.etdah.2023.100051

11. Deshar P. A Global Look into the Prospects of Bioeconomy. *Yrkeshögskolan Novia*, 2016. Available at: <http://www.theseus.fi/handle/10024/115759>

12. Huddart J. E. A., Crawford A. J., Luna-Tapia A. L. et al. EBP-Colombia and the Bioeconomy: Genomics in the Service of Biodiversity Conservation and Sustainable Development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 2022, Vol. 119 (4), p. e2115641119. DOI: 10.1073/pnas.2115641119

13. Leigang Jin, Leiluo Geng, Ranyao Yang, Aimin Xu. Fibroblast Growth Factor-Based Pharmacotherapies for the Treatment of Obesity-Related Metabolic Complications. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 2023, Vol. 63, p. 359–382. DOI: 10.1146/annurev-pharmtox-032322-093904

14. Kesik-Brodacka M. Progress in Biopharmaceutical Development. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 2018, Vol. 65 (3), p. 306–322. DOI: 10.1002/bab.1617

15. Kircher M., Maurer K-H, Herzberg D. KBBE: The Knowledge-Based Bioeconomy: Concept, Status and Future Prospects. *EFB Bioeconomy Journal*, 2022, Vol. 2, p. 100034. DOI: 10.1016/j.bioeco.2022.100034

16. Kumar V., Kumar S., Sharma P. C. Recent Advances in the Vaccine Development for the Prophylaxis of SARS Covid-19. *International Immunopharmacology*, 2022, Vol. 111, p. 109175. DOI: 10.1016/j.intimp.2022.109175

17. Logunov D. Y., Dolzhikova I. V., Shcheblyakov D. V. et al. Gam-COVID-Vac Vaccine Trial Group. Safety and Efficacy of an rAd26 and rAd5 Vector-Based Heterologous Prime-Boost COVID-19 Vaccine: an Interim Analysis of a Randomised Controlled Phase 3 Trial in Russia. *Lancet*, 2021, Vol. 397 (10275), pp. 671–681. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00234-8

18. Miao G., Chen Z., Cao H. et al. From Immunogen to COVID-19 Vaccines: Prospects for the Post-Pandemic Era. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2023, Vol. 158, p. 114208. DOI: 10.1016/j.biopha. 2022.114208

19. Mitragotri S., Burke P. A., Langer R. Overcoming the Challenges in Administering Biopharmaceuticals: Formulation and Delivery Strategies. *Nature Reviews Drug Discovery*, 2014, Vol. 13 (9), pp. 655–672. DOI: 10.1038/nrd4363
20. Ndwandwe D., Wiysonge C. S. COVID-19 vaccines. *Current Opinion in Immunology*, 2021, Vol. 71, pp. 111–116. DOI: 10.1016/j.coi.2021.07.003
21. Nielsen J., Tillegreen C. B., Petranovic D. Innovation trends in industrial biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 2022, Vol. 40 (10), pp. 1160–1172. DOI: 10.1016/j.tibtech.2022.03.007
22. Pavli A., Maltezou H. C. Travel vaccines throughout history. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 2022, Vol. 46, p. 102278. DOI: 10.1016/j.tmaid.2022.102278
23. Pollet J., Chen W. H., Strych U. Recombinant Protein Vaccines, a Proven Approach Against Coronavirus Pandemics. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 2021, Vol. 170, pp. 71–82. DOI: 10.1016/j.addr.2021.01.001
24. Song T. J., Shin J. I., Yon D. K. et al. Cerebral Venous Thrombosis after ChAdOx1 nCoV-19 Vaccination: a Systematic Review. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 2023, Vol. 27 (1), pp. 404–410. DOI: 10.26355/eurev_202301_30894
25. Wohlgemuth R., Twardowski T., Aguilar A. Bioeconomy Moving Forward Step by Step – a Global Journey. *New Biotechnology*, 2021, Vol. 61, pp. 22–28. DOI: 10.1016/j.nbt.2020.11.006

Сведения об авторах

Екатерина Сергеевна Титова

кандидат экономических наук,
ведущий научный сотрудник научно-исследовательского института развития образования РЭУ им. Г. В. Плеханова.
Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 115054, Москва, Стремянный пер., д. 36.
E-mail: Titova.ES@rea.ru

Сергей Сергеевич Шишкин

доктор биологических наук, профессор,
главный научный сотрудник аналитической группы
ФИЦ Биотехнологии РАН.
Адрес: Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, 119071, Москва, Ленинский проспект, д. 33, стр. 2.
E-mail: sergeyshishkin@yandex.ru

Information about the authors

Ekaterina S. Titova

PhD, Leading Researcher
of the Education Development
Research Institute
of the PRUE.
Address: Plekhanov Russian
University of Economics,
36 Stremyanny Lane,
Moscow, 115054, Russian Federation.
E-mail: Titova.ES@rea.ru

Sergey S. Shishkin

Doctor of Biological Sciences, Professor,
Senior Researcher of the Analytical Group
of the Research Centre of Biotechnology
RAS.
Address: Federal Research Centre
“Fundamentals of Biotechnology”
of the Russian Academy of Sciences, 33,
Building 2, Leninsky Prospect, Moscow,
119071, Russian Federation.
e-mail: sergeyshishkin@yandex.ru